



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

**NECESIDADES TECNOLÓGICAS
DEL SECTOR
HIDROCARBUROS**

Autorizó

Ing. Norma Rocío Nahle García

Secretaria de Energía

Revisó

Mtro. Miguel Ángel Maciel Torres

Subsecretario de Hidrocarburos

Elaboró

Dr. Jorge Alberto Arévalo Villagrán

*Director General de Exploración y Extracción de
Hidrocarburos*

Mtro. Francisco Javier Rosado Vázquez

*Director General Adjunto de Administración del Sector
Hidrocarburos*

Ing. Ana Jessica Torres Pérez

Directora de Recursos Petroleros

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	6
1. NECESIDADES TECNOLÓGICAS DEL SECTOR HIDROCARBUROS.....	8
1.1 ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA PETROLERA.....	8
1.1.1 Reservas de Hidrocarburos.....	8
1.1.2 Producción de Hidrocarburos	9
1.1.3 Refinación y petrolíferos.....	11
1.1.4 Petroquímicos (cadena etano-polietileno).....	12
1.2 INTRODUCCIÓN	13
1.2.1 Panorama general tecnológico.....	13
1.2.2 Contexto.....	14
1.2.3 Alcance del instrumento	16
1.2.4 Objetivo	17
2. ÁREAS DE ENFOQUE EN INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO.....	19
2.1 IMPULSORES DE LA TECNOLOGÍA.....	19
3. ÁREAS ESPECÍFICAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO	21
3.1 EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN	21
3.2 REFINACIÓN	21
3.3 GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA.....	21
3.4 MEDIO AMBIENTE E IMPACTO SOCIAL.....	21
3.5 FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS	22
4. JERARQUIZACIÓN DE LAS NECESIDADES EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO.....	23
4.1 ÁREA DE EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN.....	23
4.1.1 Exploración de Hidrocarburos.....	23
4.1.2 Ingeniería de Yacimientos de Hidrocarburos.....	24
4.1.3 Intervención a Pozos	26
4.1.4 Administración Integral de Pozos (Productividad de Pozos).....	28

4.1.5	Sistemas de Producción de Hidrocarburos.....	30
4.1.6	Mantenimiento de Instalaciones.....	32
4.1.7	Recuperación Secundaria y Mejorada de Hidrocarburos.....	34
4.1.8	Comercialización de Hidrocarburos.....	35
4.1.9	Medio Ambiente e Impacto Social.....	36
4.1.10	Relación de necesidades para proyectos de investigación	38
4.2	PEMEX TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL	40
4.2.1	Logística y Comercialización de Hidrocarburos	40
4.2.2	Refinación.....	41
4.2.3	Procesos de Etileno.....	43
4.2.4	Centros Procesadores de Gas (CPG's).....	44
4.2.5	Medio Ambiente e Impacto Social.....	46
4.3	PEMEX LOGÍSTICA.....	48
4.3.1	Tratamiento y Logística Primaria.....	48
4.3.2	Transporte.....	49
4.3.3	Almacenamiento y Despacho	50
4.3.4	Transversales (Medición, Balances y Comercial).....	51
4.3.5	Transversales (SIPA).....	53
4.4	PEMEX FERTILIZANTES	54
4.4.1	Confiabilidad y Eficiencia.....	54
5.	PROYECTOS TECNOLÓGICOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS (PEMEX).....	56
5.1	PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN.....	56
5.1.1	Recuperación Secundaria y Mejorada.....	56
5.1.2	Medición y aprovechamiento de hidrocarburos (CENAM-PEMEX).....	56
5.2	PEMEX TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL	56
5.2.1	Etileno	57
5.3	OTROS PROYECTOS IDENTIFICADOS	57
5.3.1	Ingeniería de Yacimientos.....	57
5.3.2	Yacimientos de gas y condensado	58
5.3.3	Caracterización Dinámica de Yacimientos	58
5.3.4	Productividad de pozos.....	58



5.3.5 Recuperación secundaria y mejorada.....	58
CONCLUSIONES Y RESULTADOS	59
REFERENCIAS.....	61
NOMENCLATURA.....	62
AGRADECIMIENTOS	64



RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente la industria petrolera nacional requiere del uso de la tecnología de manera eficiente que permita alcanzar las metas productivas en las diversas fases de la cadena de valor, así como enfrentar los retos tecnológicos de operar bajo entornos más complejos y competidos. Ante ello, el contexto en el que se desenvuelve el desarrollo tecnológico en el país se ubica en un escenario donde las reservas probadas al 1 de enero de 2019 se cuantifican en 7.9 MMbpce, es decir 58% menos respecto a 2004 donde se tenían 18.9 mil MMbpce y que a ritmos actuales de extracción alcanzarían para 8.5 años. A octubre del 2019, se tiene una caída en la producción de aceite del 51%, desde su referencia máxima en 2004 de 3.38 MMbpd a 1.67 MMbpd. Mientras que la producción de gas natural sin nitrógeno fue de 3,781 MMpcd, lo cual representó una caída de producción de 38% desde el año 2009, siendo México importador de este fluido en 69%.

De igual manera, a octubre de 2019, la producción de petrolíferos en el país, derivado de la demanda nacional creciente, ha generado una alta dependencia de gasolinas y diésel de importación, entre otros petrolíferos importados; teniendo que se han importado en promedio el 77% y 68% de los volúmenes comercializados a nivel nacional de gasolina y diésel, respectivamente. Por su parte, el Sistema Nacional de Refinación, reporta en uso cerca del 32% de la capacidad total instalada para procesos de refinación en el país. La capacidad instalada de refinación es de 1,615 Mbd, a octubre de 2019 y el proceso total de petróleo crudo y líquidos en refinerías fue de 653.68 Mbd. Lo anterior, deja ver la importancia que representa la tecnología como vía para desarrollar ventajas competitivas en la industria, en pro de impulsar las áreas tecnológicas estratégicas que el sector demanda.

En este sentido, este documento constituye un instrumento del sector hidrocarburos que reúne el diagnóstico de los requerimientos de necesidades y tecnologías específicas para cada disciplina de la cadena de valor de los hidrocarburos, con el objeto de direccionar el desarrollo tecnológico y la formación de recursos humanos especializados de la industria petrolera, conforme a los retos y metas que plantean el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 y los Programas Sectoriales derivados, así como del Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos 2019-2023, y con ello incrementar y mejorar las capacidades productivas del país que ayuden a incorporar nuevas reservas e incrementar la producción de hidrocarburos, así como promover iniciativas para maximizar el aprovechamiento de los mismos, a través de procesos de refinación y petroquímica maximizando su rentabilidad, generando una base de conocimiento técnico y científico que fomente la innovación tecnológica en el sector hidrocarburos para alcanzar la soberanía y seguridad energética que el país demanda, creando ventajas competitivas con un enfoque sostenible con inclusión social, ambiental y económica.

Mediante el análisis de matrices tecnológicas, se jerarquizaron las necesidades tecnológicas del sector hidrocarburos que permitieron visualizar aquellas necesidades de la cadena de valor que son prioritarias para la industria petrolera nacional. Dichas matrices, presentadas en forma gráfica, consideran en sus ejes el impacto de la tecnología en la cadena de valor de los hidrocarburos (reservas, producción, entre otros) y la prioridad de ejecución (qué tan urgente es la tecnología para cumplir con los retos de política energética actual), mientras que el tamaño de la esfera representa la factibilidad técnica y económica que lleva consigo la implementación de la tecnología.

De esta forma, se identificaron, jerarquizaron y evaluaron de forma práctica un total de 425 necesidades tecnológicas del sector hidrocarburos (Figura 1). Por parte de PEMEX Exploración y Producción, las disciplinas con mayor número de necesidades tecnológicas identificadas son:

- Intervención a Pozos con 46,
- Administración Integral de Pozos (Productividad de Pozos) con 42, y
- Sistemas de Producción de Hidrocarburos con un total de 32.

Asimismo, referente a PEMEX Transformación Industrial, las áreas tecnológicas que reportaron mayor número de necesidades tecnológicas son:

- Refinación con 35,
- Medio Ambiente e Impacto Social desde la perspectiva de Transformación Industrial con 29
- Centros Procesadores de Gas con 24 necesidades

En PEMEX Logística, las áreas con mayor número de necesidades tecnológicas son:

- Transversales (medición, balances y comercial) con 22,
- Tratamiento y Logística Primaria con 14, y
- Transversales (Seguridad Industrial y Protección Ambiental) con 10.

Mientras que, en PEMEX Fertilizantes, se determinaron 8 necesidades tecnológicas en el área de Confiabilidad y Eficiencia.



Figura 1 Distribución de necesidades tecnológicas por Empresa Productiva Subsidiaria (EPS).

Para integrar las necesidades tecnológicas la Secretaría de Energía como responsable, conductora y coordinadora de la política energética del país y cabeza del sector hidrocarburos, realizó una serie de talleres interinstitucionales entre SENER-SE-PEMEX-CONACyT-IMP-CENAM, para identificar y jerarquizar las necesidades críticas del sector, incorporando todas las disciplinas de la cadena de valor de los hidrocarburos: exploración y extracción de hidrocarburos, refinación, gas y petroquímica básica, fertilizantes, logística y comercialización, a fin de identificar aquellos proyectos que permitan maximizar la rentabilidad de los recursos del país, incluyendo las necesidades tecnológicas enfocadas al medio ambiente e impacto social.

El presente documento, muestra esta integración para el sector hidrocarburos, necesario para alinear el desarrollo tecnológico, investigación y formación de recursos humanos de la industria petrolera nacional a los retos tecnológicos que el Sector demanda. Finalmente, es importante señalar que uno de los alcances del presente trabajo es que las próximas Convocatorias del Fondo Sectorial CONACyT-Secretaría de Energía-Hidrocarburos sean enfocadas a estas necesidades tecnológicas y promover que los proyectos que actualmente se encuentran en ejecución se alineen a estos requerimientos de la política energética actual.



1. NECESIDADES TECNOLÓGICAS DEL SECTOR HIDROCARBUROS

1.1 ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA PETROLERA

1.1.1 Reservas de Hidrocarburos

Las reservas 3P de México al 1 de enero de 2019¹ ascienden a 25.1 miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MMMbpce). De estas reservas, actualmente, en el portafolio de asignaciones y áreas contractuales de PEMEX Exploración y Producción (PEP), se tienen reservas por 20.5 MMMbpce, las cuales están concentradas en las cuencas del Sureste con el 60%, teniendo también recursos prospectivos convencionales por 15.7 MMbpce (Tabla 1).

Tabla 1. Reservas y recursos prospectivos por Cuenca.

Cuenca	Reservas			Recursos prospectivos	
	1P (90%)	2P (50%)	3P (10%)	Convencionales	No Convencionales
Sureste	5.5	9.0	12.3	6.8	
Tampico Misantla	0.8	3.1	5.5		7.4
Burgos	0.2	0.3	0.3		1.5
Veracruz	0.5	1	1.4	2.9	
Sabinas	0	0	0		0.4
Golfo México Profundo	0.1	0.2	0.9	6.0	
Total PEMEX	7.0	13.6	20.5	15.7	9.3

Cifras en miles de millones de barriles de petróleo crudo equivalente

La disminución de reservas en el país ha sido resultado de ajustes en las inversiones en actividades exploratorias; sin embargo, en el periodo de 2015 al 2019 se han mantenido por arriba de 20 MMMbpce. En la Figura 2 se observa que la caída más significativa en reservas posibles se presentó de 2014 a 2015 que, si bien tienen el mayor grado de incertidumbre, representan potencial para ser reclasificadas y, eventualmente, para incrementar la capacidad de producción de Petróleos Mexicanos (PEMEX)².

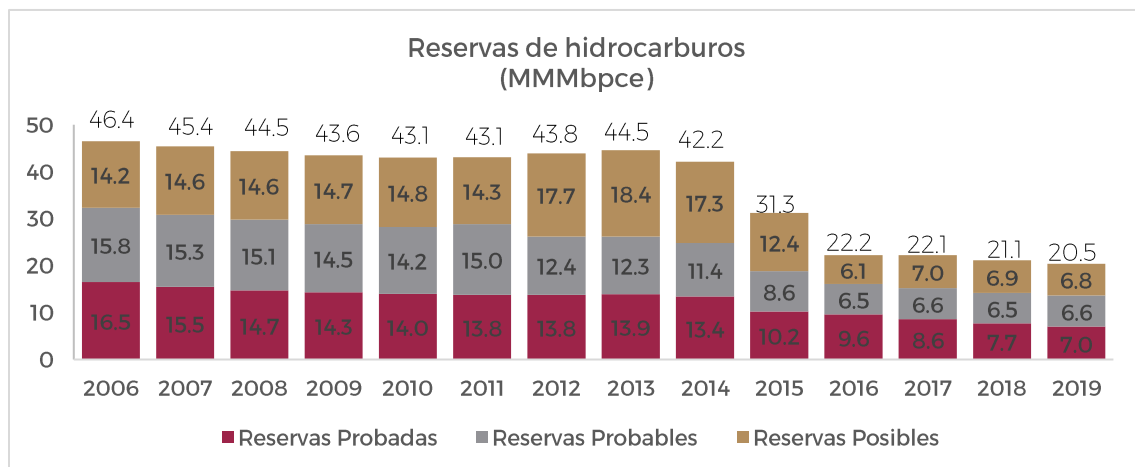


Figura 2 Reservas de hidrocarburos (MMMbpce).

¹ Plan de Negocios de PEMEX 2019-2023.

² Ibid

1.1.2 Producción de Hidrocarburos

La declinación en la producción de hidrocarburos de México desde su pico máximo en 2004 con 3,383 miles de barriles diarios (Mbd) de aceite crudo, obedece primordialmente al comportamiento de agotamiento de los campos maduros ubicados costa afuera en la Sonda de Campeche y otros campos gigantes terrestres con más de 30 años de vida productiva, para los cuales, las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos implementadas en el resto de los campos petroleros por PEMEX no fue suficiente para compensar la declinación.

En la Figura 3 se aprecia la declinación propiciada por el agotamiento del yacimiento supergigante Akal y los campos maduros Abkatún, Caan, Chuc, Jujo-Tecominoacán, Ku, Nohoch, Puerto Ceiba y Samaria. Estos nueve campos representaron en 2004 el 81% de la producción nacional de aceite y durante 2018 produjeron el 12% del total.

