

Análisis histórico - contextual del cambio tecnológico en la industria petrolera internacional y de México

Historical and contextual analysis of technological change in the international and Mexican oil industry

Enrique Guardado Ibarra^a

Resumen

El presente artículo presenta un análisis tanto desde una perspectiva histórica - contextual sobre la aplicación y evolución del cambio tecnológico en la industria petrolera a nivel internacional y de manera específica para México. Son el *upstream* y el *downstream* las unidades de análisis clave dentro de la industria petrolera para comprender la evolución del cambio tecnológico y sus procesos de innovación. Finalmente se presentan reflexiones recientes sobre el cambio tecnológico a partir de las reformas más importantes a nivel internacional y la experiencia de la propia industria durante la pandemia del COVID-19.

Palabras clave: Cambio tecnológico, industria petrolera, industria petrolera mexicana.

Clasificación JEL: O30, O32, O33, Q49

Abstract

This research presents an analysis from both a historical and contextual perspective on the application and evolution of technological change in the oil industry internationally and specifically for Mexico. Upstream and downstream are the key units of analysis within the oil industry to understand the evolution of technological change and its innovation processes. Finally, recent reflections on technological change are presented based on the most important reforms at the international level and the experience of the industry itself during the COVID-19 pandemic.

Keywords: Technological change, oil industry, Mexican oil industry.

JEL Codes: O30, O32, O33, Q49

^a Posdoctorante en la unidad de Posgrado de Economía por la Universidad Nacional Autónoma de México FES - Acatlán. Email: enrique.guardado@outlook.com

<https://orcid.org/0000-0002-7329-9811>

Introducción

La importancia que tiene la industria del petróleo en todo el mundo no ha estado en discusión desde sus inicios. Los beneficios que esta industria ha aportado son notables y han sido piedra angular del crecimiento y desarrollo económico de muchos países productores de petróleo incluyendo México. Por lo tanto, el estudio del cambio tecnológico dentro de dicha industria se vuelve de suma importancia ya que tiene que estar en constante evolución dada su naturaleza, en la cual, las formas de explorar, de producir y de transformar, se han convertido en pieza clave para competir en un mercado donde cada vez se vuelve más importante maximizar el beneficio reduciendo costos.

El objetivo del presente artículo es, por lo tanto, realizar una revisión teórica y contextual sobre la importancia que tiene el cambio tecnológico, para identificar de qué manera este cambio tecnológico ha incidido en el desarrollo de la industria a través del tiempo, así como de igual manera seguir aportando a dicho crecimiento de la industria tanto a nivel nacional como internacional.

A través de la historia de la industria petrolera, se han tenido momentos importantes en los cuales se han hecho reformas para redireccionar los esfuerzos en todo el sistema de encadenamiento productivo con el objetivo de ser cada vez más productivos y eficientes. En la actualidad esa productividad y eficiencia se ha visto afectada debido a la crisis de salud que se está viviendo por la COVID-19 la cual ha puesto en evidencia varias carencias y debilidades de dicha industria, por lo cual el estudio y aplicación del cambio tecnológico cobra mayor relevancia para mitigar estos problemas en un mediano y largo plazo.

1. La industria petrolera. Una referencia contextual

El petróleo, a través del tiempo, se ha convertido en uno de los recursos naturales más valiosos para las distintas economías a nivel mundial. Como tal, se ha considerado un elemento vital de las naciones industrializadas, así como la fuente de energía más importante del mundo desde mediados de la década de los 50's (UKOG, 2015). De acuerdo con ExxonMobil (2019), los productos derivados del petróleo sustentan la sociedad moderna, suministran energía a las distintas industrias, calientan hogares y proporcionan combustible para vehículos, aviones entre otros, para transportar mercancías y personas en todo el mundo. De acuerdo con la *Energy Information Administration* (EIA) (2020), en el sector industrial, la industria petroquímica utiliza petróleo como materia prima (materia prima) para fabricar productos como plásticos, poliuretano, disolventes y cientos de otros bienes intermedios y de usuario final.

A través de su extensa cadena de suministro, la industria del petróleo ha empleado a cientos de miles de personas y ha contribuido de manera importante a las economías petroleras en términos de ingresos fiscales, tecnologías y exportaciones (*British Petroleum*, 2020). La EIA (2020), señala que el consumo de petróleo en el mundo en el 2018 fue alrededor de 98.8 millones de barriles diarios.

El crecimiento económico es uno de los factores más importantes que afectan la demanda de productos petrolíferos y, por lo tanto, de petróleo crudo. La OPEC (2020) señala que las economías en crecimiento juegan un papel fundamental, ya que aumentan la demanda de energía en general, especialmente para el transporte de bienes y materiales de los productores a los consumidores. El sector del transporte mundial depende casi totalmente de productos del petróleo como la gasolina y el combustible diesel. Los productos derivados del petróleo, representan alrededor de un tercio del consumo energético mundial total (EIA, 2021).

Dentro de la literatura de la industria petrolera se identifican de manera clara dos principales divisiones; la división *upstream* y la división *downstream*. El sector o división *upstream* hace referencia a toda la parte de exploración y producción de petróleo crudo. Dentro de sus objetivos principales se encuentran la búsqueda de potenciales yacimientos de petróleo crudo y gas natural tanto subterráneos como marinos, la perforación de pozos exploratorios y la explotación de estos. La segunda división o sector *downstream*, hace referencia a todo el proceso de refinamiento del petróleo crudo y purificación del gas natural (Trencome, 2013).

