Academia de Ingeniería México

DIAGNÓSTICO DE LA OFERTA Y DEMANDA DE PROFESIONALES EN GEOCIENCIAS EN LA INDUSTRIA PETROLERA DE MÉXICO

Demetrio Marcos Santamaría Orozco
Académico Titular

Abril 2022

Academia de Ingeniería México

DIAGNÓSTICO DE LA OFERTA Y DEMANDA DE PROFESIONALES EN GEOCIENCIAS EN LA INDUSTRIA PETROLERA DE MÉXICO

Demetrio Marcos Santamaría Orozco
Académico Titular

Abril 2022

Diagnóstico de la oferta y demanda de profesionales en Geociencias en la industria petrolera de México

Primera edición, abril de 2022

D.R.© 2022 **Academia de Ingeniería de México**
Calle de Tacuba 7, Centro Histórico, C.P. 06000, Ciudad de México

El cuidado de la edición estuvo a cargo de la Academia de Ingeniería de México. El borrador del manuscrito se sometió a la opinión de los siguientes expertos: Luis Roca Ramisa, Jaime Rueda Gaxiola, Enrique González Torres, Héctor Huerta Balderas, Javier Meneses Rocha y Claudia Marina Vicario Solórzano.

Revisores:
Elena Centeno García y Claudio Bartolini.

Fotografías de portada: https://docplayer.es/104971738-Catalogo-de-servicios-petroleo-min-civil-petroleo-geologia-minas.html; https://www.gaceta.unam.mx/el-futuro-incierto-del-petroleo-mexicano/; https://www.facebook.com/consejerosesiaticoman/?_rdr; http://www.erno.geologia.unam.mx/contenido/laboratorio-de-corte-y-laminaci%C3%B3n-de-rocas.

Esta obra se encuentra disponible en https://www.ai.org.mx/ y está bajo un esquema de licenciamiento *Creative Commons*. Cualquier mención o reproducción del material de esta publicación puede ser realizada siempre y cuando se cite la fuente.

Impreso en México

DIAGNÓSTICO DE LA OFERTA Y DEMANDA DE PROFESIONALES EN GEOCIENCIAS EN LA INDUSTRIA PETROLERA DE MÉXICO

Academia de Ingeniería, A.C.

Dr. Demetrio Marcos Santamaría Orozco
Académico Titular

Abril 2022

ÍNDICE

Agradecimientos 6
Resumen 7
1. Antecedentes 8
1.1 Breve Historia de la Exploración Petrolera en México 13
1.2 Tipos de hidrocarburos por explorar 14
2. Fundamentos y Objetivos 16
2.1 Fundamentos 16
2.2 Objetivos 21
3. Diagnóstico de la Oferta y la Demanda de profesionales en la exploración petrolera 21
3.1 Metodología general 22
3.1.1 Identificación de organizaciones nacionales con capacidades para realizar proyectos de I&DT en la industria petrolera 23
3.1.2 Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación Científica y Tecnológica (CICT) relacionadas con la Industria Petrolera 24
3.1.3 Desarrollo de capacidades y capacidad tecnológica 27
3.1.4 Riqueza que generan los geocientíficos 28
3.1.5 Formación de cuadros especializados 29
3.2 Oferta de estudios superiores y posgrados 32
3.2.1 El sistema educativo de México (sector público) 32
3.2.2 La educación superior pública en México en Geociencias 36
3.3 Demanda de Profesionales por Empleadores 46
3.3.1 Salarios del sector petrolero 50
3.3.2 Necesidades de la Industria Petrolera Nacional en Exploración y Producción 51
3.4 Propuesta de un Plan Estratégico para mejorar la calidad de los profesionales de las Geociencias 56
3.4.1 Acciones 56
3.4.2 Recomendaciones para un Plan Estratégico 59
4. Conclusiones 63
5. Referencias 64

Agradecimientos

El autor agradece los valiosos comentarios y sugerencias de los Doctores, Luis Roca Ramisa, Jaime Rueda Gaxiola, Enrique González Torres, Héctor Huerta Balderas, Javier Meneses Rocha, así como a las doctoras Claudia Marina Vicario Solórzano y Lucero Morelos Rodríguez, quienes mejoraron el concepto original y aportaron muchas ideas en este documento y me motivaron para hacer un segundo documento con acciones concretas del cómo implementar algún plan maestro estratégico que sirva de base para otras áreas del conocimiento de la ingeniería de México. También reconoce la labor de los doctores Elena Centeno García y Claudio Bartolini, quienes con su revisión enviaron atinadas anotaciones y sugerencias, de tal suerte que se logró modificar, pulir y enriquecer sustancialmente el documento.

Resumen

México es un país petrolero por excelencia, que tuvo una producción superior a los 2 millones de barriles diarios desde 1980 hasta 2014. En ese intervalo Petróleos Mexicanos, (PEMEX), se mantuvo dentro de las 10 compañías petroleras más importantes del mundo. Sin embargo, los técnicos y profesionales de exploración y producción no desarrollaron suficientes tecnologías y patentes para estar en esa misma posición en ciencia y tecnología, debido a que tanto, PEMEX como, el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) destinaron escaso presupuesto y esfuerzo en la formación y desarrollo de talentos. A finales del año 2013 se implementó una Reforma Energética con la finalidad de reducir la dependencia tecnológica, atraer mayor inversión privada, bajar los precios de los combustibles fósiles y aumentar la producción de hidrocarburos, para esto se hizo un cambio de modelo energético y se modificaron los artículos 25, 27 y 28 constitucionales. Compañías privadas nacionales e internacionales se incorporaron y Pemex dejó de tener el control de la industria petrolera nacional. En el 2018 más de 110 empresas habían licitado algún bloque para hacer labores de exploración y producción en alguna de las cuatro rondas que adjudicó la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH).

Este cambio de paradigma tuvo como consecuencia muchas expectativas en varios aspectos, ya que según el Gobierno Federal se crearían miles de empleos, primero, porque habría que sustituir a muchos especialistas próximos a jubilarse, y segundo, para apoyar a las empresas con más y mejores técnicos, ingenieros y científicos. Los organismos reguladores del gobierno calcularon que se necesitarían entre 3 y 7 mil profesionales para los próximos 10 años de especialistas de geociencias a partir del año 2014, esto significaba de 300 a 700 cada año, que incluirían a ingenieros: petroleros, geólogos, geofísicos, geociencias y ambientalistas. Razón por la cual, se desata un *boom* en la creación de nuevas Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación Científica y Tecnología pero sin un plan estructurado con una estrategia nacional para crecer en ciencia y desarrollo tecnológico. Hasta el año 2018, tan sólo en las carreras de geología y geociencias con sus variantes, las instituciones de educación superior pasaron de 18 a 47, de una matrícula nacional de 2500 a casi 6000 estudiantes de licenciatura. Lo mismo ocurrió con los centros de investigación científica y tecnológica que ofrecían posgrados y pasaron de 6 a 16 en el mismo periodo.

Después de 5 años de entrada en vigor la Reforma Energética en el 2018, los resultados fueron los siguientes: se han duplicado las instituciones de educación y los centros de investigación, las compañías han invertido 14,000 millones de USD, pero han generado pocas tecnologías, ha aumento el desempleo, los precios de los combustibles se incrementaron y bajo la producción de petróleo y gas, al igual que en la capacidad de refinación. La producción de petróleo disminuyó de más de 2.5 a menos de 1.8 millones de barriles por día, la reservas 1P también cayeron de 13.9 a 6.6 mil millones de barriles, mientras que el gasto en educación, ciencia y tecnología se ha reducido año tras año.

En el 2021 se modificaron algunas leyes reglamentarias de dicha Reforma Energética con un cambio de rumbo. En este trabajo se propone realizar a futuro un plan maestro estratégico de formación de ingenieros especialistas bien estructurado, de igual manera un mecanismo que vincule universidad/empresa para crear los empleos necesarios que

requerirá la industria petrolera en los próximos 25 años, que incluya a la industria petrolera y a las energías renovables.

1. Antecedentes

Los gobiernos de casi todos los países desarrollados (China, EUA, Francia, Alemania, Bélgica, Holanda, Dinamarca, Noruega, Finlandia, Suecia, Japón, Corea del Sur e Israel) apoyan el crecimiento y la competitividad de sus sectores industriales, sobre todo aquellos que tienen un mayor impacto en su economía, asimismo buscan orientar y articular sus capacidades de investigación y desarrollo tecnológico, a fin de satisfacer sus necesidades tecnológicas nacionales, con base en estrategias de desarrollo y con objetivos claros y alcanzables de mediano y largo plazos. Para lograrlo, una de las acciones de estos países es destinar entre 2.02% y 4.27% de su PIB en investigación, desarrollo tecnológico y formación de técnicos y profesionales de alto desempeño (Banco Mundial 2015). Incluso la industria privada de estas naciones apoya las estrategias gubernamentales e invierte en nuevas tecnologías y en la capacitación de sus profesionales más experimentados, así como de sus nuevos talentos.

A pesar de que nuestro país está ubicado dentro de los 10 países más ricos del planeta en recursos naturales con una población joven, las políticas gubernamentales no han aportado arriba de 0.54 % del PIB en las áreas de investigación, desarrollo tecnológico y formación de nuevos talentos en ingeniería (Figura 1). Las estrategias de desarrollo económico y social de México no incluyen la renovación y planeación de profesionales que apoyen a los sectores: electrónico, informático, aeroespacial, militar y energético, en mediano y largo plazo. Aunado a que la distribución del gasto no ha sido la óptima para que los proyectos de I-DT den más valor agregado, ni tampoco para que sus resultados sean aplicados y fortalezcan a la industria o a la sociedad.

Figura 1. Distribución porcentual del PIB, el GBID en México, Fuente: Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB) – México (ONU, 2015, bancomundial.org)

Asumiendo que el sector energético es un asunto de seguridad nacional debido a que el petróleo seguirá siendo estratégico para el desarrollo industrial de nuestra nación, por lo menos en los siguientes 25 años, es necesaria la inversión sostenida en investigación t desarrollo tecnológico.

La nacionalización de los carburos de hidrógeno fue un parteaguas histórico de México, la cual se llevó a cabo el 18 de marzo de 1938, al aprovechar [el General Lázaro Cárdenas] la situación política que en ese momento ocurría en Europa previo a la 2ª Guerra Mundial, lo que representó la toma del control sobre sus propias reservas de hidrocarburos. A partir de esa fecha y hasta mediados de los años 70´s la producción se orientó a satisfacer la demanda interna. Posteriormente, entre 1976 y 2012 el petróleo fue el principal producto de exportación del país, con sus épocas de abundancia y crisis dependiendo de las fluctuaciones de su precio de venta y de otros factores políticos y socioeconómicos, tanto nacionales como mundiales. De 1996 a 2018, casi siempre representó un promedio por encima del 10% del ingreso de dinero que entraba a las arcas del gobierno federal y constituía del 20% al 10% del PIB en (El Economista 2016). La producción entre 1981 y 2017 fue mayor a los 2 millones de barriles por día, siendo el año 2004 cuando llegó a su máximo histórico, alcanzando una producción promedio por arriba de 3.4 millones de barriles por día. Sin embargo, en el 2018 México era dependiente de productos petroleros (gasolina, diésel, gas propano, gas natural) (Geron 2014) y las importaciones en estos productos son mucho más que los que se exporta en productos sin refinar (SHCP 2018). De 2018 a 2021 la producción no alcanzó los 2 millones de barriles diarios, aunque la tendencia a disminuir año tras año se invirtió de 2019 a 2021. (Pemex 2021)

Entre 1990 y 2017, México se había mantenido dentro de las 15 economías más importantes del mundo. Paradójicamente, ese mismo periodo coincidió con un pobre e inestable crecimiento económico, con tasas de crecimiento promedio de alrededor del 2.7% del PIB (López-Hernández 2018). Cabe destacar, que del 2008 al 2013 en México se habló de la modernidad con la apertura del sector energético y la entrada de compañías privadas. Sin embargo, dicho discurso mostró incongruencia, debido a que en la primera década del siglo XXI el 90% de las reservas de petróleo y gas en el mundo, así como el 75% de la producción, se encontraban bajo control de empresas estatales y de sus gobiernos, lo que significaba que la industria petrolera mundial se estaba estatizando y no al revés (***Saudí Aramco***, de Arabia Saudita; ***Gazprom***, de Rusia; ***CNPC***, de China; ***NIOC***, de Irán; ***PDVSA***, de Venezuela; ***PetroBras***, de Brasil, y ***Petronas***, de Malasia). (Financial Times 2007), las 7 hermanas originales (todas ellas privadas ver Figura 2) ya no controlaban las reservas, ni la producción del petróleo, lo único que si controlaban eran los precios de venta del crudo y en dólares estadounidenses (Cobo-Pulido 2007).

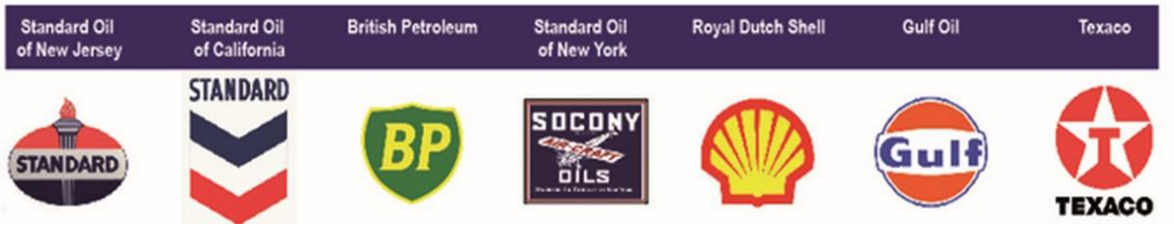

Figura 2. Las primeras siete hermanas, la primera se convirtió en EXXON, la segunda en CHEVRON, la cuarta en MOBIL

A finales de 2008 y principios de 2009 el precio del barril del petróleo cayó de 140 a 45 dólares y de finales de 2009 hasta principios de 2015 se mantuvo por encima de los $70 dólares (Figura 3). A raíz de los grandes excedentes por la venta del aceite crudo, en el año 2008 el gobierno de México, a través de la Secretaria de Energía (**SENER**) junto con Petróleos Mexicanos (**PEMEX**) y en colaboración con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) creó el Fondo Sectorial SENER-CONACYT-Hidrocarburos para atender las necesidades en materia de investigación científica y tecnológica de corto, mediano y largo plazo del sector energético (Operación del Fondo de Hidrocarburos), estableciendo que, PEMEX Exploración y Producción (**PEP**) debía entregar anualmente el 0.65% del valor del petróleo crudo y del gas natural vendidos durante el año. Este fondo estaba orientado originalmente a apoyar las tareas de investigación y desarrollo tecnológico en exploración y producción (**E&P**), así como su transformación o refinación y petroquímica (**R&PQ**). De esta iniciativa surgieron muchos programas y proyectos, los cuales además de hacer investigación y desarrollo tecnológico, formaban nuevos profesionales y equipaban a los laboratorios de muchas Instituciones de Educación Superior (**IES**) y Centros de Investigación Científica y Tecnológica (**CICT**).

El 20 de diciembre de 2013 (Banco de México FMP, sitio web), se creó el Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo (**FMPED**) con el fin de administrar y transparentar el origen y destino de los ingresos petroleros, así como los aspectos financieros de los contratos para la exploración y extracción de hidrocarburos, de igual manera constituir y administrar una reserva de ahorro de largo plazo, para apoyar a los jubilados e invertir en la formación de nuevos talentos en ingeniería y en la capacitación de los más experimentados. No obstante, el Gobierno Federal ya contaba con uno similar, el Fondo de Estabilización de los Ingresos Petroleros (**FEIP**), que fue creado en 2001 (SEGOB DOF 2000) para invertir los recursos excedentes las percepciones petroleras, superiores a los establecidos en la Ley de Ingresos de la Federación (**LIF**) para el año en curso. Este fondo se utilizaba cuando el precio del crudo caía por debajo de lo estimado, a fin de aminorar el efecto sobre las finanzas públicas y la economía nacional. En octubre de 2020 el gobierno federal elimina 109 fideicomisos, varios de esos apoyaban a las actividades de la industria energética, aunque sigue vigente el Fondo Mexicano del Petróleo (https://www.fmped.org.mx).

Figura 3. Precios del petróleo y capacidad adicional de la OPEC. *Fuente*: Precio petróleo WTI baja a 69,03 USD el barril (www.preciopetroleo.net)

Cabe destacar que, a partir de 2008, fueron desarrollados varios proyectos para detectar las capacidades tecnológicas nacionales y satisfacer las necesidades del sector industrial de nuestro país. En el 2008 la Academia de Ingeniería A.C. (**AIM**) realizó un proyecto sobre el Estado del Arte y Prospectiva de la Ingeniería en México y el Mundo (Aguayo et al. 2008) el cual cubría en uno de sus capítulos las ingenierías de Ciencias de la Tierra. Otro proyecto fue el realizado por el Centro de Investigación de Estudios Avanzados (CINVESTAV 2010) del Instituto Politécnico Nacional (**IPN**) en 2010 produjo un Atlas de la Ciencia dónde se ubica a todos los científicos por especialidad y las instituciones dende laboran, años más tarde sale la segunda edición (CINVESTAV 2017. Otro más de estos proyectos fue el realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo (**IMP**) en el 2011 en este se ubicaron únicamente a los científicos y tecnólogos de la industria petrolera y se hizo un banco de información con las publicaciones más relevantes de cada uno de ellos (Santamaría et al. 2011). El estudio más reciente fue publicado por la alianza para la Formación e Investigación en Infraestructura para el Desarrollo de México A. C. (**FiiDEM** 2014), sobre la demanda de las carreras de ingeniería en México y las mejores prácticas sobre la vinculación para su formación.

Antes de 2014, PEMEX era la única empresa en México que tenía la primacía de las actividades de E&P y R&PQ, siendo una de las diez empresas petroleras más importantes del mundo y la única de la industria que cubría toda la cadena productiva (Figura 4). Cabe señalar, que PEMEX ya operaba o interactuaba desde hacía mucho tiempo con compañías operadoras y de servicio, pero lo hacía a través de contratos por prestación de servicios y cada vez lo hacía con mayor frecuencia, y destinaba grandes cantidades de dinero a tales servicios, por ejemplo: para las compañías de servicio tenía un presupuesto consignado de más de 100 mil millones de pesos y año con año este se iba incrementando (Proceso 2008) y (La Jornada 2008). Este es sólo un ejemplo del presupuesto destinado en esos años a la iniciativa privada para servicios de la filial de PEMEX Exploración & Producción (**PEP**).

Durante el periodo comprendido entre 2000 y 2012, el gobierno federal llegó a obtener ingresos de más de 850 mil millones de dólares por las ventas de petróleo tipo Maya hacia el extranjero (Sin Embargo, 2019). Durante el gobierno del presidente Fox el precio promedio de venta oscilaba entre los $48 USD, con el presidente Calderón estaba a $92 USD y con el presidente Peña había sido de $65 USD en promedio. Por otra parte, es enorme la cantidad de dinero que se requiere para el pago de intereses del gobierno federal de deuda externa en estos momentos, si se observa que en marzo de 2018, el país tiene que pagar de intereses cada dos días el equivalente a un año de funcionamiento del IMP. (Expansión 2018; La Jornada 2018) En el 2020 pagó por ejemplo más de 43 mil millones de pesos por el IPAB antes FOBAPROA (Business Insider Mexico 2020).

Por otra parte, PEMEX presupuestaba para el IMP alrededor de 3,200 millones de pesos en promedio al año, así desde el 2000 hasta el 2008, la inversión que hacía se destinaba al desarrollo de proyectos de servicio o de investigación, pues era su “brazo tecnológico” y estaba dentro de su estructura orgánica, después ese presupuesto disminuyó y como el IMP no recibía dinero directo de la federación comenzó a buscar nuevos esquemas de financiamiento de su proyectos, de 2010 a 2019 se apoyó con presupuesto de Pemex y se complementó con los proyectos de la convocatorias de Fideicomiso Fondo Sectorial SENER-CONACYT- Hidrocarburos y otros dos fideicomisos. Desde octubre de 2019, este esquema ha variado y ahora busca nuevas oportunidades para desarrollar proyectos de

investigación e innovación, algunas compañías privadas han solicitado de sus servicios. Pero con las grandes obras de Pemex se han dado proyectos muy ambiciosos en refinación, petroquímica (Nueva Refinería de Dos Bocas y modernización de las otras refinería y complejos petroquímicos) también en exploración y producción con la reactivación de campos maduros y el descubrimiento de 20 nuevos yacimientos.

Figura 4. Cadena de Valor de la Industria Petrolera en México antes de 2013

Un punto de inflexión de la industria petrolera nacional ocurrió el 20 de diciembre de 2013, cuando el Senado aprobó la Reforma Energética, aprobada anteriormente por la Cámara de Diputados el 12 de diciembre de 2013 (Del Río Monges et al. 2017), la cual implementó el propio gobierno federal, junto con las Leyes Secundarias, Reglamentos y Disposiciones aprobados posteriormente el 11 de agosto de 2014 y que entraron en vigor hasta el 1 de enero de 2015. Bajo las premisas siguientes:

1) Tener mayor competencia para disminuir los precios de los combustibles fósiles;
2) Por una falta de tecnología, sobre todo en yacimientos costa afuera en aguas profundas del Golfo de México y en tierra en yacimientos no convencionales, y
3) Escasos recursos económicos para invertir en grandes desarrollos petroleros que tenía el gobierno.

Con la entrada en vigor de la Reforma Energética se redefinió el Modelo Energético de México, la empresa del Estado dejó de tener el “monopolio” en toda la cadena de valor y por consecuencia se han vuelto a sentar las bases para transformar a este sector. A partir del 2014 con la privatización parcial del sector energético en las actividades que anteriormente eran exclusivas de Pemex (E&P, R&PQ) y de CFE (Generación y distribución) se supone que habrá más ventas, como fueron los casos de Petrobras y Ecopetrol (Torres 2014). El modelo reciente ha traído consigo operadores nacionales y extranjeros nuevos, algunos de reciente creación y otros con una amplia trayectoria en el sector petrolero. Este cambio ha generado además muchas expectativas para el país, en especial para las IES, sobre todo en las áreas energéticas que ocupan a profesionales de Ciencias de la Tierra, Ciencias Químicas y demás Ingenierías, porque se estima que la matrícula de profesionales debería de incrementarse para dar abasto a los nuevos actores que se incorporarían al mercado, y más aún en áreas como exploración y producción de aceite crudo y gas natural.

En 2014 fue cuando los artículos 25, 27 y 28 constitucionales se modificaron para dar entrada a la Reforma Energética, también se modificaron las leyes secundarias, incluyendo

normas y reglas de los temas relacionados a los hidrocarburos y a la electricidad. Según los planes del gobierno federal esto se hizo con el propósito de "*fortalecer las redes de abasto y facilitar el acceso a combustibles de buena calidad y precio provenientes de múltiples regiones y mercados, debido a que el país debía reforzar la capacidad doméstica para producir combustibles líquidos y otros productos refinados y trabajar también en la diversificación de las fuentes de suministro locales, regionales y nacionales*". Todas estas propuestas debían modificar muchos aspectos de la vida nacional, no sólo los relacionados con la industria energética, sino también los de los sectores, financiero, banquero, turístico, hotelero, educativo y de muchos otros más. Pero surge la pregunta, ¿Ha servido realmente a los mexicanos la Reforma Energética? Si consideramos que la Reforma Energética partió de varias premisas como: bajar el precio de los combustibles y de la luz, restituir las reservas 1P al 100%, aumentar la producción de combustibles fósiles a 3 millones de barriles diarios para el 2018, disminuir la dependencia tecnológica de nuestro país en varios campos de la industria petrolera, generar miles de empleos y buscar alternativas de energías renovables, veremos que aún no se han cumplido o los resultados ha sido incipientes, como se describirá más adelante, y a detalle en el punto de generación de empleos.

Uno de los nuevos retos en el 2021 para la industria petrolera de México, es planificar si se queda o se modifica el modelo energético actual, el personal que día a día se integrará o abandonará a los diferentes organismos gubernamentales y compañías privadas en la rama de las geociencias. Cuántos y qué perfil deberán tener los nuevos ingenieros y científicos requeridos, para ir formando recursos humanos o capacitarlos adecuadamente, con una visión de impulsar la formación de cuadros de alto desempeño (Silva-López 2013; SENER 2014).