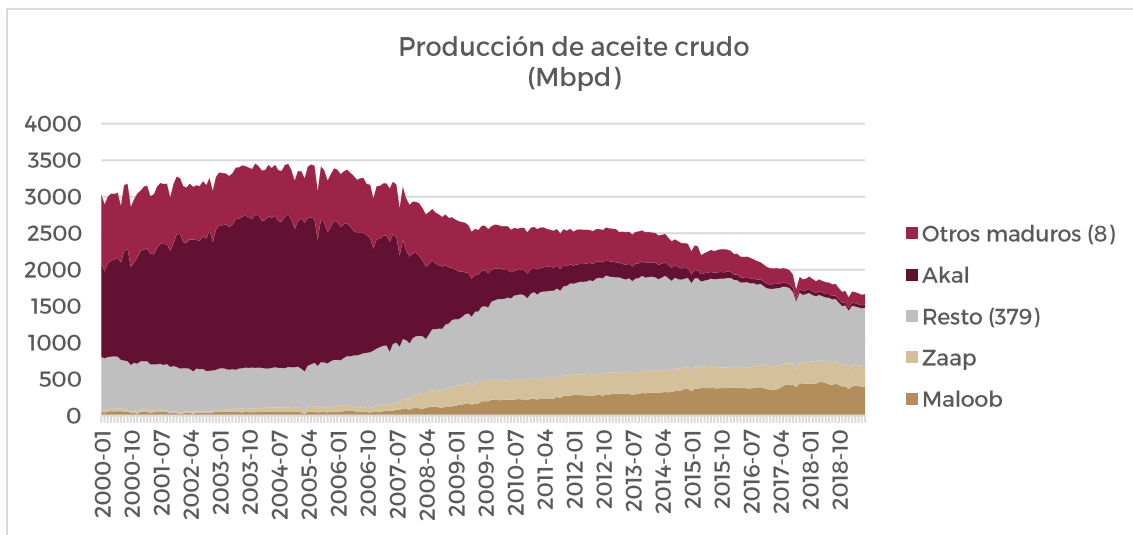


Figura 3 Producción de aceite crudo de campos maduros en Mbd de 2000 a 2019.

Maloob y Zaap son dos campos gigantes marinos que incrementaron producción a partir de 2007 y se encuentran hoy en día con comportamientos de inicio de su etapa de declinación. Los restantes 379 campos³ que producen aceite crudo en México, en conjunto, manifestaron un incremento en su tendencia de producción al pasar del 16% del total nacional en 2004 a 48% en 2018, principalmente por el desarrollo en los últimos veinte años de tan sólo 14 campos⁴, principalmente marinos.

En el periodo de estudio de enero del 2000 a marzo de 2019, el promedio de producción de aceite crudo de la muestra más representativa de los campos mexicanos (379 campos) ha sido de 904 Mbd, y el resto de la producción ha provenido de una muestra excepcional de tan sólo 11 campos.

En lo que respecta a la producción de gas natural sin considerar nitrógeno⁵, la principal causa de su tendencia de declinación desde 2008 (Figura 4), obedece a la falta de inversión en proyectos de gas no asociado seguido de la declinación propia de la producción en campos de aceite y gas asociado.

³ Dato aproximado de acuerdo con las reservas de hidrocarburos al 1 de enero de 2019.

⁴ Ayatsil, Homol, Ixtal, Kab, Kambesah, Kax, Onel, Takín, Terra, Tizón, Tsimín, Xanab, Xux, Yaxche.

⁵ El reporte de nitrógeno se contabiliza a partir de enero de 2009.

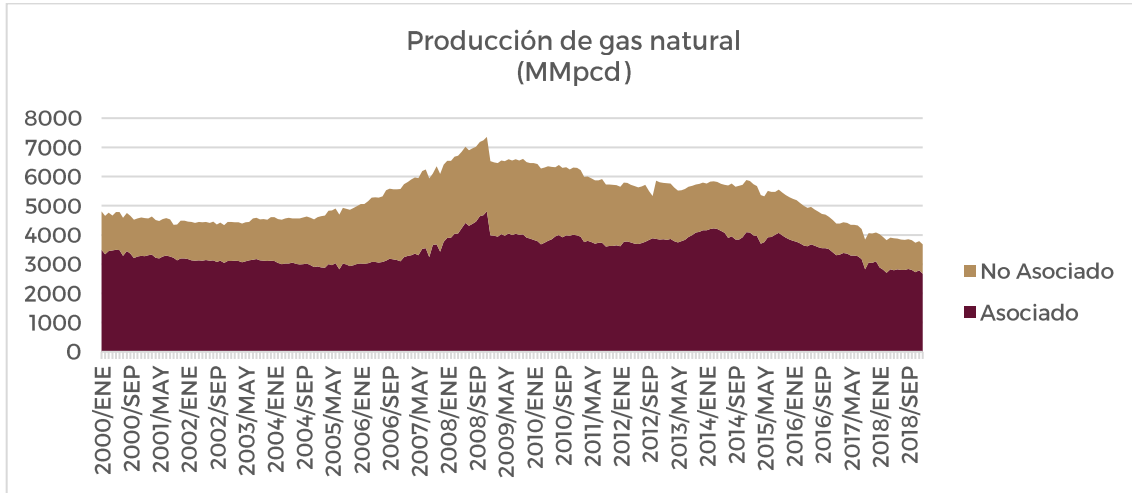


Figura 4 Producción de gas natural en MMpcd de 2000 a 2019

En 2008 se obtuvo un auge en el desarrollo de áreas de gas no asociado en la Cuenca de Burgos y la Cuenca de Veracruz, como consecuencia de la implementación de inversiones por concepto de Proyectos de Inversión de Infraestructura Productiva con Registro Diferido en el Gasto Público (PIDIREGAS) y del Programa Estratégico de Gas (PEG); no obstante, la baja rentabilidad de las actividades para PEMEX en estas áreas llevó a la paulatina disminución de las obras que requerían de un proceso integral de exploración y producción para sostener la productividad de los campos.

Durante 2018, la producción de gas no asociado descendió a 1,061 millones de pies cúbicos diarios (MMpcd) en promedio, debido a la falta de inversiones en estas áreas de rentabilidad marginal, es decir declinó en aproximadamente un 60%; por su parte la componente de producción de gas asociado que depende de la producción de aceite crudo disminuyó en 2018 a 2,799 MMpcd, es decir una declinación del 35%. En promedio de enero a junio del 2019 la producción de gas natural asociado se encuentra en 2,745 MMpcd y la de gas no asociado en 996 MMpcd, en ambos casos la tendencia de declinación se mantiene a la baja.

En materia de exploración y producción de hidrocarburos, la estrategia tecnológica de la industria petrolera nacional se orienta a detener y revertir la caída en la producción de aceite y gas, y con ello lograr alcanzar las metas de producción planteadas por el gobierno actual, Figura 5 y Figura 6, estimando alcanzar 2,655 Mbpd de aceite y 6,933 MMpcd de gas en diciembre de 2024.

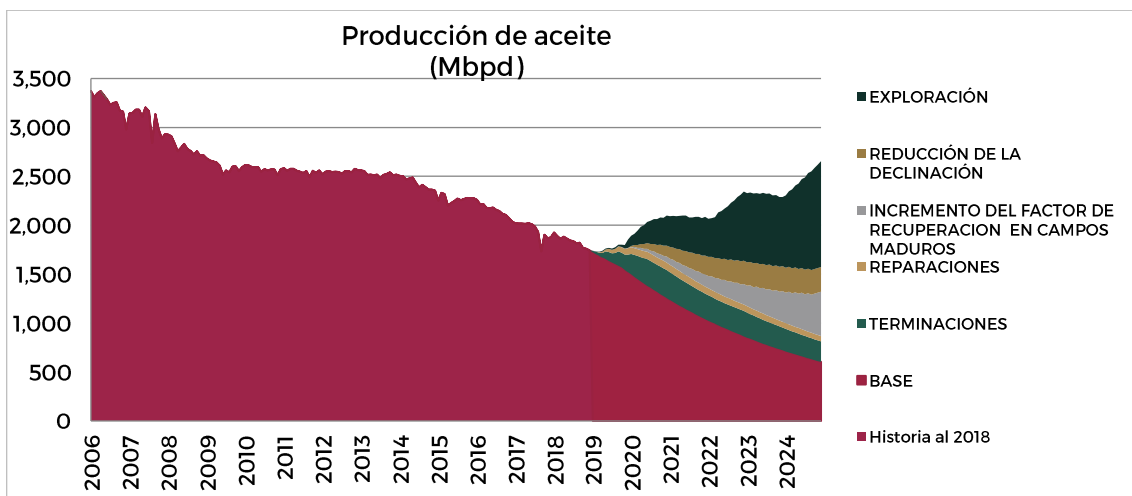


Figura 5 Pronósticos de producción de aceite en Mbpd



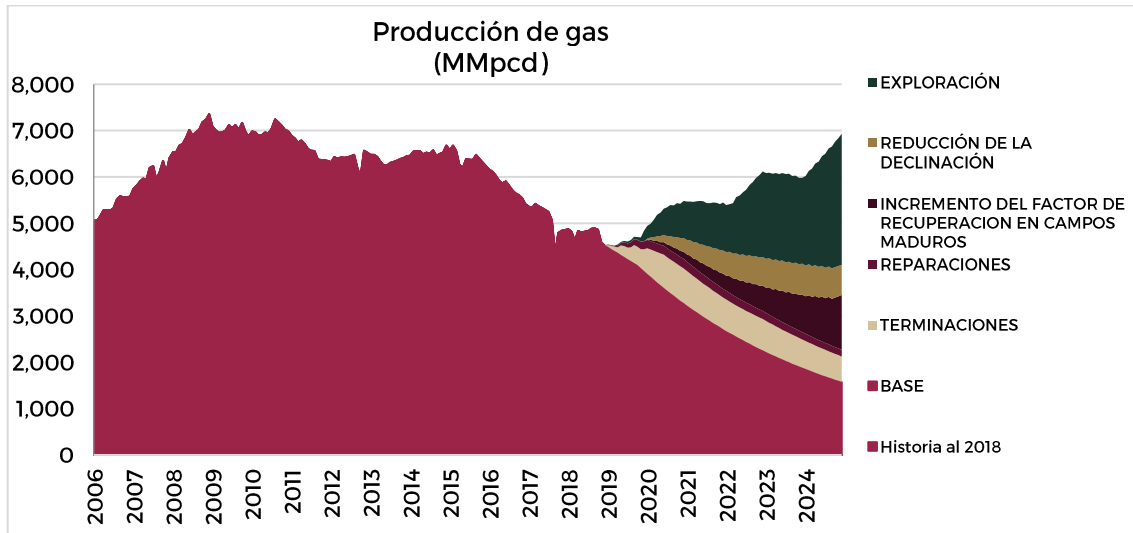


Figura 6 Pronóstico de producción de gas en MMpcd.

1.1.3 Refinación y petrolíferos

Actualmente, México a través de PEMEX Transformación Industrial (PEMEX TRI), cuenta con seis refinерías que conforman el Sistema Nacional de Refinación (SNR) con capacidad instalada de 1,615 Mbpd⁶. En la Figura 7 se muestra la capacidad de refinación en el país con un pronóstico derivado del Plan de Rehabilitaciones en el que se espera alcanzar para diciembre de 2020 un nivel de proceso de 1,070 Mbpd, aproximadamente el 65% de la capacidad total instalada.

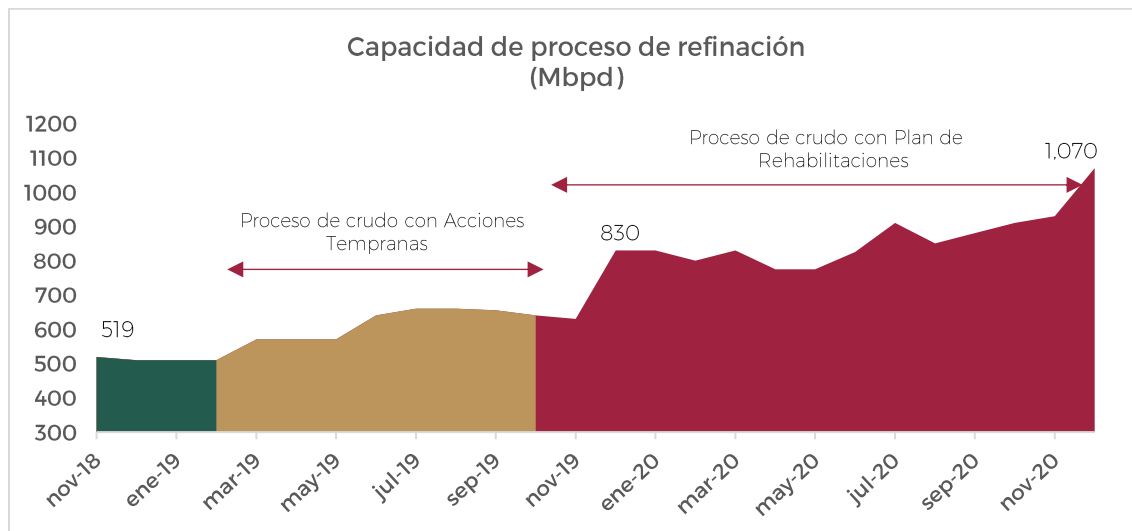


Figura 7. Capacidad de proceso de refinación en México, en Mbpd, de acuerdo con el Plan de Negocios de PEMEX 2019-2023.

⁶ Plan de Negocios de PEMEX 2019-2023.

La baja producción de petrolíferos en el país, combinada con una demanda nacional que presenta tendencias crecientes, han llevado al país a alcanzar una alta dependencia de gasolinas y diésel de importación; en el caso de PEMEX, en 2018 el producto importado representó el 74% y 70% de los volúmenes comercializados a nivel nacional de gasolina y diésel, respectivamente (Figura 8).