Dentro de la contextualización de la industria petrolera a nivel internacional, es importante analizar ciertos indicadores que son clave para el desarrollo de dicha industria. El primero de ellos es el nivel de reservas petroleras con los que cuentan los principales países petroleros. De acuerdo con la OPEC (2021), los 5 principales países con más reservas probadas al 2020, fueron, primeramente, Venezuela con 303,806 millones de barriles diarios en reservas, Arabia Saudita (258, 600 Mb/d en reservas), Canadá (167,900 Mb/d en reservas), Irán (208,600 Mb/d en reservas) e Irak (145,019 Mb/d en reservas). México se encuentra en la posición 20 con una cantidad de reservas de petróleo de 7,042 millones de barriles diarios.

La producción de petróleo crudo es considerada como uno de los indicadores más importantes de la industria petrolera a nivel internacional. Es la fase durante la cual se busca extraer el hidrocarburo desde un yacimiento hasta el pozo, y de allí a la superficie (PDVSA, 2018). El principal productor de petróleo crudo en el mundo para el año 2019 de acuerdo con la EIA (2021) fue Estados Unidos con una producción de 12,248 barriles diarios, seguido de Rusia (10,847 Mb/d), Arabia Saudita (9,826 Mb/d), Irak (4,741 Mb/d) y Canadá (4,408 Mb/d) respectivamente. Existe una similitud entre los principales países con reservas petroleras y los principales países que producen petróleo crudo, excepto por Venezuela que no aparece dentro de los principales países productores. Para el caso de México, se observa que ocupa la posición trece dentro de los principales productores petroleros en el mundo para el mismo año.

Respecto a las principales empresas productoras de petróleo a nivel mundial para el año 2018, se tuvo el top 10 de acuerdo al *Energy Intelligence Group* (2019) en donde las primeras cinco fueron: SAudi Aramco de Arabia Saudita con 12,248 barriles diarios producidos, seguidos por NIOC de Irak (10,847 Mb/d), INOC de Irán (9,826 Mb/d), Rosneft de Rusia (4,741 Mb/d) y CNPC de China (4,408 Mb/d) respectivamente. Para el caso de México, la empresa productora de petróleo es PEMEX, la cual estuvo posicionada en el número 10 del ranking de empresas productoras de petróleo crudo para el mismo año. Cabe destacar, que, dentro de este ranking de empresas productoras, todas, excepto ExxonMobil (posición 7), son empresas en donde el estado tiene total intervención y control de la industria petrolera en sus respectivos países.

La rentabilidad dentro de la industria petrolera es importante para el crecimiento económico de los países petroleros, por lo que a continuación, se mencionan a las 5 principales empresas petroleras y sus ventas totales para el año 2018, de acuerdo a PEMEX (2019). En primer lugar, se tiene a SINOPEC de China con 414,649 millones de dólares, seguido de Royal Dutch Shell de Países bajos (396,556 Md), China National Petroleum de China (392,976 Md), Saudi Aramco de Arabia Saudita (355,905 Md) y BP de Reino Unido (303,738 Md). PEMEX ocupó la posición 18 dentro de las empresas con mayores ventas totales en la industria petrolera con 85,345 millones de dólares.

La industria petrolera tiene, de acuerdo a lo antes señalado, una dinámica muy importante para las economías a nivel mundial, por lo que su estudio y su análisis es fundamental para poder entender el crecimiento y desarrollo económico de estos países, específicamente el crecimiento y desarrollo de México.

2. La industria petrolera y su evolución histórica

Uno de los factores importantes que se deben de analizar dentro de la evolución histórica de la industria petrolera en el contexto internacional, es el proceso de cambio tecnológico que ha sufrido, así como sus procesos de innovación a través del tiempo, ya que, como menciona Mantilla (2021), la tecnología para la utilización del petróleo y sus derivados, así como su búsqueda, extracción y refinación, ha ido cambiando y evolucionando a través del tiempo, con el fin de obtener un mayor crecimiento y desarrollo económico por parte de las naciones que dependen en gran medida del petróleo y gas.

El desarrollo de la investigación tecnológica y la innovación han jugado un papel fundamental a través de la historia para integrar nuevas tecnologías en las diferentes actividades y procesos de la industria petrolera. Como se señala en Petroquimex (2017), “Al integrar el tema tecnológico en sus actividades diarias, las empresas petroleras buscan mantener la productividad de los pozos, reducir los costos de operación y aumentar el factor de recuperación de estos”. Es por este motivo, que la investigación y la innovación son factores que siempre deben de estar presentes en toda la cadena productiva de la industria petrolera, que va desde la exploración, extracción, logística, transformación y comercialización, si se desea ser cada vez más eficiente.