1.1 Breve Historia de la Exploración Petrolera en México

La historia de exploración petrolera de México en el Siglo XX y las primeras dos décadas del Siglo XXI puede ser resumida a partir de la extracción de aceite crudo que comenzó en 1901 e inició formalmente la producción con la perforación del pozo La Pez-1 en el Campo Ébano-Panuco (García-Rojas 1950),en 1904. El Ingeniero Ezequiel Ordóñez fue quién dio la localización en el Estado de San Luis Potosí. La exploración petrolera ha ido cambiando a través del tiempo, tanto en la localización a los yacimientos petroleros, como de los temas de las geociencias. En la República Mexicana la exploración petrolera a principios del siglo XX solamente lo hacían unas cuantas personas, liderados por un especialista en minería o geología, las primeras localizaciones se basaban en **encontrar alguna chapopotera** en tierra, la probaban y hacían un sondeo somero, después llegó la **teoría del anticlinal** y muchas de estas estructuras geológicas fueron perforadas, todos los yacimientos descubiertos se encontraban en tierra y las profundidades a las que se perforaba eran relativamente someras, menor a los 200 m. En aquel entonces, 1900-1940, había decenas de geólogos en el país, 1900-1940. Con el desarrollo de nuevas herramientas y tecnologías, se comenzó a aplicar la extrapolación de la **geología superficial y los métodos indirectos**, como la gravimetría y magnetometría, los registros geofísicos de pozos, la **sísmica** en cintas analógicas y las interpretaciones geológicas mostraban cambios de facies, fallas, acuñamientos, estudios diagenéticos, modelos sedimentarios y otras

especialidades más, de tal suerte, que empezaron a encontrar otro tipo de yacimientos además de los anticlinales. Posteriormente la exploración se desplazó hacia el mar, primero en aguas someras, surgieron nuevos conceptos como la tectónica de placas y la deriva continental y los exploradores se concentraron en zonas de margen pasivo y los **estudios paleogeográfico**s, mostraron que las zonas más propicias de encontrar cuencas petroleras eran en los bordes del mar de Tetis, derivado de la apertura del Atlántico. Con esas reconstrucciones paleogeográficas, se propusieron modelos de los movimientos de continentes, ya para esas épocas había centenas de geólogos en el país, 1940-1980 (Schlumberger 2004). A partir de entonces, se comenzó a buscar el **sistema petrolero** en las cuencas petroleras y los distintos *plays* que lo componían, diferenciando los elementos (roca generadora, roca almacén, sello y trampa) así como los procesos (generación, expulsión, migración, almacenamiento, preservación y degradación) también el tipo de drenaje, la fuga hacia la superficie y la sincronía de los eventos. Luego llegó el "boom" digital y dio inicio al procesado sísmico, gravimétrico, magnético, magneto telúrico, etc. Entraron, además, los análisis geoquímicos y el **modelado de cuencas**, para ese tiempo, ya había miles de geólogos en el país, 1980-2010. Los distintos grupos de trabajos se empezaron a perfeccionar y a trabajar en **proyectos multidisciplinarios e integrales**. En la segunda década del siglo XXI el petróleo fácil de encontrar es cada vez más escaso y ya se están explorando las aguas profundas y ultra profundas del Golfo de México (Lewis et al. 2007; Chakhmakhchev 2010), así como, zonas por debajo de las capas de sal o evaporitas o presal, o las zonas estructuralmente muy complejas. Lo más reciente es la explotación de los yacimientos **No convencionales**, pero estas zonas de explotación nuevas conllevan a un aumento en los costos de inversión y de la tecnología empleada. En estos tiempos, el país apenas alcanza poco más de una decena de miles de geólogos, 2010-2018. Un trabajo muy completo y actual que describe brevemente la historia de la exploración petrolera en México puede ahora ser consultado (Meneses-Rocha 2018).

1.2 Tipos de hidrocarburos por explorar

La industria petrolera nacional enfrenta retos exploratorios de gran alcance que deberán ser atendidos, a fin de garantizar la operación de la industria en el futuro. Dichos retos exploratorios, implican realizar grandes inversiones, algunas de estas se consideran de alto riesgo, pues requieren ser orientados al desarrollo de proyectos que encuentren reservas y en algunos casos particulares a la integración de tecnologías disponibles en el mercado que permitan atender determinadas necesidades de la industria en general o de algunos estados petroleros en particular, como podrían ser Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas con recursos no convencionales; Veracruz, San Luis Potosí y Puebla con yacimientos de aceite ligeros muy maduros: Tabasco, Campeche y Chiapas con aceites pesados ricos en azufre y zonas por explorar, al igual que otros campos maduros que requerirán sistemas de EOR mejorados. En las aguas profundas del Golfo de México, donde aún los yacimientos convencionales están en etapa de desarrollo del lado mexicano, no así en el lado estadounidenses, donde algunos yacimientos ya son maduros. Por último, los posibles yacimientos sub-salinos y otros con altas presiones y altas temperaturas, tanto en tierra como en el mar del territorio nacional.

Respecto a los distintos tipos de recursos de hidrocarburos y más tarde yacimientos de aceite o gas y su complejidad (Figura 5), se observa en México solamente se han descubierto y explotado yacimientos convencionales, ya sea en tierra, como en aguas someras, como se aprecia en la parte superior de esa pirámide. Es por esta razón que aún falta mucho por descubrir y explotar. Los métodos y tecnologías de exploración han ido ganando terreno y son usados para reducir la incertidumbre y disminuir el riego geológico o evaluar los recursos prospectivos y reservas de hidrocarburos. Día a día surgen datos nuevos, más información, herramientas, teorías y metodologías nuevas y es una carrera que parece no tener fin, debido a que entre más se avanza en alguna rama del conocimiento, al estar actualizado no significa que se sabe más, sino que se hace conciencia de lo mucho que falta por investigar. Por ejemplo: en la segunda década del siglo XXI la industria petrolera se ha enfocado también al cuidado y protección del medio ambiente, que en el caso de las geociencias es conocido como geología ambiental.

Fuente: Modificado de Wood Mackenzie, 2010

Figura 5. Pirámide de reservas de hidrocarburos de aceite y gas en el planeta y su grado de complejidad y cantidad. El petróleo fácil y barato de las capas superiores está por terminarse.

2. Fundamentos y Objetivos

2.1 Fundamentos

El documento de enfoque se fundamenta en los cambios que han acontecido entre los años 2013 y 2018 en la industria petrolera nacional, en particular, a nivel superior en las carreras relacionadas con las Geociencias, así como en el crecimiento excesivo que ha ocurrido de las Instituciones de Educación Superior (IES) que ahora ofrecen las licenciaturas en varios campos de las Ciencias de la Tierra, a nivel nacional, por la entrada en vigor de la Reforma Energética en México en diciembre de 2013.

Por otra parte, a nivel mundial, la Administración de Información Energética (**EIA**) en junio de 2013 ubicó a México en la sexta posición con recursos No Convencionales de aceite crudo y gas natural en los yacimientos de lutitas o *shale*. Desde el año 2008 ha sido evidente el notable incremento de extracción de estos recursos en varias unidades geológicas de la Unión Americana y en el 2014 EUA se convirtió en el primer país productor de combustibles fósiles por este tipo de yacimientos (EIA 2019).

En el año 2018 muchos estudiantes o profesionales de recién egreso de las carreras de Geociencias tienen la esperanza de prestar sus servicios en algún organismo de la Industria Petrolera; por ejemplo en la “Empresa Productiva del Estado” Pemex, o bien en el “Centro Público de Investigación” el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), dedicado a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación de la industria petrolera, o en los órganos reguladores que han surgido con el nuevo marco energético, por ejemplo: la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH); la Comisión Reguladora de Energía (CRE), la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente en el Sector de Hidrocarburos (ASEA); la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y el Consejo Nacional de Energía (CNE),y el Centro Nacional de Control de Gas Natural (CENAGAS).

En 2018, habían ingresado al mercado petrolero nacional más de 100 compañías privadas, nacionales e internacionales (Tabla 1), que habían ganado por lo menos una adjudicación en una de las cuatro rondas de los más de 100 bloques adjudicados dentro del plan quinquenal 2014-2018 (Figura 6). En estas compañías también podrían conseguir empleo muchos jóvenes egresados de las IES, así como, en las Compañías de Servicio relacionadas a la industria petrolera (Halliburton, Schlumberger, Baker Hughes, Weatherford, etc.) o bien, en instituciones o empresas con actividades de remediación, o investigación del cambio climático y la protección del medio ambiente provocados por actividades en la industria petrolera, o en otras empresas de servicios relacionados a estas actividades de forma indirecta, como geohidrología, minería, geotecnia, etc. Otras áreas que ofrecen oportunidades laborales serían los Centros de Investigación Científica y Tecnológica (CICT) relacionados con las geociencias y las universidades, institutos, tecnológicos y escuelas superiores (UITE) dedicados a la docencia y formación de nuevos ingenieros o la capacitación y actualización de los profesionales con conceptos nuevos o con materias más especializadas.

Como se mencionó antes, la EIA dio a conocer los nuevos recursos prospectivos de hidrocarburos de casi 50 países de los cinco continentes. En ese informe ubicó a México

en el sexto lugar, en cuanto a las reservas de gas natural no convencional, sólo por debajo de 1) China 2) Argentina, 3) Argelia, 4) Estados Unidos y 5) Canadá. Este “boom” de la explotación de nuevos recursos No convencionales en EUA ha traído también muchas expectativas de crecimiento económico para nuestro país (EIA 2013).

Debido a estos dos acontecimientos, uno nacional (la Reforma Energética) y el otro internacional (la explotación de los *shales*); sin que ninguno de ellos hubiera sido comprobado de manera fehaciente alguna proyección a futuro, se especuló en México que la demanda de profesionales de las geociencias sería muy intensa y por lo tanto, el gremio de las Geociencias, en pocos años se incrementaría exponencialmente, provocando que la oferta fuera mucho mayor que la demanda de los empleadores y de la misma manera el número de IES que surgieron en pocos años, en los que ahora se ofertan carreras de geociencias.

Tabla 1. Compañías que han concursado para la adjudicación de algún bloque en las 4 rondas (Información de la CNH)

1. AINDA consultores	38. Galp Energía	75. Petronas - PC Carigali Mexico Operations
2. American Oil Tools	39. Gat Oil & Gas	76. Petrosouth Properties
3. Armour Energy	40. Generadora y Abastecedora de Energía de México	77. Petrosynergy
4. Atlantic Rim	41. Geo Estratos	78. Petróleos Madere
5. BHP Billiton	42. Geopark Limited	79. Petróleos Mexicanos Pemex
6. BP Exploration México	43. Golfo Suplemento Latino	80. Premier Oil PLC
7. Caabsa Infraestructura	44. Gpa Energy	81. Promotora y Operadora de Infraestructura Pinfra
8. California Resources	45. Gran Tierra Energy	82. PTTEP
9. Canamex Dutch	46. Grupo Diarqco	83. Qatar Petroleum
10. Capricorn Energy Limited	47. Grupo Industrial de Tabasco	84. Química Apollo
11. Carso Energy	48. Grupo R Exploración y Producción	85. Renaissance Oil Corp
12. Casa Exploration	49. Grupo Vordacab	86. Repsol Exploración México
13. Cheiron Holdings Limited	50. GX Geoscience Corporation	87. Roma Exploration and Production
14. Chevron Energía de México	51. Hunt Overseas Oil Company	88. Sarreal
15. China National Offshore Oil Corporation Cnooc	52. Iberoamericana de Hidrocarburos	89. Servicios Asociados SAS
16. Citla Energy	53. Industrial Consulting	90. Servicios de Extracción Petrolera Lifting de México
17. Cobalt International Energy	54. Ingeniería Construcciones y Equipos con Equipos	91. Servicios Pjp4 de México
18. Compañía Petrolera Perseus	55. Inpex Corporation	92. Shandong Kerui Oilfield Service Group Co
19. Consorcio Manufacturero Mexicano	56. Jaguar Exploración y Producción de Hidrocarburos	93. Shell Exploración y Extracción de México
20. Consorcio Petrolero 5m del Golfo	57. Lukoil Overseas Netherlands	94. Sicoval Mx
21. Construcciones y Servicios Industriales Globales	58. Marat International	95. Sierra Oil and Gas
22. Constructora Hostotipaquillo	59. Mercado de Arenas Sílicas	96. Sistemas Integrales de Compresión
23. Constructora Marusa	60. Murphy Worldwide	97. Statoil E&P México
24. Constructora Tzaulan	61. Newpek Exploración y Extracción	98. Steel Serv
25. Constructora y Arrendadora México	62. NG Oil and Gas	99. Strata Bps
26. Controladora de Infraestructura Petrolera Mexico	63. Noble Energy Inc	100. Suministros Marinos e Industriales de México, Sumimsa
27. Dea Deutsche Erdoel	64. Nuevas Soluciones Energéticas A&P	101. Sun God Energía de México
28. Desarrolladora Oleum	65. Nuvoil	102. Sánchez-Olium
29. Desarrollo de Tecnología y Servicios Integrales Dtsi México	66. Oleoducto del Norte de Colombia	103. T5 Oil and Gas
30. Diavaz Offshore	67. Ongc Videsh Limited	104. Talos Energy
31. E&P Hidrocarburos y Servicios	68. Ophir Mexico Holdings Limited	105. Tecpetrol Internacional
32. Ecopetrol Global Energy	69. P&S Oil and Gas	106. Tonalli Energía
33. Energía Américas	70. Pan American Energy LLC	107. Torenco Energy
34. ENI International	71. Perfolat de México	108. Total
35. Exxonmobil Exploración y Producción México	72. Petrobal Upstream Delta 1	109. Tubular
36. Fieldwood Energy	73. Petrodata Services	110. Verdad Exploration Mexico
37. Galem Energy	74. Petroleum Incremental Inc	111. Zenith Servicios Petroleros

Los profesionales que se formaron después de la Reforma Energética tenían expectativas en ingresar al mercado laboral, con sueldos relativamente bien remunerados. Debido a que el gobierno federal consideró que las IES deberían formar más y mejor preparados ingenieros para enfrentar los nuevos retos que traería consigo la apertura del sector al capital privado.

Así que los nuevos profesionales deberían tener bases sólidas de las ciencias básicas y de su especialidad (geología, geofísica, geoquímica, etc.), guardando un equilibrio entre las asignaturas informativas y formativas. Además, de desarrollar capacidades de análisis, síntesis y evaluación, asimismo debían dominar la física de un reto ingenieril y como aplicar las matemáticas y química para resolver problemas relacionados con los temas de la ingeniería petrolera. De tal suerte que, las carreras de Geociencias deberían tener nuevos enfoques y concentrarse en el aprendizaje y la innovación, como un complemento adicional, el cual debería de tener el dominio de otro idioma, preferentemente inglés, asimismo ser muy competitivos en cualquier campo, nacional e internacional. Porque sólo los jóvenes más destacados y egresados de las IES ahora competirían con profesionales extranjeros para obtener alguna plaza en cualquiera de los compañías privadas o instituciones públicas del sector energético.

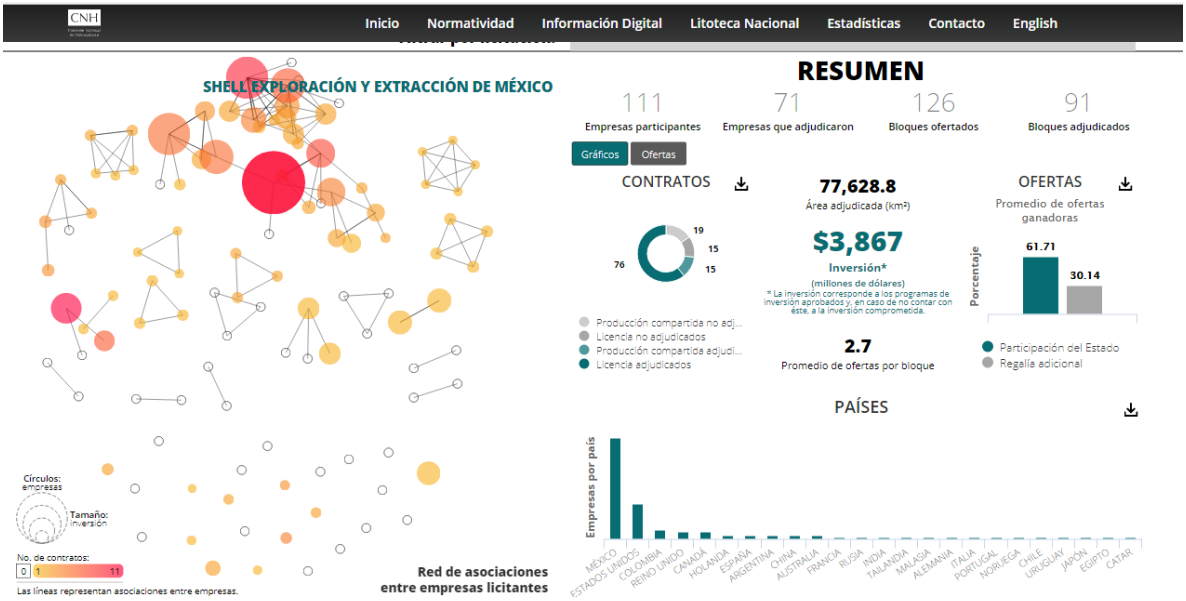

Figura 6. Resumen de las rondas que ha llevado a cabo la CNH desde el año 2014, *Fuente*: CNH 24 de febrero de 2018

Las premisas y objetivos de la Reforma Energética se muestran el Resumen Ejecutivo (Reforma Energética 2013) se enlistan enseguida:

- Mantener la propiedad de la Nación sobre los hidrocarburos que se encuentran **en el subsuelo**.
- Modernizar y fortalecer, **sin privatizar**, a Pemex y a la Comisión Federal de Electricidad como Empresas Productivas del Estado 100% mexicanas.
- **Reducir la exposición del país** a los riesgos financieros, geológicos y ambientales en las actividades de exploración y extracción de petróleo y gas.

- Permitir que la Nación ejerza, de manera exclusiva, la planeación y control del sistema eléctrico nacional, en beneficio de un sistema competitivo que permita **reducir los precios de la luz**.
- **Atraer mayor inversión** al sector energético mexicano para impulsar el desarrollo del país.
- Contar con un mayor abasto de energéticos a **mejores precios**.
- Garantizar estándares internacionales de eficiencia, calidad y confiabilidad de suministro, **transparencia y rendición de cuentas**.
- **Combatir** de manera efectiva **la corrupción** en el sector energético.
- Fortalecer la **administración de los ingresos petroleros** e impulsar el ahorro de largo plazo en beneficio de las generaciones futuras.
- Impulsar el desarrollo con responsabilidad social y **proteger al medio ambiente**

Según el gobierno federal los objetivos se verán traducidos en beneficios concretos para los mexicanos:

1. **Bajar las tarifas eléctricas** y bajar el precio **del gas**.
2. Lograr tasas de **restitución de reservas** probadas de petróleo y gas superiores a 100%.
3. **Aumentar la producción** de petróleo de 2.5 millones de barriles diarios que se producen actualmente, a 3 millones de barriles en 2018 y a 3.5 millones en 2025, así como aumentar la producción de gas natural de los 5 mil 700 millones de pies cúbicos diarios que se producen actualmente, a 8 mil millones en 2018 y a 10 mil 400 millones en 2025.
4. Generar cerca de un punto porcentual más de **crecimiento económico** en 2018 y aproximadamente 2 puntos porcentuales más para 2025.
5. **Crear** cerca de **medio millón de empleos** adicionales en este sexenio y 2 millones y medio de empleos más a 2025.

Si hacemos un análisis y discusión en cómo impactó la Reforma Energética, tanto en la cantidad de egresados en geociencias, como en la formación de nuevos ingenieros y de profesionales relacionados a estos, comenzaremos por el principio:

Partiendo de la **definición de reforma** según la *Real Academia Española*; *es aquello que se propone, proyecta o ejecuta como innovación o mejora en algo*. Y es por eso por lo que, uno de los beneficios que se estableció fue el punto 5 **Crear cerca de 500 mil de empleos** al terminar el 2018. Esto fue uno de los detonantes de la gran demanda que se tuvo en las carreras de Ciencias de la Tierra y en otras áreas de la ingeniería en nuestro país. Sin embargo, hasta el 2018 no se habían generado las plazas programadas o pronosticadas por el gobierno. En el 2019 comenzó a crecer el empleo en casi todos los rubros, pero con las llegada de la pandemia de enero de 2020 se suscitó una caída del empleo de 752,200 plazas hasta abril (IMSS 2020), y en total se estima que se perdieron 12 millones de empleos hasta diciembre de 2020, aunque para mayo de 2021 ya se habían recuperado más de 10.2 millones de empleos (IMCO 2021) y la económica se contrajo entre 8.5 % de si PIB (INEGI 2021), no sólo en México, sino también en todo el mundo, además de que se cayó en casi un 80 % el uso de los combustibles fósiles por la caída del transporte terrestre, marítimo y aéreo consecuencia de la baja en el turismos y muchos otros sectores

más. La pandemia continua hasta julio de 2021, aunque según cifras del FMI el crecimiento económico de México se espera en más de 6.3 % (FMI 2021). El 2 de marzo de 2021 se aprueba en el Senado la ley complementaria a la Reforma Energética y ahora hay dos tendencias políticas, las que defienden la Reforma Energética promulgada en el 2013 y las que defienden la Contra Reforma del 2021, cada una de estas y sus modificaciones a la constitución o a las leyes secundarias tienen sus ventajas y desventajas. Sin embargo, no son el tema medular de este documento y por esta razón, hasta aquí se mencionará solo lo concerniente al tema de oferta y demanda que sí impactó a partir de 2013 con las expectativas promovidas en la Reforma Energética, tanto en los ingenieros en formación como en los formadores de ingenieros, aunque no mucho en los empleadores de eso nuevos ingenieros con especialidades en Geociencias.

2.2 Objetivos

Elaborar un diagnóstico de la oferta y la demanda de los profesionales dedicados a las geociencias en la industria petrolera, a partir de la Reforma Energética en México.

Analizar las transformaciones que han ocurrido en la planta laboral y productiva de nuestro país de 2013 a 2018.

Proyectar cómo debería estar el país después de 5 años de implementada la reforma, como está realmente y que se deberá hacer para lograr lo propuesto por el gobierno en este aspecto de 2019 a 2024.

3. Diagnóstico de la Oferta y la Demanda de profesionales en la exploración petrolera

Los geocientíficos, tales como: ingenieros geólogos e ingenieros en geociencias, geólogos, geólogos ambientalistas e ingenieros geofísicos y geofísicos son los encargados de hacer los inventarios de los recursos naturales no renovables de un territorio como el agua, petróleo, gas, carbón, minerales metálicos y no metálicos, suelos, rocas, etc. Ellos localizan y cuantifican las reservas de dichos recursos, también se encargan de entender el dinamismo de la tierra, capaz de producir sismos, volcanes y de grandes desplazamientos bloques de tierra y tratan de prevenir a las comunidades de posibles desastres naturales. Para esto, buscan el origen y evolución de los fenómenos y procesos geológicos a los que han estado sujeta la Tierra y la Naturaleza (tectónica, geodinámica, astronómicos, climáticos, organismos, etc.) durante el tiempo geológico.

Un estudio de (Gonzales y Keane 2011) mencionaban que los Estados Unidos en el año 2008 tenían un total de 262,627 geocientíficos empleados, esto equivalía a 1 geocientífico por cada 1160 habitantes y en ese entonces proyectaban para el año 2018 un aumento del 23%, cifra que alcanzaría más de 322,700, lo que equivaldría a 1 por cada 1022 habitantes. En ese mismo informe se documentó que cada año aproximadamente 1.500 graduados ingresan a algún lugar de trabajo profesional, pero que el suministro de los geocientíficos recién capacitados no satisfacía las necesidades de demanda y reemplazo de la fuerza de trabajo de geociencias, de acuerdo con la Oficina de Estadísticas Laborales de este país. El aumento en el crecimiento del empleo era muy variado entre la industria, los servicios profesionales, científicos y técnicos tendían el mayor crecimiento laboral de geocientíficos

(50%). Esas proyecciones no incluyeron reemplazos debido a la jubilación. Teniendo en cuenta la demografía de edad de la disciplina de las geociencias, se estimaba una tasa de reemplazo del 12% por la deserción. Con este ajuste, se supuso un aumento del 35% en las proyecciones de trabajo agregadas entre 2008 y 2018.

3.1 Metodología general

La metodología general desarrollada en este documento de enfoque incluye la realización del diagnóstico de la oferta y demanda de profesionales de geociencias en exploración y producción de hidrocarburos a nivel nacional, durante el periodo de 2013 a 2018, la cual consiste básicamente de tres etapas y seis acciones (Figura 7).

1) **Obtener los datos de las Instituciones de Educación Superior (IES) y los Centros de Investigación Científica y Tecnológica (CICT)** que cuentan alguna licenciatura, posgrado o diplomado como oferta académica enfocada a la industria petrolera o actividades inherentes a este rubro.
2) **Estimar las necesidades requeridas** por la industria petrolera para los futuros escenarios, desde el más conservador, hasta el más optimista. Que incluya no únicamente la cantidad de profesionales (oferta y demanda), sino también la infraestructura necesaria y los sistemas de gestión convenientes, para realizar las actividades de exploración y producción de combustibles fósiles de todas las compañías y centros de investigación dedicadas a este rubro, así como actividades suplementarias.
3) **Proponer un plan estratégico global e integrado** que abarque todas las actividades de la industria petrolera, considerando los aspectos socioeconómicos, político-financieros y cultural-académicos.