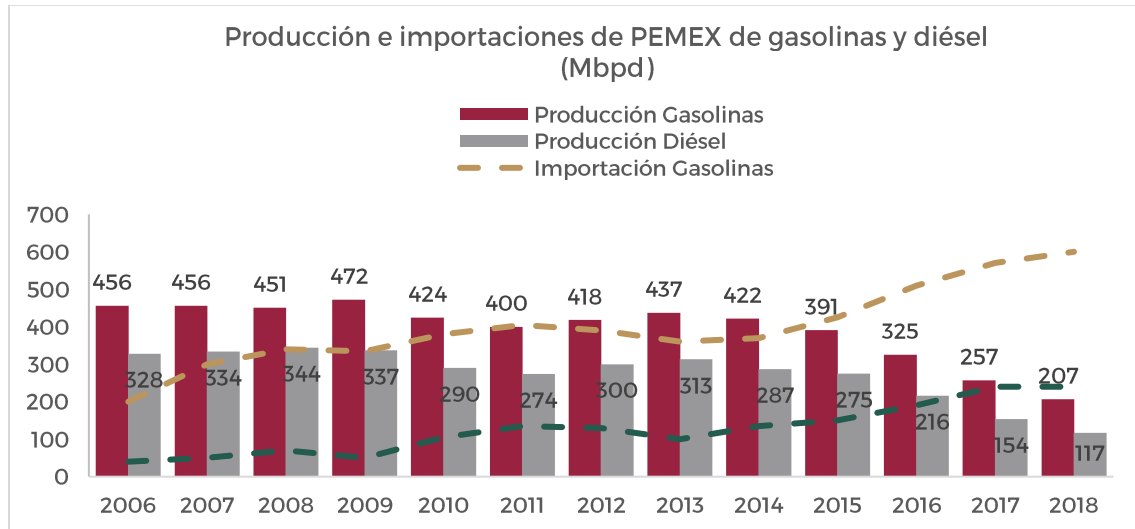


Figura 8. Producción e importaciones de PEMEX de gasolinas y diésel en Mbpd

La producción de petrolíferos refleja el desempeño del SNR. Durante los últimos años, los rezagos en mantenimientos, las interrupciones en servicios auxiliares, los paros no programados por incidentes operativos, el manejo de la creciente producción de residuales, así como la disponibilidad de crudo ligero para completar cargas a proceso, han limitado la eficiencia en la producción de combustibles automotrices e industriales.

En lo que respecta a los procesos de refinación, las tecnologías están dominadas por la conversión de residuales y el hidrotreamiento de corrientes. Actualmente, la construcción de nueva capacidad de refinación puede incluir tecnologías de crudo a plásticos para incrementar el valor de los productos⁷.

1.1.4 Petroquímicos (cadena etano-polietileno)

Actualmente, la oferta nacional de polietilenos se encuentra liderada por la producción de PEMEX y de la empresa privada Braskem-Idesa. La producción nacional de polietilenos es deficitaria, por lo que se requiere de importaciones de producto para abastecer la demanda nacional⁸.

Hoy en día PEMEX es el único productor de óxido de etileno en el país, por lo que aproximadamente la tercera parte de los mercados nacionales de polietilenos y de monoetilenglicol son abastecidos por la empresa productiva del estado. Dentro de las áreas de oportunidad que presenta el mercado de polietilenos se encuentra la fuerte demanda de diferentes grados de este polímero para capturar mercados específicos.

⁷ Ibid.

⁸ Ibid.



1.2 INTRODUCCIÓN

1.2.1 Panorama general tecnológico

Uno de los alcances de este documento es comunicar a la sociedad mexicana relacionada con actividades del sector hidrocarburos o que tengan interés de formar parte del sector, de las necesidades tecnológicas actuales de la industria petrolera, de manera que las instituciones públicas y privadas, empresas, instituciones académicas y centros de investigación tengan la misma información base sobre los requerimientos tecnológicos nacionales del sector y puedan alinear los esfuerzos que correspondan, desde niveles de educación básica, media, superior y posgrado, centros de investigación y desarrollo tecnológico, hasta el desarrollo de aplicaciones concretas que puedan comercializarse y sean competitivas con respecto a aquellas actualmente disponibles en el mercado. Esto con el fin de obtener los máximos beneficios posibles de la capacidad nacional con la que se cuenta, a saber: recursos humanos, conocimientos, infraestructura e inversiones vinculadas a tal fin.

Lo anterior, considerando que la práctica tecnológica incluye a la sociedad, su historia y tiene implícitos tres aspectos⁹:

1. Cultural: objetivos, valores y códigos éticos, creencia en el progreso, conciencia y creatividad.
2. Organizacional: actividad económica e industrial, actividad profesional, usuarios y consumidores, y sindicatos.
3. Técnico: conocimiento, destreza y técnica, herramientas, máquinas, químicos, personal, recursos y residuos.

Actualmente, es necesario que en el país se aumenten las capacidades tecnológicas transversales a toda la industria energética vinculada al sector productivo petrolero, relacionado con la aplicación técnico-económica. Cabe señalar, que la dependencia tecnológica del exterior no sólo ha mermado el desempeño del sector hidrocarburos en el país para cubrir la demanda interna, sino también ha afectado gravemente la balanza comercial de mercancías de México, como se puede observar en la balanza de productos petroleros¹⁰ (Figura 9).

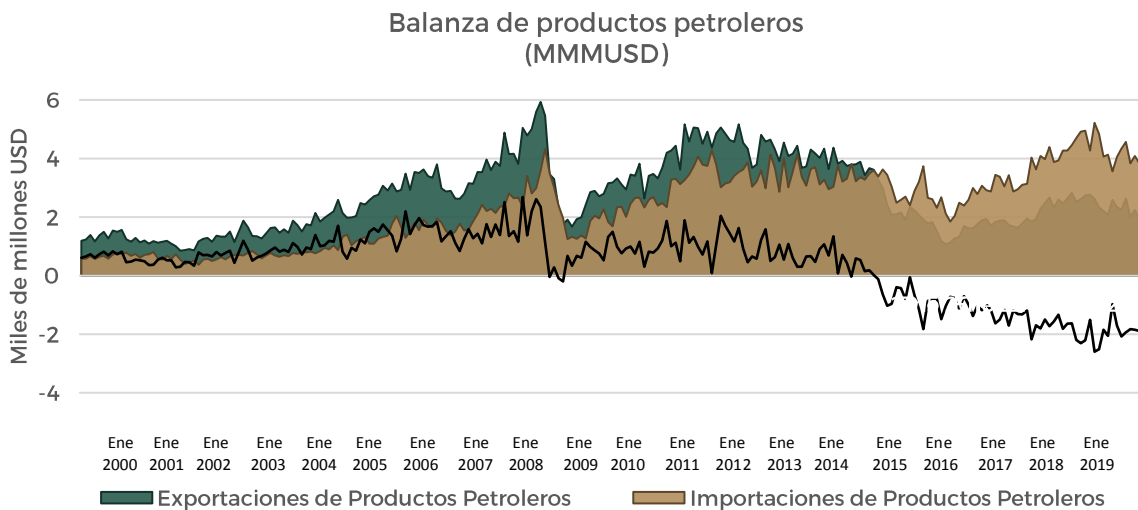


Figura 9. Histórico de la balanza comercial de productos petroleros en México.

⁹ Basado en la gráfica I del texto de Arnold Pacey: La cultura de la tecnología en temas selector de la filosofía de la ciencia y de la tecnología: ciencia, tecnología y sociedad (volumen I).

¹⁰ Fuente: Banco de México. Sistema de Información Económica, Balanza de Productos Petroleros – (CE121).

Mientras que la balanza de pagos tecnológicos en México presenta un déficit¹¹ (Figura 10) que comprende dos amplias categorías de flujos financieros transacciones relacionadas con:

1. Derechos de propiedad industrial o comercio de técnicas (patentes, inventos, revelaciones *know how*, marcas registradas, modelos y diseños, franquicias).
2. Prestación de servicios con algún contenido técnico y servicios intelectuales (asistencia técnica, diseños de ingeniería, servicios de investigación y desarrollo experimental de las empresas).

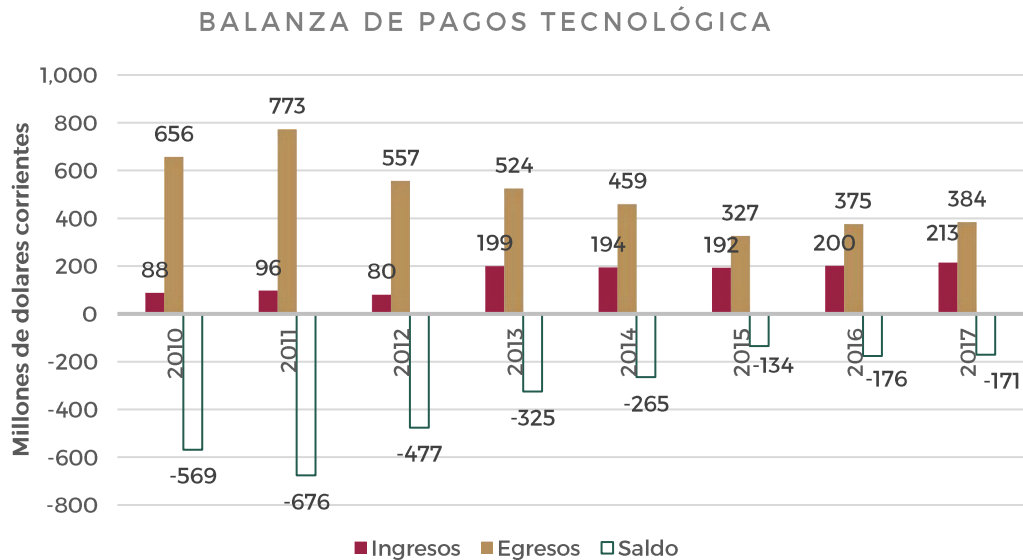


Figura 10. Balanza de pagos tecnológica en México.

En ese sentido, al ser el sector energético la base para el desarrollo económico y social del país resulta importante destacar que es necesario impulsar el desarrollo tecnológico en materia de hidrocarburos para poder asegurar la autosuficiencia energética planteada dentro de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 del gobierno federal.

1.2.2 Contexto

La Secretaría de Energía (SENER), como cabeza del sector energético, es quien se encarga de establecer, conducir y coordinar la política energética del país, así como supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energética, con prelación en el ahorro de energía y la protección del medio ambiente. Para lo cual, podrá, entre otras acciones y en términos de las disposiciones aplicables, coordinar, realizar y promover programas, proyectos, estudios e investigaciones sobre las materias de su competencia, así como llevar a cabo la planeación energética a mediano y largo plazo, y fijar las directrices económicas y sociales para el sector energético nacional. Por lo que, la planeación energética deberá atender los siguientes criterios: la soberanía y la seguridad energética, el mejoramiento de la productividad energética, la restitución de reservas de hidrocarburos, la diversificación de las fuentes de combustibles, la reducción progresiva de impactos ambientales de la producción y consumo de energía, la mayor participación de las energías renovables en el balance energético nacional, la satisfacción de las necesidades energéticas básicas de la población, el ahorro de

¹¹ Fuente: Conacyt, Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación 2017.

energía y la mayor eficiencia de su producción y uso, el fortalecimiento de las empresas productivas del Estado del sector energético, y el apoyo a la investigación y el desarrollo tecnológico nacionales en materia energética.

Por su parte, a la Secretaría de Economía (SE), le corresponde formular y conducir las políticas generales de la industria, comercio exterior, interior, abasto y precios del país, además de establecer, junto con la SENER, la política nacional de fomento a las compras de proveedores nacionales en los sectores de hidrocarburos y electricidad. En el mismo sentido, la SE con la opinión de la SENER, definirá las estrategias para el fomento industrial de cadenas productivas locales y la inversión directa en la industria petrolera, con especial atención a las pequeñas y medianas empresas. Asimismo, la SE determina los porcentajes mínimos de contenido nacional en las asignaciones y los contratos para la exploración y extracción, y establece, con la opinión de SENER, una meta de contenido nacional acorde con las características de dichas actividades, así como una metodología para su medición y verificar su cumplimiento.

En lo que respecta a PEMEX, la empresa productiva del Estado tiene por objeto llevar a cabo, en términos de la legislación aplicable, la exploración y extracción del petróleo y de los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos, así como su recolección, venta y comercialización, llevando a cabo las actividades siguientes:

- La refinación, transformación, transporte, almacenamiento, distribución, venta, exportación e importación de hidrocarburos y los productos que se obtengan de su refinación o procesamiento y sus residuos, y la prestación de servicios relacionados con dichas actividades.
- El procesamiento de gas y las actividades industriales y comerciales de la petroquímica.
- El desarrollo y ejecución de proyectos de ingeniería, investigación, actividades geológicas, geofísicas, supervisión, prestación de servicios a terceros y todas aquellas relacionadas con la exploración, extracción y demás actividades que forman parte de su objeto, a precios de mercado.
- La investigación, desarrollo e implementación de fuentes de energía distintas a las derivadas de los hidrocarburos, que le permitan cumplir con su objeto, así como la generación y comercialización de energía eléctrica conforme a las disposiciones aplicables.
- La investigación y desarrollo tecnológicos requeridos para las actividades que realicen las industrias petrolera, petroquímica y química, la comercialización de productos y servicios tecnológicos resultantes de la investigación, así como la formación de recursos humanos altamente especializados. Estas actividades las podrá realizar directamente, a través del Instituto Mexicano del Petróleo, o a través de cualquier tercero especializado.
- El aprovechamiento y administración de inmuebles, de la propiedad industrial y la tecnología de la que disponga.
- La comercialización de productos de fabricación propia a través de redes de comercialización, además de la prestación de servicios vinculados a su consumo o utilización.

Por otra parte, corresponde al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), articular las políticas públicas del Gobierno Federal y promover el desarrollo de la investigación científica y tecnológica, la innovación, el desarrollo y la modernización tecnológica del país.

Está establecido que, dentro de los recursos entregados al Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y Desarrollo (FMP), se contará con el Fondo Sectorial CONACyT-SENER-Hidrocarburos, incluyendo los montos que, conforme a la distribución que determine su comité técnico, se destinen a fondos de investigación científica y desarrollo tecnológico de institutos de investigación en materia de hidrocarburos.

Asimismo, el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), tiene como objeto realizar investigaciones, el desarrollo tecnológico, la innovación, el escalamiento de procesos y productos, la prestación de servicios tecnológicos orientados a optimizar los procesos de producción y transformación, tanto en exploración y extracción como en la transformación industrial y comercialización nacional e internacional de sus resultados en el sector hidrocarburos.

Por lo que, el desarrollo, asimilación y adaptación de la tecnología en México debe permitir, por un lado, dar soporte a los problemas nacionales y, por el otro en el proceso, crear capacidades tecnológicas que sean competitivas y exportables, para ello será necesario

vincular a los actores principales del sector (SENER, SE, PEMEX, CONACyT e IMP), para que de acuerdo con sus atribuciones colaboren en la atención a dichas necesidades a fin de lograr cumplir con las metas y objetivos de la política energética actual (Figura 11).