2.1 El contexto internacional

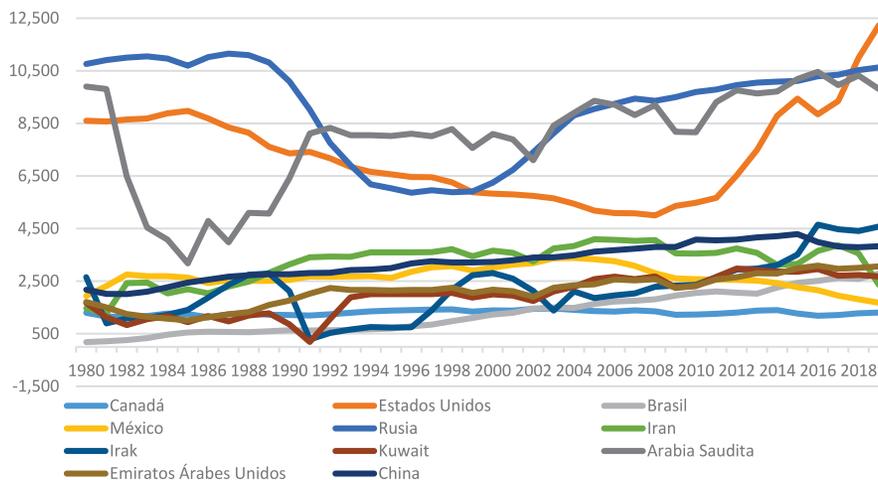
A través de los años, la industria petrolera a nivel internacional se ha ido transformando y evolucionando, con el afán de satisfacer la demanda de un mercado global cada vez más exigente. Es por ello, que el cambio tecnológico forma parte desde los inicios de dicha industria, manteniéndose en constante evolución, ya que, aquellos que se han reusado a innovar, se han visto desplazados ante un mercado cada vez más competitivo en donde cada vez la oferta de productos es más especializada y con mayor valor agregado, lo cual se ve reflejado en mayores utilidades para las empresas petroleras y por ende en un mejoramiento del crecimiento económico del país de cual son originarios.

Como señala PWC (2013), no se puede negar que el sector petrolero internacional ha logrado avances asombrosos durante la última década en cuanto al desarrollo tecnológico se refiere, sin embargo, todavía existen espacios para aprender de otras industrias y de los principales innovadores en el mundo.

Como se mencionó en un inicio, la industria petrolera a nivel internacional comprende dos grandes divisiones, *upstream* y *downstream*, desde esta misma perspectiva, se pueden entender los procesos de cambio tecnológico e innovación aplicados a la exploración y producción vistos desde el *upstream*, así como los procesos en la refinación del petróleo crudo desde la perspectiva del *downstream*.

Primeramente, se analiza la división *upstream*. Para poder entender el proceso de cambio tecnológico, es importante analizar la tendencia que ha tenido la producción de petróleo crudo en los principales países productores de petróleo a través del tiempo, ya que este es un referente importante de que los países petroleros han implementado procesos de innovación en sus procesos de exploración los cuales se ven reflejados en una mejora de la producción, siendo cada vez más eficiente. A continuación, se observa la gráfica 1 que muestra la producción de los 10 principales países petroleros y México de 1980 al 2019:

Gráfica 1 Producción de petróleo crudo, principales países 1980 - 2019



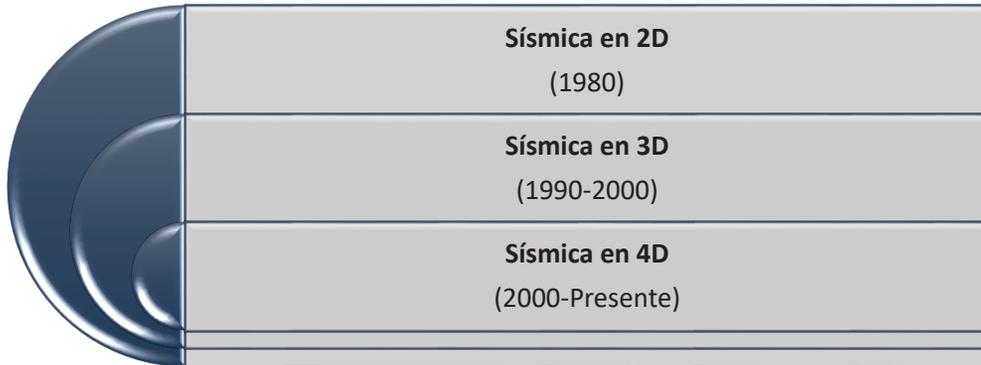
Fuente:: Elaboración propia con base en EIA, 2021.

Como se puede observar en la gráfica 1, existe una tendencia histórica al incremento de la producción. Para explicar este incremento de la producción desde la perspectiva del cambio tecnológico, es importante analizar que innovaciones y que tipo de tecnologías se ha implementado durante este periodo en la industria petrolera a nivel internacional.

En términos de exploración de yacimientos, la industria petrolera ha ido evolucionando de la mano con las nuevas tecnologías que se han desarrollado en el mundo. El uso de sísmicas es un ejemplo de la evolución en la exploración de la industria petrolera. Para CENSAT (2013), la sísmica es un proceso geofísico de intervención directa sobre la naturaleza, el cual consiste en crear temblores artificiales en la tierra, mediante explosivos que causan ondas.