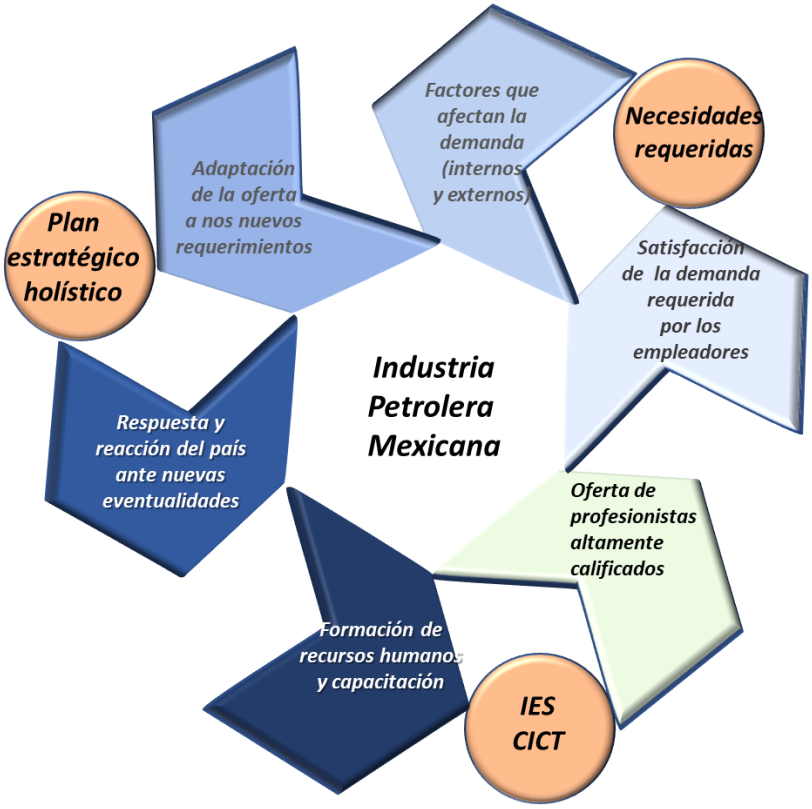

Figura 7. Metodología educativa y de competencias para anticipar cambios futuros y satisfacer las necesidades actuales de la industria petrolera

3.1.1 Identificación de organizaciones nacionales con capacidades para realizar proyectos de I&DT en la industria petrolera

Para conocer la oferta estudiantil que brinda el país en las carreras de geociencias tanto en las IES, como en los CICT, en un trabajo previo (Santamaría et al. 2011) realizaron una investigación en varias fuentes de información, ya que no existía una institución a nivel nacional que concentrara una base de datos completa y actualizada que contenga toda la información necesaria sobre las instituciones nacionales en el área de hidrocarburos, por lo que fue necesario su construcción, al consultar y recopilar información de varias bases y documentos, como se muestra en la Figura 8.

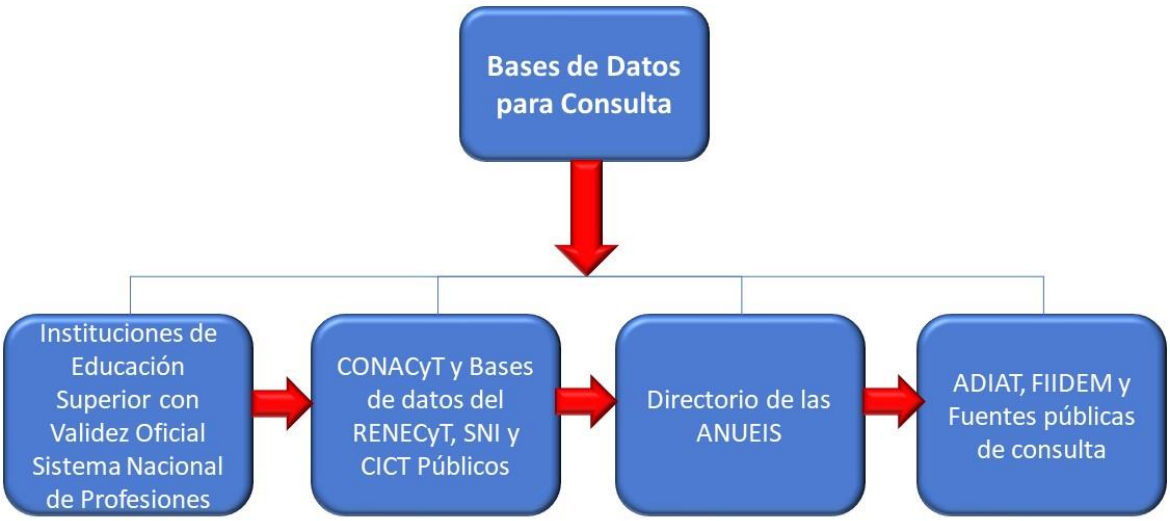

Figura 8. Fuentes de información consultadas para la identificación de IES y CICT. *Fuente*: Modificado de Santamaría et al., 2011

3.1.2 Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación Científica y Tecnológica (CICT) relacionadas con la Industria Petrolera

En 1997 las IES públicas superaban a las privadas en una relación de 52% vs 48%, pero en 2001 se emparejaron, ya para el 2008 las IES privadas superaban por mucho a la públicas, y el porcentaje se invirtió 43% vs 57%. La proporción siguió la misma tendencia para 2013 aunque ya era de 32% vs. 68% (Muños y Silva 2013) y para el 2017 alcanzó cifras de 26% vs. 74% (Figura 9). Sin embargo, el incremento de la matricula en las escuelas privadas ya no fue el mismo para la segunda década del siglo XXI (Álvarez-Mendiola 2011), como había sucedido en la década anterior (Silas 2005; Cruz-López et al. 2008). Por otra parte, el índice de deserción de las carreras se ha mantenido aproximadamente igual entre el 60 y 65% de estudiantes que no terminan su carrera. De este 60% casi la mitad es por no titularse, porque muchos de los estudiantes cubrieron más del 95% de sus créditos. En 2006 había 2470 estudiantes de geociencias y en 2016 ya eran 7850 (SEP 2006; CIEES 2016)

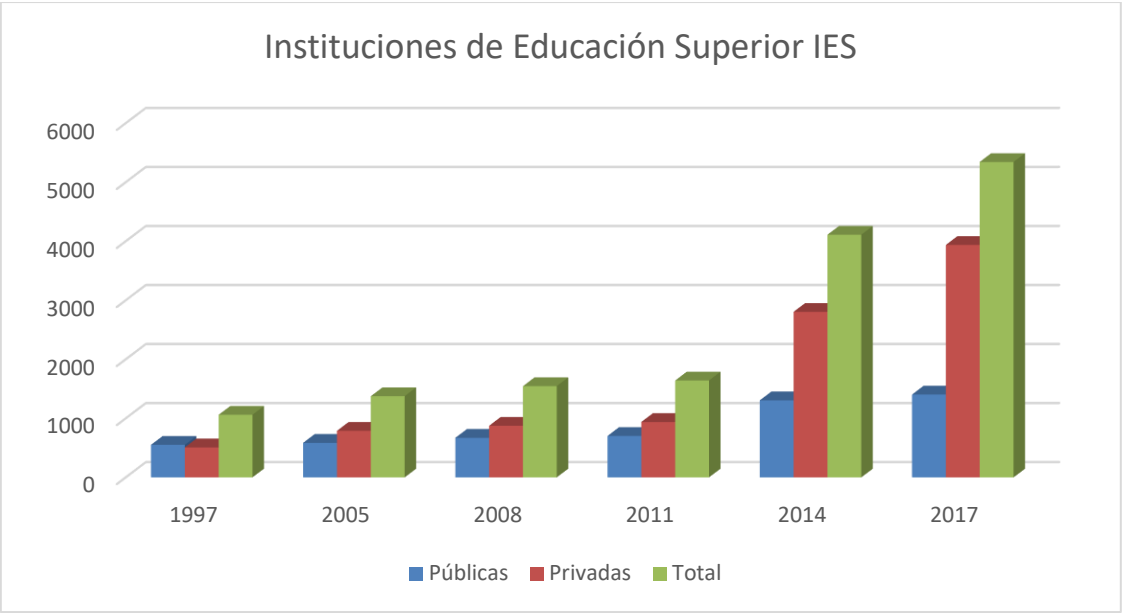

Figura 9. La Educación Superior en México, Tendencias y Desafíos, Evolución de la IES

La identificación de Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación y Tecnología (CICT) que ofrecían geociencias en sus planes de estudios hasta el 2018 fue así: Primero se definió el universo de organizaciones (IES y CICT), enseguida se seleccionaron aquellas con capacidades para apoyar a la industria petrolera en la formación o capacitación de profesionales. Después se identificaron, todas las IES, todos los CIDT tanto, públicos como, privados enfocadas a las Ciencias de la Tierra y finalmente todas las Asociaciones y Sociedades Civiles relacionadas a estos temas. Las dos últimas tuvieron en coincidencia que todas son públicas.

La revisión y procesamiento de las fuentes de información mencionadas anteriormente permitieron validar todas organizaciones a nivel nacional, que están conformadas por los tipos de organizaciones mencionadas, incluyendo a los centros de investigación e institutos que ofrecen algún posgrado (Galaz 2011).

A continuación, se presenta cómo han evolucionado las Instituciones de Educación Superior (IES) y los Centros de Investigación en Ciencia y Tecnología (CICT) de México en veinte años desde 1997 hasta 2017. En el año 1997 había 1061 IES, para el año 2011 había aumentado un 55% y ya eran 1642, para el año 2015, la cifra casi se triplicó y eran 4111 y finalmente para el año 2017 ya alcanzaba la cifra de 5,343. De esta última cifra se reportan que en seis estados se concentraba el 42% y se distribuían como se muestra a continuación: Puebla (486), Ciudad de México (460), Estado de México (433), Veracruz (285), Jalisco (280) y Guanajuato (247) que suman casi 2,000 (Unión Cancún, 2017). Para el 2018 ya alcanzaba un total de 6,418.

De acuerdo con un estudio hecho por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (**USGS** por sus siglas en inglés) y publicado por la Sociedad Geológica Americana en el

2011 (**GSA** por sus siglas en inglés) *Status of the Geoscience Workforce 2011*[1] menciona lo siguiente:

> *"El suministro de geocientíficos recién capacitados no satisface las necesidades de demanda y reemplazo de la fuerza de trabajo de geociencias. De acuerdo con la Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos. En el año 2008 hubo un total de 262,627 empleos de geocientíficos en los Estados Unidos, mientras que para el 2018, el número proyectado de puestos de geocientíficos en los Estados Unidos será de 322,683, los que significa un aumento del 23 por ciento. Estas proyecciones no incluyen reemplazos debido al desgaste. Teniendo en cuenta la demografía de edad de la disciplina de las geociencias, se espera una tasa de reemplazo del 12 % para la deserción. Con este ajuste, se espera que las proyecciones de trabajo agregadas aumenten en un 35 % entre 2008 y 2018 .... La mayoría de los geocientíficos de la fuerza de trabajo se encuentran dentro de los 15 años de la edad de jubilación. Incluso en las compañías de petróleo y gas, que generalmente ofrecen los salarios más altos de todas las industrias que emplean geocientíficos, el suministro de nuevos geocientíficos es insuficiente para las necesidades de reemplazo. Para 2030, la demanda insatisfecha de geocientíficos en la industria del petróleo será de aproximadamente 13,000 trabajadores para la estimación conservadora de la demanda de la industria".*

En el año 2011, Santamaría et al. identificaron a 2,116 Especialistas con capacidades para el desarrollo de proyectos de I&DT en la Industria Petrolera Mexicana, que laboraban en 122 organizaciones y en ellas documentaron 798 Laboratorios que podrían ser utilizados para proyectos de investigación y desarrollo tecnológico (I&DT) de la industria petrolera, los cuales contaban con más de 1,000 Equipos especializados. Además, recopilaron una base de datos de más de 30 mil referencias bibliográficas de los más de 2 mil investigadores, lo cual dejar ver un promedio de 14 artículos por especialista.

En toda la República Mexicana fueron identificadas más de 150 entidades que estaban relacionadas a actividades académicas de Exploración y Producción de hidrocarburos. Sin embargo, sólo el 33% de ellas se relacionaban con las áreas clave, lo que corresponde a aproximadamente a 50. Estas últimas representan menos del 0.03 % del universo identificado de las 5,343 en el año 2017 como se expuso líneas arriba. Y de ese escaso porcentaje hay una concentración de ellas en la CDMX, por ejemplo, en la UNAM se encuentran más de 10 entidades.

[1] *OECD Thematic Review of Tertiary Education, Country Background Report for Mexico* (SEP, 2006).

3.1.3 Desarrollo de capacidades y capacidad tecnológica

En ese mismo trabajo, Santamaría et al. (2011), adoptaron el término capacidad tecnológica de una organización como la base para el desarrollo de capacidades en ciencia y tecnología a nivel país y se propuso que la **capacidad tecnológica de una organización** *es "la habilidad de una organización para seleccionar, adquirir, generar y aplicar las tecnologías que contribuyen al desarrollo de sus objetivos"*. Adicionalmente, en el contexto de la ejecución de proyectos de I&DT que se relacionan con la generación de tecnología, y definieron la ***capacidad tecnológica de una organización para realizar proyectos de I&DT*** como "la habilidad de integrar los recursos requeridos internos (recursos humanos, infraestructura, sistemas gerenciales, etc.) y externos (en el caso de requerirse), para lograr los objetivos establecidos en un proyecto de I&DT".

La Figura 10 muestra un esquema y que elementos deben ser considerados para un sistema de capacidades tecnológicas de una organización, ya sea en la realización de proyectos de I&DT o en la formación de profesionales. En esta figura también se observa que para lograr los resultados esperados se requieren de elementos habilitadores (recursos humanos, infraestructura, sistemas de apoyo, etc.) y de otros elementos presentes en una IES o CICT que planean, dirigen, asignan recursos, coordinan y controlan.

Se observa de la Figura 10 que el proceso de formación de recursos humanos sigue en el centro del sistema de capacidades de las IES y CICT, y que los elementos que realizan-habilitan-dirigen-controlan, bajo la óptica de un estudio externo de capacidades tecnológicas, fueron agrupados en: (1) recursos humanos, (2) Infraestructura, y (3) Organización (conjunto de elementos seleccionados que soportan y dirigen el proceso de formación de profesionales). También se observa que los "resultados" de las IES y CICT se localizan fuera de éstas, esto se representa de esta manera, ya que éstos pueden ser evaluados de diferente forma, bajo la óptica de la IES y CICT o bajo la óptica de las empresas donde prestarán sus servicios.

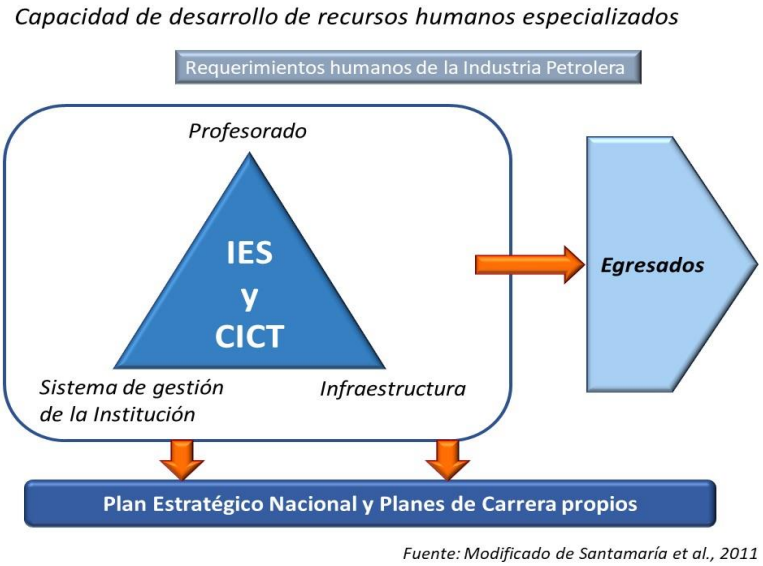

Figura 10. Marco de referencia de las IES y CICT para la formación de ingenieros especializados en la industria petrolera. *Fuente*: Modificado de Santamaría et al., 2011

3.1.4 Riqueza que generan los geocientíficos

La geología económica es fundamental y estratégica para las naciones. Aunque las aportaciones económicas no son del todo evidentes, porque cuando descubren algún yacimiento de hidrocarburos, de minerales o de recursos hídricos, o bien cuando hacen recomendaciones para la construcción de alguna obra civil, un túnel, un puente, una carretera, un aeropuerto, etc., la estimación de su valor económico en muchas ocasiones es incorrecta, ya que eso dependerá de muchos factores (Padilla y Sánchez et al., 2008). Es importante mencionar que generalmente es un equipo de exploradores o especialistas los que hacen la búsqueda y el descubrimiento de los recursos naturales, su labor generalmente no es apreciada inmediatamente y, esto sucede cuando el campo o yacimiento que se descubre ya está produciendo grandes cantidades de hidrocarburos, minerales, agua, o cuando la obra civil ya se está ocupando, por ejemplo; una carretera, túnel, puente, aeropuerto, etc. Es común que, los geocientíficos que participaron en el descubrimiento, la planeación, la exploración, etc. no sean reconocidos, simplemente porque ya se encuentran ocupados en otros equipos o en otras tareas.

Para el caso de la geología petrolera en México, los especialistas en la exploración de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) se pueden ubicar en un rubro aparte, porque la riqueza que han encontrado en aproximadamente 80 años, desde la expropiación petrolera hasta la fecha (1938-2018), ha sido de miles de millones de dólares americanos. Si se considera que su aportación a la economía fuese tan sólo del 2% de las utilidades de más de 50 mil millones de barriles de petróleo crudo equivalente producidos en un periodo de 80 años y sí, se ajusta un valor promedio de venta de tan sólo 20 USD, se podría dimensionar las aportaciones de los geocientíficos a la economía nacional. Además, no únicamente serían las ganancias por la venta de petróleo crudo, sino también, por las ganancias de otras actividades económicas dentro de la cadena de valor, debido a que los hidrocarburos producidos por algún campo son posteriormente utilizados en otras ingenierías, como la básica y la de detalle, o lo que se conoce como refinación y petroquímica, donde las ganancias se multiplican de 3 a 30 veces su valor de venta. Estimaciones conservadoras de recursos prospectivos en su volumen original de petróleo en México son mayores de 110,000 millones de barriles (Guzmán 2018; CNH 2019; Santamaría 2017) hasta cifras de más de 243,000 millones de barriles y de gas natural mayores de 261,000 trillones de pies cúbicos (CNH 2017).

De acuerdo con las cifras anteriores, el petróleo y sus derivados son y seguirán siendo fundamentales e imprescindibles para el desarrollo de la economía de nuestro país, por lo menos en los próximos 25 años, porque seguirán usándose en los medios de transporte (SENER 2016a). Además, son la base de muchos productos derivados que ocupamos en la vida cotidiana, como: plásticos, hules, pinturas, aceites, telas, barnices, disolventes, fertilizantes, etc. Aunque, esto no exime al gobierno de hacer lo conducente sobre las “energías renovables” limpias o alternas, pero como para esto, tardará por lo menos dos décadas; habrá que seguir fortaleciendo a este sector y por ello se tiene proyectado que para el año 2026 las energías renovables en México alcancen el 35% (SENER 2012, 107). En contraste, se estima que está cambiando el tipo de vehículos en forma vertiginosa y cada vez son más los autos híbridos y los eléctricos. Sin embargo, por lo menos 20 años llevará renovar todo el parque vehicular y no únicamente de motocicletas y autos, sino también de vehículos más grandes y pesados, asimismo de todo tipo de máquinas aéreas

y marítimas, que serán otros 10 años más. En el 2019 en el mundo había 1.42 mil millones de autos y de esos sólo 3 millones eran híbridos y 2 millones eléctricos (Autocosmos 2021; BBVA 2020) el crecimiento anual de vehículos convencionales era en promedio de 94 millones por año y el de los otros de 3 millones, cuando se inviertan estas cifras pasaran por lo menos 25 años. Empero, en la mayoría de los países que están utilizando este tipo de vehículos de nueva generación, sus gobiernos los están subsidiando, por ejemplo: Noruega, Alemania, España, California, etc. (Brown 2017). Por lo tanto, los combustibles fósiles son los que moverán al mundo por lo menos hasta el 2040.

Cabe hacer mención que, los especialistas en geociencias no únicamente participan en la exploración de hidrocarburos que está en los primeros eslabones de la cadena de valor de la industria petrolera, sino también tienen una marcada participación en producción de hidrocarburos, y en el desarrollo y abandono de campos productores de aceite y gas, incluso puntualmente intervienen en el transporte y abastecimiento de los combustibles.

3.1.5 Formación de cuadros especializados

A lo largo de 80 años PEMEX y de 50 años el IMP en México se han formado equipos de especialistas, en muchos temas de exploración. Los primeros equipos comúnmente estaban constituidos por 2 o 5 profesionales de los temas principales de las geociencias como, estratigrafía, sedimentología, geología estructural, paleontología, registros eléctricos y métodos potenciales. Posteriormente se fueron especializando y surgieron grupos formados por entre 5 y 20 especialistas, tales como: micro y macro paleontología, estratigrafía-sedimentología, geología estructural-tectónica, geoquímica inorgánica y orgánica. De igual manera, los grupos de sísmica (procesado e interpretación) de 2, 3 y 4D, métodos potenciales de detalle, petrofísica y registros eléctricos, visualización, geomecánica y estos grupos cada vez se fueron perfeccionando más y más (AMGP; IMP 1986).

Después de laborar 35 años en la industria petrolera y tener conversaciones con colegas de generaciones anteriores, en distintos momentos, podemos resumir, cómo fue la evolución los equipos de exploración en Pemex y en el IMP desde los años 80 hasta después de la Reforma Energética.

En los años 80, formar un grupo de especialistas tomaba alrededor de 10 a 15 años de operación. Después disminuyó el tiempo de formación, pero se diversificaron las áreas del conocimiento y la formación y consolidación de estos grupos especializados volvió a tomar entre 10 y 15 años. Su fortalecimiento se daba entre los 20 y 25 años y, cuando llegaron las subespecialidades, su formación y consolidación volvió a tomar de 10 a 15 años. Esto significa que, en estos últimos 35 años (de 1980 a 2015) el periodo de exportación de petróleo crudo y gas natural se ha perfeccionado al menos en tres generaciones. Sin embargo, muchos especialistas que iniciaron su vida laboral en los años 80, ya se jubilaron y otros están a punto de jubilarse. Los últimos equipos de trabajo ya eran especialistas con subespecialidad y trabajaban multidisciplinariamente y en forma integral. Incluso se coordinaban con los ingenieros de yacimientos, por ejemplo: subespecialidades de paleontología; micro paleontólogos de Jurásico Superior o del Cretácico y bioestratigrafía de alta resolución, trabajaban con grupos de subespecialistas de sísmica; metodología integral de AVO, inversión de impedancia acústica y atributos sísmicos. Sin embargo, dados

los últimos acontecimientos relativos a la baja de los precios del barril de aceite, a partir de 2014 ya no hubo renovación de personal, lo que trajo como consecuencia que no hubiera más sustitutos con la calidad y experiencia que tenían los integrantes de los grupos anteriores –toda vez que la geología y las geociencias se enriquecen a medida que se van aportando datos, conceptos e informaciones. No obstante, se han debilitado los cuadros de trabajo especializado, lo que afecta si los nuevos yacimientos por descubrir requieren más y mejores especialistas, más y mejores herramientas, más y mejores metodologías y mucho más recursos humanos o inversiones de capital. Un ejemplo de las principales áreas de conocimiento de la geología y geofísica se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Temas selectos de geociencias en la exploración petrolera (Elaboración propia).

Geología	Geofísica	Exploración integrada
1. Análisis Sedimentológico	Adquisición y procesado sísmico	Estudios regionales y análisis de cuencas
2. Estudios lito y bio estratigrafía	Micro sísmica	Análisis Multidisciplinarios
3. Análisis estructural	Interpretación sísmica 2D/3D	Evaluación del potencial de las cuencas
4. Análisis geoquímico	Interpretación de gravimetría y magnetometría	Evaluación de *plays* y prospectos
5. Registros de pozo	Estudios de velocidad, mapeo y conversión a profundidad	Programación integral de la exploración
6. Análisis de núcleos	Mejoramiento de imágenes e inversión sísmica	Gestión de datos de exploración
7. Modelado geológico geoquímico	Estratigrafía sísmica	Análisis de riesgo y Jerarquización de áreas
8. Sistemas petroleros	Modelado 2D y 3D	Reportes de evaluación para distintos actores
9. Caracterización de yacimientos	Análisis de atributos sísmicos	Evaluación de yacimientos
10. Física de rocas y geomecánica	Estudios de AVO	Evaluación de reservas
11. Análisis y modelado de fracturas	Detección directa de hidrocarburos	Simulación de yacimientos
12. Geoestadística	Sensores remotos	Gestión de los estudios de yacimiento

Por otra parte, la era digital ha tenido un gran impacto en el conocimiento científico y tecnológico de las nuevas generaciones. Antes se almacenaba información en papel, microfilm o de forma analógica. Cuando surge el almacenamiento digital, se produce una gran cantidad de información y se reducen los espacios de acopio. Con este cúmulo de conocimientos, se está entendiendo cada vez más fácilmente la geología de subsuelo del territorio nacional y del mundo entero. Pero a medida que se va explorando, se incrementa

la elaboración de más y más información, y es muy difícil discriminar qué o cuál es la información veraz y confiable (Santamaría 2016); esto porque surgen muchas dudas al preguntarse cuál es verídica y reproducible y cuál no lo es.

Cada año se producen millones de artículos técnicos, científicos, de divulgación y notas de los organismos gubernamentales o de compañías operadoras y de servicios, de universidades y centros de investigación. Esto ocurre incluso en las redes sociales, pues muchas agrupaciones científicas ya utilizan, por ejemplo, Facebook, YouTube, Zoom, Teams, o Meet. Tal cúmulo de documentos digitales están llenando las bases de datos de las IES y de los CICT. Además, surgen infinidad de tesis, tesinas o reportes técnicos y entre más se publica, más se da uno cuenta, de que muchos conceptos y conclusiones de finales del siglo XX, no eran del todo correcto y es por esto, por lo que surgen nuevas dudas, conceptos, ideas e hipótesis.