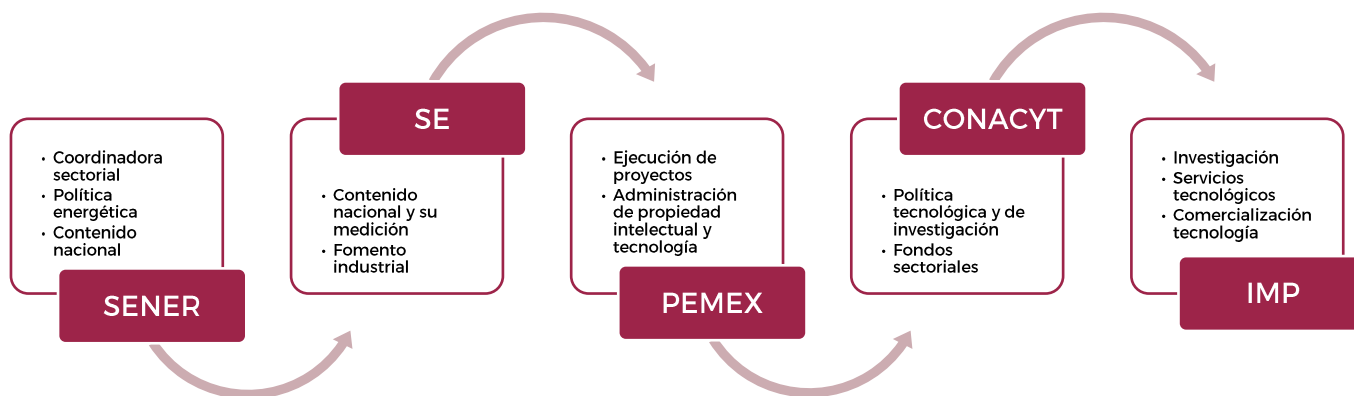


Figura 11. Funciones de la SENER, SE, PEMEX, CONACyT e IMP.

1.2.3 Alcance del instrumento

Es importante enfatizar que este documento toma como referencia tres documentos de carácter tecnológico que dan sustento a la integración de necesidades tecnológicas del Sector Hidrocarburos:

1. Programa Estratégico Tecnológico 2013-2027 de PEMEX y sus Organismos Subsidiarios, en los cuales se presenta la integración de la estrategia tecnológica vinculada a los objetivos del Plan Negocios de PEMEX correspondiente.
2. Programa de investigación, desarrollo de tecnología y formación de recursos humanos especializados “Fondo Sectorial CONACyT-SENER- Hidrocarburos” 2007-2012, y
3. Proyecto de Guía para el cumplimiento de la Transferencia Tecnológica y Capacitación del Contenido Nacional en las Actividades del Sector Hidrocarburos a cargo de los Asignatarios y Contratistas 2019.

El principal alcance de este instrumento es integrar las necesidades tecnológicas del Sector Hidrocarburos, para ello se presenta la identificación jerarquizada de tecnologías críticas en las distintas disciplinas de la cadena de valor de los hidrocarburos en México, que permitirán desarrollar proyectos técnicos y recursos humanos especializados, alineados a los retos y necesidades tecnológicas que enfrenta actualmente la industria petrolera nacional, para coadyuvar a cumplir con los compromisos de política energética, acordes al Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 y los Programas Sectoriales derivados, así como del Plan de Negocios de PEMEX 2019-2023.

Para ello, a partir de junio del 2019, la SENER, como cabeza del Sector Energético, ha estado convocando a distintas reuniones de trabajo interinstitucionales entre SENER-SE-PEMEX-CONACyT-IMP-CENAM (Figura 12), a fin de identificar, jerarquizar y validar las necesidades tecnológicas críticas en las distintas disciplinas de la cadena de valor de los hidrocarburos en México, para desarrollar proyectos técnicos y recursos humanos especializados, conforme a los retos técnicos de la industria petrolera nacional. En este mismo sentido, como alcance adicional se requiere alinear los proyectos de investigación, desarrollo tecnológico y de formación de recursos humanos del Fondo Sectorial Hidrocarburos y las nuevas convocatorias a dicho objetivo.



Figura 12. Talleres de Identificación de tecnologías críticas en la cadena de valor de los Hidrocarburos SENER-SE-PEMEX-CONACyT-IMP-CENAM.

1.2.4 Objetivo

Detectar las necesidades tecnológicas y de formación de recursos humanos del sector hidrocarburos en materia de exploración, explotación, refinación, petroquímica básica, logística, comercialización, fertilización, medio ambiente e impacto social de tal manera que la ejecución de este enfoque en los proyectos permita:

- Ayudar al cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 y los Programas Sectoriales derivados, así como del Plan de Negocios de PEMEX 2019-2023.
- Incrementar y mejorar las capacidades productivas de la Empresa Productiva del Estado del Sector Hidrocarburos, PEMEX.
- Generar una base de conocimiento técnico y científico que fomente la innovación tecnológica en el sector hidrocarburos.
- Formar recursos humanos en diversas áreas de especialización de la industria petrolera.
- Fortalecer la capacidad nacional para aportar soluciones tecnológicas al sector hidrocarburos.
- Crear ventajas competitivas sostenibles en la industria petrolera nacional.

Por lo anterior, es de vital importancia apoyar las actividades científicas, tecnológicas y de innovación para promover el cumplimiento al Plan de Negocios de PEMEX 2019-2023 en el que se establecen como líneas de acción estratégicas. Dichas líneas de acción se presentan en la Tabla 2 para PEP.

Tabla 2. Líneas de acción estratégicas de PEP.

Objetivos estratégicos	Especialidad	Líneas de acción	
Incorporación de reservas	Exploración	1	Incrementar e intensificar la actividad exploratoria en cuencas terrestres, aguas someras y en áreas aledañas a campos en producción.
		2	Mejorar los programas de evaluación de los nuevos descubrimientos para reducir la incertidumbre en los planes de desarrollo.
		3	Asegurar la visión a largo plazo de oportunidades exploratorias en <i>plays</i> y áreas frontera.
	Recuperación secundaria y mejorada	8	Acelerar procesos de recuperación secundaria y mejorada para incrementar el factor de recuperación y reservas en campos maduros.
		9	Asegurar la inclusión de la aplicación de recuperación secundaria y mejorada en el Plan inicial de Desarrollo.
Producción de Hidrocarburos	Yacimientos	4	Optimizar el desarrollo y la explotación de los yacimientos del Paleocanal de Chicontepec
		5	Priorizar y desarrollar las actividades que permitan recategorizar reservas probables y posibles a probadas.
		6	Sistematizar la administración integral de yacimientos para reducir la declinación e incrementar el factor de recuperación.
	Ejecución de proyectos	7	Acelerar el desarrollo de los nuevos yacimientos descubiertos.
	Producción y manejo de gas	10	Incrementar la producción de gas no asociado
Confiabilidad y seguridad de las operaciones	Eficiencia operativa	11	Incrementar la eficiencia operativa
		12	Asegurar la continuidad de los procesos operativos
	Seguridad	15	Aumentar la seguridad del personal, operaciones e instalaciones
		16	Reducir las brechas de riesgo en las instalaciones
Fortalecer las competencias	Organización, desarrollo de talento y tecnología	17	Estandarizar y sistematizar la operación y los procesos en una organización matricial
		18	Fortalecer y desarrollar el capital humano a través de planes de carrera individuales y establecer el escalafón técnico
		19	Sistematizar la detección, implementación o asimilación de tecnología y mejores prácticas
		20	Digitalizar los procesos sustantivos de la cadena de valor
Maximizar la rentabilidad	Reducción de costos	13	Reducir costos de exploración, desarrollo y producción
		14	Mantener la disciplina financiera orientada a la rentabilidad
	Generación de ingresos adicionales	21	Desarrollar esquemas de ejecución para atraer inversión externa
		22	Maximizar el valor de la mezcla para la mejora de ingresos



2. ÁREAS DE ENFOQUE EN INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

2.1 IMPULSORES DE LA TECNOLOGÍA

El sector energético en México, al igual que en otras partes del mundo, enfrenta grandes retos. En los años por venir se mantendrá una demanda creciente de fuentes de energía que sean confiables y accesibles a gran escala y que sean cada vez más limpias y amigables con el ambiente.

Por otra parte, dada la importancia que mantendrán el petróleo y el gas natural, como fuente principal de energía, se requiere propiciar el mayor aprovechamiento de estos recursos, maximizando su explotación y al mismo tiempo promoviendo un desarrollo sustentable y eficiente cuidando el medio ambiente, por lo que en las siguientes décadas se requiere:

- Descubrir nuevas reservas (la exploración en tierra, aguas someras y profundas para incrementar la tasa de restitución de reservas).
- Reclasificar las reservas existentes de probable y posible a probada.
- Aumentar el aprovechamiento de los yacimientos de hidrocarburos.
- Incrementar el factor de recuperación de hidrocarburos de los yacimientos.
- Refinar crudo pesado con alto contenido de azufre.
- Mejorar los procesos de refinación y elaboración de productos petrolíferos.
- Fomentar la eficiencia en la generación y uso de la energía.
- Reducir las emisiones que dañan a la atmósfera, en los procesos industriales con procesos de cogeneración.
- Prevenir la contaminación y promover la remediación ambiental relacionadas con las actividades de la industria petrolera.

Asimismo, la industria petrolera a nivel mundial se enfrenta a un escenario para atender las necesidades tecnológicas que a continuación se presentan:

- La mejora en imágenes sísmicas.
- Prospección para la reposición de reservas especialmente en aguas profundas y ultra profundas.
- Las reservas petroleras contenidas en yacimientos naturalmente fracturados, predominantemente carbonatados.
- Yacimientos con contenidos de crudo cada vez más pesados.
- La presencia de gases ácidos en la explotación de los yacimientos.
- Un mayor número de campos maduros.
- Retos asociados a la administración de la salmuera producida (agua salada) en los yacimientos.
- La exploración y explotación de recursos en formaciones de baja permeabilidad y de ultra baja permeabilidad (formaciones de lutitas) tanto en aceite como en gas.
- La necesidad de formar recursos humanos especializados para la industria petrolera en diversos temas críticos.

En el contexto específico de la realidad mexicana, los principales retos que se presentan son:

<p>Plataforma de Producción y Reservas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alta complejidad e incertidumbre asociada con la ejecución de nuevos proyectos (por ejemplo, recuperación mejorada de hidrocarburos, yacimientos turbidíticos de Chicontepec, aguas profundas, recursos no convencionales de aceite y gas). • Compensar la declinación de campos maduros (por ejemplo, complejo Cantarell, Antonio J. Bermúdez, Samaria, etc.) y próximos a declinar (por ejemplo, Ku-Maloob-Zaap). • Incrementar la restitución de reservas.
<p>Suministro de Combustibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento en la demanda de combustibles con especificaciones más estrictas. • Reducción en la demanda de combustóleo. • Encontrar nuevos usos para el combustóleo producido en territorio nacional • Restricciones ambientales más estrictas. • Tratamiento de crudos más pesados y con alto contenido de azufre, metales, sal y agua.
<p>Prácticas Operativas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar las competencias técnicas de la planta productiva (reducción de brechas en el desempeño). • Capacidad de ejecución de grandes proyectos.



3. ÁREAS ESPECÍFICAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

3.1 EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN

La necesidad de incorporar nuevas reservas de crudo y gas obligan a continuar explorando, no sólo las partes terrestres y marina somera, sino también explorar y explotar yacimientos en aguas profundas. En este sentido el Golfo de México cuenta con muchas probabilidades de éxito.

El estado avanzado de explotación de los principales campos en México, aunado al sostenimiento de la exportación de crudo, así como el incremento acelerado de la demanda de gas natural en el país, llevan a un punto en el que la exploración y la explotación son críticas e impostergables para satisfacer la demanda nacional.

3.2 REFINACIÓN

Los productos obtenidos de la refinación del petróleo han representado la fuente más importante de energía secundaria, por lo que esta industria ha evolucionado aceleradamente para satisfacer un mercado en constante evolución, asociado estrechamente a la industria automotriz. Al respecto, es importante mencionar que, al cierre del 2018, el SNR de México operó al 32%¹² de su capacidad.

Tradicionalmente la preocupación de la industria se centró en producir combustibles de mayor calidad y satisfacer la demanda de los diferentes destilados requeridos. Sin embargo, hoy en día se tiene una creciente preocupación por los efectos ambientales de las emisiones provocadas por los motores de combustión interna y de los desechos del procesamiento en refinerías, en ese sentido, resulta primordial promover un desarrollo energético sostenible.

3.3 GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA

La industria ha asumido hasta ahora el papel de un seguidor rápido de desarrollos tecnológicos que mantengan el objetivo de operar de manera segura y confiable, mantener estándares estrictos de seguridad y protección ambiental, tener flexibilidad operativa, así como optimizar la distribución y la capacidad de carga en los centros de proceso, por ejemplo. En algunos casos, las situaciones de la operación y del entorno pueden ser únicas y por tanto se requiere desarrollar un plan tecnológico propio para asegurar que se realicen investigaciones en los temas que sean estratégicos y que atiendan dichas particularidades.

El panorama nacional de producción de petrolíferos en el país durante el periodo 2013-2018 mostró una declinación del 50%, vinculada a la falta de suministro de crudo y reducción de la inversión en mantenimiento de las seis refinerías.

Por otro lado, la experiencia internacional muestra que es una buena práctica contar con almacenamiento de gas natural; en ese sentido, actualmente México se encuentra evaluando en forma estratégica proyectos de almacenamiento subterráneo de gas natural.

3.4 MEDIO AMBIENTE E IMPACTO SOCIAL

Uno de los mayores retos que enfrentará la industria petrolera mexicana, será disponer de la capacidad tecnológica para que sus procesos y productos cuenten con las especificaciones y calidad que la legislación ambiental solicite.

Asimismo, las actividades de la industria petrolera son también una fuente notable de afectación que pueden ocasionar daños significativos al medio ambiente y sociedad, debido a la naturaleza de su operación y/o insuficiencias en los programas de mantenimiento, procedimientos y seguimiento riguroso de la disciplina operativa en ductos y/o instalaciones para manejo de la producción.

Derivado de lo anterior, es indispensable conocer y definir los aspectos físicos, socio-económicos y biológicos de un lugar con actividad petrolera, en la cual se prioricen las instalaciones que deban ser mantenidas y vigiladas con mayor atención por el riesgo que representan y así, mantener un desarrollo equilibrado a partir de estrategias de planificación en relación con el uso de la tierra, usos y reservas del suelo, regulación de centros de población, mejoramiento y prevención del medio ambiente.

¹² SENER, Prontuario mensual de Petrolíferos, Prontuario estadístico de Petrolíferos, septiembre 2019.

3.5 FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Para obtener el mayor rendimiento de la tecnología se requiere de un conocimiento adecuado de ésta. De ahí la importancia y relevancia en la educación y la capacitación de los trabajadores antes y durante la introducción de cambios o innovaciones tecnológicas, pues en la época presente es un hecho que la actualización constante del personal se ha convertido en una ventaja competitiva. Las ventajas comparativas dependen cada vez más del uso competitivo del conocimiento y de las innovaciones tecnológicas.