El objetivo de la sísmica es conocer las estructuras de la tierra para saber si hay probabilidad de que existan hidrocarburos o no en el subsuelo. A través de los años, la sísmica ha ido evolucionando tecnológicamente hablando, ya que para los años de 1970 a 1980, se utilizó la sísmica en 2 dimensiones, posteriormente en la década de los 90's e inicio del nuevo milenio se utilizó sísmica en 3D, actualmente la sísmica utilizada para explorar yacimientos se realiza en 4D (SEMANA, 2018).

Figura 1 Evolución del cambio tecnológico en la exploración de la industria petrolera internacional (1980-2021)



Fuente:: Elaboración propia con base en la revisión de literatura de la industria petrolera, 2021.

A continuación, en la figura 1, se presenta la evolución de los cambios tecnológicos en la exploración de la industria petrolera internacional desde 1980 al presente:

Dentro del análisis del cambio tecnológico e innovación en la producción de petróleo crudo a través del tiempo, se encuentran técnicas de suma importancia que han sido aplicadas por las empresas petroleras.

En orden cronológico, se mencionan y explican cada una de las técnicas que se han utilizado dentro de la industria petrolera internacional para producir petróleo crudo.

El primer método al que se le hace mención, es el método por medio de rotación, opera al estilo de un taladro, pero con el uso de trépanos, que son herramientas que realizan una labor similar a la de las brocas en grandes terrenos y con rocas muy duras, en condiciones de presión y fuerza bastante exigentes. Estos se ubican generalmente en la zona de perforación y van abriendo espacio por medio de unas ruedas dentadas (SEMANA, 2018). La innovación en este método consiste en desarrollar materiales más duraderos y de mejor calidad.

Los perfiles eléctricos forman parte de las innovaciones en relación con la perforación petrolera y analizan la resistencia a través del uso de electrodos, se revisan las propiedades acústicas por medio de transductores sónicos y determinan las características radioactivas con el uso de detectores de alta tecnología (Gomes, 2011).

La siguiente innovación de acuerdo con Schlumberger (2021), se encuentra en el método LWD (*Logging While Drilling*) el cual revela, en tiempo real, la naturaleza de las rocas perforadas y facilita la detección de zonas potenciales y los límites de fluido, mientras se llevan a cabo las tareas de perforación.

La más reciente tecnología en la extracción de crudo es la de fracturación hidráulica, (*fracking*) muy utilizada en los yacimientos no convencionales (YNC), es decir, aquellos en donde las rocas tienen poca porosidad y permeabilidad, lo que dificulta la extracción de los hidrocarburos. Esta técnica usa una mezcla de agua con aditivos químicos para quebrar las rocas por medio de la inyección a presión, que genera fracturas y crea las porosidades que antes no estaban presentes (SEMANA, 2018).

El cambio tecnológico e innovación dentro de la segunda gran división; *upstream*, se da principalmente en los procesos de refinación del crudo para transformarlo en petrolíferos (gasolinas, turbosina, kerosenos, diésel, etc.) así como en los procesos de las plantas endulzadoras de gas licuado, fertilizantes, petroquímicos, etc. Dentro de los procesos más destacados anteriormente mencionados, se encuentra el proceso de refinación del crudo para transformarlo en productos o derivados petrolíferos. El mayor productor de productos o derivados petrolíferos para el año 2021 de acuerdo con la OPEC fue Estados Unidos (20,437 Mb/d), seguido de China (12,501 Mb/d) y Rusia (6,2057 Mb/d), México se mantuvo como un bajo productor de productos o derivados petrolíferos con menos de 1,000 barriles por día, ya que realmente su producción no es significativa comparado con sus niveles de consumo.

Para entender el cambio tecnológico y el proceso de innovación dentro de la división *downstream*, es importante empezar con la evolución que esta ha tenido dentro del proceso de refinación del petróleo crudo y derivados petroquímicos.

Las innovaciones tecnológicas en refinerías y petroquímicos han tenido como objetivo a través del tiempo de acuerdo con Oil&Gas (2017) los siguientes puntos:

- Maximizar la eficiencia en producción de petrolíferos;
- Minimizar el consumo de servicios públicos;
- Mejorar la calidad ambiental o los productos terminados;
- Maximizar los rendimientos de productos de mayor valor agregado;
- Procesar crudos no convencionales;
- Utilizar gas natural remoto y biocombustibles.

Dentro del cambio tecnológico e innovación que se ha dado en el proceso de refinación, se ha tenido como objetivo a través del tiempo el incrementar la flexibilidad y eficiencia de los ciclos de refinación, procesar crudos no convencionales y producir combustibles, biocombustibles, lubricantes de alto desempeño, con mínimo impacto ambiental (Oil&Gas, 2017).

Las tecnologías avanzadas de control y análisis son necesarias para garantizar la optimización de las operaciones y la combinación de productos. Las refinerías, de hecho, deben poder controlar y gestionar de forma óptima sus unidades de proceso obteniendo productos exactamente a como se especifica teniendo costos mínimos (ídem).

Las regulaciones ambientales sobre la calidad de la gasolina y el diésel son claves para el proceso de innovación, por lo tanto, se aplican nuevas tecnologías para la mejora del catalizador el cual tiene que ser más económico, con mejores prestaciones y capacidad.