La educación a distancia, los medios digitales, las redes sociales y todo los que surge día a día en la comunicación, deberá ser utilizada para tener una educación vanguardista y los mejores métodos educativos a nivel mundial, ya se pueden ver en tiempo real, incluso visitas de campo, con ayuda de robots y drones. Por lo tanto, cursos, talleres, seminarios y demás formas de capacitación, a través transmisión-recepción de información serán cada vez más virtuales, por ende, se deberán de desarrollar herramientas para agrupar objetos de datos de alta densidad, de artículos científicos y de patentes tecnológicas, a fin de buscar soluciones y oportunidades, por medio de estudios de minería de datos y nuevos algoritmos de síntesis de grandes textos o cualquier tipo de documento digital.

En 2008 algunos profesionales trabajaban en las IES y en los CICT, donde desarrollaban proyectos de diferentes temas en Geociencias. En esa fecha las universidades estatales de Ciencias de la Tierra obtuvieron información a través del seguimiento de sus egresados, y se concluyó que el 85% de ellos estaban empleados, mientras que el restante 15% se encontraban ocupados en alguna actividad no relacionada con su formación, o bien, estaban desempleados (Padilla y Sánchez et al. 2008); Para el caso de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (**UNAM**), se reportó que el 100% de sus egresados se encontraban empleados, mientras que para los del Instituto Politécnico Nacional (**IPN**) este porcentaje disminuía en 10%. Los Ingenieros Geólogos egresados y titulados de la UNAM representaban el 27% del total de egresados de la Licenciatura en Geología en el país. Mientras que los egresados del IPN representaban el 35%. (Padilla y Sánchez et al. 2008).

Una cifra real y avalada por un organismo o documento oficial no se logró encontrar sobre cuántos geocientíficos tenía México en la primera década del siglo XXI. Para el 2008 se estimaba una cifra de alrededor de 5600 egresados y titulados, de los cuales 4,800 trabajaban en México (Padilla y Sánchez et al. 2008); de estos, el 61.3% laboraban en el Sector Minero, el 13.2% en dependencias gubernamentales y el 13.1 % en el Sector Petrolero, mientras que el 4.4% se encontraban cursando estudios de posgrado, 3.1% realizaban actividades de Docencia y a ellos había que sumar el 2.2% que se dedicaban a la investigación de alto nivel, mientras que el 2.7% restante se desempeñaba en proveedurías, consultarías y otras actividades que no estaban relacionadas con su formación (Padilla y Sánchez et al. 2008). En este trabajo se estima que, en el 2017 la oferta laboral estaba distribuida como se muestra en la Figura 11.

Una década después del trabajo de Padilla y Sánchez et al., se calcula que la cifra de geólogos (en todas sus variantes) podría alcanzar los 12,000. Lo que significa que, se tiene aproximadamente 1 geocientífico por cada 9,500 habitantes.

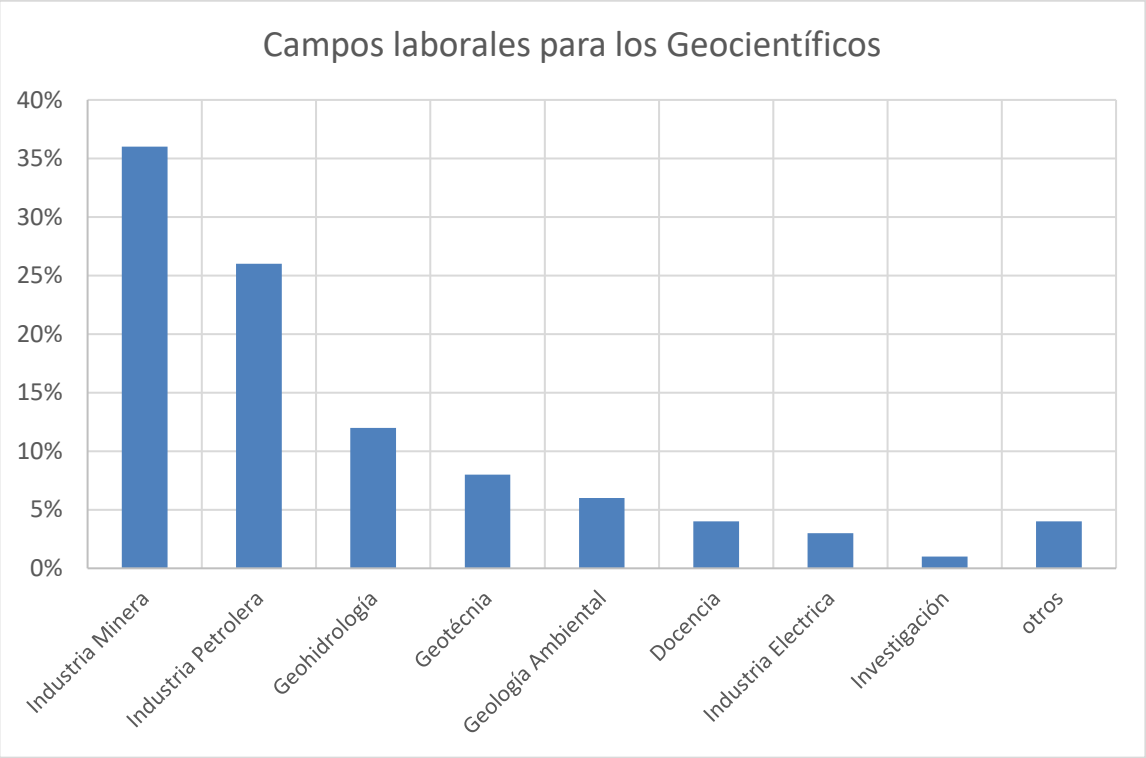

Figura 11. Distribución de los campos laborales de los geólogos en México (Elaboración propia, tomado como base información de Padilla y Sánchez et al., 2011).

Particularmente en la industria petrolera las dependencias de gobierno que se dedican a alguna de las actividades de explorar, producir, remediar, gestionar, administrar, entre otras más, son las que seguirán captando el mayor número de profesionales de las geociencias y si no se cambia el modelo de vinculación Universidad/Industria para las más de 110 empresas privadas que han entrado a alguna de estas tareas en la industria petrolera nacional seguirá ocurriendo lo mismo. Por lo tanto, la SENER, junto con las organizaciones reguladoras autónomas deberán hacer un plan maestro estratégico a mediano y largo plazo.

3.2 Oferta de estudios superiores y posgrados

3.2.1 El sistema educativo de México (sector público)

La Secretaría de Educación Pública (SEP) es la institución encargada de administrar los distintos niveles educativos. La educación en México puede ser pública o privada y obligatoriamente laica, aunque existen también modalidades que incluyen la religión. Las funciones primordiales de la educación superior se refieren a la formación de las personas

en los distintos campos de la ciencia, la tecnología, la docencia, la investigación; también, a la extensión de los beneficios de la educación y la cultura al conjunto de la sociedad, con el propósito de impulsar el progreso integral de la nación. No obstante, cuando México sufre alguna crisis económica, los primeros cortes presupuestales se han dado en la Ciencia y en la Educación (Animal Político 2016).

México ha permanecido en el último lugar de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (**OCDE**) de 2000 al 2016, al medir la calidad del sistema educativo. Mientras que, el nivel de enseñanza a nivel superior público México está en la media de los países latinoamericanos (El Universal 2016; Expansión 2018).

El principal idioma extranjero que se enseña en las escuelas públicas desde nivel básico hasta el nivel medio superior es el inglés, sin embargo, los estudiantes tienen un nivel deficiente. Además, en ese mismo lapso se ofrece de manera regular clases de datos digitales y redes sociales.

A nivel bachillerato (preparatorias, vocacionales, colegio de ciencias y humanidades, colegio nacional de educación técnica, centros de estudios tecnológicos industriales, colegio de bachilleres, etc.), no se ofrecen asignaturas de Geociencias, salvo geografía, en comparación a las ciencias básicas, sociales y humanísticas. Sin embargo, cada vez más, se menciona problemas de actualidad, como, cambio climático, conservación del medio ambiente, fenómenos que ocasionan desastres naturales (terremotos, vulcanismo, huracanes, sequías, etc.) y la conservación de los ecosistemas. Por lo que, en los países desarrollados, cada vez más se incluyen asignaturas o cursos de estos temas en los planes de estudio de ese nivel educativo (Liben y Titus 2012).

En México había 37 instituciones de educación superior y 12 centros de investigación en ciencia y tecnología, todos de carácter público, que ofertan licenciaturas, diplomados y posgrados en geociencias con títulos académicos. Particularmente, en geociencias la UNAM se ubicaba en el 2018 en el lugar 167 de las 500 universidades más prestigiadas del mundo y en el 2° lugar de las universidades de Latinoamérica en Geociencias por debajo de la Universidad de São Paulo, tres años después 2021 se ubicaba en el tercer lugar de Latinoamérica por debajo de la Universidad de São Paulo y la Universidad de Chile (Global Universities) mientras que las otras 36 ni siquiera son ubicadas en ese organismo internacional. Cuando se hace la evaluación por algún medio nacional, efectivamente la UNAM es la que obtiene las mejores calificaciones. Sin embargo, no existe una gran diferencia entre el primer, segundo y tercer lugar, todas por encima de 8, pero a partir del lugar 4, cae estrepitosamente y se va a valores por encima de 6, o sea, pasan apenas y a partir del lugar 11 las otras están con valores menores a 6 (Tabla 3).

Tabla 3. Ubicación de la Instituciones de Educación Superior con respecto a una evaluación de su desempeño académico en la que se imparte alguna licenciatura en geociencias

Evaluación de las instituciones de educación superior [a]	
Universidad Nacional Autónoma de México	9.10
Instituto Politécnico Nacional	9.02
Universidad Autónoma de Nuevo León	8.72
Universidad Veracruzana	7.20
Universidad Autónoma del Carmen	6.91
Universidad Autónoma de Tamaulipas	6.72
Universidad Autónoma de Guadalajara	6.43
Instituto de Estudios Superiores de Tamaulipas	6.34
Universidad del Istmo (Oaxaca)	6.31
Universidad Politécnica del Golfo de México	6.22
Universidad del Norte de Tamaulipas	6.08
Instituto Tecnológico de Cerro Azul	6.02
Universidad Tamaulipeca	5.94
Centro de Estudios Superiores Isla del Carmen	5.90
Universidad Olmeca	5.84
Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan	5.82
Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas, A.C.	5.78
Centro de Estudios Superiores del Norte de Veracruz	5.66
Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos	5.56
Universidad Popular de la Chontalpa	5.54
Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca	5.46
Centro Educacional y Desarrollo en Informática Personal	5.45
Instituto Tecnológico de la Chontalpa	5.42

[a] *Elaboración propia con base en sitios web, por ejemplo: https://mba.americaeconomia.com/articulos/notas/ranking-de-universidades-de-mexico-2018; https://mextudia.com/rankings/mextudia/*

Los planes de carrera en las Instituciones de Educación Superior (IES) que ofrecen geociencias cambian en promedio cada 6 años (comunicación personal de los coordinadores de carrera de la FI de la UNAM Ing. Isabel Domínguez y de la ESIA del IPN, Fernando Rodríguez) y estas son las responsables de su gestión e implementación. Un esbozo de que debería de incluir los planes de carrera en Ciencias de la Tierra se muestra en la Tabla 4 y la Figura 12.

Tabla 4. Estructura básica de un plan de carrera de geología, el cual puede variar de acuerdo con los intereses propios de la IES y sus especialidades

PLAN DE CARRERA [a]			
ASIGNATURAS	TEMAS ESPECÏFICOS U OPCIONALES	UNAM	IPN
Asignaturas de ciencias básicas	Matemáticas, físicas, químicas, biológicas	22,00%	20,00%
Asignaturas de ingenierías básicas (ciencias de la tierra)	Geología física, estratigrafía, sedimentología, mineralogía, petrologías, paleontología, geoquímica inorgánica, geología estructural, geomorfología, metalogenia, geología del subsuelo,	35,00%	38,00%
Asignaturas de ingenierías aplicadas (ciencias de la tierra)	Geología aplicada a agua, minerales, petróleo, medio ambientes, etc.	25,00%	262,00%
Asignaturas de ciencias sociales y humanidades	Éticas, redacción, comunicación, economía, literatura, etc.	12,00%	10,00%
Otras asignaturas convenientes	Exploración geofísica, geometría aplicada, sensores remotos, oceanografía, climatología, geoquímica orgánica, etc.	6,00%	6,00%

[a] *Elaboración propia. UNAM, 2014 y con información base de Planes de Carrera de la UNAM y del IPN publicado en su sitio Web, http://player.slideplayer.es/34/10510822/*

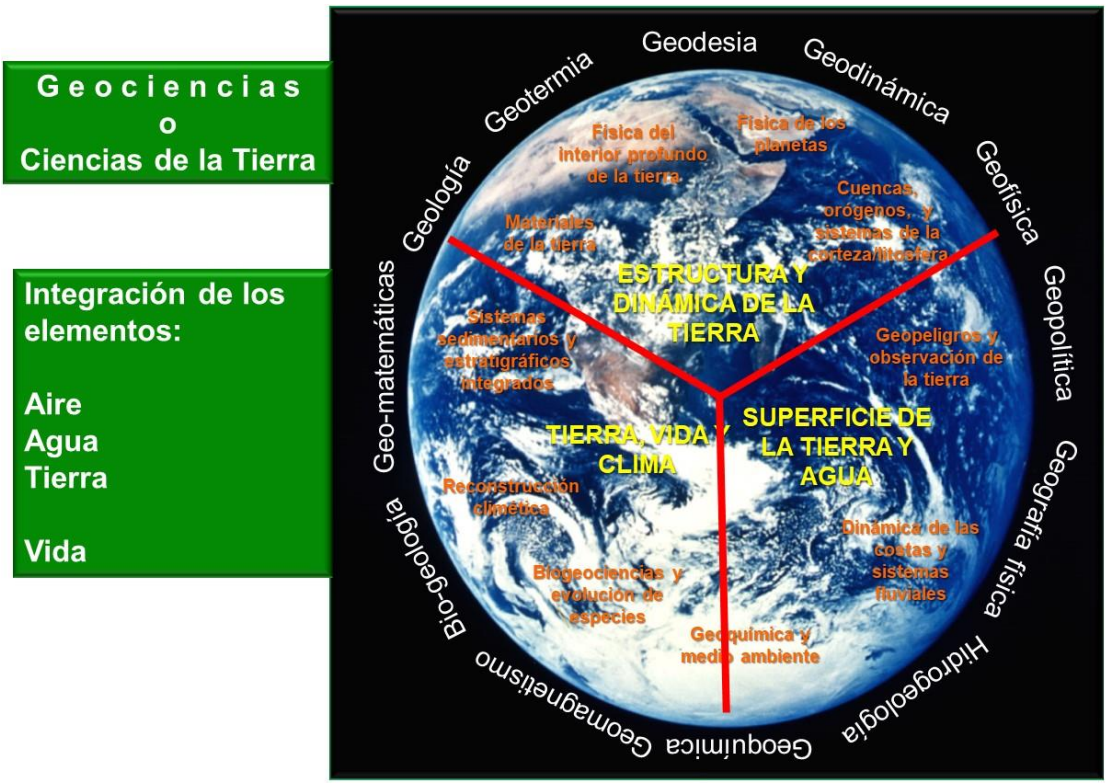

Figura 12. Algunas de las especialidades "geo" que se pueden estudiar en una licenciatura o en un posgrado de Geociencias.

Con base en los datos recopilados de las 46 IES, en el año 2018, entre 6 y 8 mil jóvenes estudiaban alguna carrera o posgrados en Geociencias en México. La duración de una carrera en Ciencias de la Tierra varía de 3 a 4 años y el posgrado de 2 a 5 años.

3.2.2 La educación superior pública en México en Geociencias

La oferta académica de geocientíficos (específicamente de geología) antes del 2008, según datos de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), existían 13 Instituciones de Educación Superior (IES) en México (Padilla y Sánchez et al. 2008), todas estas del sector público, de donde egresan profesionales a nivel superior con el título de Geólogo, Ingeniero Geólogo, Ingeniero en Geociencias, Ingeniero Geólogo Metalurgista e Ingeniero Geólogo Ambiental. De esas 13 sólo 4 sólo estaban acreditadas ante el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C., (CACEI), las Facultades de Ingeniería de la UNAM, de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), así como la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA) del IPN. Además de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), que no estaba registrada ante la ANUIES, pero ofertaba la carrera de Ingeniería en Geología. Aunado a esto habían 5 IES que ofrecían posgrados en las mismas áreas, sumando un total de 18 IES. En la Tabla 5 se muestra la oferta académica de Ingenieros Geólogos egresados en 2008, por programa de estudios,

según datos proporcionados por ANUIES, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y las propias instituciones de educación superior.

La oferta académica para el 2011, había aumentado a 15 IES en México, de donde egresaban profesionales de Ciencias de la Tierra. Ya se habían sumado la Universidad Michoacana y la Universidad Autónoma de Chihuahua. Además, se sumaron 3 IES que ofrecían posgrados de las mismas áreas, para dar un total de 22 IES (Tabla 6). A pesar de que la cantidad de posgrados se ha incrementado en las IES, y ya para el 2018 abarcaba una mayor cobertura en el país, no ha sido así con respecto a la calidad y equidad de género debido a que todavía hay una disparidad entre los hombres y mujeres que estudian el posgrado y no todos los posgrados tienen la misma calidad (Adalid 2011)

En 2011, de los cinco estados que rodean al Golfo de México en la porción mexicana, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán, no había más que una IES en el Estado de Tamaulipas (Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, ITCM) donde se impartieran carreras relacionadas con la exploración y producción de hidrocarburos. Por el contario en la parte estadounidense, de los cinco Estados que rodean al Golfo de México; Texas, Luisiana, Misisipi, Alabama y Florida, en los cinco existía una amplia gama de IES que contaban con una sólida tradición en ofertar carreras de geociencias ya prestigiadas y enfocadas especialmente a la exploración y producción de petróleo y gas.

La formación de un geocientífico o ingeniero en Geociencias es muy costosa, ya que se requiere mucha infraestructura, no sólo de la tradicional, como; edificios con aulas, baños, áreas comunes, etc. además de, mobiliario, equipos de cómputo, software y hardware especializado, biblioteca, auditorio, salas, etc. sino también de laboratorios y talleres especializados, que son muy costosos, comenzando con los de petrografía, donde son indispensables los microscopios de distintos tipos, químicos, donde se realizan análisis, inorgánicos y orgánicos, física de rocas, que van desde mecánica de rocas, pasando por registros eléctricos, hasta tomografía, física de fluidos, reómetros, o bien, equipos de campo como: magnetómetros, sismógrafos, sondas eléctricas, etc. Así como material complementario para las prácticas de campo, que incluye camiones, camionetas, utensilios de trabajo y de sobrevivencia, coste de mantenimiento y de viáticos, entre otros más. Esto puede duplicar o triplicar el costo de otro tipo de carreras, de ingeniería o de ciencias. Por lo tanto, la carrera de geología es muy costosa, porque se requiere de muchos equipos de laboratorio, de campo, de gabinete y de infraestructura propia y diseñada para tales fines. La formación de un estudiante de geología en México le cuesta al estado entre 20 y 50 mil USD, y en los EUA va de 50 a 150 mil USD, aunque esta es una excelente inversión a largo plazo, por los beneficios económicos que un explorador científico llega a generar, como se mención párrafos arriba.

En el 2018 en México la cifra de IES se había incrementado a 37 que ofrecían alguna de estas carreras a nivel superior y esa cifra no cambió para el 2021 (Tabla 7, Figura 13). Cabe destacar que sólo una de estas era del sector privado. Y si se suman los 12 CICT que había en el 2018 en total eran 49, pero aquí si aumentaron a 17 en el 2021 (Tabla 8), igual todos del sector público, que imparten también posgrados, aunque la cifra en el 2021ha alcanzado ya las 54 instituciones. Esto significa que de 2011 a 2021 se triplicaron tanto, las IES como, los CICT, posiblemente por la ayuda que otorgaban originalmente los fondos sectoriales SENER-CONACyT-Hidrocarburos de 2010 a 2014, sumado a la nueva planta docente, una

gran cantidad de ingenieros y científicos que se retiraron de sus fuentes de trabajo, mismos que se habían dedicados a la Industria Petrolera Nacional por más de dos décadas y que tenían experiencia y contactos en los lugares donde se instalaron, sobre todo en los cinco estados petroleros. Posteriormente se diversificó la ayuda de estos fondos de 2015 a 2018 para asimilar tecnologías y comenzaron a apoyar a universidades extranjeras, como, por ejemplo: la Universidad de Calgary, la Universidad de Alberta (ambas de Canadá) o la Universidad de Texas o el Buro de Geología Económica (estos dos de EUA). Un dato sobresaliente es el hecho que la IES acreditadas por el CACEI ya suman 10 (Tabla 9). También es digno de destacar que ahora en los cinco estados de la República Mexicana (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán) se encuentra por lo menos una IES o un CICT que se dedica a formar recursos humanos en áreas de la Geociencias con un enfoque petrolero.

Los CICT son lo que cuentan con más laboratorios para hacer análisis y estudios de Geología, Geofísica y Geoquímica, dentro de estos destacan:

- Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)
- Instituto de Geología (UNAM).
- Instituto Potosino de investigación en Ciencia y Tecnología (IPICYT)
- Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA-IPN)
- Facultad de Ingeniería de la UNAM
- Facultad de Ciencias de la Tierra (UANL)
- Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada B.CV. (CICESE)
- Centro de Geociencias en Juriquilla (UNAM)
- Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas (UAdeC)

En el 2007 Salvador García, director del Departamento de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Monterrey, comentó que los ingenieros extranjeros encuentran pocas trabas para trabajar en México, porque no se le pide ningún requisito adicional a su titulación y en ocasiones están mejor preparados que los mexicanos. “Son más baratos que los nacionales”, y añadió “quien decide contratar un ingeniero mexicano tiene que invertir en capacitarlo periódicamente y certificarlo en algún área”, quien justificaba esas contrataciones porque según su óptica, no hay que invertir en su capacitación (Expansión 2007). Por su parte, Armando Roque, presidente de la Federación de los Colegios de Ingenieros dijo “cuestan cuando menos 20% más que un extranjero que no necesita capacitación y que ya está certificado” (óp. cit.)