4. JERARQUIZACIÓN DE LAS NECESIDADES EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

En las tablas siguientes se presentan las necesidades tecnológicas para diversas disciplinas de la industria petrolera nacional, las cuales se jerarquizaron empleando una matriz de tecnología cuyos ejes se componen por **i)** Impacto de la tecnología en la cadena de valor de los hidrocarburos (reservas, producción, entre otros) y **ii)** Prioridad de ejecución (qué tan urgente es la tecnología para cumplir con los retos de política energética actual), y **iii)** Factibilidad técnica y económica para la implementación de la tecnología.

La matriz de tecnología tiene como objetivo, dirigir recursos hacia oportunidades estratégicas de mayor valor agregado para garantizar objetivos estratégicos alineados a las necesidades tecnológicas actuales que demanda la industria. Bajo estas consideraciones, los resultados obtenidos se muestran a continuación, en donde las necesidades que se sugiere apoyar en esta primera etapa se ubican en el área que concentra el mayor valor dentro de la matriz.

4.1 ÁREA DE EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

4.1.1 Exploración de Hidrocarburos

Para la disciplina de Exploración de Hidrocarburos se identificaron **25** necesidades tecnológicas¹³ tal como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Exploración de Hidrocarburos.

Necesidades tecnológicas	
1	Aplicar estudios de factibilidad antes del reproceso para optimizar selección de los cubos sísmicos
2	Disponer de una base integrada de datos estructurada y homologada
3	Aplicar metodología consistente para la distribución de propiedades en el yacimiento para la óptima delimitación
4	Fortalecer los estudios de modelado geoquímico
5	Fortalecer las técnicas de restauración de secciones en 2D-3D
6	Implementar metodologías para mejorar los modelos de velocidad
7	Optimizar los procesos para evaluar el potencial de la roca generadora en <i>plays</i> de lutitas en gas/aceite (<i>shale gas/oil</i>)
8	Implementar técnicas de mejoramiento de imagen, frecuencias, preservación de amplitudes para mejorar definición de la trampa y la iluminación de objetivos por debajo de la sal
9	Adquirir sísmica enfocada, de offset largos, azimut completo y alta resolución
10	Fortalecer la técnica de diseño y ejecución en la perforación y en la terminación de pozos con alta presión–alta temperatura (HP-HT)
11	Métodos electromagnéticos para reducir la incertidumbre en las localizaciones
12	Métodos de polarización inducida para reducir la incertidumbre en los prospectos en áreas frontera
13	Desarrollo de nuevos algoritmos para procesamiento e interpretación de la información geológica y geofísica
14	Adquisición y procesamiento de datos sísmicos 3D considerando el objetivo a evaluar
15	Tecnología para perforación subsalina y presalina
16	Elaboración de estudios de procesamiento e interpretación de secuencias pre-sal
17	Desarrollo o adaptación de plataformas computacionales que ayuden en la caracterización en las diferentes disciplinas
18	Exploración de zonas frontera
19	Mejores prácticas para integración de flujos de trabajo de evaluación de prospectos y caracterización inicial de yacimientos
20	Estudios de geomecánica estratigráfica

¹³ PEMEX Exploración y Producción, 2019.



21	Estudios geomecánicos para pozos convencionales y no convencionales (HP-HT, aceite extrapesado, pozos horizontales con multifracturas)
22	Modelado geomecánico de fallas y fracturas a nivel <i>play</i> y yacimiento
23	Estudio y análisis de integridad y yuxtaposición de roca sello
24	Actualización del modelo estático del descubrimiento con sísmica multicomponente, procesamiento CSP y con sísmica <i>Cross Well</i> o tomografía sísmica
25	Equipo y tecnología para adquisición, procesado e interpretación de sísmica 4D

En la Figura 13 se observa que algunas de las necesidades tecnológicas en Exploración de Hidrocarburos que requieren atención pronta son: **(2)** Disponer de una base integrada de datos estructurada y homologada. **(8)** Implementar técnicas de mejoramiento de imagen, frecuencias, preservación de amplitudes para mejorar definición de la trampa y la iluminación de objetivos por debajo de la sal. **(10)** Fortalecer las técnicas de diseño y ejecución en la perforación y en la terminación de pozos con HP-HT. **(25)** Equipo y tecnología para adquisición, procesado e interpretación de sísmica 4D. **(3)** Aplicar metodología consistente para la distribución de propiedades en el yacimiento para la óptima delimitación. **(13)** Desarrollo de nuevos algoritmos para procesado e interpretación de la información geológica y geofísica. **(15)** Tecnología para perforación subsalina y presalina. **(17)** Desarrollo o adaptación de plataformas computacionales que ayuden en la caracterización en las diferentes disciplinas. **(19)** Mejores prácticas para integración de flujos de trabajo de evaluación de prospectos y caracterización inicial de yacimientos. y **(23)** Estudio y análisis de integridad y yuxtaposición de roca sello.

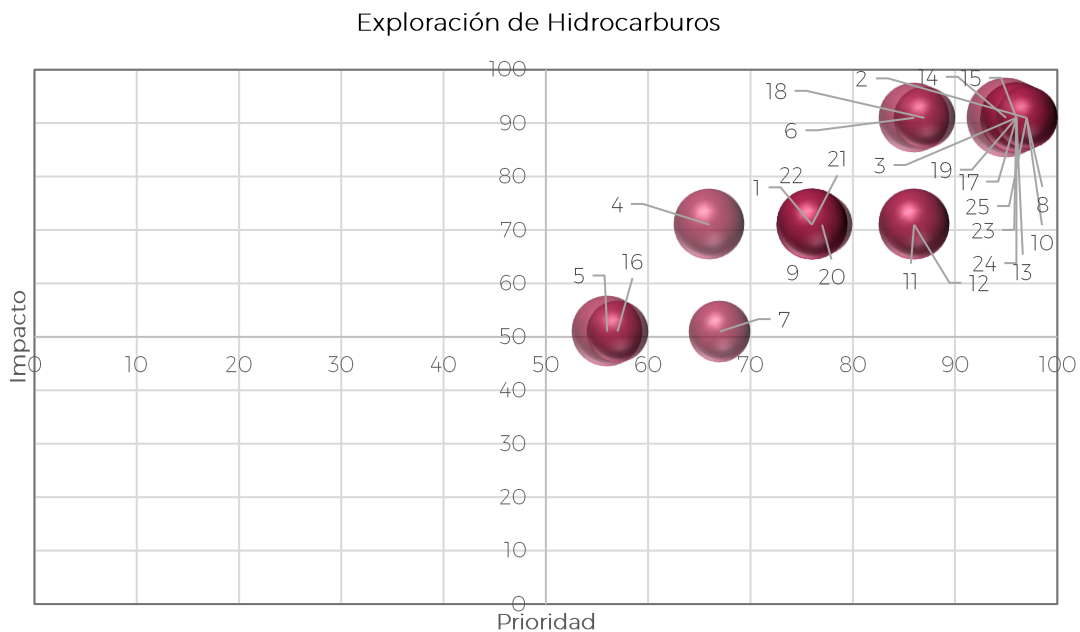


Figura 13. Matriz de necesidades tecnológicas en Exploración de Hidrocarburos.

4.1.2 Ingeniería de Yacimientos de Hidrocarburos

En la Tabla 4 se muestran **23** rubros identificados como necesidades tecnológicas en la disciplina de Ingeniería de Yacimientos de Hidrocarburos¹⁴.

¹⁴ *Ibid.*



Tabla 4. Ingeniería de Yacimientos de Hidrocarburos

Necesidades tecnológicas	
1	Adquisición de sísmica enfocada de alta resolución, multicomponente, para objetivos prioritarios
2	Determinación de reservas remanentes en campos convencionales y no convencionales
3	Fortalecer la adquisición de información técnica y disponer de una base de datos estructurada para la aplicación de técnicas de análisis avanzado de comportamiento y diagnóstico de yacimientos (Big Data y Campos Inteligentes)
4	Disponer de modelo integral de evaluación económica de proyectos
5	Fortalecer el desarrollo de competencias técnicas en las áreas de caracterización estática y dinámica de yacimientos
6	Fortalecer las técnicas de diseño, ejecución y monitoreo de procesos de recuperación secundaria
7	Implementación de metodología de modelado integral estocástico
8	Implementar el modelado dinámico integral fino para disminuir incertidumbre. Multi-yacimiento
9	Implementar procesos de modelado geológico integral (guía de desarrollo Chicontepec, diagénesis, sedimentología, estratigrafía, petrofísica, geomecánica)
10	Implementar programas de desarrollo de competencias con la técnica aprender-haciendo en modelado integral
11	Implementar técnicas de mejoramiento de imagen y análisis especiales de caracterización sísmica (inversión, multiatributo, física de rocas y detección de nuevas localizaciones)
12	Implementar técnicas de monitoreo, diagnóstico, caracterización dinámica a tiempo real y de rocas y fluidos (heterogéneos y complejos) para el seguimiento del comportamiento de parámetros críticos
13	Implementar técnicas de monitoreo, diagnóstico, caracterización dinámica a tiempo real y de rocas y fluidos (Homogéneos, Naturalmente Fracturados y Naturalmente Fracturados Vugulares) para el seguimiento del comportamiento de parámetros críticos
14	Modelado geomecánico para diseño de multifractura hidráulica
15	Administración integral de yacimientos naturalmente fracturados, maduros, marginales y con litología y geometría compleja
16	Desarrollo de yacimientos de crudo pesado y extrapesado
17	Desarrollo de yacimientos maduros y marginales
18	Hipercomputo HPC para el desarrollo y aplicaciones de procesamiento sísmico robusto
19	Tecnología Big Data y software para caracterización estática y dinámica
20	Caracterización o recaracterización estática y dinámica de yacimientos (naturalmente fracturados, con litologías y geometrías complejas, formaciones terrígenas y carbonatados, etc.)
21	Sistemas de inteligencia artificial (<i>machine learning</i>) para caracterización estática y dinámica
22	Capacitación aprender – haciendo en Planes de Explotación (Desarrollo de campos, VCD, FEL)
23	Caracterización de yacimientos y simulación numérica con modelado fractal

Las necesidades tecnológicas prioritarias en la disciplina de Ingeniería de Yacimientos de Hidrocarburos se presentan en la Figura 14 con alto impacto y prioridad. A continuación, se presentan algunas de las necesidades preferentes para esta área: **(6)** Fortalecer las técnicas de diseño, ejecución y monitoreo de procesos de recuperación secundaria. **(19)** Tecnología Big Data y software para caracterización estática y dinámica. **(21)** Sistemas de inteligencia artificial (*machine learning*) para caracterización estática y dinámica. **(17)** Desarrollo de yacimientos maduros y marginales. **(11)** Implementar técnicas de mejoramiento de imagen y análisis especiales de caracterización sísmica (inversión, multiatributo, física de rocas y detección de nuevas localizaciones). **(16)** Desarrollo de yacimientos de crudo pesado y extrapesado. **(23)** Caracterización de yacimientos y simulación numérica con modelado fractal. **(3)** Fortalecer la adquisición de información técnica y disponer de una base de datos estructurada para la aplicación de técnicas de análisis avanzado de comportamiento y diagnóstico de yacimientos (Big Data y Campos Inteligentes) **(12)** Implementar técnicas de monitoreo, diagnóstico, caracterización dinámica a tiempo real y de rocas y fluidos (heterogéneos y complejos) para el seguimiento del comportamiento de parámetros críticos.



y **(13)** Implementar técnicas de monitoreo, diagnóstico, caracterización dinámica a tiempo real y de rocas y fluidos (Homogéneos, Naturalmente Fracturados y Naturalmente Fracturados Vugulares) para el seguimiento del comportamiento de parámetros críticos.

Ingeniería de Yacimientos de Hidrocarburos

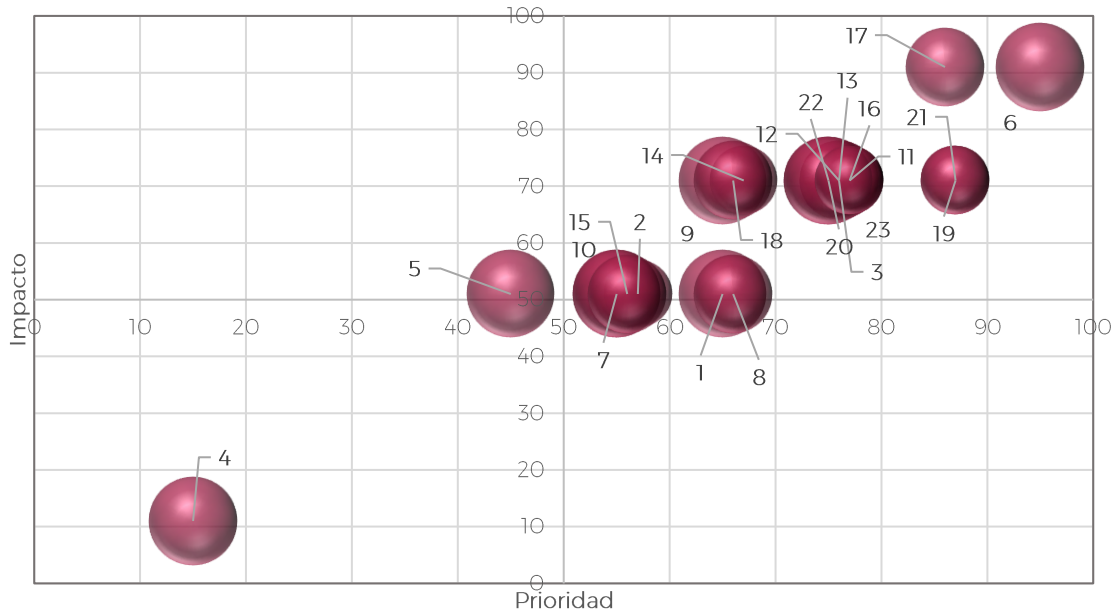


Figura 14. Matriz de necesidades tecnológicas en Ingeniería de Yacimientos de Hidrocarburos.

4.1.3 Intervención a Pozos

Dentro de la disciplina de Intervención a Pozos se establecieron **46** necesidades tecnológicas¹⁵ presentadas en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Intervención a Pozos.