La mejora de destilados pesados a través de FCC y HDC y de residuos a través de procesos térmicos como *visbreaking*, termocraqueo y *cooking* retardado son todavía tecnologías convencionales. La innovación de la tecnología se centra ahora en la conversión catalítica de residuos pesados a alta presión de hidrógeno (conversión profunda) (AMPO, 2021).

De igual manera, se debe de desarrollar tecnología flexible para la producción de aditivos que permita explotar productos para diferentes usos tanto en combustibles como en lubricantes cambiando las condiciones de operación o características de los reactivos (Oil&Gas, 2017).

A continuación, se muestra la figura 2, en donde se aprecian los principales cambios tecnológicos e innovaciones que ha llevado a cabo el sector *downstream* dentro de la evolución de la industria petrolera a nivel internacional:

Figura 2 Evolución del cambio tecnológico en el sector *downstream* de la industria petrolera internacional



Fuente:: Elaboración propia con base en la revisión de literatura de la industria petrolera, 2021.

Los avances tecnológicos en curso en el área de perforación direccional y fracturación hidráulica, combinados con una digitalización altamente avanzada (es decir, métodos de detección y visualización), han contribuido enormemente a la transformación de la producción de petróleo (OPEC, 2020).

Los costos de producción han disminuido significativamente con potencial para mejoras adicionales en el futuro. Sin embargo, la producción de petróleo compacto y gas de esquisto aún enfrenta desafíos relacionados con los esfuerzos para minimizar su huella de carbono. El uso de agua, productos químicos y apuntalantes en la fracturación hidráulica, así como las emisiones de metano y quema de gas asociado, son los principales obstáculos desde una perspectiva ambiental (OPEC, 2020).

2.2 El contexto nacional

Para México, PEMEX ha sido la empresa que ha impulsado la industria energética por más de 80 años, su encadenamiento productivo en el sector petrolero ha sido pieza clave para el crecimiento y desarrollo económico durante varios años, De igual manera, ha sido pilar para desarrollar e impulsar otras industrias dentro del país. Por tal motivo se vuelve fundamental el que la industria petrolera en México se encuentre en constante innovación y a la vanguardia en el desarrollo tecnológico, ya que, de no ser así, tendría que afrontar la feroz competencia que existe a nivel mundial provocando grandes pérdidas a nivel nacional.

Dado que es importante identificar los procesos de cambio tecnológico e innovación más representativos en la industria petrolera mexicana a través de la historia, la figura 3 muestra a continuación, los eventos más representativos en donde haya existido un cambio tecnológico o un proceso de innovación disruptivo dentro de la industria petrolera en México desde sus inicios hasta la actualidad:

Figura 3 Evolución del cambio tecnológico e innovación en la industria petrolera mexicana



Fuente: Elaboración propia con base en PEMEX, 2021.

Como se puede observar en la figura 3, la industria petrolera mexicana ha tenido una evolución considerablemente importante en términos de desarrollo tecnológico e innovación, teniendo un lento crecimiento en los últimos veinte años.

El cambio tecnológico e innovación de la industria petrolera mexicana se puede analizar, como se observó en la figura 5, desde las divisiones *upstream* y *downstream*.

En cuanto a la división *upstream* se refiere, ha habido procesos importantes en la exploración y descubrimiento de yacimientos petroleros utilizando técnicas como son la sísmica de 2D, 3D y 4D a través de su proceso evolutivo, teniendo como ejemplos el descubrimiento del campo valadecés, el yacimiento José Colomo, los varios yacimientos descubiertos en Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche, el yacimiento Cantarell y lo más reciente, exploración en aguas profundas en la zona del Golfo de México.

Respecto a la producción de petróleo crudo, esta va de la mano con los yacimiento descubiertos y probados. De igual manera, como se plantea en el desarrollo tecnológico en términos internacionales, México ha hecho de su preferencia el uso del método de rotación por excelencia, el método de perfiles eléctricos, el método LWD y más reciente, ha estado probando el uso del método *fracking* en aguas profundas.

Un indicador importante del avance tecnológico e innovación en la industria petrolera, es el incremento del número de plataformas activas para la exploración y extracción de petróleo crudo, tanto en tierra como en zonas marinas. México, de acuerdo con la OPEC (2021) ha pasado de tener 187 en el año 1982 a 49 para el año 2019, esto significa que el número de plataformas activas mexicanas ha ido disminuyendo con el paso del tiempo, esto se ha debido a que empresas petroleras extranjeras han ingresado al país para realizar trabajos de exploración y producción con plataformas mejor equipadas y con mayor avance tecnológico que las plataformas mexicanas.

Dentro de la división *downstream*, se encuentra como evidencia del desarrollo tecnológico e innovación de la industria petrolera mexicana, toda la evolución en la creación de refinerías (6 en total en todo el país), innovación en los procesos de refinamiento (creación de nuevas gasolinas y tipos de aceites) y creación de plantas petroquímicas y procesadoras de gas.

En México, la capacidad de refinamiento en la división *downstream* de la industria petrolera ha ido incrementando con el paso del tiempo, sin embargo, los últimos 8 años se ha visto una notable caída, esto, debido al abandono y falta de inversión para mantener en funcionamiento correcto a las refinerías existentes. A partir del 2018, se llevó a cabo el Plan Nacional de Refinación que consiste en la rehabilitación de las refinerías existentes en el país, así como la creación de una nueva refinería en Paraíso, Tabasco.