Tabla 5. Instituciones de Educación Superior que ofertaban las carreras geológicas en 2008

	UNIVERSIDAD	LICENCIATURA	SITIO WEB
1	Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora	Ingeniería en Geociencias	https://www.ues.mx/
2	Instituto Politécnico Nacional- ESIA Ticomán (CDMX)	Ingeniería Geológica	http://www.ipn.mx/educacionsuperior/Paginas/Ing-Geologica.aspx
3	Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (Tamaulipas)	Ingeniería en Geociencias	http://www.itcm.edu.mx/index.php/2012-03-12-21-20-38/2012-03-12-21-23-26/ingenieria-en-geociencias
4	UNAM-Facultad de Ingeniería (CDMX)	Ingeniería Geológica	http://oferta.unam.mx/carreras/17/ingenieria-geologica
5	Universidad Autónoma de Baja California Sur	Geología	http://www.uabcs.mx/ofertas/carrera/3
6	Universidad Autónoma de Chihuahua	Ingeniería Geológica	http://www.fing.uach.mx/licenciaturas/IG/2011/09/09/IG_Perfil/
7	Universidad Autónoma de Guerrero	Geología	http://uact.uagro.mx/inicio/
8	Universidad Autónoma de Nuevo León	Ingeniería Geológica	http://www.uanl.mx/oferta/ingeniero-geologo.html
9	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Geología	http://w3.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Dipticos/Ing_en_Geologia.pdf#search=Geolog%C3%Ada
10	Universidad Autónoma de Zacatecas	Ciencias de la Tierra	http://planeacion.uaz.edu.mx/documents/196877/38e99ee4-2341-42d6-829e-b428b6c4323c
11	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	Ingeniería en Geología Ambiental	https://www.uaeh.edu.mx/campus/icbi/oferta/licenciaturas/ing_geologiaambiental.html
12	Universidad de Guanajuato	Ingeniería Geológica	http://www.ugto.mx/licenciaturas/por-orden-alfabetico-i/ingeniero-geologo
13	Universidad de Sonora	Geología	http://www.uson.mx/oferta_educativa/pe/licgeologia.htm
	CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	**TEMAS DE INVESTIGACIÓN**	
14	UNAM Instituto de Geología (CDMX)	Ciencias de la Tierra	http://www.pctierra.unam.mx/
15	UNAM Facultad de Ingeniería	Recursos Energéticos	http://ingenieria.posgrado.unam.mx/sitv3/pos02.html
16	UNAM Centro de Geociencias Juriquilla (Querétaro)	Geociencias	http://www.geociencias.unam.mx/geociencias/posgrado/indice.html
17	UASLP Instituto de Geología (San Luis Potosí)	Ciencias de la Tierra	http://w3.igeologia.uaslp.mx/
18	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada CICESE (Baja California Sur)	Ciencias de la Tierra	http://www.cicese.edu.mx/posg/index.php?menu=pgrms&mod=posgr&op=intro&idp=CT&prog=Ciencias%20de%20la%20Tierra

Tabla 6. Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación Científica y Tecnológica que ofertaban las carreras y posgrados geológicos en 2011

	UNIVERSIDAD	Maestría Licenciatura o Diplomado
1	Universidad Estatal de Sonora	Ingeniería en Geociencias
2	Universidad de Sonora	Geología
3	Universidad de Guanajuato	Ingeniería Geológica
4	Universidad Autónoma del Estado de México	Geología Ambiental y Recursos Hídricos
5	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	Ingeniería en Geología Ambiental
6	Universidad Autónoma de Zacatecas	Ciencias de la Tierra
7	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Geología
8	**Universidad Autónoma de Nuevo León**	Ingeniería Geológica
9	Universidad Autónoma de Guerrero	Geología
10	Universidad Autónoma de Chihuahua	Ingeniería Geológica
11	Universidad Autónoma de Baja California Sur	Geología
12	Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo	Metalurgia
13	**UNAM-Facultad de Ingeniería (CDMX)**	Ingeniería Geológica
14	Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (Tamaulipas)	Ingeniería en Geociencias
15	**Instituto Politécnico Nacional- ESIA Ticomán (CDMX)**	Ingeniería Geológica
16	UNAM Instituto de Geología (CDMX)	Ciencias de la Tierra
17	UNAM Facultad de Ingeniería (CDMX)	Recursos Energéticos
18	UNAM Centro de Geociencias Juriquilla (Querétaro)	Geociencias
19	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada CICESE (Baja California Sur)	Ciencias de la Tierra
20	UASLP Instituto de Geología (San Luis Potosí)	Ciencias de la Tierra
21	Instituto Mexicano del Petróleo (CDMX)	Ciencias de la Tierra
22	Instituto de Investigaciones Eléctricas (Morelos)	Ciencias de la Tierra

Tabla 7. Instituciones de Educación Superior que ofertan las carreras geológicas en 2021

	UNIVERSIDAD	Licenciatura o Diplomado
1	Universidad Popular de la Chontalpa (Veracruz)	Ingeniería Geológica
2	Universidad Olmeca (Tabasco)	Ingeniería Geológica
3	Universidad Estatal de Sonora (Sonora)	Ingeniería en Geociencias
4	Universidad del Noreste (Tamaulipas)	Geología Básica para Yac. de HCs.
5	Universidad del Mar (Oaxaca)	Oceanografía
6	Universidad de Sonora (Sonora)	Geología
7	Universidad de Guadalajara (Jalisco)	Geociencias Ambientales Aplicadas
8	Universidad de Guanajuato (Guanajuato)	Ingeniería Geológica
9	Universidad de Colima (Colima)	Gestión Ambiental y Medición de Riesgo
10	Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, (Chiapas)	Ciencias de la Tierra
11	Universidad Autónoma del Estado de México (EDOMX)	Geología Ambiental y Recursos Hídricos
12	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (Hidalgo)	Ingeniería en Geología Ambiental
13	Universidad Autónoma del Carmen (Campeche)	Ingeniería Geológica
14	Universidad Autónoma de Zacatecas (Zacatecas)	Ciencias de la Tierra
15	Universidad Autónoma de Tamaulipas (Tamaulipas)	Técnico en Exploración Geológica
16	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Geología
17	Universidad Autónoma de Nuevo León (Nuevo León)	Geología Ambiental
18	Universidad Autónoma de Nuevo León (Nuevo León)	Ingeniería Geológica
19	Universidad Autónoma de Guerrero (Guerrero)	Geología
20	Universidad Autónoma de Coahuila (Coahuila)	Ingeniería Geológica
21	Universidad Autónoma de Chihuahua (Chihuahua)	Ingeniería Geológica
22	Universidad Autónoma de Baja California Sur (BCS)	Geología Marina
23	Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo (Michoacán)	Metalurgia
24	UNAM-Morelia (Michoacán)	Geociencias
25	UNAM-Facultad de Ingeniería (CDMX)	Ingeniería Geológica
26	UNAM-Facultad de Ciencias (CDMX)	Ciencias de la Tierra
27	UNAM-Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra (CDMX)	Ciencias de la Tierra Sólida
28	Instituto Tecnológico del Petróleo y Energía (Yucatán)	Ingeniería en Geología
29	Instituto Tecnológico Superior Venustiano Carranza (Puebla)	Ingeniería en Geociencias
30	Instituto Tecnológico Superior de las Choapas (Veracruz)	Ingeniería en Geociencias
31	Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (Sonora)	Ingeniería en Geociencias
32	Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica (Veracruz)	Ingeniería en Geociencias
33	Instituto Tecnológico de Tacámbaro (Michoacán)	Ingeniería en Geociencias
34	Instituto Tecnológico de la Chontalpa (Veracruz)	Ingeniería en Geociencias
35	Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (Tamaulipas)	Ingeniería en Geociencias
36	Instituto Politécnico Nacional- ESIA Ticomán (CDMX)	Ingeniería Geológica
37	Instituto Universitario de Yucatán (Yucatán)	Ingeniería en Geociencias

Tabla 8. Centros de Investigación y Tecnología que ofertan los posgrados en Geología en 2021

	UNIVERSIDAD	Licenciatura o Diplomado
38	UNAM Instituto de Geología (CDMX)	Ciencias de la Tierra
39	UNAM Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	Geología Marina
40	UNAM Centro de Geociencias, Juriquilla (Querétaro)	Ciencias de la Tierra
41	UNAM-Facultad de Ingeniería (CDMX)	Exploración y Explotación en Recursos Naturales
42	UNAM-Facultad de Ciencias (CDMX)	Ciencias de la Tierra
43	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Geociencias y Plan. de Territorio
44	UANL Facultad de Ingeniería (Linares, N.L.)	Ciencias Geológicas
45	UNSON Facultad de Ingeniería (Hermosillo, Son.)	Ciencias Geológicas
46	UASLP Instituto de Geología (San Luis Potosí)	Ciencias de la Tierra
47	CICESE Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (Baja California Sur)	Ciencias de la Tierra
48	Instituto Mexicano del Petróleo (CDMX)	Ciencias de la Tierra
49	Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (Guadalajara, Jalisco)	Ciencias de la Tierra
50	Instituto de Investigaciones Metalúrgicas (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo)	Geociencias Aplicadas
51	Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica	Geociencias Aplicadas
52	Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas (Coahuila)	Geociencias Aplicadas
53	Centro de Estudios Superiores de la Isla del Carmen, Universidad (CESIC), Campeche	Geología del Petróleo
54	Instituto Politécnico Nacional- ESIA Ticomán (CDMX)	Ingeniería Geológica

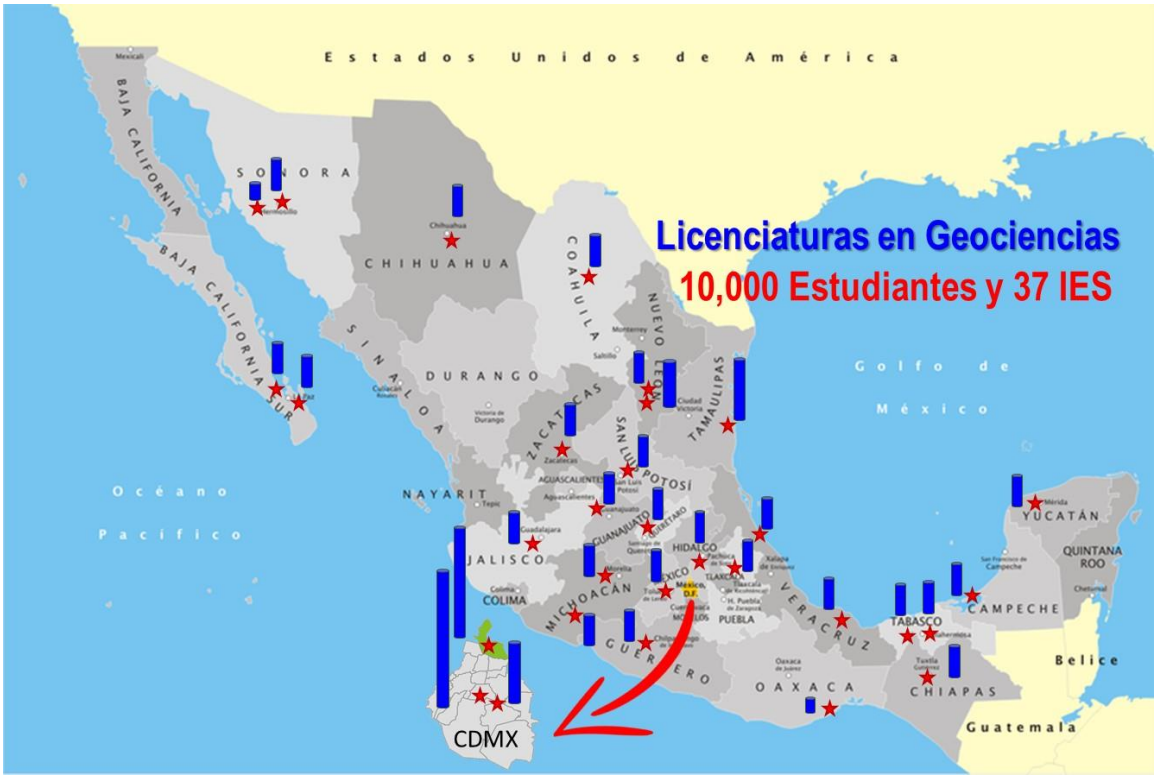

Figura 13. Distribución geográfica de las IES y los CICT en México que imparten alguna licenciatura o especialidad en geociencias (Geología), año 2020

Tabla 9. Programas Acreditados por el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI) hasta el 2017

Entidad	Institución	Campus	Programa Educativo	Fecha de Acreditación
Ciudad de México	**Instituto Politécnico Nacional**	ESIA Ticomán	Ingeniería Geológica	07/12/2017
Ciudad de México	**Universidad Nacional Autónoma de México**	Facultad Ingeniería Ciudad Universitaria	Ingeniería Geológica	08/12/2016
Coahuila	Universidad Autónoma de Coahuila	Nueva Rosita	Ingeniero en Rec. Minerales y Energéticos	07/12/2017
Guerrero	Universidad Autónoma de Guerrero	Taxco	Licenciatura en Geología	03/12/2015
Nuevo León	**Universidad Autónoma de Nuevo León**	Linares	Ingeniería Geológica	11/01/2014
Nuevo León	Universidad Autónoma de Nuevo León	Linares	Ingeniería Geológica Mineralogista	11/01/2014
San Luis Potosí	**Universidad Autónoma de San Luis Potosí**	SLP	Ingeniería en Geología	08/12/2016
Sonora	Universidad de Sonora	U. Regional Centro	Geólogo	19/09/2014
Tamaulipas	Instituto Tecnológico de Ciudad Madero	Madero	Ingeniería en Geociencias	07/12/2017
Zacatecas	Universidad Autónoma de Zacatecas	Zac	Ingeniero Geólogo	07/07/2016

Por otra parte, en el estudio realizado por Santamaría et al. (2011), mostró que a pesar de que México ha sido un país petrolero y exportador de petróleo desde 1982 hasta 2020, no ha preparado a suficientes técnicos, profesionales y científicos en las geociencias para realizar los estudios e investigaciones que la industria petrolera nacional demandaba, tampoco había desarrollado muchas tecnologías nuevas. Las cifras que mostraron fueron alarmantes, pues tan sólo identificaron a 374 investigadores de las áreas de Geociencias e Ingeniería Petrolera, para una población de 112 millones de mexicanos de aquel entonces. Lo que equivale a un geocientífico especialista en exploración y explotación petrolera por cada 300 mil habitantes. Si esto se compara con los Estados Unidos, donde en ese mismo año había un geocientífico especialista en exploración y explotación petrolera por cada 25 mil habitantes.

En el año 2011, no había más de 1,600 profesionales de geociencias para trabajos de exploración y producción. De estos el 65% laboraba en Pemex, otro 18% eran ocupados por compañías privadas y de servicio, mientras que un 12% los ocupaba el IMP, y el 5% restante gestionaba en forma de consultores independientes. Por lo tanto, había 1 científico especializado para la industria petrolera por cada 320 mil habitantes y 1 profesional de geociencias en exploración petrolera por cada 75 mil habitantes, quedando en el lugar 60, si esto se compara con los científicos y profesionales de Estados Unidos en el lugar 9, por ejemplo (UNESCO, http://chartsbin.com/view/1124).

En ese mismo año, cuando los precios del barril del petróleo oscilaban entre los 100 USD, si un **Ingeniero geólogo** (mujer u hombre) lograba entrar a este mercado exclusivo, donde la demanda era mayor a la oferta, en su mayoría estaban bien remunerados. Sin embargo, eso se fue perdiendo, primero porque bajaron los precios del barril y segundo porque no había una política nacional racional de exploración y producción de hidrocarburos, además sí la compañía estatal sólo operaba para sobre explotar los campos del subsuelo, pagar muchísimo de impuestos, o bien, si las empresas que le apoyaban con algún servicio, sobre todo las transnacionales (Schlumberger, Halliburton, Waterford, Baker Hughes, Repsol, etc.) (Reporte Índigo, 2013; IPS, 2012) no se les exigía que tuvieran geocientíficos nacionales en sus filas, estas llegaban con su propio personal, aunque este no estuviese certificación de algún colegio de geocientíficos de México, ni familiarizado con la geología y geofísica de nuestro país o, incluso que sus costumbres, idiosincrasia, cultura, comida, etc. no los apegaba al país. Ya en el año 2014, el precio del barril disminuyo a menos de 60 USD y no había esta oportunidad de tener una buena remuneración y esto terminó desmotivando a los jóvenes profesionales nacionales de 2015 a 2018.

A dos problemas críticos se enfrenta la fuerza de trabajo de las geociencias, y subsecuentemente afectan tanto, a la totalidad de las disciplinas de las geociencias como, a la economía de México: la velocidad a la que el nuevo talento se va incorporando transicionalmente a la profesión de la exploración y producción del petróleo, acompañada de la rápida pérdida de talento experimentado, los profesionales se van jubilando. Ya que la transición de la escuela formal a una profesión es un punto crítico en la vida de un individuo. Esta es también una unión que conduce a una deserción sustancial de lo que se consideran trayectorias lineales y tradicionales. Asimismo, este período de transición no se limita al momento de la decisión de un nuevo graduado en cuanto al empleo que toma, sino a su disposición cinco años después del final de su educación formal. Este punto de cinco o seis años es una medida tradicional de la entrada de un individuo en una carrera (Lavorski y Somma 2018): muchas personas toman su primer empleo en un campo relacionado con su educación, pero encuentran que los problemas personales, profesionales y económicos impulsan cambios (Villanueva y Carreño 2009). Con este fin, la mayoría de las medidas de los campos de las ciencias, la ingeniería y las matemáticas indican que los receptores de profesionales en esos campos, solo alrededor de 1 de cada 4 se queda en su primer empleo.

Las percepciones de las oportunidades de carrera y sus itinerarios influyen en la elección de carrera de los estudiantes y su carrera. Por ejemplo, cuando salió la película, Indiana Jones (La Jornada 2014), hubo un repunte en la matrícula de arqueología y pasó de alrededor de 200 a casi 800 estudiantes. No obstante, al percatarse que no eran las expectativas de muchos estudiantes, hubo una deserción del aproximadamente el 50%, pero como sea, la oferta se duplicó. Estas percepciones también se ven reforzadas por la alineación de la actividad de búsqueda de empleo y las expectativas de los estudiantes de posgrado en geociencias sobre los distintos sectores de empleo.

Debido a la creación de nuevas IES, un alto porcentaje de los graduados recientes en geociencias ha encontrado trabajo en la academia, 18% en el gobierno y 10% en la industria privada. Sin embargo, muchos aún están en esa búsqueda y por lo tanto están subempleados o desempleados. Los graduados de Maestría en Geociencias fueron menos selectivos en sus esfuerzos de búsqueda de empleo: el 58% buscó trabajo en la academia,

el 55% en el gobierno y el 35% en el sector privado. Aunque, solo el 24% de los graduados de maestría en geociencias encontraron trabajo en la academia, 22% en el gobierno y 50% en la industria privada (21% en la industria de petróleo y gas, 20% en industria ambiental, 9% en otra industria) (Villanueva y Carreño 2011). En la década de 2007 a 2017, los datos de encuestas a doctores recientes muestran que un porcentaje cada vez mayor, quiere seguir en la academia y consigue puestos posdoctorales.

Para los doctores nuevos en geociencias que encontraron empleo en puestos no postdoctorales, entre 2007 y 2017, hubo un aumento sustancial en aquellos que encontraron empleo en el gobierno y la academia y una disminución en el porcentaje de aquellos que encontraron empleo en la industria.

3.3 Demanda de Profesionales por Empleadores

La SENER (2013), apuntó que se ha estimado que México necesitará formar un mínimo de 135,000 expertos de alto nivel, profesionales y técnicos en distintas especialidades en los próximos años. Entre los años 2010 a 2014 Pemex ha contratado a más jóvenes egresados de Instituto Tecnológico de Ciudad Madero que de cualquier otra IES. Y por ende ésta es la institución que más demanda tiene en el país (Tabla 10), con más de 950 estudiantes que actualmente tienen en sus aulas, le sigue la Facultad de Ingeniería de la UNAM con casi 600 alumnos, y después la Universidad de Sonora y la ESIA Ticomán del IPN con alrededor de 400 cada una. El secretario de energía Pedro Joaquín Coldwell estimó que se generarían de 230 a 900 mil empleos en los siguientes 15 años, para el 2030 (Animal Político 2018).

Los principales empleadores de los profesionales han sido Pemex y el IMP. Sin embargo, cuando se revisan los números de estas dos organizaciones que ocupaban a más del 60% de los geocientíficos dedicados única y exclusivamente a la industria petrolera nacional, se puede observar que la plantilla laboral en Pemex ha disminuido en más de un 25%, en lo que va de la puesta en marcha de la Reforma Energética, pasando de más de 155 mil empleados antes de 2013 a menos de 112 mil puestos de trabajo, cinco años después 2018. Esto significa que han despedido o jubilado a más de 43,500 personas en lo que va del cambio de modelo energético (Figura 14). Cabe destacar que, si Pemex tenía alrededor de 1,600 geocientíficos en el 2012 estos pasaron a ser aproximadamente 1245 para el 2018 y está cantidad sigue bajando. Muchos de sus especialistas experimentados estarán por jubilarse en pocos años, otros serán jubilados prematuramente. Esta situación no es exclusiva de PEP, las otras filiales también están disminuyendo su plantilla de trabajadores y esto es lógico pues otros indicadores han disminuido, quizás no con la velocidad de estos recursos humanos. Lo mismo está ocurriendo en el IMP y la cantidad de trabajadores ha disminuido en casi un 35 % (Figura 15). Se estima que más de 50 mil empleos se perderían en los siguientes 7 años, ya sea por jubilaciones o por retiros y habrá que renovarlos o sustituirlos con mejores técnicos, ingenieros y científicos.

En el 2014 se reunieron una serie de especialistas en Tampico, Tamaulipas y concluyeron que había un déficit de más de 1,100 especialistas en ingeniería petrolera y en otras áreas, (Milenio 2014). Rodolfo Vilchis Aguirre mencionó que, las compañías petroleras que ingresarán con las nuevas licitaciones de las rondas que organizo la CNH, también

necesitarán contadores, médicos y hasta chefs, por lo que afirmaron que se reactivará la economía en todos los sectores del país. Por otra parte, Gonzalo Monroy; mencionó que cerca de 7,000 especialistas se jubilarían en los próximos años y no se podían remplazar tan fácilmente (Expansión 2014), porque según él, con la Reforma Energética México se transformó radicalmente en el sector petrolero y eléctrico. También mencionó que proyecciones de Pemex y la Comisión Nacional de Hidrocarburos, durante 2014 más de 3,000 especialistas en exploración y producción, refinación y petroquímica cumplirían con los requisitos para su jubilación.

De 2018 a 2021 la matrícula de las 37 Instituciones de Educación Superior (IES) en sus Ingenieros en formación se ha mantenido; sin embargo, los estudiantes ya no se orientan exclusivamente por la especialidad del petróleo, sino que han optado por Geotecnia, Minería y Medio Ambiente (Comunicación personal de la coordinadora de la carrera de Geología de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y Secretario Académico de la ESIA, Ticomán del IPN). Esto ha sido consecuencia de la escasa demanda de las empresas petroleras privadas que están en México y tienen uno o más bloques de alguna de las 4 rondas que ha organizado la CNH.

Tabla 10. Matrícula de estudiantes que tiene el país en carreras de Geociencias estimación con datos de 2017.

No. de Alumnos	UNIVERSIDAD
954	Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (Tamaulipas)
584	UNAM-Facultad de Ingeniería (CDMX)
403	Universidad de Sonora (Sonora)
396	Instituto Politécnico Nacional- ESIA Ticomán (CDMX)
283	UNAM-Facultad de Ciencias (CDMX)
281	Universidad Autónoma de Chihuahua (Chihuahua)
261	Universidad Autónoma de San Luis Potosí (San Luis Potosí)
240	Universidad Estatal de Sonora (Sonora)
222	Instituto Tecnológico de la Chontalpa (Veracruz)
221	Instituto Tecnológico Superior Venustiano Carranza (Puebla)
200	Instituto Universitario de Yucatán (Yucatán)
198	Universidad Autónoma de Zacatecas (Zacatecas)
189	Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (Sonora)
181	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (Hidalgo)
153	Instituto Tecnológico de Tacámbaro (Michoacán)
150	Universidad Autónoma de Tamaulipas (Tamaulipas)
150	Universidad Autónoma de Nuevo León (Nuevo León)
145	Universidad Autónoma de Coahuila (Coahuila)
133	Universidad Autónoma de Baja California Sur (Baja California Sur)
130	Universidad Autónoma del Carmen (Campeche)
121	Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (Chiapas)

No. de Alumnos	UNIVERSIDAD
50	Universidad Autónoma de Nuevo León (Nuevo León)
41	Universidad Olmeca (Tabasco)
35	Universidad de Guadalajara (Jalisco)
35	Universidad Autónoma del Estado de México (Edo de Mex)
26	UNAM-Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra (CDMX)
23	UNAM-Morelia (Michoacán)
22	Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo (Michoacán)
20	Universidad del Noreste (Tamaulipas)
20	Universidad de Colima (Colima)
18	Universidad de Guanajuato (Guanajuato)
18	Universidad Autónoma de Guerrero (Guerrero)
15	Instituto Tecnológico Superior de las Choapas (Veracruz)
12	Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica (Veracruz)
5930	**35 instituciones de Educación Superior**

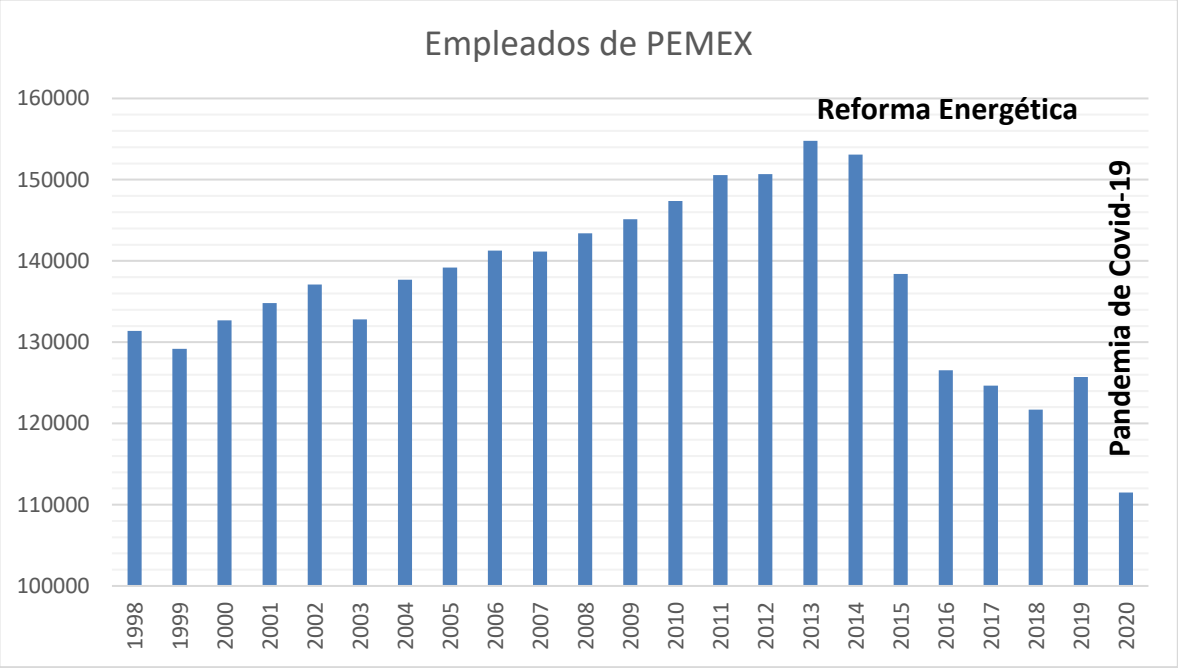

Figura 14. Evolución de la cantidad de trabajadores de PEMEX de 1998 a 2020, elaborado con datos de los informes anuales de PEMEX.

Lo mismo ha ocurrido con la producción de petróleo que ha caído de poco más de 2.51 a 1.82 millones de barriles por día, junto con la capacidad de refinación que pasó de 1,546 a 914. Antes de la Reforma Energética se producían 437 miles de barriles de gasolina y en el 2017 sólo generaban 325 mil. Se anotan estas cifras para apoyar la idea de que, al haber una caída de los productos petroleros, no puede haber un repunte en la creación de nuevas plazas de trabajo.