Necesidades tecnológicas	
1	Adquisición de información durante la perforación en condiciones de pérdida de circulación
2	Aplicación de fracturamientos hidráulicos
3	Diseño inteligente de perforación, terminación y reparación de pozos mediante el uso masivo de datos en un solo repositorio
4	Empacadores para ambientes de H ₂ S y CO ₂
5	Fluidos de control y obturantes para alta presión y temperatura que no dañen la formación
6	Fluidos inhibidores eficientes y rentables para perforar yacimientos depresionados
7	Herramientas para navegar en agujeros de diámetros menores a 4 1/8 pg y con pérdida total de circulación
8	Implementar disparos con línea de acero
9	Implementar perforación con tubería flexible
10	Mejorar y/o actualizar los modelos geomecánicos
11	Mitigar los diferentes tipos de vibración identificados en la sarta de perforación
12	Aparejos de producción de diámetro reducido (de diámetro esbelto de 1 1/2 - 2 pulgadas)

¹⁵ Ibid.



13	Obtener durante la perforación, las presiones de poro en tiempo real en arenas y carbonatos
14	Perforación con tubería flexible con geonavegación para reentradas
15	Perforación no convencional
16	Perforar con técnicas de radio corto, horizontales y multilaterales
17	Predicción de eventos no deseados durante la perforación (atrapamientos, etc.) con aplicación de tecnologías digitales (Big Data)
18	Prevención de incrustaciones orgánicas e inorgánicas a través de la inyección de inhibidores a la formación productora
19	Prevenir la corrosión en conexiones superficiales en ambientes salinos (con H ₂ S y CO ₂)
20	Prevenir la formación de incrustaciones orgánicas e inorgánicas
21	Prevenir y minimizar la producción de agua de formación
22	Realizar simulaciones de cementaciones normales y nitrogenadas
23	Remoción de sólidos en limpieza de cedazos en condiciones de pérdida de circulación
24	Requerimiento de geonavegación con resoluciones menores a 30 metros (100 pies)
25	Restablecer la funcionalidad de válvulas primarias de tormenta sin equipo convencional
26	Reutilización de conductores de pozos cerrados y/o abandonados para optimizar la infraestructura existente
27	Simuladores para el diseño de cementaciones nitrogenadas y con temperaturas mayores a 175°C
28	Sistema interactivo de administración del conocimiento con aplicación de tecnologías digitales (BIG DATA)
29	Software especializado para diseño de terminación de pozos incluyendo disparos.
30	Software para cementaciones en pozos depresionados, fracturados y condiciones HP-HT
31	Tecnología (camisas y accesorios) de fácil accionar y molienda, así como bolas degradables para multifracturamientos
32	Tecnología de cementación y herramientas para pozos depresionados y/o fracturados
33	Tecnología y mejores prácticas para prevenir y minimizar la producción de agua de formación
34	Tecnología y software para el diseño de terminación inteligente
35	Tecnologías alternas para la toma de registros con línea de acero para reducir costos
36	Tecnologías de fluidos de perforación inhibidores limpios, eficientes y rentables tanto para yacimientos depresionados como para condiciones de HP-HT
37	Tecnologías más eficientes para la reducción de gas y agua
38	Tecnologías para la toma de registros de saturación, porosidad, densidad, volumen de arcilla y permeabilidad relativa a través de la tubería de producción y tubería de revestimiento en pozos de HP-HT y ángulos mayores a 60°
39	Tecnologías para mejorar la estabilidad química y mecánica, durante la perforación del pozo, para la prevención de pegaduras o atrapamientos, que permitan altos ritmos de penetración (ROP)
40	Toma de registros geofísicos y de producción en condiciones de HP-HT en tiempo real con mayor resolución
41	Herramientas de monitoreo HP-HT permanentes, inalámbricas.
42	Perforación de pozos horizontales y multilaterales
43	Perforación de pozos HP-HT con objetivos presalinos
44	Fracturamientos limpios y multifracturas en la vecindad del pozo
45	Capacitación aprender-haciendo en intervenciones a pozos (cementaciones y perforación direccional)
46	Tecnologías de seguimiento para desarrollo y aplicación de ingeniería en tiempo real, integrando un ecosistema tecnológico de trabajo (ambientes colaborativos)

En la Figura 15 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas en Intervención a Pozos, entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(15)** Perforación no convencional. **(16)** Perforar con técnicas de radio corto, horizontales y multilaterales. **(46)** Tecnologías de seguimiento para desarrollo y aplicación de ingeniería en tiempo real, integrando un ecosistema tecnológico de trabajo (ambientes colaborativos). **(31)** Tecnología (camisas y accesorios) de fácil accionar y molienda, así como bolas degradables para multifracturamientos. **(32)** Tecnología de cementación y herramientas para pozos depresionados y/o fracturados. **(3)** Diseño inteligente de perforación, terminación y reparación de pozos mediante el uso masivo de datos en un solo repositorio. **(10)** Mejorar y/o actualizar los modelos



geomecánicos. **(14)** Perforación con tubería flexible con geonavegación para reentradas. **(7)** Herramientas para navegar en agujeros de diámetros menores a $4 \frac{1}{8}$ pg y con pérdida total de circulación. y **(21)** Prevenir y minimizar la producción de agua de formación.

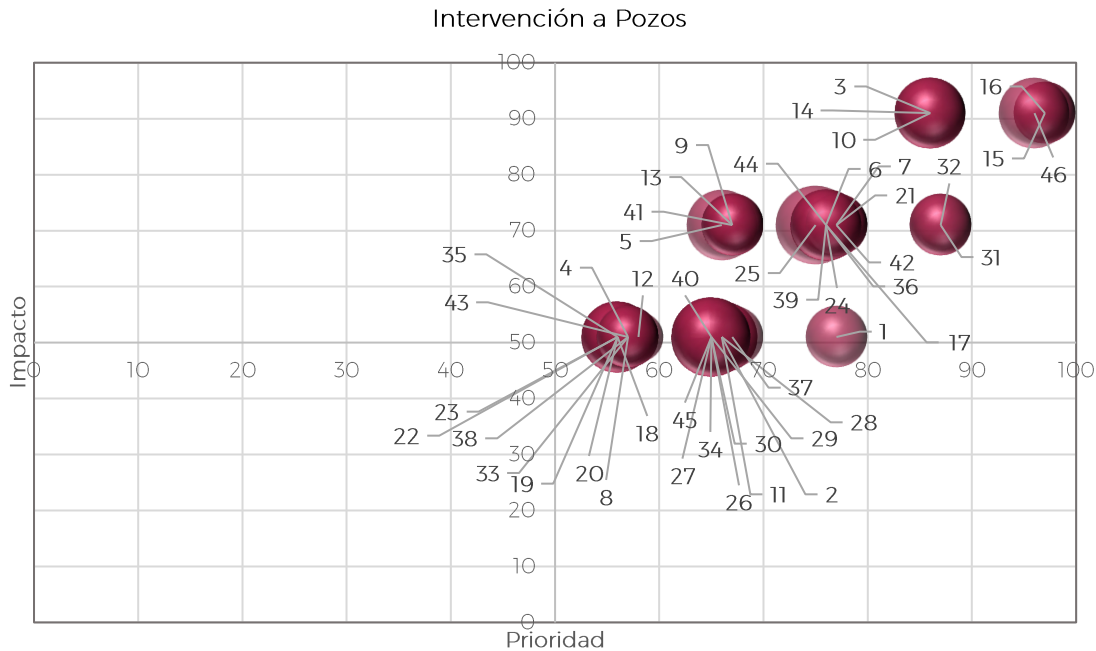


Figura 15. Matriz de necesidades tecnológicas en Intervención a Pozos.

4.1.4 Administración Integral de Pozos (Productividad de Pozos)

Dentro de la disciplina de Administración Integral de Pozos se tienen identificadas **42** necesidades tecnológicas¹⁶ las cuales se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Administración Integral de Pozos.

Necesidades tecnológicas	
1	Adquirir de forma rentable información en tiempo real en pozos
2	Analizar y evaluar el desempeño de los sistemas artificiales de producción mediante software especializado
3	Analizar y evaluar la eficiencia de productos químicos y estimulaciones a pozos
4	Contar con pruebas de laboratorio suficientes para el aseguramiento de flujo
5	Controlar la producción de finos de la formación
6	Detectar oportunamente fallas en los sistemas artificiales de producción
7	Determinar la integridad mecánica de pozos
8	Disponer de una base de datos integrada para la aplicación de técnicas de análisis de comportamiento y diagnóstico de sistemas artificiales de producción
9	Eliminar depósitos orgánicos e inorgánicos.
10	Evaluar el daño en pozos después de su terminación o reparación mayor
11	Evaluar la compatibilidad de fluidos en operaciones de estimulación de pozos

¹⁶ Ibíd.



12	Evaluar la eficiencia de los disparos en pozos
13	Fortalecer la selección de los SAP mediante el análisis técnico – económico
14	Incrementar la vida útil del sistema BEC
15	Masificar las soluciones tecnológicas con dictamen aprobatorio
16	Medir el gas de BN inyectado a pozo
17	Medir nivel dinámico en tiempo real de los pozos con sistemas artificiales de producción
18	Metodologías o sistemas que incentiven la integración de los grupos multidisciplinarios para la supervisión de la perforación, terminación y estimulación de pozos
19	Metodologías y software para discretizar el daño en la formación
20	Metodologías y software para el diseño y evaluación de fracturamientos y refracturamientos hidráulicos
21	Metodologías y software para el diseño y evaluación de sistemas de estimulación de pozos
22	Metodologías y software para el diseño, análisis y optimización de los sistemas de bombeo electrocentrífugo
23	Metodologías y software para el diseño, análisis y optimización de los sistemas de bombeo mecánico
24	Metodologías y software para el diseño, análisis y optimización de los sistemas de bombeo neumático considerando baja presión en la red
25	Mitigar el impacto de los fluidos de retorno de estimulación en ductos e instalaciones
26	Monitorear la posición de los contactos gas/aceite y agua/aceite
27	Monitorear la producción y la presión de yacimiento en pozos que explotan más de una formación
28	Prevenir la formación de depósitos orgánicos e inorgánicos
29	Realizar pruebas de compatibilidad roca-fluidos en operaciones de estimulación de pozos
30	Sistema o base de datos institucional con los análisis históricos de operaciones de estimulación, fracturamientos hidráulicos y la evaluación de la eficiencia de productos químicos
31	Tecnologías aplicadas a los sistemas artificiales de producción para manejo de gas, arena y aceite viscoso
32	Tecnologías de bajo costo para la medición de pozos
33	Tecnologías de integración de información y análisis con el uso de modelos de pozo
34	Tecnologías rentables de toma de información en tiempo real para el análisis de pozos y optimización de sistemas artificiales de producción
35	Tecnologías y metodologías para detectar oportunamente las fallas de los sistemas artificiales de producción
36	Tomar información suficiente, para reducir la incertidumbre en los gastos de producción comprometidos
37	Incrementar la vida útil del BEC
38	Desarrollo de productos químicos para aseguramiento de flujo a nivel pozo e instalaciones
39	Capacitación aprender – haciendo en Sistema BEC
40	Capacitación aprender – haciendo en diseño integral de sistemas ácidos para la estimulación y fracturamientos en pozos de baja productividad
41	Tecnologías para la optimización del sistema integral de producción
42	Tecnologías para la identificación y remoción del daño a la formación

De acuerdo con la matriz tecnológica de la disciplina de Administración Integral de Pozos (Figura 16), algunas de las necesidades tecnológicas consideradas con mayor impacto y prioridad son: **(1)** Adquirir de forma rentable información en tiempo real en pozos. **(2)** Analizar y evaluar el desempeño de los sistemas artificiales de producción mediante software especializado. **(3)** Analizar y evaluar la eficiencia de productos químicos y estimulaciones a pozos. **(4)** Contar con pruebas de laboratorio suficientes para el aseguramiento de flujo. **(6)** Detectar oportunamente fallas en los sistemas artificiales de producción. **(8)** Disponer de una base de datos integrada para la aplicación de técnicas de análisis de comportamiento y diagnóstico de sistemas artificiales de producción. **(9)** Eliminar depósitos orgánicos e inorgánicos. **(10)** Evaluar el daño en pozos después de su terminación o reparación mayor. **(11)** Evaluar la compatibilidad de fluidos en operaciones de estimulación de pozos. y **(13)** Fortalecer la selección de los SAP mediante el análisis técnico – económico.



Administración Integral de Pozos

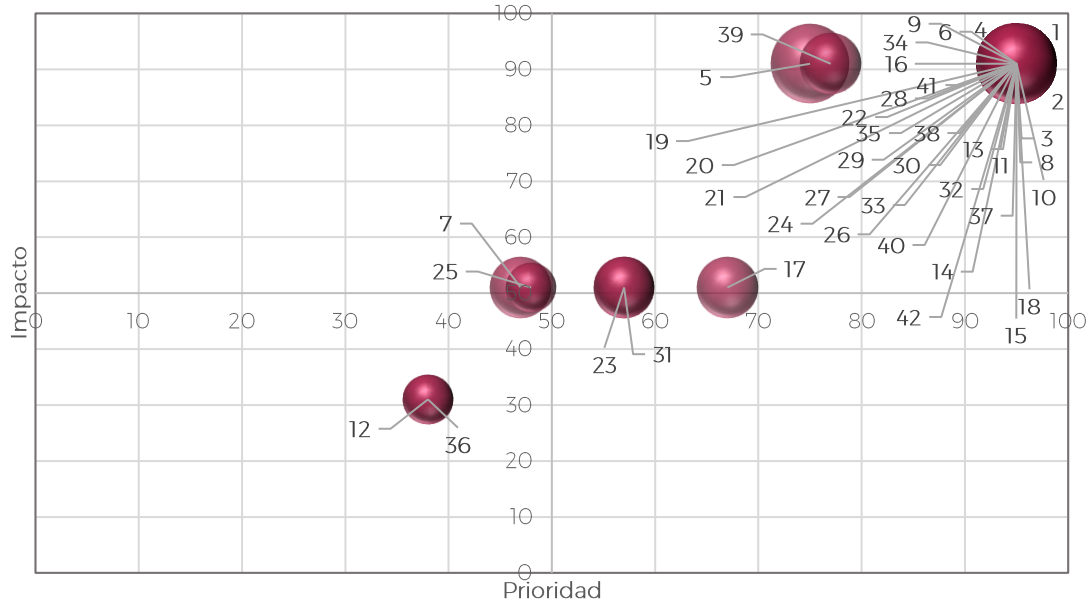


Figura 16. Matriz de necesidades tecnológicas en Administración Integral de Pozos.

4.1.5 Sistemas de Producción de Hidrocarburos

La Tabla 7 presenta un total de **32** necesidades tecnológicas identificadas para la disciplina de Sistemas de Producción de Hidrocarburos¹⁷.

Tabla 7. Sistemas de Producción de Hidrocarburos.