3. La industria petrolera y su innovación tecnológica a través de reformas

A través de la historia de la industria petrolera, tanto a nivel internacional como nacional, han existido momentos de disrupción en favor del desarrollo tecnológico y la innovación a través de la creación de organismos internacionales petroleros y reformas para el mejoramiento de la productividad y eficiencia de la industria, con el fin de potencializar los recursos producidos al menor costo posible.

Dentro de los principales acontecimientos en los últimos años en la industria petrolera mundial para impulsar el desarrollo tecnológico y la innovación, se encuentra en primer lugar la creación de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP y OPEC por sus siglas en inglés) en el año de 1960. Su principal objetivo es coordinar y unificar las políticas petroleras de sus países miembros (Venezuela, Arabia Saudita, Kuwait, Irán, Irak, Qatar, Indonesia, Libia, Emiratos Árabes Unidos, Argelia, Nigeria, Ecuador, Gabón, Angola y Congo) y asegurar la estabilidad de los mercados petroleros con el fin de tener un suministro eficiente, económico y regular de petróleo a los consumidores, un ingreso estable para los productores y un retorno de capital justo para quienes invierten en la industria del petróleo (OPEC, 2021). De igual manera el desarrollo e innovación dentro de la industria a través de equipos o nuevos procesos de producción son algunos de los objetivos que se plantea la OPEP.

El siguiente organismo petrolero internacional a destacar, es la Agencia Internacional de energía (AIE y EIA por sus siglas en inglés) la cual fue fundada a mediados de los setentas con el fin de adoptar una participación más activa en la negociación directa con los productores, suministros, precios y demás agentes de la industria del comercio del petróleo en el ámbito internacional (EIA, 2021).

En 1980 surgió el acuerdo de San José, en el cual, se suministraron hidrocarburos a las naciones importadoras de Centroamérica y el Caribe con base en el trasfondo de la inestabilidad del mercado internacional del precio del petróleo que rebasó los treinta dólares por barril, así como brindar apoyo en desarrollo e innovación tecnológica.

El acuerdo de Londres surgió a mediados de los ochentas en el cual, la OPEP y los principales productores de petróleo no agrupados, establecen bajo este acuerdo en reducir el precio del crudo de referencia, en 15% (1983-1985) (PEMEX, 2021).

De manera particular para el caso de México, han existido varias reformas a través de la historia de la industria petrolera que han beneficiado y buscan beneficiar la productividad y eficiencia de dicha industria, a través del desarrollo de nuevos procesos y técnicas.

Dentro de las reformas más destacadas en los últimos años, se encuentra en primera instancia la del nacimiento de los organismos subsidiarios en PEMEX en 1992, la cual, a través de la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos se dispuso la creación de cuatro organismos descentralizados de carácter técnico, industrial y comercial, con personalidad jurídica y patrimonio propios, los cuales serían coordinados por un corporativo (PEMEX, 2021). Esto permitiría que cada subsidiaria enfocara sus recursos y esfuerzos en el desarrollo de tecnología e innovación para equipos y procesos sin la intervención de alguna subsidiaria intermediaria.

Para el año 2002, PEMEX empieza a involucrarse junto con el Instituto Mexicano del Petróleo en desarrollar investigación para empezar a explorar y producir petróleo crudo en aguas profundas, algo que nunca antes había realizado y que ya varios países petroleros de primer nivel empezaban a desarrollar, siendo Estados Unidos uno de los primeros en llevarlo a cabo (ídem).

En el 2005, El Congreso de la Unión autoriza un nuevo régimen fiscal para la empresa, con el propósito de liberar recursos adicionales para invertir en una escala mayor en la exploración y desarrollo de nuevos yacimientos de petróleo crudo y gas natural.

En el 2010, PEMEX, ante el agotamiento de producción en ciertos yacimientos, empieza a realizar contratos integrales, los cuales permiten crear alianzas con otras empresas en campos maduros, Chicontepec y aguas profundas del Golfo de México, esto permite que empresas con mayor capacidad tecnológica puedan perforar de mejor manera.

El 2013 se convierte en un año trascendental para la industria petrolera mexicana, ya que, el presidente en ese entonces, Enrique Peña Nieto, promulga la reforma energética, la cual busca incrementar la producción petrolera del país y sus reservas, manteniendo la propiedad de la nación sobre los hidrocarburos. Para el 2015, se publica el nuevo estatuto orgánico de Petróleos Mexicanos, así como los acuerdos de creación de las siete empresas productivas subsidiarias, el cual tiene por objeto establecer la estructura, organización básica y las funciones de las distintas áreas que integran a PEMEX.

Para el 2018, se declara el Plan Nacional de Refinación, el cual incluye la rehabilitación de las seis refinerías por parte de PEMEX, así como la construcción de una más en Tabasco, la cual contará con todas las características de una refinería de primer mundo. De igual manera, para el mismo año se establece el Plan Nacional para la Producción de Hidrocarburos, el cual garantiza la seguridad y soberanía energética del país (PEMEX, 2021).

4. La industria petrolera en tiempos de la COVID-19

Actualmente, el mundo entero enfrenta una crisis sanitaria muy grave causada por la COVID-19, por la cual, la gran mayoría de las industrias se han visto afectadas de manera importante, incluyendo la industria petrolera a nivel internacional.