La mayoría de los geocientíficos de la fuerza laboral se encuentran dentro de los 15 años de la edad de jubilación. Los datos de fuentes federales, sociedades profesionales y la industria confirman un desequilibrio en la edad demográfica de los geocientíficos. El porcentaje de geocientíficos de entre 31 y 35 años es menos de la mitad de los geocientíficos de entre 51 y 55 años. Todas las ocupaciones de geocientíficos en el gobierno, con la excepción de los meteorólogos y oceanógrafos, experimentaron un cambio de edad hacia el grupo de edad de 50 a 54 años entre 2003 y 2007. Entre 2007 y 2009, un cambio marcado en la distribución por edades de 50 a 54 años paso a ser un grupo de 55 a 59 años, y un ligero aumento concurrente en el porcentaje de geocientíficos menores de 35 años en la mayoría de las ocupaciones geocientíficos gubernamentales.

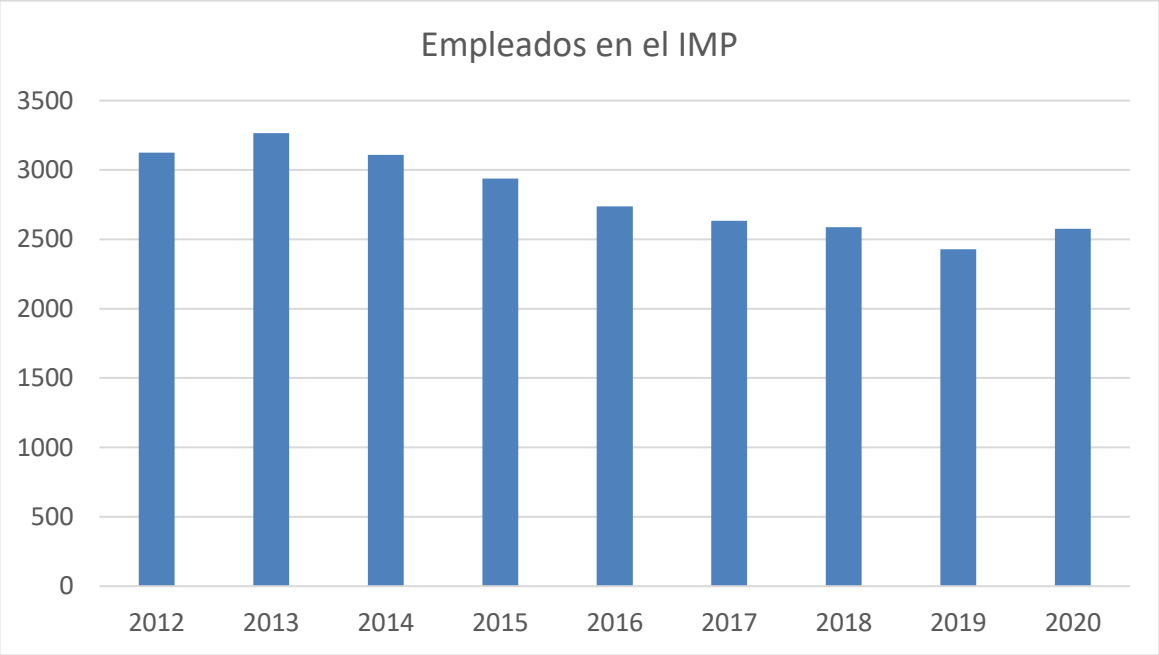

Figura 15. Evolución del número de trabajadores del IMP de 2012 a 2020 (*Fuente*: Informes del IMP y LinkedIn, 2020)

Enrique Cabrero, director del CONACyT, expresó el 12 de septiembre de 2016 que “sólo durante 2015 se requerirán 20 mil especialistas para asumir el reto que tenemos enfrente", al referirse a los requerimientos de empleos en el sector energético, al entrar en vigor la Reforma Energética, los cuales incluyen tanto en las áreas de las ingenierías como en las económicas, sociales y legales, entre otras. Si de esos 20 mil, tan sólo el 10% se requiriesen en las ciencias de la Tierra, serían 2,000 y si de esos una tercera parte fueran de geología serían entre 650 y 700 por año, lo que significa que se requerirán casi 3,500 en el periodo 2014–2018. Además, las compañías privadas y hasta la estatal, tiene permitido contratar personal extranjero, altamente calificado o de recién ingreso, lo que provocaría un freno en la contratación de personal nacional.

En el 2017 según nuestra investigación había inscritos aproximadamente 6,000 estudiantes en las 37 IES (Ver Tabla 10), eso significa que, si esta cifra se hubiera mantenido a lo largo del periodo, entonces la mitad se debería dedicar al sector petrolero y

eso no ocurrió, toda vez que sólo entre el 20 y 30% se enfocaron a este sector. Para el año 2030, la demanda de geocientíficos en la industria del petróleo será de aproximadamente 13,000 trabajadores en una estimación conservadora de la demanda industrial que se tiene proyectada para este sector.

3.3.1 Salarios del sector petrolero

Stefanic (2014) en Explorer de la AAPG publicó la actualización de un estudio estadístico sobre los salarios promedio de los recién incorporados a la industria petrolera Mike Ayling, del Recursos MLA en Tulsa, quién ha venido realizando este trabajo desde 1981. En la última evaluación 2013 los geocientíficos petroleros de recién ingreso deberían de ganar entre 95 a 100 mil dólares al año, esto equivale a entre 1 millón 700 mil y 1 millón 900 mil pesos anuales (con la paridad del dólar americano en 2018) y desde 2005 hasta el 2013 los sueldos se han incrementado en promedio 8.8% anual. Un geocientífico con doctorado y más de 25 años de experiencia su sueldo anual oscilaría entre 210 y 250 mil USD, el equivalente a 3 millones 750 mil y 4.5 millones de pesos. Si se compara con los salarios que ganan en México los geocientíficos petroleros, son de 4 a 10 veces menor los salarios, que van de 200,000 a 450,000 pesos anuales y de 600 a 1 millón 300 mil pesos respectivamente. Incluso en las compañías que emplean geocientíficos de petróleo y gas, son generalmente las que ofrecen los salarios más altos de todas las industrias, el suministro de nuevos geocientíficos es corto para las necesidades y el reemplazo (Lewis 2002). Por otro lado, en el año 2018 el Buro de Estadísticas Laborales de EUA anota que el salario promedio de un técnico en geología y petróleo gana en promedio 54 mil US dólares al año y 26 dólares la hora. Este salario bajó para el 2021 a 50 mil USD y 24 dólares la hora.

En México para el 2018, el número de geocientíficos más jóvenes que rondan los 30 años es aproximadamente la mitad del número de aquellos que se acercan a la edad de jubilación. Este número es mayor que los datos reportados por agencias federales y sociedades profesionales. Además, no se espera que el suministro de geocientíficos satisfaga la demanda de geocientíficos en los próximos 20 años. Y únicamente las actividades de apoyo para la minería y el petróleo y el gas son las únicas geociencias que emplean la industria, donde los datos demográficos prevén el reemplazo de la generación anterior de geocientíficos que se jubilarán en los próximos 15 años.

En la docencia, al igual que otros sectores que ocupaban a los geocientíficos, en el 2018, aquellos catedráticos o formadores de ingenieros de tiempo completo en su mayoría eran de edad avanzada (finales de los 50 a mediados de los 70), y sólo hay alrededor de un 30 % de profesores adjuntos y asociados que profesores titulares tenían menos de 50 años. Entre 2008 y 2010 en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, el número de profesores catedráticos disminuyó ligeramente a medida que aumentó el número de profesores eméritos, lo que indica el retiro de más profesores titulares.

Dado el incremento demográfico actual en las carreras de geociencias, se espera que esta tendencia continúe durante los próximos años. Además, por la disminución en las plazas de los catedráticos de tiempo completo entre 2008 y 2010, se dio un aumento general en el número de profesores de asignatura, especialmente entre edades de 35 y 40. Sin embargo, en el rango de profesor asociado, el número de profesores se mantuvo

estable durante el mismo período de tiempo. El porcentaje de mujeres en la fuerza de trabajo de México se ha elevado a cerca del 25% desde 2005. Sin embargo, muchas mujeres ganan menos que los hombres y muchas de ellas se han inclinado más hacia las ciencias ambientales, oceanografía y ha disminuido en ingeniería minera y geológica petrolera.

3.3.2 Necesidades de la Industria Petrolera Nacional en Exploración y Producción

La **oferta y la demanda** de geocientíficos, al igual que otros profesionales empleados en la industria petrolera **están controlados por tres variables**, todas basadas en el factor económico, o en el costo y beneficio. La **primera**, de carácter mundial, es el precio del barril de petróleo, cotizado en USD desde 1974 hasta 2020, éste que incluso puede llegar a estancar la economía de un país y por ende la demanda de profesionales, si el precio llegase a ser muy bajo, menor de 20 USD o, por el contrario, dar un crecimiento económico acelerado y que los trabajadores de esa industria sean los mejores pagados del mundo, si el precio aumenta por encima de 100 USD. La **segunda**, de carácter regional, es la disponibilidad del recurso, el cual puede ser abundante y de fácil acceso, que sería lo óptimo, aunque también podría ser abundante, pero de difícil acceso, o porque se requiere de cierta tecnología que en algún país aún no está disponible, pero se puede adquirir o bien, desarrollar, lo mismo ocurre con la infraestructura previa, instalaciones superficiales o submarinas o si hay que partir de cero, etc. (Holditch y Chianelli 2008). La **tercera**, de carácter particular, es la política y la estrategia que adopte el Estado o Nación (Gonzales y Keane 2014), o las compañías operadoras y de servicios que pretenden obtener ganancias y para ello, explotan, transforman y venden los hidrocarburos y sus productos derivados, es decir, buscan mejorar la productividad laboral y en esos momentos también se adaptan a las políticas que prevalecen en un país o en el mundo. Por ejemplo, en la segunda década del siglo XXI, impera la protección del medio ambiente, la seguridad industrial y apoyo a los lugareños donde se exploten los hidrocarburos, en tierra (agricultores, ganaderos, reservas, acuíferos, etc.) o en mar (pescadores, marineros, arrecifes, plataformas marinas, etc.). Incluso hay una tendencia a cambiar la energía que brindan los combustibles fósiles por energías renovables.

En términos prácticos, en el periodo de 2014 a 2018 que ha operado la Reforma Energética, en lugar de aumentar la actividad exploratoria de Petróleos Mexicanos, por el contrario, se ha detenido. El trabajo de los exploradores de PEMEX se ha dedicado principalmente a preparar y organizar la información para la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH). Adicionalmente, toda esa información y conocimiento que generó PEMEX durante años de análisis de su personal altamente calificado y reconocido mundialmente. Los datos e información geofísica y geológica que pagó la nación para su beneficio han sido prácticamente requisados por la CNH y comercializados a precios muy por debajo de su costo real (sitio web de la CNH).

El tipo y calidad de la información que se proporciona a las compañías que estaban interesadas en las subastas de bloques, mediante las Rondas y sus Licitaciones, no tiene comparación con la que se entrega en otras partes del mundo, como lo establece los lineamientos de recursos prospectivos y contingentes, en su artículo 1, fracción II y los artículos 5, 6 y 7, publicado en el Acuerdo CNH.E.67.008/2020 del Diario Oficial de la

Federación (CNH 2021). Por ejemplo, en México se ofrecen bloques con grandes volúmenes de líneas sísmicas y sísmica tridimensional con procesos altamente sofisticados y modelado geológico de las áreas más atractivas o prospectos. Esto significa que, en los mismos bloques que se licitan, son distribuidos en posiciones geográficas en las que ya PEMEX había identificado esos Prospectos con sus estudios de Riesgos Geológicos mínimos, como fueron los casos de los campos: Amoca, Miztón, Tecoalli y Hokchi (La Jornada 2018), y documentadas en las estadísticas petroleras 2021 (Pemex 2021).

La época de bonanza para la industria petrolera nacional fue de 2004 a 2014, primero porque México producía más de 2.5 millones de barriles por día, segundo porque los precios del barril por lo general estaban por encima de los 50 USD, incluso en el 2008 hubo cuatro meses con precios por arriba de 100 USD y desde el 2010 hasta el 2014 también. Esto significó una entrada de capital de más de 650 mil millones de USD (La Jornada 2012; Sin Embargo 2016), de modo que, la Secretaria de Hacienda y Crédito Público (SHCP) recababa muchísimo dinero de las instituciones del estado comenzando por PEMEX y CFE y de ahí circulaba a varias dependencias federales o gobiernos estatales, en especial a los proyectos que estaban relacionados con proyectos de hidrocarburos o electricidad (llámese SENER, SE, IMP, IIE, CONACyT, etc.) y estos a su vez repartían a manos llenas a proveedores, empresas de servicio y otros organismos relacionados, así como a las Instituciones de Educación Superior (IES) y a los Centros de Investigación en Ciencia y Tecnología (CICT). Sin embargo, mucho de ese capital no llegó a entrar a la federación (SHCP, SENER, SE, o a los Estados, etc.), ya que se dilapidó en la alta burocracia, o bien, se desvió por corrupción (infinidad de notas periodísticas, reportajes, libros de denuncia, como: (Caloca 2020; Pérez 2010, 2012 y 2017) y no haber tenido un plan estratégico para fortalecer a los sectores económicos y en especial a su personal invirtiendo en la capacitación de sus recursos humanos, infraestructura y desarrollo de tecnología propia (SENER 2014; Ramírez y Paz 2017). México no estaría en la situación en la que se encontraba en el 2018 y sigue en el 2020. La Reforma Energética podría haber favorecido el crecimiento económico de México y mantenido su producción y elevado su refinación, lo que reflejaría en el incremento de los sueldos y del empleo.

De 1982 a 2000, a pesar de que no tenía los excedente petroleros que tuvo de 2000 a 2012 como se mencionó párrafos arriba, el gobierno federal a través de sus empresas estatales y centros de investigación (PEMEX, IMP, CFE, IIE) financiaba con becas de maestría a sus trabajadores y a estudiantes independiente de posgrado tanto: en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, como de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Ticomán, del IPN y del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Además de asignar un presupuesto fijo a los posgrados para pago de su profesorado, equipamiento y mantenimiento. Asimismo, otorgaba a sus trabajadores becas de doctorado para estudiar en el extranjero. También el CONACYT y el Banco de México concedían becas para los estudiantes independientes.

En el mundo petrolero, el secreto industrial y el conocimiento son dos activos muy importantes y las grandes empresas tienen políticas muy estrictas para preservar la confidencialidad de su información (Graves 2007; Varadarajan 2018). La Reforma Energética que se ha aplicado en México, le ha dado al traste con todo eso, es más, las compañías están contratando a ex funcionarios de la SENER, PEMEX e IMP, porque tienen información privilegiada que representa ventajas competitivas evidentes. No existe ninguna

restricción efectiva para que los antiguos secretarios, subsecretarios, directivos o científicos de PEMEX y del IMP transfieran información confidencial a las compañías operadoras o de servicio particulares, nacionales o transnacionales. Por citar algunos casos de tales funcionarios que hicieron esto fueron: Georgina Kessel Martínez, Jesús Reyes Heroles González, Juan José Suárez Coppel, Adrián Lajous Vargas, Vinicio Suro Pérez, entre otros más.

Como se mencionó anteriormente, el Fondo SENER-CONACYT-Hidrocarburos entre el 2010 y 2016 estaba orientado a resolver las necesidades y retos tecnológicos de corto, mediano y largo plazo de la industria petrolera nacional e incrementar las capacidades de I&DT del sector de hidrocarburos. Los proyectos son de vital importancia y los resultados permitirán al CONACYT apoyar y fundamentar una visión integral sobre las necesidades actuales y futuras de la industria petrolera nacional. Con ese marco de referencia el CONACYT podrá integrar y administrar de manera más focalizada las capacidades de investigación disponibles en las Instituciones de Educación Superior del país, para alinear los proyectos de I&DT y atender de manera oportuna las necesidades y retos tecnológicos de dicha industria en el mediano y largo plazo (Figura 16). En sus inicios el Fondo apoyaba básicamente a las IES y CICT nacionales, el IMP encabezaba los proyectos de la parte de E&P de hidrocarburos, y algunas IES, la UNAM y el IPN a la cabeza, posteriormente se abrieron los proyectos y entraron participantes extranjeros como el Buro de Geología Económica de la Universidad de Texas, las Universidades de Alberta y de Calgary de Canadá y últimamente las Universidades de Aberdeen, Robert Gordon University, Imperial College London y el Instituto Francés del Petróleo.

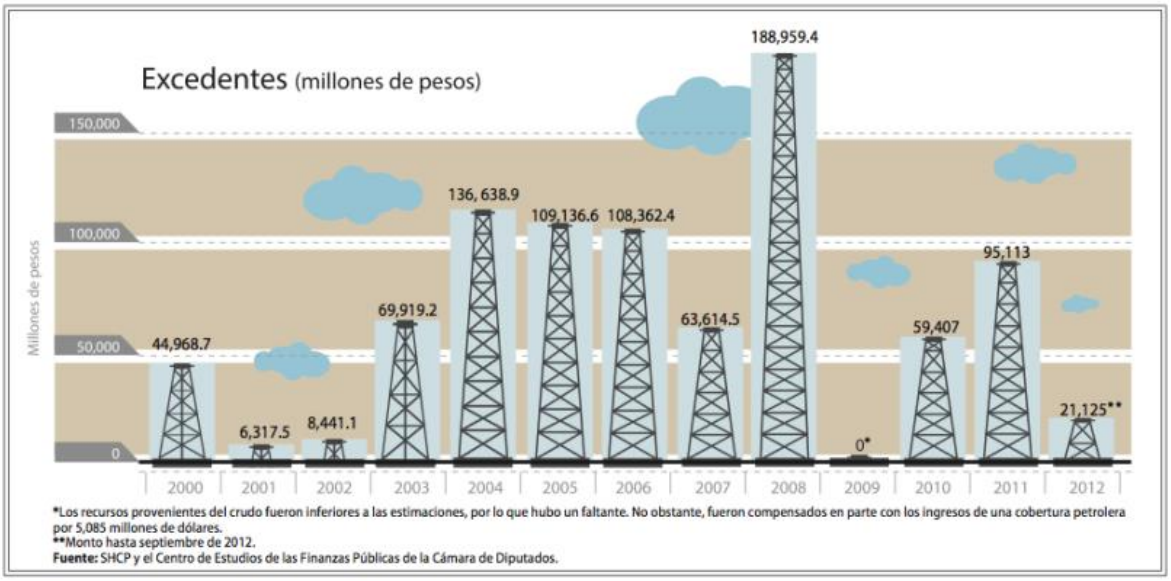

Figura 16. Excedentes petroleros anuales en México (2000-2012). *Fuente*: https://revistainversionista.wordpress.com/2013/02/07/riqueza-mal-administrada/

Para el caso de México, su Sistema de Innovación de Exploración de Petróleo y Gas es muy precario. Algunos avances sobre la investigación e innovación en estos temas se han presentado en el Congreso Mexicano del Petróleo, el cual se llevó a cabo cada año desde 2008 hasta 2019; el de 2010 se suspendió por la violencia que prevalecía en el país y en el

2020 a causa de la pandemia. Cada año se realizan mesas de debate en estos foros y surgen retos, oportunidades y prospectivas (Martínez 2009; SENER 2016b). Por lo tanto, habrá que implementar las acciones y marcos regulatorios que diseñen, desarrollen y operen tal sistema, cuyo objetivo sea desarrollar actividades de I&DT, adquirir e implantar tecnologías orientadas a atender sus necesidades y retos tecnológicos de manera formal y ordenada (Domínguez 2015).

El gobierno federal a través de sus dependencias había estimado que las empresas petroleras operadoras o de servicio esperaban profesionales egresados de las IES capaces de incorporarse con éxito al sector productivo. Sin embargo, los nuevos profesionales de Geociencias, sobre todo geólogos, geofísicos o en geociencias con especialidad hacia la ingeniería petrolera, se han enfrentado con una realidad que no esperaban y muchos de ellos que terminaron sus carreras en el 2014 están aún desempleados, o bien, son subempleados, no se diga de los que terminaron años después y los que terminarán este o los que concluirán sus estudios entre los años 2015 y 2020.

Los nuevos profesionales además de tener bases probadas de su especialidad y de ciencias básicas, deberán tener también altos valores de ética e integridad, asumir su responsabilidad y sensibilidad para solucionar aquellos problemas a los que se enfrentarán y deberán tener un compromiso sólido hacia su nación. Con los vertiginosos cambios que están ocurriendo, respecto a los avances tecnológicos y una impresionante generación de información técnica-científica, deberán asimilar rápidamente las tecnologías, teorías y métodos usados en la industria petrolera. Sus retos serán la exploración y la restitución de reservas, así como la producción de hidrocarburos en campos maduros convencionales y nuevos en los no convencionales, cuidando el medio ambiente, respetando a las comunidades autóctonas de los campos productores, con una meticulosa seguridad industrial y sin explotar irracionalmente el aceite crudo, gas natural o capas de carbón.

De acuerdo con la CNH (2019), el perfil que deberá tener el nuevo profesional de Geociencias para cumplir con los lineamientos de entrega de proyectos con especialidad en la industria petrolera será:

Conocimientos en Geociencias

• Poseer buenos conocimientos y comprensión de matemáticas, física, química y geología.
• Métodos geológicos: Estratigrafía, Sedimentología, Geología Estructural, Análisis de núcleos (geomecánica), Registros de pozos (petrofísica), Sistema petroleros y geología de yacimientos, Estratigrafía de secuencias.
• Métodos geoquímicos: Petrografía orgánica, pirolisis Rock Eval, interpretación de datos geoquímicos para modelado de cuencas.
• Métodos geofísicos: Adquisición, procesamiento e interpretación de datos geofísicos para proyectos de exploración.

Habilidades y Aptitudes

• Manejar u operar instrumentos de precisión.
• Descubrir y ubicar posibles estructuras geológicas del subsuelo donde se localizan

hidrocarburos.
• Aplicar y desarrollar sistemas de cómputo, a fin de optimizar los procesos relacionados con su actividad profesional.
• Imponer y negociar la toma de decisiones (cuando se requiera).
• Integrar, coordinar y organizar grupos de trabajo multidisciplinarios, interdisciplinarios y de especialistas en las diversas ramas de las Geociencias, de otras ingenierías y de administración y economía.
• Innovar en solución de problemas.
• Observar y analizar de manera lógica y secuencial los procesos de la Tierra para comprender los elementos geológicos y la sincronía y su relación con geodinámica y tectonismo.

Competencias Computacionales

• Conocimientos de: Hardware y software.
• Manejo de gráficos.
• Uso de Sistemas de Información Geográfica.
• Manejo de Base de Datos.
• Programación y habilidades para desarrollo de software.

Actitudes

• Pensamiento crítico.
• Actualización constante.
• Ética e integridad.
• Trabajo en equipo.
• Compromiso.
• Iniciativa.
• Gusto por el trabajo de campo.
• Comunicación asertiva.

Otras

• Educación en negocios.
• Análisis económicos.
• Evaluación de proyectos.
• Finanzas.
• Manejo de presupuestos.
• Contratos.

Hablamos de retos y desafíos ya que, en esta época de cambios en el modelo de negocio de la industria petrolera, el formar nuevos profesionales en geociencias no es una tarea fácil pues requiere una planeación de cuántos habrá que formar en los primeros años, qué perfil y qué especialidad deberán tener, en qué estados o regiones deberán emplearse, cuáles serán las condiciones de mercado, entre otros factores. Por esta razón, como complemento al perfil que sugiere la CNH será conveniente incluir otros elementos como las habilidades inteligentes o *smart skills* (Hemon et al. 2019).

Una propuesta similar para los nuevos jugadores respecto a regulación, roles y alternativas de esquemas de ejecución de sus proyectos (Martínez 2013). Por lo tanto, se deberá hacer una estrategia multidisciplinaria, integral y nacional de incorporación de los nuevos talentos al mundo laboral, para lograr su mejor desempeño y desarrollar una cultura de aprendizaje y renovación para garantizar la administración del conocimiento. Para cada generación habrá que pensar en dónde y cuál va a ser su rol de capacidad operativa en la cadena de valor de exploración y producción y cuándo será su cierre de ciclo de vida laboral para transferir sus conocimientos y dejar el paso a las siguientes generaciones y no crear blancos o gaps como hasta el 2020 se han hecho.

3.4 Propuesta de un Plan Estratégico para mejorar la calidad de los profesionales de las Geociencias

3.4.1 Acciones

En lo que va del siglo XXI la experiencia ha mostrado que, México en materia de exploración petrolera ha improvisado y reaccionado a los cambios que han acontecido a nivel internacional, como han sido los casos de exploración de reservas y posteriormente producción en aguas profundas (Pettingill y Weimer 2002; Pemex 2004; Pemex 2005), en los no convencionales (Curtis 2002; Jarvie et al. 2007; Pemex 2011; Solleiro et al. 2015; Kraemer et al. 2015), en sistemas estructurales muy complejos (Matthâi et al. 2007; Matthäi 2015), en zonas por debajo de paquetes salinos o evaporíticos (Cobold et al. 2001; Lewis et al. 2007), en zonas con altas presiones y altas temperaturas, etc. Todos estos temas los ha abordado, pero a destiempo, casi siempre siguiendo las tendencias de las compañías líderes en el ramo, transnacionales o estatales, o de centros de investigación extranjeros, aunque en muchas ocasiones ha sido por decisiones políticas más que técnicas o científicas. Los mismo ha ocurrido con la formación y capacitación de sus cuadros especializados en geociencias, tal y como quedó demostrado con los datos e informaciones plasmados en este texto. Sin embargo, en los que si destacan los petroleros de México y están en los primeros lugares a nivel mundial son tres temas: aguas someras, yacimientos naturalmente fracturados en rocas carbonatadas y en petróleos pesados y ultrapesados con altos contenidos de azufre. También los geólogos mexicanos, son excelentes en búsqueda de estructuras complejas.