Necesidades tecnológicas	
1	Desarrollar las competencias del personal para realizar los análisis dinámicos en el diseño de instalaciones nuevas para establecer las condiciones críticas de operación de ductos
2	Disponer de productos químicos para el aseguramiento de flujo de aceites pesados y extrapesados en el SIP
3	Eliminación de emanación de vapores con H ₂ S en tanques de almacenamiento
4	Evaluación de productos químicos para prevenir y remediar la formación de tratamiento de incrustaciones orgánicas e inorgánicas para el aseguramiento de flujo en ductos e instalaciones
5	Evaluar la corrosión en los sistemas de transporte y proceso (equipo estático y dinámico)
6	Homologar tecnologías de sistemas de seguridad para un mantenimiento efectivo
7	Incrementar la eficiencia energética de los equipos dinámicos con base a la confiabilidad operacional
8	Incrementar la producción en pozos que operan en una red de BN a baja presión por la condición límite de los ductos
9	Medir corrientes de aceite pesado
10	Medir el volumen de inyección de gas de un sistema de BN
11	Mejorar los sistemas de sello de equipo dinámico para evitar el alto índice de paros no programados
12	Metodologías y software para optimizar los procesos de producción debido al efecto de la contrapresión en redes de transporte en pozos, cabezales y ductos

¹⁷ Ibid.

13	Metodologías y software para realizar el análisis de transferencia de calor, masa y energía para el análisis de procesos de hidrocarburos
14	Mitigar la corrosión interior de ductos y equipos estáticos por alta producción de agua y presencia de H ₂ S
15	Optimizar las redes de transporte de aceite y gas
16	Prevenir y corregir el depósito de incrustaciones inorgánicas y orgánicas (parafinas y asfáltenos) en el SIP
17	Procesos compactos para deshidratación y desalado de crudo
18	Procesos compactos para tratamiento de agua congénita para su vertimiento al mar en sitio
19	Procesos compactos para el endulzamiento (servicios auxiliares) y remoción de nitrógeno en gas combustible
20	Procesos compactos para mejorar la calidad de crudos pesados en instalaciones costa afuera
21	Reducir la concentración de nitrógeno en las corrientes de gas
22	Reducir la producción y manejo de arena en cabezales, tanques, almacenamiento, líneas de descarga y ductos
23	Reductores de viscosidad para la explotación de campos de crudos pesados
24	Requerimiento de base de datos y análisis del comportamiento de la corrosión en ductos e instalaciones por el incremento del contenido de H ₂ S y CO ₂ por cambios en las condiciones de operación
25	Tecnología o procedimiento para realizar el mantenimiento predictivo de PCV's, SDV's y sistemas de seguridad (SG&F y SPPE)
26	Tecnologías para el monitoreo en tiempo real de variables críticas en pozos, cabezales y ductos
27	Tecnologías para eliminar o reducir fugas en ductos por falla en la integridad mecánica o actos vandálicos
28	Tecnologías para optimizar el manejo de la producción de crudos pesados
29	Evaluación de las propiedades mecánicas de los suelos remoldeados y coeficientes de consolidación (asentamiento de ductos marinos), CTAP
30	Diseño de plataformas para utilizar la metodología LRFD en lugar de WSD
31	Tecnología de deshidratación electrostática para crudos pesados y extrapesados
32	Instalación de producción operando a bajas temperaturas externas y altas presiones (equipos, productos, procesos y sistemas)

En la Figura 17 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas en Sistemas de Producción de Hidrocarburos, entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(18)** Procesos compactos para tratamiento de agua congénita para su vertimiento al mar en sitio. **(17)** Procesos compactos para deshidratación y desalado de crudo. **(19)** Procesos compactos para el endulzamiento (servicios auxiliares) y remoción de nitrógeno en gas combustible. **(21)** Reducir la concentración de nitrógeno en las corrientes de gas. **(26)** Tecnologías para el monitoreo en tiempo real de variables críticas en pozos, cabezales y ductos. **(2)** Disponer de productos químicos para el aseguramiento de flujo de aceites pesados y extrapesados en el SIP. **(20)** Procesos compactos para mejorar la calidad de crudos pesados en instalaciones costa afuera. **(23)** Reductores de viscosidad para la explotación de campos de crudos pesados. **(4)** Evaluación de productos químicos para prevenir y remediar la formación de tratamiento de incrustaciones orgánicas e inorgánicas para el aseguramiento de flujo en ductos e instalaciones. y **(29)** Evaluación de las propiedades mecánicas de los suelos remoldeados y coeficientes de consolidación (asentamiento de ductos marinos), CTAP.



Sistemas de Producción de Hidrocarburos

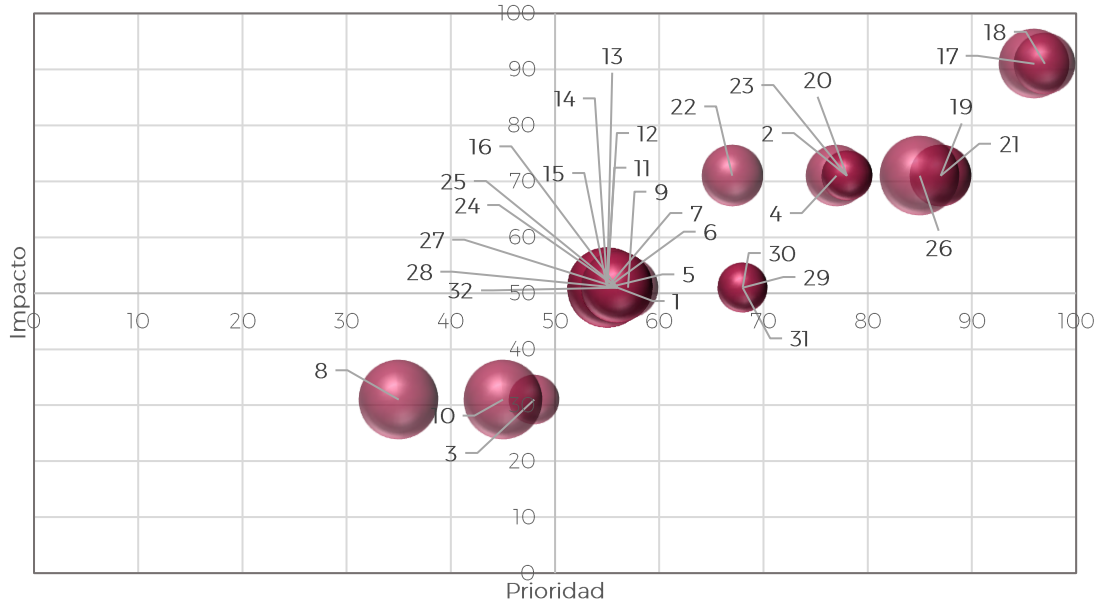


Figura 17. Matriz de necesidades tecnológicas en Sistemas de Producción de Hidrocarburos.

4.1.6 Mantenimiento de Instalaciones

Dentro de la disciplina de Mantenimiento de Instalaciones se tienen identificadas **19** necesidades tecnológicas¹⁸ las cuales se muestran la Tabla 8.

Tabla 8. Mantenimiento de Instalaciones.

Necesidades tecnológicas	
1	Mejorar los sistemas de sello de equipo dinámico para evitar el alto índice de paros no programados
2	Tecnología o procedimiento para realizar el mantenimiento predictivo de PCV'S, SDV'S y sistemas de seguridad (SG&F Y SPPE)
3	Tecnologías y procedimientos para asegurar el mantenimiento y la operación de la instrumentación de los sistemas de seguridad
4	Tecnologías y procedimientos para reducir el riesgo en la operación de equipos dinámicos, estáticos y ductos por actos vandálicos
5	Tecnologías de monitoreo inteligente para fortalecer la seguridad física en las instalaciones
6	Implementar un proceso con métodos predictivos para anticipar fallas en equipos dinámicos
7	Metodologías para asegurar la confiabilidad de los sistemas eléctricos (cableado eléctrico, alumbrado, tierras físicas, pararrayos) en las áreas de proceso de hidrocarburos
8	Metodologías para asegurar la confiabilidad operativa de los equipos de generación eléctrica de emergencia.
9	Tecnologías y procedimientos para disminuir la incertidumbre en la medición de hidrocarburos
10	Establecer un proceso de análisis de la confiabilidad operativa a través de BIG DATA

¹⁸ Ibid.



11	Metodologías y sistemas para automatizar el plan de mejora operativa para fortalecer las estrategias de mantenimiento
12	Metodologías para vigilar y evaluar los indicadores de confiabilidad operativa de operación y mantenimiento.
13	Fortalecer el mantenimiento preventivo y predictivo de sistemas artificiales con la tecnología BIG DATA
14	Fortalecer el mantenimiento preventivo y predictivo del equipo dinámico en las baterías de separación y estaciones de compresión con la tecnología BIG DATA
15	Fortalecer el mantenimiento preventivo y predictivo del equipo eléctrico con la tecnología BIG DATA
16	Fortalecer el mantenimiento preventivo y predictivo de ductos
17	Nuevas tecnologías de inspección de ductos
18	Nuevas tecnologías de inspección de equipos estáticos (líneas y recipientes a presión)
19	Fortalecer el mantenimiento preventivo y predictivo de equipos estáticos

De acuerdo con la matriz tecnológica de la disciplina de Mantenimiento de Instalaciones (Figura 18), algunas de las necesidades tecnológicas consideradas con mayor impacto y prioridad son: **(1)** Mejorar los sistemas de sello de equipo dinámico para evitar el alto índice de paros no programados. **(2)** Tecnología o procedimiento para realizar el mantenimiento predictivo de PCV'S, SDV'S y sistemas de seguridad (SG&F Y SPPE). **(3)** Tecnologías y procedimientos para asegurar el mantenimiento y la operación de la instrumentación de los sistemas de seguridad. **(4)** Tecnologías y procedimientos para reducir el riesgo en la operación de equipos dinámicos, estáticos y ductos por actos vandálicos. **(5)** Tecnologías de monitoreo inteligente para fortalecer la seguridad física en las instalaciones. **(6)** Implementar un proceso con métodos predictivos para anticipar fallas en equipos dinámicos. **(7)** Metodologías para asegurar la confiabilidad de los sistemas eléctricos (cableado eléctrico, alumbrado, tierras físicas, pararrayos) en las áreas de proceso de hidrocarburos. **(8)** Metodologías para asegurar la confiabilidad operativa de los equipos de generación eléctrica de emergencia. **(9)** Tecnologías y procedimientos para disminuir la incertidumbre en la medición de hidrocarburos. y **(10)** Establecer un proceso de análisis de la confiabilidad operativa a través de BIG DATA.

Mantenimiento de Instalaciones

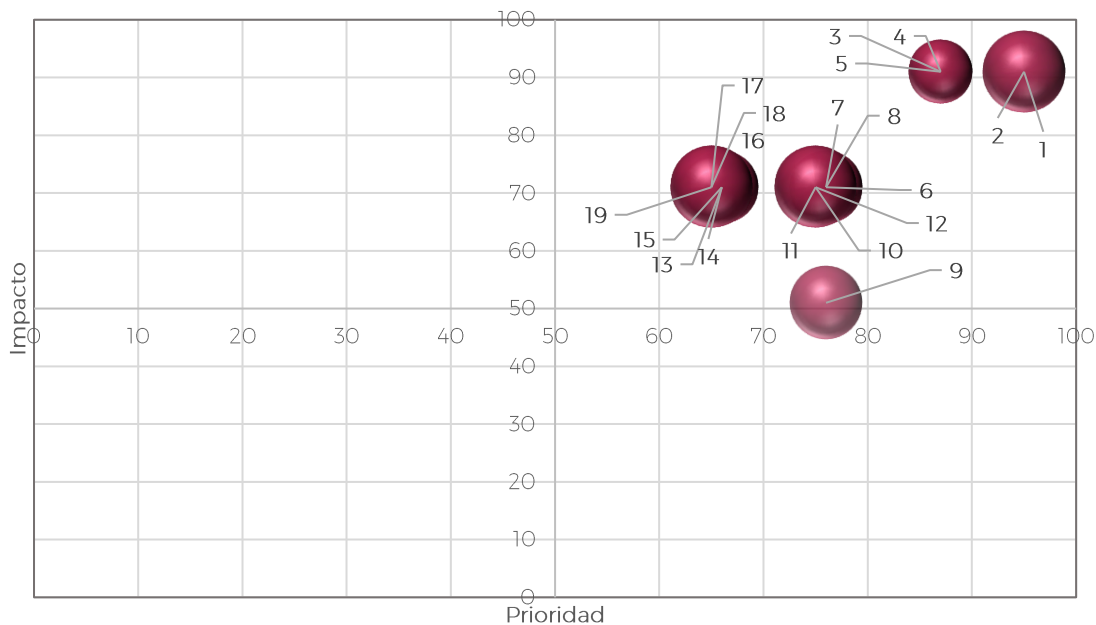


Figura 18. Matriz de necesidades tecnológicas en Mantenimiento de Instalaciones.



4.1.7 Recuperación Secundaria y Mejorada de Hidrocarburos

Para la disciplina de Recuperación Secundaria y Mejorada de Hidrocarburos se identificaron **10** necesidades tecnológicas¹⁹ tal como se presenta en la Tabla 9. Particularmente, en esta disciplina es importante destacar que todas las necesidades tecnológicas del área se encuentran dentro de la matriz de tecnología calificadas con alto impacto y prioridad, Figura 19.

Tabla 9. Recuperación Secundaria y Mejorada de Hidrocarburos.