De acuerdo con la *International Energy Agency* (IEA) (2020), el mundo del petróleo ha experimentado muchas conmociones a lo largo de los años, pero ninguna ha afectado a la industria con la ferocidad que estamos presenciando hoy. A medida que los mercados, las empresas y economías enteras se tambalean por los efectos de la crisis global causada por la pandemia del coronavirus, los precios del petróleo se han derrumbado. Los impactos de la inestabilidad en los precios del petróleo en esta pandemia se sentirán entonces, en todas las cadenas de suministro mundiales del petróleo y se extenderán a otras partes del sector energético.

Además de la crisis en los precios del petróleo, la COVID-19 ha generado de igual manera desequilibrios entre la oferta y la demanda de petróleo, la cual se produce junto con la disminución de la necesidad de productos químicos y refinados debido a la desaceleración industrial y las restricciones de viaje a raíz del COVID-19 (Deloitte, 2021). En consecuencia, las perspectivas a corto y mediano plazo para los productores de alto costo, los operadores más pequeños y las empresas con altos niveles de deuda parecen ser más desafiantes ahora que nunca dentro de esta industria.

Las compañías petroleras de acuerdo con OPEC (2021), tuvieron que responder al colapso de los precios del petróleo que se dieron en el inicio de la pandemia (basado en el precio del crudo Brent a 25 dólares por barril) anunciando grandes recortes en su gasto en nueva producción, esto debido a que los costos de producción de un barril de petróleo eran mayores que el precio del barril en el mercado. Las reducciones iniciales estuvieron en el rango del 20% al 35% en comparación con las inversiones que habían descrito anteriormente para 2020 de acuerdo con IEA, (2020).

La industria petrolera mexicana tampoco se salvó de los efectos de la COVID-19, de acuerdo con FORBES (2020) PEMEX perdió en promedio 61% en sus ventas domésticas de productos petrolíferos en el 2020. Para poder mitigar los daños económicos del petróleo causados por la pandemia, PEMEX está desarrollando una serie de medidas las cuales en su conjunto ascienden a 113mil 40 millones de pesos, de igual manera se evaluaron y priorizaron las inversiones de alta rentabilidad reduciendo 40mil 500 millones de pesos al presupuesto de inversión que se tenían programados para el 2020 (Energy21,2020).

Pero el problema de la actual crisis sanitaria no se enfoca en las utilidades que han perdido las empresas a nivel internacional, de igual manera ha golpeado de manera fuerte a la fuerza laboral dentro de dicha industria y PEMEX no es la excepción. De acuerdo con cifras de PEMEX (2021), al mes de febrero, la empresa cuenta con una población derechohabiente de aproximadamente 750 mil personas (entre trabajadores, jubilados y familiares), registrando 37,497 personas con síntomas respiratorios a las que se han realizado 26,367 pruebas de diagnóstico, con las cuales se han logrado descartar 11,990 y confirmar 14,377 casos de Covid-19. A la fecha, se han registrado 492 defunciones en trabajadores en activo, 1328 en jubilados, 935 en familiares y 14 externos.

Por tal motivo, PEMEX ha desarrollado estrategias para mitigar el que se propague el virus dentro de la empresa en todas sus subsidiarias, ya que considera que el trabajador es el activo más valioso.

Estos esfuerzos deben de continuar realizándose en todas las empresas de la industria petrolera a nivel internacional para poder preservar la vida de sus trabajadores y poder continuar con la recuperación de la industria y alcanzar los niveles que se tenían tanto de producción como utilidades previo a la crisis sanitaria.

Conclusiones

La industria petrolera ha representado, representa y representará una pieza clave muy importante para el desarrollo de muchos países incluyendo México, ya que permite alcanzar el crecimiento y desarrollo económico de estos, así como el seguir sosteniendo industrias clave y desarrollar nuevas industrias que de igual manera beneficiarán de manera importante a estos países.

El cambio tecnológico ha jugado un papel fundamental en la historia del desarrollo de la industria petrolera tanto a nivel internacional como nacional, ya que, debido a la gran demanda del petróleo crudo y sus derivados, las empresas tanto nacionales como privadas han realizado grandes inversiones para lograr incrementar su exploración, producción y transformación teniendo cada vez mejores máquinas y herramientas para la generación de los mismos, basándose en un esquema del incremento de la productividad y tratando de reducir cada vez más sus costos de producción.

En México de manera particular, la industria petrolera ha formado pieza clave para el crecimiento y desarrollo del país, es por eso que a través del tiempo, han existido distintas reformas que tienen como objetivo encaminar los esfuerzos de la empresa a encontrar una forma más eficiente de producir, sin embargo los últimos años se ha visto que ha existido un estancamiento en la búsqueda de la productividad y eficiencia a través del cambio tecnológico en PEMEX, provocando que se quede rezagado con respecto a sus competidores en el ámbito petrolero internacional.

Debido a lo anterior, se ha hecho una revisión literaria sobre la importancia que tiene el estudio del cambio tecnológico dentro de la industria petrolera, esto con el fin de buscar nuevas soluciones que permitan de nueva cuenta fortalecer los cimientos de una industria que se ha visto golpeada por distintos factores tanto endógenos como exógenos.