México geológicamente es una región que tiene la mayoría de los sistemas tectónico-estructurales, zonas divergentes en el Mar de Cortés o Golfo de California, zonas convergentes en la trinchera del Pacífico, costas de Michoacán hasta Chiapas, zonas de *megashaer* o falla de cizalla, las montañas Mayas en Chiapas, montañas volcánicas, como la Sierra Madre Occidental y el Eje Volcánico Trans-mexicano o zonas orógenas como la Sierra madre Oriental y la Sierra de Chiapas o zonas con tectonismo salino en el Golfo de México al igual que una margen Pasiva en esta misma región. Por lo que, sería conveniente establecer un programa estratégico de formación y capacitación de las futuras generaciones de geocientíficos, con un mínimo de acciones, que no únicamente incluya la oferta y demanda de profesionales de geociencias, sino también se haga en forma holística y sea proyectada de manera transcendental para fortalecer a la Industria Petrolera a mediano y largo plazos para reducir las brechas entre los temas que aún México está muy

inmaduro y fortalecer las áreas donde es una verdadera potencia a nivel mundial, a fin de que mucha gente venga a capacitarse aquí.

Si se tiene en mente ser una potencia petrolera como lo es ahora Brasil en yacimientos de aguas profundas, pero aprender de errores en el pasado (BP 2007) o de yacimientos tipo presal (o subsalino) (Beltrão 2009), o bien, si se quiere aminorar la dependencia tecnológica de este sector como lo ha hecho Colombia. Este plan deberá comprender la planificación de actividades de principio a fin, del posible presupuesto (si un geocientífico cuesta al estado, entre 1 y 2 millones de pesos su formación; si se requieren de 1500 a 2,000 profesionales por los próximos cinco años, un análisis económico-académico, la implementación del programa, junto con la notificación y comunicación de beneficios o de eventualidades que pudieran surgir, de tal suerte que, en un futuro cercano, se pueda llevar a cabo una primera actividad de evaluación. De esta forma, dicha evaluación generará información para mejorar las tomas de decisión en puntos críticos y así hacer una mejora continua del programa, un estado del arte de las geociencias en México similar los lo que han hecho en otros países (Tapia y Pereira 2013) que incluya los planes de estudio de la IES, los requerimientos y los perfiles del profesorado en las IES, del desarrollo e infraestructura, como equipamiento de los laboratorios, de software y hardware, etc., en los CICT.

La planificación estratégica deberá ser a nivel nacional y con esto las evaluaciones permitirán que el programa integre una gama completa de actividades de evaluación durante algunos años. Por lo tanto, será conveniente que se reúnan en primera instancia los directivos o encargados de área de las 37 IES que tienen en común ofrecer en sus planes académicos temas de geociencias encauzados a la exploración y producción de hidrocarburos o temas relacionados. Una de las actividades que hacen las asociaciones de geocientíficos como la SPE, AAPG, AGU, GSA y GCAGS es organizar *petrobowl*, el cual en las últimas ocasiones ha ganado la FI de la UNAM y la ESIA del IPN también ha tenido buen papel.

El plan maestro estratégico deberá incluir a las Instituciones de Educación Superior (IES) y los Centros de Investigación en Ciencia y Tecnología (CICT) que imparten carreras o especialidades de geociencias con enfoque petrolero y, por lo menos a tres organizaciones que han contribuido para el desarrollo de las Ciencias de la Tierra en nuestro país, además de PEMEX, IMP y últimamente la CNH, estas son: el Servicio Geológico Mexicano (**SGM**), la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros (**AMGP**) Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración (**AMGE**), la Asociación de Ingenieros Petroleros de México (**AIPM**) y la Sociedad Geológica Mexicana (**SGM**). Además, de aprovechar la coyuntura que se tiene en los contratos que suscriben las empresas privadas y la CNH. Como parte de su compromiso con el contenido nacional y el desarrollo social. Las empresas podrían contratar a tres jóvenes ingenieros recién egresados y los entrenarán de manera supervisada, por un periodo mínimo de tres años, bajo en concepto de aprender haciendo. Los candidatos por contratar por tales empresas deberán ser egresados de las instituciones calificadas para garantizar la calidad de estos. También podrán contratar personal extranjero, una vez cubierto este requisito, de tal suerte que se favorezca a colocar el mayor número de egresados de escuelas nacionales y posgrados.

Si se unen las IES mejor calificadas, no sólo para competir en este tipo de competencias científicas, podrían además hacer un Plan de Evaluación Estratégica en conjunto similar a los que han hecho en otro países, como Venezuela que incluya la movilidad, flexibilidad y un sistema de certificaciones y títulos que se otorgan con alta calidad (Pérez-Díaz 2011), el cual podría ser un documento vivo que se deberá modificarse continuamente, en la medida de las necesidades o fallas que se perciban en el programa, al ir evolucionando a través del tiempo.

La visión estratégica requiere de establecer necesidades de información del programa para apoyar la toma de decisiones. Así como, desarrollar una estrategia general que diseñe un plan para recopilar, analizar y usar datos de evaluación, en épocas de bonanza o en épocas de crisis económica.

La época de bonanza para la industria petrolera nacional fue de 2000 a 2014, primero porque México producía más de 2.5 millones de barriles al día, además los precios del barril estaban por encima de los 50 USD y llegó a costar más de 100 USD, esto significó una entrada de capital de más de 650 mil millones de USD (La Jornada 2012; Sin Embargo 2016), y por ende entraba muchísimo dinero a las Instituciones del Estado comenzando por la SHCP y de ahí circulaba a varias dependencias federales, en especial a las relacionadas con proyectos de hidrocarburos o electricidad (llámese PEMEX, CFE, IMP, IIE, CONACyT, etc.) y estos a su vez repartían a manos llenas a proveedores, empresas de servicios y otros organismos relacionados, así como a las IES y a los CICT. Sin embargo, mucho de ese capital que entro a la federación (SHCP, SE, SENER, o a los Estados, etc.) se dilapidó, o bien, se desvió por corrupción (*infinidad de notas periodísticas, libros de denuncia, cifras económicas nacionales, etc. de 2000 a 2014. Enriquecimiento desmedido sólo algunos cuantos y el empobrecimiento de más de 50 millones de mexicanos*). Pero de haber tenido un plan estratégico para fortalecer a los sectores económicos y en especial a su gente, invirtiendo en recursos humanos, infraestructura y desarrollo de tecnología propia, México no estaría en la situación en la que se encuentra y la Reforma Energética podría favorecer el crecimiento económico realmente y no como las cifras que se mostraron anteriormente en producción, refinación, empleo, etc.

Antes de la Reforma Energética PEMEX establecía bianualmente el Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios donde se determinaban los retos y estrategias de negocio de la empresa para cumplir con su misión “Maximizar el valor de los activos petroleros y los hidrocarburos de la nación, satisfaciendo la demanda nacional de productos petrolíferos de calidad, de manera eficiente, confiable y sustentable”. Las acciones estratégicas estaban orientadas a cuatro líneas: el crecimiento, la eficiencia, la modernización de la gestión y la responsabilidad social.

A partir de la expectativa de generar 500 mil empleos con la Reforma Energética de 2014 a 2018, el CONACyT elaboró el Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética y sus estimaciones indicaban que alrededor de 80% del personal que se requeriría correspondería a perfiles técnicos o carreras vocacionales y 20% del nivel superior y posgrado. Con el cambio de Modelo Energético, las nuevas inversiones programadas para el sector implicarían la demanda de puestos laborales clave, que incluirían ingenieros de todas las especialidades: geólogos, geofísicos, petroleros,

químicos, mecánicos, electricistas, civiles, industriales, informáticos y en sistemas, por mencionar los de mayor demanda.

En el nuevo Plan de Negocios se definían los retos principales, así como las estrategias de negocio para atender dichos retos, los cuales cubrían los diferentes aspectos de la empresa, tales como la eficiencia operativa, administrativa y financiera; el compromiso de satisfacer las necesidades energéticas del país; la urgencia de mantener e incrementar los niveles de producción de hidrocarburos; y la responsabilidad de mantener una operación sustentable de largo plazo. Los retos vislumbraban la necesidad de fortalecer la relación con la sociedad y de proteger el medio ambiente, así como la necesidad de reponer las reservas para asegurar la operación de la empresa en el largo plazo. En el caso de las reservas probadas o 1P, las definiciones utilizadas corresponden a las establecidas por la *Securities and Exchange Commission* (**SEC**), organismo estadounidense que regula los mercados de valores y financieros de ese país.

Quizás lo más conveniente para las IES y CICT hubiera sido, de 2014 a 2017 proveerse de equipos de laboratorio, equipos especializados de campo, software y hardware especializado, infraestructura civil, así como de la formación de especialistas y cuadros de trabajo multidisciplinarios, para integrar un profesorado calificado. Porque la conjunción de estos elementos daría las fortalezas necesarias a las instituciones de reciente formación y así en épocas de crisis, aportarían su mejor esfuerzo generando nuevos mercados o el desarrollo de nuevas tecnologías.

En las épocas de crisis es cuando germinan las mejores alternativas y soluciones para resolver problemas de la industria. Precisamente en esas épocas es cuando surgen los emprendedores con ideas renovadas y mucha innovación. Estos emprendedores son los que sacan la casta de triunfadores o, por el contrario, es cuando se pierden muchos profesionales que se dedican a trabajos ajenos de lo que fueron capacitados y se incrementa el desempleo y subempleo.

3.4.2 Recomendaciones para un Plan Estratégico

Para crear un plan maestro estratégico de formación de ingenieros o profesionales en geociencias y cuadros especializados y reducir los altos índices de desempleo y subempleo será necesario:

Primero establecer cuáles son las necesidades y qué información deberá tener para tomar la decisión del programa, una vez que complete el inventario de la IES y CICT (Tabla 11), así como las necesidades requeridas para estandarizar los planes de estudios y la calidad de sus egresados, primera toma de decisión. Se buscarán soluciones y no visualizaciones de posibles consecuencias o problemas inherentes a la toma de decisión. Para esto será necesario establecer una serie de preguntas que deben abordarse para obtener la información necesaria que respalde tales decisiones. La Tabla 11 es una forma ilustrativa de comenzar a hacer un balance de estas consideraciones. Para su programa, deberá agregar celdas (con detalles sobre puntos de decisión conocidos, necesidades de tiempo, audiencias clave esperadas, tipo de evaluación, entre otros) para las áreas del programa de las cuales necesitará información de evaluación, a fin de informar las decisiones críticas.

El Plan Estratégico será dinámico y se irá ajustando a los nuevos retos o requerimientos de la industria energética y sus cambios; podría incluso surgir ya sea alguna nueva metodología o tecnología o un detonante interno o externo, como es la pandemia que inició en enero de 2020 y continúa en el año 2022, o la baja de precios del barril de petróleo que tuvo valores negativos en abril de 2020. Esta circunstancia cambiaría todo o parte del panorama, el cual se deberá ajustar a esos cambios. Se han ya propuesto métodos y metodologías sobre la formación de ingenieros, los que forman a tales ingenieros y los que emplean a los ingenieros formados, abarcando temas de enseñanza aprendizaje, estrategias de desarrollo, por ejemplo, en los casos de Chile y México (Silva 2003; Rodríguez-Nieto 2017). Es claro que para el año 2022 han cambiado los requerimientos, las tecnologías y las expectativas de cada país y del mundo en materia de energía y medio ambiente.

Tabla 11. Preguntas que hay que responder antes de proponer un Programa Estratégico de formación de ingenieros en geociencias a nivel nacional.

¿Cuántas IES hay actualmente en el territorio nacional?	Entre 35 y 45
¿Cuántos CICT hay actualmente en México?	Entre 10 y 15
¿Cuántos estudiantes cursan la carrera de geociencias?	Aproximadamente 6,000
¿Cuántos la terminan? O ¿Qué porcentaje?	Menos de 4,000, Menos de 60%
¿Cuántos se logran colocar en la industria petrolera?	Menos de 70% de ese 60%
¿Qué tipo de profesional es el egresado?	Competente y de alto nivel
¿Qué tipo de profesional es el requerido?	Ingenieril y científico
¿Cuánto dinero ganará en promedio un recién egresado?	Entre 15 y 25 mil pesos
¿Cuánto tiempo permanecerá en el ramo, aunque cambie de compañía?	De 2 a 8 años

En base a las respuestas habrá que: Planificar, Presupuestar, Analizar, Implementar, Evaluar, Beneficiar, Divulgar, Corregir, Modificar, etc.

Segundo, desarrollar una estrategia de evaluación general a través de una estrategia de evaluación parcial y un plan de evaluación plurianual compatible, que aborde cada elemento crítico del programa, incluido un cronograma de las actividades de evaluación planificadas y los recursos reservados para ellas. Con varios tipos de evaluación, como los ha propuesto la *oficina de eficiencia energética y energías renovables* de los Estados Unidos (sitio web EERE). Por ejemplo, las necesidades de información de decisión para los programas de tesis y trabajos social pueden requerir tipos diferentes de evaluación durante un período de varios años, yendo más allá de las revisiones por supervisores, que incluya un grupo colegiado que planifique por temas de geología petrolera o por área la geográfica del territorio nacional o por cada cuenca petrolera, o de acuerdo con las necesidades que vayan requiriendo las compañías petroleras de operación o de servicio, etc.

Una vez que se hayan aclarado las estrategias a seguir en una determinada IES, transmitir a las otras para no repetir esfuerzos y tomar las decisiones subsiguientes de manera informada. También pueden establecer nuevas preguntas de evaluación y las necesidades de información de su programa, de esta forma se pueden identificar cada una de las áreas del programa a evaluar.

a. Dirigir las actividades de evaluación a los vacíos de información

Para esto habrá de concentrarse en las actividades de evaluación del programa estratégico. Desarrollar modelos lógicos para el programa que sean útiles y que ayuden a precisar los objetivos específicos de forma concisa y cómo se lograrán cumplir, destacando las medidas clave de rendimiento y las preguntas de evaluación.

Priorizar las necesidades, incluidas las consideraciones sobre lo que necesita saber cada IES, cuándo y en qué nivel de detalle y formato establecerlo.

b. Planificar las evaluaciones de alta calidad

Se necesitará un cronograma de acciones con una estrategia multianual. Las evaluaciones no deberán tardar más de seis meses y deberán completarse todos los elementos del programa que proporcionen la información oportuna para tomar las mejores decisiones.

Los resultados de una evaluación deberán estar disponibles en línea, para que puedan ser consultados por cualquier responsable de una IES y basado en estos hacer los ajustes necesarios para alcanzar sus metas y pedir más presupuesto, docentes o equipamiento.

Los procedimientos deberán ser estándar para recopilar y validar la mayor cantidad posible de datos como parte rutinaria del mantenimiento de registros del programa.

Sumar esfuerzos donde se pueda, y mantener un canal de comunicación entre los jefes de programa o directores de la IES.

Reservar recursos del presupuesto para la evaluación. En las dependencias gubernamentales, la actividad de evaluación generalmente comprende de 1 a 10% del presupuesto de un programa.

Establecer un procedimiento para garantizar la independencia del proceso de evaluación.

Disponer de un proceso que garantice la calidad de los alumnos o de los profesores que imparten las cátedras de una carrera, y que requiera una revisión externa del Plan de evaluación del estudio y del Borrador del informe, así como garantizar la coherencia y la calidad de los datos (de múltiples fuentes) y calidad de los resultados (evaluación estándar).

Para terminar el programa estratégico se deberá contar con la **tercera parte**, que incluya movilidad, flexibilidad y certificación de los estudiantes y del profesorado. Cabe destacar que ya existen seis programas educativos de ingeniería de las IES mexicanas que cuentan con el sello de calidad que otorga el *European Network for Accreditation of Engineering Education* (EUR-ACE) y recibieron la acreditación, estas son las universidades: UNAM, Nuevo León, San Luis Potosí y Yucatán, a través de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) de España. Con ello, los egresados podrían tener una mayor posibilidad y facilidad de movilización internacional.

La formación de equipos de trabajo no incluye únicamente a las empresas petroleras y a los centros de investigación dedicados exclusivamente a la industria petrolera. Sino también al profesorado de la IES y a los investigadores y técnicos calificados de los CICT. Actualmente los profesores universitarios, no se quieren jubilar porque pierden muchas canonjías e ingresos económicos. Lo mismo ocurre con los investigadores que generalmente están inscritos al SNI. En México se producen “gaps” o brechas generacionales, porque no hay contratación de gente joven que vaya remplazando a las platillas de profesores universitarios titular C o B con estímulos como el PRIDE o equivalente, o de investigadores niveles II, III y eméritos del SNI. Con la certificación de las IES se podría estandarizar por lo menos las capacidades

La formación de equipos de profesorado de carrera de alto desempeño en las IES tarda de 10 a 15 años, porque no solamente hay que especializarse en los aspectos técnicos y científicos, sino también en la vinculación con las empresas estatales y privadas, y no aislarse sólo en la parte académica o educativa. Los profesores de asignatura son de gran ayuda en las IES, pero su tiempo es insuficiente, y únicamente los que ya no tienen tantos compromisos con sus trabajos fijos, son los que apoyan a los estudiantes y los orienta, o les dirigen la tesis.

La movilidad de los estudiantes de su IES hacia otra IES o CICT nacionales o extranjeras, generalmente se hace por medio de becas del Estado y alguna que otra particular, de organizaciones no gubernamentales que dan apoyo a la excelencia académica o a estudiantes de escasos recursos económicos.

El gobierno mexicano utilizó como argumento para abrir el sector energético, que México no tiene tecnología (Domínguez 2015) y que es el único país cerrado en el mundo, con un monopolio de la industria petrolera y puso algunos ejemplos como lo que ocurrió en Brasil, Colombia y Cuba.

La formación de ingenieros o profesionales en México no solamente depende del sistema educativo nacional, sino también del nivel socioeconómico de los estudiantes, de calidad y cantidad de profesores, de la infraestructura de la IES, de los materiales, de los laboratorios, de currículo de la IES, de los directivos de la IES que toman las decisiones,

Muchos de los nuevos formadores de ingenieros de las nuevas IES, no cuentan con una sólida preparación en la docencia, ya que en muchos casos son jubilados de PEMEX, o del IMP o de compañías privadas que fueron reclutados para formar la plantilla de profesores de tales IES, aunque no se les haya capacitado previamente en enseñanza, y no están preparados para estas tareas, son ingenieros con mucha experiencia en exploración o producción de la industria petrolera, pero no tomaron ningún curso básico de pedagogía, de didáctica o de comunicación para transmitir sus conocimientos y experiencias a estudiantes de nivel licenciatura. Por ejemplo, la elaboración de los cursos de un profesor así no necesariamente refleja la cantidad de horas invertidas en la preparación de las clases para tener presentaciones de calidad y con referencias actualizadas. Por otra parte, Los salarios de los profesores tampoco son similares con universidades especializadas en energía a nivel mundial o acordes con los países petroleros, porque en México en su mayoría son muy bajos. En promedio irían de 60 a 120 mil pesos mensuales y aquí en promedio es de una tercera parte de 20 a 40 mil pesos, por eso las universidades expiden programas de estímulos a sus académicos, por lo menos para doblar ese sueldo.

La inversión que se tiene por estudiante es muy variada, en la UNAM, el IPN y las UASLP, UANL y el TCM con más de 50 años de formación tienen infraestructura y profesorado calificado y en promedio un estudiante cuesta entre 1 y 2 millones de pesos, mientras que en otras universidades es tres veces menos como en los Tecnológicos de reciente creación.

Por lo tanto, se deberá hacer un estimado del número de geocientíficos por cada mil habitantes, por región, estado o municipio, de qué especialidad, en dónde habrá que trabajar y cómo se irán incorporando o retirando del mercado laboral, en las próximas tres generaciones (30 años), e ir ajustando los números conforme se den las circunstancias y los cambios socioeconómicos, políticos o de emergencia por riegos naturales o de otro tipo. Además de plantear los posibles escenarios a mediano y largo plazo para que se llegue a proponer este plan a los dirigentes de las Secretarias de Educación Pública, Secretaría de Energía y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como a las Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación Científica y Tecnológica, para alinear los planes a objetivos en común e involucrar a la mayor cantidad de empresas estatales (PEMEX y CFE), órganos reguladores y compañías privadas que pudiesen dar cabida a los futuros profesionales ingenieros en geociencias.

4. Conclusiones

Del periodo 2014 al 2018, la creciente oferta de profesionales en geociencias ha sido consecuencia de un cambio en el modelo “monopólico” energético del país. Debido a que, las empresas estatales (PEMEX y CFE) dejaron de ser las únicas en tener la exclusividad de toda la cadena productiva de la industria energética y entraron nuevos actores como, empresas privadas nacionales e internacionales.

El gobierno federal en el 2013, a través de la Secretaría de Energía (SENER) y en conjunto con los organismos reguladores en materia energética (CNH, CRE, ASEA, CNE, CONUEE y CENAGAS), pronosticó que, con esa apertura a la iniciativa privada y supuestamente en un corto periodo de tiempo (cinco años), se crearían más de 135 mil empleos de profesionales especializados en la industria energética. Si tan sólo una décima parte de esta cifra fueran ingenieros en geociencias, se habrían generado más de 13 mil plazas en el periodo de 2014-2018 y las empresas estatales o las compañías privadas hubiesen contratado a profesionales recién formados por las IES, en su mayoría a ingenieros petroleros, seguido de ingenieros geólogos, ingenieros geofísicos, ingenieros en geociencias y finalmente a geólogos y geofísicos ambientalistas.

El cambio de modelo energético de México y la apertura a la iniciativa privada en quehaceres exclusivos de las empresas estatales (PEMEX y CFE), partió de varias premisas: 1) bajar el precio de los combustibles y de la luz, 2) restituir las reservas 1P al 100%, 3) aumentar la producción de combustibles fósiles a 3 millones de barriles diarios para el 2018, 4) disminuir la dependencia tecnológica de nuestro país en varios campos de la industria petrolera, 5) generar miles de empleos y 6) buscar alternativas de energías renovables y limpias.

Hasta el año 2018 los resultados en materia de generación de empleos fueron muy pobres, pues no se generaron más de 3000 mil empleos para los especialistas en geociencias, lo que si ocurrió fue que, se triplicaron las instituciones en educación superior y los centros de investigación en ciencia y tecnología. Para ese año ya eran más de 49. De hecho, la oferta de profesionales en geociencias, pasaron de aproximadamente 4,500 a casi 15,000, de esos, los especializados en geología y temas similares pasaron de 2,500 a cerca de 6,000.

La demanda no se ha incrementado, por el contrario, las contrataciones pasaron de 4,500 a menos de 3,000, ya sea, porque las compañías privadas o llegan con su personal calificado o sólo contratan como *outsourcing* a algunos ingenieros recién egresados de geociencias y las contrataciones las hacían por ciertos periodos y en contratos transitorios. A pesar del cambio de rumbo ocurrido en el 2019, con más apoyo a las empresas estatales y un escaso incremento del empleo en ese año, otro golpe que sufrió el empleo de estos profesionales fue la pandemia del coronavirus SARS-CoV-2 o Covid-19 en el año 2020 y que sigue en el 2021, el cual afectó, no sólo a México, sino también, a todo el mundo, en casi todos los sectores productivos y de servicio.

En México existía una carencia de profesionales en Geociencias y paradójicamente, ahora que ya están formados muchos ingenieros, no están contratados por algún empleador. Por lo tanto, este capital humano se podría aprovechar, toda vez que resulta onerosa la formación de ingenieros en geociencias, por todos los extras que necesitan sus carreras, como: laboratorios, talleres, salidas al campo, mantenimiento de los equipos, entre otros más. Los campos de aplicación de estos especialistas son muy variados y pueden ocuparse en exploración y producción de recursos naturales, en remediaciones de zonas contaminadas, en prevención de desastres naturales, en protección del medio ambiente, en planeación urbanista, en la docencia o en la investigación.

Se propone que considerando este diagnóstico se haga una segunda parte, para realizar a detalle un plan maestro estratégico que incluya tiempos de formación, contratación de los nuevos y experimentados geocientíficos, así como la planeación de la inserción de nuevos profesionales y la separación de los ingenieros con más de 30 años de experiencia en la industria energética nacional, con una estimación de las especialidades o áreas del conocimiento a corto mediano y largo plazo, planeación coordinada por universidades, estados y regiones, que incluiría además periodos de contingencia y emergencia, naturales o financieros, y posibles escenarios de cambios de modelo o de políticas.

5. Referencias

Adalid Diez de U. C. M. “Cobertura, calidad y equidad en el posgrado, ¿existe algún cambio?” *Política y Cultura, Primavera* 35 (2011): 183–208.

Aguayo, C. J. E., Alaniz Álvarez, Susana A., Calderón García, Alejandro, Carrillo Bravo, José, Cepeda Dávila, Leovigildo J., Chávez Aguirre, José María, De la Llata Romero, Rolando et al. “Situación Actual y Futura de la Ingeniería Geológica.” En *Estados del Arte y prospectiva de la Ingeniería en México y en el Mundo*, 1–55. México: Academia de Ingeniería, 2008.

Álvarez Mendiola, Germán. “El fin de la bonanza. La educación superior privada en México en la primera década del siglo XXI.” *Reencuentro* no. 60 (Abril 2011): 10–29.

Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. AMGP: boletines 1970–2010.

Banco de México “Fondo Mexicano del Petróleo.” https://www.fmped.org.mx/.

Banco Mundial. “Gasto en investigación y desarrollo”. Último acceso 2015. https://datos.bancomundial.org/indicador/gb.xpd.rsdv.gd.zs.

Beltrão, R. L. C., Sombra, C. L., Lage, A. C. V. M., Fagundes Netto,J. R., y Henriques, C. C. D. “Challenges and New Technologies for the Development of the Pre-Salt Cluster, Santos Basin.” En Proc. *Offshore Technology Conference*, 1–11. Brasil: 2009.

British Petroleum. *A Brief History of Offshore Oil Drilling National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling Staff Working.* Paper No. 11. BP: 2007.

Brown, David. “Could the World’s Oil Supply Outlast Demand?” *AAPG Explorer* (Agosto 2017): 13.

Caloca, C. E. *Historia de Corrupción en PEMEX*. Caloca Carrasco Eloy, 2020. ISBN 10592625, 577 pp.

Chakhmakhchev, Alex, y Rushworth, Peter. “Global Overview of Recent Exploration Investment in Deepwater - New Discoveries, Plays and Exploration Potential.” *AAPG, Search and Discovery Article* no. 40656 (2010).

CINVESTAV, IPN. *Atlas Histórico de la Ciencia en México*, Primera Edición. Foro Consultivo, Científico y Tecnológico, 2010.

CINVESTAV, IPN. *Atlas Histórico de la Ciencia en México*. Foro Consultivo, Científico y Tecnológico, 2017. http://bibliometria.bfm.cinvestav.mx/inicio/atlas.html.

CNH. “Recursos Prospectivos de México: Área Perdido, Cordilleras Mexicanas y Cuenca Salina, aguas profundas del Golfo de México.” Último acceso 2017. https://portal.cnih.cnh.gob.mx/ /es_MX/estadisticas/Reservas por campo 2017.pdf.

CNH. *La CNH Consolida y Publica los valores de las Reservas 1P de Hidrocarburos de la Nación*, Boletín de prensa 014/2018.

CNH. *Recursos Prospectivos de México*. 2019. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/505946/Presentaci_nRecursosProspectivos2019.pdf.

CNH. “Lineamientos para el uso y entrega de información al Centro Nacional de Información de Hidrocarburos.” Último acceso 2019. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5567097&fecha=02/08/2019.

CNH. 2021. *Lineamientos de Recursos Prospectivos y Contingentes, y se abrogan las resoluciones*, Acuerdo CNH.E.67.008/2020. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5614941&fecha=31/03/2021.

Cobold, Peter R., Meisling Kristian E., y Moun Van S. “Reactivation of an obliquely rifted margin, Campos and Santos basins, southeastern Brazil.” *AAPG, Bulletin* 85, no. 11 (2001): 1925–1944.

Cobo-Pulido, P. J. “ Estados Unidos entre el petróleo e Israel o cómo conseguir la cuadratura del círculo.” *EN-CLAVES del pensamiento* I, no. 2 (2007): 75–96.

Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior A.C. 2016. CIEES. https://www.ciees.edu.mx/index.php/publicaciones/estadistica.

Cruz López, Yazmín, y Cruz López, Anna Karina. “La Educación Superior en México Tendencias y Desafíos.” *Avaliação (Campinas, Sorocaba, SP)* 13, n. 2 (2008): 293–311.

Curtis, J. B. “Fractured shale-gas systems.” *American Association of Petroleum Geologist, Bulletin* 86 (2002): 1921–1938.

Del Río Monges, Jaime Arturo, Rosales Reyes, Maritza, Ortega Olvera, Víctor, y Maya Hernández, Sandra Oralia. *Reformas Estructurales: Avances y Desafíos, Análisis de la Reforma Energética*. Senado de la República, 2017, 114 pp.

Domínguez, V. N. “La dependencia tecnológica en la Reforma Energética.” *Alegatos* no. 91 (2015): 611-636.

Energy Information Administration. *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: an assessment of 137 shale formations in 41 countries outside the United States*. EIA, Junio 2013.

Energy Information Administration. *The U.S. leads global petroleum and natural gas production with record growth in 2018*. EIA, Agosto 20, 2019.

FIIDEM 2014, Estudio de la Demanda de las Carreras de Ingeniería y de Mejores Prácticas Internacionales sobre Vinculación para la Formación, Análisis Ejecutivo, 39 pp.

FMI. “Últimas proyecciones de crecimiento de perspectivas de la economía mundial.” 2021. https://www.imf.org/es/Publications/WEO/Issues/2021/07/27/world-economic-outlook-update-july-2021.

Galaz Fontes, Jesús Francisco. “Sobre la Clasificación de las Instituciones Mexicanas de Educación Superior.” ANUIES, *Revista de la Educación Superior* XXVI (2011): 1–21.

Geron Campos, Omar. "La Problemática de la Disponibilidad de Gas Natural en México: Diagnóstico sobre las Lutitas de Gas como Posible Solución para la Industria Petrolera Nacional.” Tesis de Licenciatura, FI de la UNAM, 2014, 124 pp.

Gobierno de la República. 2013. “Reforma Energética.” Resumen Ejecutivo 20 de diciembre, 23 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10233/Explicacion_ampliada_de_la_Reforma_Energetica1.pdf.

Gonzales, Leila, y Keane, Christopher. *Status of the Geoscience Workforce*, Report Preview and Sample. American Geologic Institute, 2011, 159 pp.

Gonzales, Leila, y Keane, Christopher. *Status of the Geoscience Workforce*, Report Preview and Sample. American Geologic Institute, 2014, 40 pp.

Graves, Charles Tait. “Trade Secrets as Property: Theory and Consequences.” *Jour. Intell. Prop. Law* 15, no. 39 (2007): 41–89.

Guzmán, B. A. (2018). “El petróleo futuro de México Alfredo Guzmán: El Petróleo Futuro de México - Pulso Energético.” https://pulsoenergetico.org/alfredo-guzman-el-petroleo-futuro-de-mexico/.

Hemon, A., Lyonnet, B., Rowe, F., y Fitzgerald, B. “From Agile to DevOps: Smart Skills and Collaborations.” *Information Systems Frontiers* (2019): 1–19.

Holditch A., Stephen, y Chianelli R., Russell. “Factors That Will Influence Oil and Gas Supply and Demand in the 21st Century.” *Resources Oil and Gas, MRS Bulletin* 33 (2008): 317–326.

IMCO. Mayo 18, 2021. *“*Todavía falta recuperar cerca de 2 millones de empleos perdidos durante la pandemia*.”* https://imco.org.mx/todavia-falta-recuperar-cerca-de-2-millones-de-empleos-perdidos-durante-la-pandemia/.

IMP. *Catálogo de Estudios e Investigaciones de Exploración*. IMP, 1986, 183 pp.

IMP. *Informe Auto Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) al Cierre*. IMP, 2015.

IMP*. Informe Auto Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) al Cierre.* IMP, 2016.

IMP. *Informe Auto Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) al Cierre.* IMP, 2017.

IMSS. 2020. “Puestos de Trabajo Afiliados al Instituto Mexicano del Seguro Social." http://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/202012/827

INEGI. 2021. “Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal.” https://www.inegi.org.mx/temas/itaee/

Iavorski, L. I., y Somma, L., 2018. “Vida laboral y vida familiar. Recorridos profesionales en ingeniería química desde una perspectiva biográfica.” En *IV Congreso Argentino de Ingeniería – X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería.* Córdoba: 19–21 de septiembre.

Jarvie, D. M., Hill, R.J., Ruble, T. E., y Pollastro, R. M. “Unconventional shale-gas systems: the Mississippian Barnett Shale of north central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment.” Special Issues, Barnett Shale. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin* 91 (2007): 475–499.

Kraemer, Chad, Lecerf Bruno, Peña Alejandro, Usoltsev Dmitriy, Parra Pablo, Valenzuela Ariel, y Hunter Watkins. “Revelación del potencial de los yacimientos no convencionales.” *Oil field Review*, Schlumberger (2015), 14 pp.

Liben, L. S., y Titus, S. J. “The importance of spatial thinking for geoscience education: Insights from the crossroads of geoscience and cognitive science.” En Kastens, K.A., and Manduca, C.A., eds., *Earth and Mind II: A Synthesis of Research on Thinking and Learning in the Geosciences*. Geological Society of America Special Paper, 2012, 486 p.

Lewis, Donald W. *The Future Need for Petroleum Geoscientists, Future of Earth*. AAPG Scientists Committee, 2002.

Lewis, Jennifer, Clinch, Simon, Meyer, Dave, Richards, Matt, Skirius, Christine, Stokes, Ron, y Zarra, Larry. *Exploration and Appraisal Challenges in the Gulf of Mexico Deep-Water*, Part 1—Exploration Overview, Reservoir Quality, and Seismic Imaging, Wilcox, 2007, 398–414.

López-Hernández, D. "Evolución de la economía mexicana en el periodo 1990-2017 y opciones de política para el crecimiento." UNAM, *Economía Informa* 413 (2018): 16–31.

Martínez, Elizabeth. "La Investigación y la Innovación, en la Industria del Petróleo: Retos, Oportunidades y Prospectivas." *PetroQuiMex (*2009): 50–53.

Martínez, Romero, Néstor. "Regulación Roles y Alternativas de esquemas de ejecución ante nuevos jugadores." En *Foro, Retos y desafíos de la industria petrolera.* Colegio de Ingenieros Petroleros de México, A. C., 2013.

Matthäi, S. K. Geiger I, S., Roberts, S. G., Paluszny, A., Belayneh, M., Burri, A., Mezentsev, A., Lu, H., Coumou, D., Driesner, T., y Heinrich, C. A. *Numerical simulation of multi-phase fluid flow in structurally complex reservoirs*. Londres: Geological Society, Special Publications, 292, 2007, 405–429.

Meneses-Rocha, Javier. "Petroleum Significance of Mexico´s Jurassic System." En *10th International Congress of the Jurassic System*. San Luis Potosi, Mexico: Abril 4-10, 2018.

Muños Izquierdo, Carlos, y Silva Laya, Marisol. "La educación superior particular y la distribución de oportunidades educativas en México." *Revista de la educación superior* XLII (2), no. 166 (2013): 81–101.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2015. "Indicadores del Banco Mundial." https://datos.bancomundial.org/indicador/gb.xpd.rsdv.gd.zs?locations=MX.

Padilla y Sánchez, Ricardo, Carrillo Bravo, José, Macias González, Héctor, Aguayo Camargo, Eduardo, y Yáñez Mondragón, Carlos F. "Oferta y Demanda de la Especialidad en la Actualidad y el Futuro Previsible." En *Situación Actual y Futura de la Ingeniería Geológica*. Academia de Ingeniería, 2008, 22–32.

Pérez, A. L. *Camisas azules manos negras. El saqueo de PEMEX desde Los Pinos*. Grijalbo, 2010, ISBN, 6074298181, 357 pp.

Pérez, A. L. *El cártel negro: Cómo el crimen organizado se ha apoderado de PEMEX.* Grijalbo, 2012, ISBN, 978-607-31-79973, 240 pp.

Pérez, A. L. *PEMEX RIP: Vida y asesinato de la principal empresa mexicana*. Grijalbo, 2017, ISBN, 978-607-31-57667, 304 pp.

Pérez-Díaz, Rosana, Carrera Figueroa, Luis, y Boggio Marcano, William. "Programa Nacional de Formación en Geociencias. Misión alma mater." En *Memorias del IX Congreso Cubano de Geología*. La Habana, Cuba: Cuarta Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias, 2011, 1–10.

PEMEX. *Petróleos Mexicanos, Informe anual*, 2004, 58 pp.

PEMEX. *Petróleos Mexicanos, Informe anual*, 2005, 68 pp.

PEMEX. *Petróleos Mexicanos, Informe anual*, 2010, 658 pp.

PEMEX. Petróleos Mexicanos, Informe anual, 2011, 717 pp.

PEMEX. *Petróleos Mexicanos, Informe anual*, 2012, 658 pp.

PEMEX. *Petróleos Mexicanos, Informe anua*l, 2013, 658 pp.

PEMEX. *Petróleos Mexicanos, Plan de Negocio*, 2013, 658 pp.

PEMEX. *Reservas de Hidrocarburos en México*, 2014, 658 pp.

PEMEX. 2021. "Estadísticas petroleras junio 2021." http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Paginas/IndicadoresPetroleros.aspx.

Pettingill, Henry S., y Weimer, Paul. "Worldwide Deepwater exploration and production: Past, present, and future." En *Offshore Technology Conference*, 2002, 371–376.

Ramírez-Cendrero, Juan M., y Paz, María J. "Oil fiscal regimes and national oil companies: A comparison between Pemex and Petrobras." *Energy Policy* 101 (2017): 473–483.

Rodríguez-Nieto, R. *Modelo para mejorar la formación de ingenieros*. México: Academia de Ingeniería, A. C., Documentos de Enfoque, 2017, 35 pp.

Santamaría Orozco, D. M., Lozano Cárdenas, I. P., Ortiz Eleveño, R., Delgado Jiménez, V. M., Ortiz Gallardo, G., Moreno Vásquez, G. H., Vega Reyes, C. M. et al. *Identificación de Capacidades Nacionales para la Ejecución de Proyectos de Investigación y Desarrollo Orientados a Atender las Necesidades Tecnológicas de Petróleos Mexicanos. Metodología para la Industria Petrolera Resumen ejecutivo*, Proyecto Y.01000. Instituto Mexicano del Petróleo, 2011, 47 pp.

Santamaría Orozco, D. M. "Estimación de posibles reservas de las Unidades Generadoras de aceite y gas de México." En *Proc. Jornadas Técnicas del Día del Geólogo*. AMGP Delegación Poza Rica, Ver., 2017.

Santamaría Orozco, D. M. "Posibles Escenarios en la Exploración Geológica con los Avances Tecnológicos." En *Congreso Internacional de Geología*. Pachuca, Hidalgo, México: Sociedad Geológica Mexicana, noviembre 2016.

SEGOB. 2000. DOF. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2065195&fecha=31/12/1969.

SENER. 2012. "Prospectiva de Energías Renovables, 2012-2026." 156 pp.

SENER. 2013. "Explicación ampliada de la Reforma Energética." 44 pp.

SENER. "Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Materia Energética." Secretaría de Energía, Secretaría de Educación Pública, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2014, 48 pp.

SENER. 2016a. *Diagnóstico de la Industria de petrolíferos en México*. 80 pp.

SENER. *Brechas de Talento en el Subsector Hidrocarburos.* Prospectiva de Talento del Sector Energía 3, 2016b, 187 pp.

SEP. *OECD Thematic Review of Tertiary Education Country Background Report for Mexico*. SEP, 2006, 256 p.

Silas Casillas, Juan Carlos. *Realidades y tendencias en la educación superior privada mexicana*, Perfiles Educativos, 2005, 7–37.

Silva Lira, Iván. *Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local*. Chile: ILPES, CEPAL, Naciones Unidas, 2003, 66 pp.

Silva-López, Pedro. "Perfil de la Ingeniería Petrolera y Talento en PEP ante el entorno actual." En Foro *Retos y Desafíos de la Industria Petrolera Mexicana*. Colegio de Ingenieros Petroleros de México, 2013.

Solleiro Rebolledo, José Luis, y Mejía Chávez, Araceli Olivia. "Capital humano y necesidades tecnológicas para la explotación de shale gas en México: el caso de Coahuila." En *XVI Congreso Latinoamericano de Gestión de Talento*. ALTEC, 2015, 1–20.

Stefanic Vern. *Salaries Rise – And Experience Really Pays*. AAPG, EXPLORER Managing Editor, 2014, p. 6, 10.

Schlumberger. *100 años de industria petrolera en México: el nacimiento de una sólida relación*. Roca L., 2004, 442 pp.

Tapia, J., y Pereira M. "El estado del arte de la carrera de geología en Chile Desarrollo y alternativas futuras." En *IV Simposio Chileno sobre la Historia de la Geología*. SGC, 2013.

Torres Gutiérrez Carlos. "La privatización parcial y su efecto en el crecimiento de las ventas y el activo de Pemex: Evidencia en Petrobras y Ecopetrol." Tesis Doctorado en Contaduría. Universidad Autónoma de Nuevo León, 2014, 242 pp.

UNAM. *Proyecto de Modificación del Plan de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Geológica*. Facultad de Ingeniería, Consejo Técnico, Tomo I, 2014, 134 pp. y Tomo II, 380 pp.

Varadarajan, Deepa. *The Trade Secret-Contract Interface 103*. Iowa L. Rev., 2018, p. 1543, 1557.

Villanueva Angulo, Rita, y Carreño Hernández, Berenice. "El Primer Empleo en Geólogos Egresados de Licenciatura." *Revista Mexicana de Orientación Educativa* VI, no. 17 (2009): 2–9.

Villanueva Angulo, Rita, y Carreño Hernández, Berenice. "Competencias Profesionales que los Empleadores Requieren." *Revista Mexicana de Orientación Educativa* VIII, no. 21 (2011): 45–50.

Sitios Web referidos

Animal Político, Nayeli Roldán. Septiembre 14, (2016). “La reforma educativa es ‘prioridad’ de Peña pero le recortan 72% de su presupuesto para 2017.” https://www.animalpolitico.com/2016/09/reforma-educativa-recorte-presupuesto-2017/.

Animal Político. (2018). Febrero 8, 2018. https://www.animalpolitico.com/2018/02/900-mil-empleos-pemex/

Autocosmos, Sergio Oliveira. (2021). “Motor de arranque: ¿Cuántos autos hay en el mundo?” https://noticias.autocosmos.com.mx/2021/03/06/motor-de-arranque-cuantos-autos-hay-en-el-mundo.

BBVA. (2020). “Más de cinco millones de coches eléctricos circulan ya por todo el mundo | BBVA.” https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/mas-de-cinco-millones-de-coches-electricos-circulan-ya-por-todo-el-mundo/.

Business Insider Mexico, Cesar Barboza. Modificado Agosto 5, (2020). “Fobaproa, la deuda bancaria que los mexicanos pagarán por medio siglo.” https://businessinsider.mx/que-es-fobaproa-historia-mexicanos-pagan-deuda-bancaria/.

Contra línea, José Reyes. (2019). “Pemex: el negocio de los 3 billones de dólares - Contralinea.” https://contralinea.com.mx/pemex-el-negocio-de-los-3-billones-de-dolares/.

Economía Hoy. (2010). http://www.economiahoy.mx/nacional-eAm-mx/noticias/9013868/03/18/Las-promesas-rotas-de-la-Reforma-Energetica-a-80-anos-de-la-Expropiacion-Petrolera-.html 2018.

Economía Hoy. Marzo 18, (2018). “Las promesas rotas de la Reforma Energética a 80 años de la Expropiación Petrolera.” https://blancoynegro.mx/noticias/18049-las-promesas-rotas-de-la-reforma-energetica-a-80-anos-de-la-expropiacion-petrolera.

El Economista, Elizabeth Albarrán. Noviembre 20, (2016). https://www.eleconomista.com.mx/economia/Petroleo-aporta-18-a-los-ingresos-totales-20161120-0049.html.

El Economista, Karol García. Julio 2, (2017). https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Ingenieria-petrolera-disciplina-con-gran-crecimiento-en-el-pais-20170702-0105.html.

El Mañana, Juan Gilberto Banda Reyes. Mayo 14, (2014). https://www.elmanana.com/preocupa-desempleo-ingenieria-petrolera-causa-desconcierto-estudiantes-egresados-ingenieria-petrolera-desconcierto-desempleo-estudiantes-egresados/3743155.

El Universal. Diciembre 6, (2016). “OCDE: México, 15 años en el último lugar de educación.” https://www.eluniversal.com.mx/articulo/nacion/sociedad/2016/12/6/ocde-mexico-15-anos-en-el-ultimo-lugar-de-educacion.

Excelsior, Claudia Solera. Septiembre 21, (2014). http://www.excelsior.com.mx/nacional/2014/09/21/982793.

Expansión. Octubre 31, (2007). "Escasez de ingenieros mexicanos." https://expansion.mx/obras/pulso-de-la-construccion/escasez-de-ingenieros-mexicanos.

Expansión, Gonzalo R. Monroy. Febrero 20, (2014). https://expansion.mx/opinion/2014/02/19/ingenieros-los-mas-deseados-en-reforma.

Expansión, EFE. Septiembre 11, (2018). "México ocupa el último lugar de la OCDE en educación media superior." https://expansion.mx/nacional/2018/09/11/mexico-ocupa-el-ultimo-lugar-de-la-ocde-en-educacion-media-superior.

Expansión, Dainzú Patiño. (2018). "La deuda pública de México supera los 10 billones de pesos." https://expansion.mx/economia/2018/02/01/mexico-tiene-la-deuda-publica-mas-alta-en-su-historia.

Facultad de Ingeniería de la UNAM. (2012). "Plan de Estudio de la Carrera de Ingeniería Geológica." http://player.slideplayer.es/34/10510822/#.

Financial Times, Carola Hoyos. Mar. 12, (2007). https://www.ft.com/content/471ae1b8-d001-11db-94cb-000b5df10621.

Forbes, Ana Paula Flores y Ruth Mata. Junio 21, (2015). https://www.forbes.com.mx/por-que-las-empresas-estan-buscando-mucho-mas-que-ingenieros/.

Forbes, Enrique Hernández. Junio 1, (2016). https://www.forbes.com.mx/industria-petrolera-se-avecina-una-tormenta-venezolana/.

Global Universities. (2020). "Las mejores escuelas de geociencias del mundo - US News Education." https://www.usnews.com/education/best-global-universities/geosciences?region=latin-america&name=.

Inter Press Services periodismo e investigación para el cambio global. Abril 7, (2012). "Repsol, explotadora privilegiada del gas mexicano." https://ipsnoticias.net/2012/04/repsol-explotadora-privilegiada-del-gas-mexicano/.

La Jornada, Jaime Avilez. Septiembre 9, (2008). "Pese a las sospechas de corrupción, Pemex otorgó 17 contratos a la firma Oceanografía." https://www.jornada.com.mx/2008/09/09/index.php?section=politica&article=008n1pol.

La Jornada, Israel Rodríguez J. Noviembre 25, (2012). "Ingresos históricos de Pemex en este sexenio; crecen pasivos 58%." https://www.jornada.com.mx/2012/11/25/economia/025n1eco.

La Jornada, Mónica Mateos-Vega. Junio 12, (2014). "Justificable, formar más antropólogos en México." https://www.jornada.com.mx/2014/06/12/cultura/a10n1cul.

La Jornada, Carlos Fernández Vega. Marzo 5, (2018). https://www.jornada.com.mx/2018/03/05/opinion/022o1eco.

La Jornada, Juan Carlos Miranda. (2018). "Negar a Pemex campos altamente productivos, decisión de Estado." http://www.jornada.unam.mx/2018/04/01/economia/014n1eco.

LinkedIn. 2020. https://www.linkedin.com/company/instituto-mexicano-del-petr-leo/people/.

Milenio. (2014). http://www.milenio.com/region/UNE-Agosto-Ingenieria-Petrolera_0_253175255.html.

Office of Efficiency and Renewable Energy (USA). https://www.energy.gov/eere/analysis/program-evaluation-types-evaluations.

PrecioPetroleo. (2021). https://www.preciopetroleo.net/wti.html.

Proceso. Octubre 29, (2008). “Halliburton y la reforma a PEMEX.” https://www.proceso.com.mx/nacional/2008/10/29/halliburton-la-reforma-pemex-28977.html.

Reporte Índigo, Peniley Ramírez. Julio 10, (2013). “Oro negro, negocio de pocos.” https://www.reporteindigo.com/reporte/oro-negro-negocio-de-pocos/.

Sin Embargo. Mayo 30, (2016). “Pemex dio 420 mil millones de dólares a Fox y FCH ¿Dónde están?” https://www.sinembargo.mx/30-05-2016/1665723.

Sin Embargo, Adalberto Ruiz Mojica. Octubre 11, (2019). “Tuvo tantos ingresos en Pemex, que Calderón pudo pagar la deuda y hubieran sobrado. Pero..." https://www.sinembargo.mx/11-10-2019/3660048.

Universia. (2014). http://noticias.universia.net.mx/actualidad/noticia/2014/05/06/1095989/500-000-nuevos-empleos-surgiran-gracias-reforma-energetica.html.

Un1on Cancún. (2017). http://www.unioncancun.mx/articulo/2017/03/07/educacion/cuantas-universidades-hay-en-mexico.

US Bureau of Labor Statistics. “Geological and Hydrologic Technicians: Occupational Outlook Handbook: U.S. Bureau of Labor Statistics.” https://www.bls.gov/ooh/life-physical-and-social-science/geological-and-petroleum-technicians.htm.

US News. (2021). https://www.usnews.com/education/best-global-universities/geosciences?region=latin-america&name=.