Uno de esos factores en la actualidad, ha sido la pandemia que vivimos actualmente de la COVID-19, que ha puesto en predicamento a la industria petrolera internacional debido a la caída de la demanda del petróleo crudo y sus derivados.

Es por esto que hay que redireccionar los esfuerzos y buscar replantear los beneficios que proporciona la aplicación del conocimiento del cambio tecnológico a través del análisis de frontera estocástica para fortalecer a la industria petrolera tanto nacional como internacionalmente.

Referencias

- Ampo. (2021). *Proceso del refinado del petróleo y productos derivados*.
<https://www.ampo.com/es/category/sectores/refino-petroleo-y-productos-derivados-proceso-petroquimico-y-quimico-y-energia/proceso-refinado-petroleo-y-productos-derivados/>
- British Petroleum. (2020). *Statistical review of world energy 2020*. Centre for Energy Economics Research and Policy, Heriot-Watt University.
- CENSAT. (2013). *La sísmica. Impacto ambiental de la industria petrolera*.
<file:///C:/Users/enriq/AppData/Local/Temp/sismica-final.pdf>

- Deloitte. (2021). *Understanding the sector impact of COVID-19 Oil & Gas*.
<https://www2.deloitte.com/ng/en/pages/finance/articles/understanding-the-sector-impact-of-covid-19-oil-and-gas.html>
- Ecom. (2021). *Industria del petróleo y el gas*. <https://www.ecom-ex.com/es/soluciones/sectores/industria-del-petroleo-y-el-gas/>
- Energy21. (2020). *Pemex mitigará efectos del Covid con 113 mil mdp*. <http://energy21.com.mx/petroleo-y-gas/2020/04/27/pemex-mitigara-efectos-del-covid-con-113-mil-mdp>
- Energy Information Administration (EIA). (2020). *Oil and petroleum prices*.
<https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/use-of-oil.php>
- Energy Information Administration (EIA). (2021). *Oil and petroleum products explained*.
<https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/prices-and-outlook.php>
- Energy Intelligence Group (2019). *Energy Intelligence TOP 100 Global NOC & IOC Rankings*.
<https://www2.energyintel.com/Top100RankingsAbout>
- Extractives Hub. (2012). National Oil Companies (NOC's). de
<https://extractiveshub.org/servefile/getFile/id/4220>
- Exxon Mobil. (2019). *2019 Outlook for Energy: A perspective to 2040*. Exxon mobil corporation..
- Gomes, L. (2011). *Perfiles eléctricos*. Petróleo América.
http://www.petroleoamerica.com/2011/02/bienvenidos_5773.html
- International Energy Agency (IEA). (2020). *The global oil industry is experiencing a shock like no other in its history*. <https://www.iea.org/articles/the-global-oil-industry-is-experiencing-shock-like-no-other-in-its-history>
- Mantilla, A. (2021). *Tecnología y petróleo*. Revista portafolio <https://www.portafolio.co/opinion/redaccion-portafolio/tecnologia-petroleo-64894>
- OECD. (2012). *Labour Losing to Capital: What Explains the Declining Labour Share? Employment Outlook*, Paris.
- Oil&Gas. (2017). *Downstream innovation*. <http://www.oil-gasportal.com/downstream/innovation/>
- Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC). (2020). *2020 World Oil Outlook 2045*. Organization of the Petroleum Exporting Countries. ISBN 978-3-9504890-0-2
- Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC). (2021). *OPEC data download*.
https://asb.opec.org/data/ASB_Data.php
- Petróleos Mexicanos (PEMEX) (2019). *Anuario estadístico 2019, PEMEX*.
https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/anuario-estadistico_2019.pdf
- Petróleos Mexicanos (PEMEX) (2021). *Historia de petróleos mexicanos*.
<https://www.pemex.com/acerca/historia/Paginas/default.aspx>
- Petróleos Mexicanos (PEMEX) (2021). *Reporte de estado de salud de trabajadores y derechohabientes de PEMEX afectados por COVID-19*. https://www.pemex.com/saladeprensa/boletines_nacionales/Paginas/2021-062_nacional.aspx
- Petróleos de Venezuela (PDVSA) (2018). *Producción. Cuadernos soberanía petrolera*.
<http://www.pdvsa.com/images/pdf/cuadernos/Produccion.pdf>

- PWC. (2013). *Gateway to growth: innovation in the oil and gas industry*. <https://www.pwc.com/gx/en/oil-gas-energy/publications/pdfs/pwc-gateway-to-growth-innovation-in-the-oil-and-gas-industry.pdf>
- SEMANA. (2018). *La industria petrolera evoluciona (y revoluciona)*. <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/hidrocarburos-son-el-futuro/articulo/la-industria-petrolera-evolucionaria-y-revolucionaria/590021/>
- Schlumberger. (2021). *Oilfield Glossary en español*. <https://glossary.oilfield.slb.com/es/terms/l/lwd>
- Trencome. (2013). Petroleum industry. <https://archive.is/20130412005647/http://www.trencome.com/petroleumindustry.htm>
- UKOG. (2021). *Why oil is important*. <https://www.ukogplc.com/page.php?pID=74>