Necesidades tecnológicas	
1	Incorporar mayor reserva por medio de métodos de Recuperación Secundaria y/o Mejorada
2	Cambiar mojabilidad en zonas invadidas por agua y/o gas por medio de métodos de Recuperación Mejorada
3	Inducir el drene gravitacional en zonas invadidas de líquidos a través de métodos de Recuperación Mejorada
4	Reducir tensión interfacial por medio de métodos de Recuperación Mejorada
5	Implementar técnicas de diseño de procesos de recuperación secundaria en yacimientos homogéneos, naturalmente fracturados y naturalmente fracturados vugulares
6	Formación de personal especializado en métodos Térmicos de Recuperación Mejorada
7	Formación de personal especializado en métodos No Térmicos de Recuperación Mejorada
8	Contar con laboratorios especializados para desarrollar pruebas para métodos de Recuperación Secundaria y/o Mejorada
9	Inducir el mecanismo de disolución de la roca a través de métodos de Recuperación Mejorada
10	Inducir la expansión térmica de la roca y de los fluidos a través de métodos de Recuperación Mejorada

Recuperación Secundaria y Mejorada de Hidrocarburos

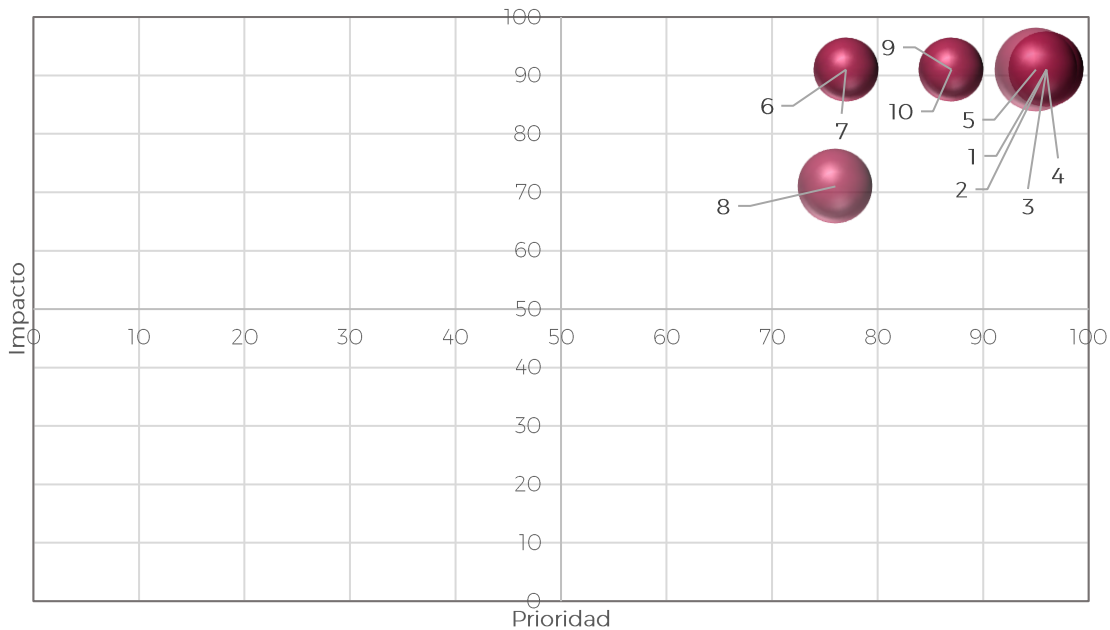


Figura 19. Matriz de necesidades tecnológicas en Recuperación Secundaria y Mejorada de Hidrocarburos.

¹⁹ *Ibíd.*

4.1.8 Comercialización de Hidrocarburos

En la Tabla 10 se muestran **17** rubros identificados como necesidades tecnológicas en la disciplina de Comercialización de Hidrocarburos²⁰.

Tabla 10. Comercialización de Hidrocarburos.

Necesidades tecnológicas	
1	Modelos de determinación de costos de almacenamiento y oportunidad
2	Sistemas de cómputo y logística 4.0
3	Sistemas de transporte (acopio y punto de venta)
4	Sistemas especializados de mejoramiento de crudo y emulsiones
5	Tecnología para la optimización de procesos de operación en tiempo real
6	Remoción de nitrógeno en el gas
7	Sistemas de medición inteligente (yacimiento -almacenamiento) y control de calidad
8	Diseño de metodologías y/o instrumentación para el aprovechamiento de gases calientes en estaciones de compresión para cogeneración de energía eléctrica
9	Medición y aprovechamiento de vapores en tanques atmosféricos de techo rígido
10	Equipos de identificación del personal por radio frecuencia para el monitoreo y resguardo del personal durante el traslado hacia plataformas y su retorno
11	Capacitación en metodología de pronósticos
12	Seguridad e integridad de instalaciones antirrobo
13	Desalado
14	Comercialización y ventas
15	Metodología de estimación de precios
16	Metodología de cobertura financiera
17	Creación de la "Especialización en Medición de Flujo de Fluidos" (C-S-66305), CIATEQ

En la Figura 20 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas en Comercialización de Hidrocarburos, entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(17)** Creación de la "Especialización en Medición de Flujo de Fluidos" (C-S-66305). **(6)** Remoción de nitrógeno en el gas. **(4)** Sistemas especializados de mejoramiento de crudo y emulsiones. y **(13)** Desalado.

²⁰ Ibid.



Comercialización de Hidrocarburos

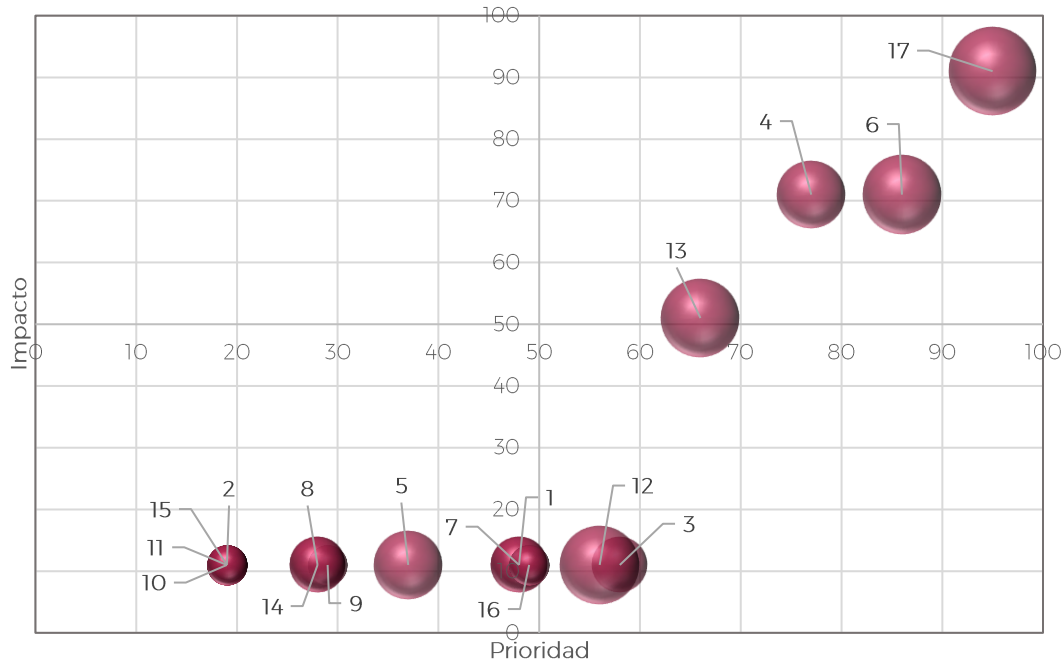


Figura 20. Matriz de necesidades tecnológicas en Comercialización de Hidrocarburos.

4.1.9 Medio Ambiente e Impacto Social

La Tabla 11 presenta un total de **26** necesidades tecnológicas identificadas para la disciplina de Medio Ambiente e Impacto Social²¹.

Tabla 11. Medio Ambiente e Impacto Social.

Necesidades tecnológicas	
1	Modelos de propagación y transformación química de contaminantes en un medio (agua, aire y suelo)
2	Modelos integrales de predicción para determinar el grado de contaminación en un sitio, instalación o región petrolera
3	Modelos para determinar la vulnerabilidad de las unidades ambientales (aspectos sociales y físico-naturales)
4	Sistemas de información virtual e inteligente que permitan asociar, para un proceso o instalación específica, el tipo y cantidad de contaminantes que generarían, y su evaluación temporal y espacial
5	Sistemas inteligentes y automatizados para detectar, controlar y corregir contaminantes
6	Sistemas integrales de disminución de contaminantes, con reciclamiento y/o reutilización de materiales y residuos
7	Indicadores de desempeño ambiental
8	Sistemas de evaluación de impacto en ecosistemas marinos y continentales
9	Sistemas de prevención y remediación de aguas continentales y oceánicas por la actividad petrolera
10	Modelos de química y dinámica de aguas continentales y oceánicas
11	Sistemas de información geográfica para el monitoreo e identificación de impactos ambientales
12	Sistemas para prevenir, controlar y reducir los niveles de emisión de los gases de efecto invernadero (CO ₂ y CH ₄)
13	Sistemas de cuantificación y evaluación de emisiones

²¹ Ibid.

14	Sistemas de captura y/o reutilización de CO ₂
15	Sistemas de caracterización y evaluación de emisiones de contaminantes por combustibles fósiles y alternos
16	Sistemas expertos sobre contaminación y uso de combustibles
17	Sistemas inteligentes para detectar, controlar y corregir la generación de contaminantes
18	Automatización e instrumentación para el análisis de muestras y detección de compuestos tóxicos
19	Sistemas de teledetección para la identificación y medición de contaminantes en zonas de alto riesgo o difícil acceso
20	Sistemas expertos para seguridad ambiental
21	Modelos de evaluación ambiental y socioeconómica
22	Indicadores económicos para la evaluación ambiental
23	Identificar y evaluar variables para determinar la vulnerabilidad de las unidades ambientales o geosistemas (aspectos sociales y físico-naturales)
24	Modelos para medir la capacidad de resistencia y resiliencia de la población
25	Sistemas de biorremediación de suelos y aguas contaminadas
26	Sistemas innovadores de seguridad física de pozos e instalaciones

De acuerdo con la matriz tecnológica de la disciplina de Medio Ambiente e Impacto Social (Figura 21), algunas de las necesidades tecnológicas consideradas con mayor impacto y prioridad son: **(8)** Sistemas de evaluación de impacto en ecosistemas marinos y continentales. **(11)** Sistemas de información geográfica para el monitoreo e identificación de impactos ambientales. **(12)** Sistemas para prevenir, controlar y reducir los niveles de emisión de los gases de efecto invernadero (CO₂ y CH₄). **(26)** Sistemas innovadores de seguridad física de pozos e instalaciones. **(6)** Sistemas integrales de disminución de contaminantes, con reciclamiento y/o reutilización de materiales y residuos. **(7)** Indicadores de desempeño ambiental. **(13)** Sistemas de cuantificación y evaluación de emisiones. **(22)** Indicadores económicos para la evaluación ambiental. **(1)** Modelos de propagación y transformación química de contaminantes en un medio (agua, aire y suelo). y **(2)** Modelos integrales de predicción para determinar el grado de contaminación en un sitio, instalación o región petrolera.

Medio Ambiente e Impacto Social

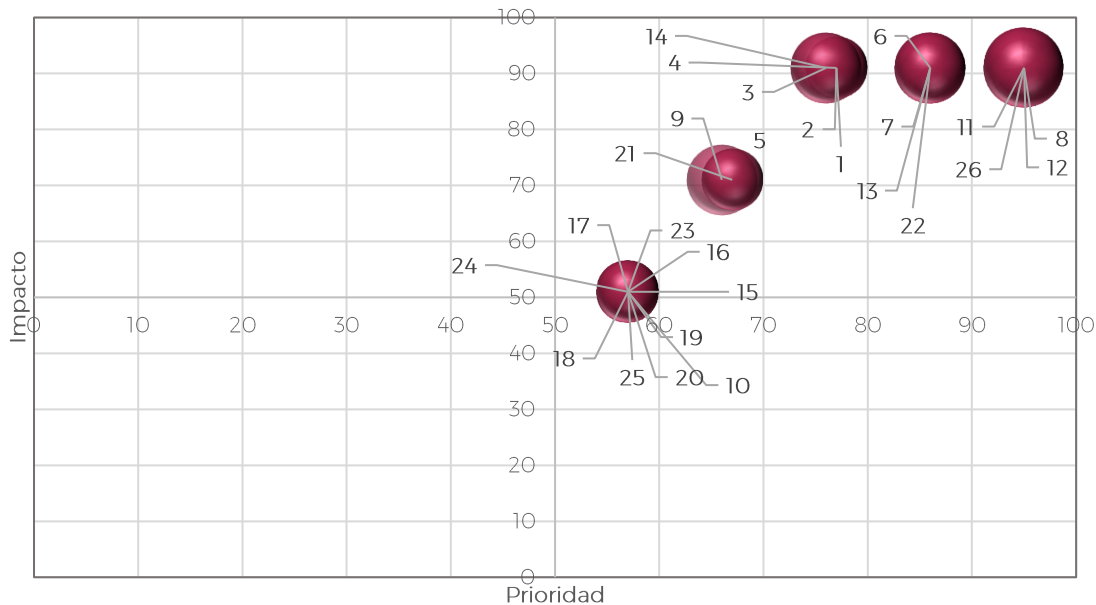


Figura 21. Matriz de necesidades tecnológicas en Medio Ambiente e Impacto Social.



4.1.10 Relación de necesidades para proyectos de investigación

A continuación, se presenta un compilado de **27** necesidades tecnológicas por especialidad prioritarias en la industria petrolera nacional cuyo mecanismo de atención está orientado a la Investigación²², Tabla 12. De las cuales, se tienen 10 necesidades para investigación en la disciplina de Recuperación Secundaria y Mejorada de Hidrocarburos, le sigue el área de Sistemas de Producción de Hidrocarburos con 6 necesidades, Medio Ambiente e Impacto Social con 4 necesidades, las disciplinas que presentan 2 necesidades son: Exploración de Hidrocarburos, Ingeniería de Yacimientos de Hidrocarburos y Mantenimiento de Instalaciones. Finalmente, para la disciplina de Administración Integral de Pozos solo se considera una necesidad tecnológica.

Tabla 12. Proyectos Investigación.

Necesidades tecnológicas		
Exploración de Hidrocarburos	1	Implementar técnicas de mejoramiento de imagen, frecuencias, preservación de amplitudes para mejorar definición de la trampa y la iluminación de objetivos por debajo de la sal.
Exploración de Hidrocarburos	2	Equipo y tecnología para adquisición, procesado e interpretación de sísmica 4D
Ingeniería de Yacimientos de Hidrocarburos	3	Tecnología BIG DATA y software para caracterización estática y dinámica
Ingeniería de Yacimientos de Hidrocarburos	4	Caracterización de yacimientos y simulación numérica con modelado fractal
Administración Integral de Pozos	5	Capacitación aprender – haciendo en diseño integral de sistemas ácidos para la estimulación y fracturamiento en pozos de baja productividad
Sistemas de Producción de Hidrocarburos	6	Disponer de productos químicos para el aseguramiento de flujo de aceites pesados y extrapesados en el SIP
Sistemas de Producción de Hidrocarburos	7	Procesos compactos para mejorar la calidad de crudos pesados en instalaciones costa afuera
Sistemas de Producción de Hidrocarburos	8	Reductores de viscosidad para la explotación de campos de crudos pesados
Sistemas de Producción de Hidrocarburos	9	Evaluación de las propiedades mecánicas de los suelos remodelados y coeficientes de consolidación (asentamiento de ductos marinos), CTAP
Sistemas de Producción de Hidrocarburos	10	Diseño de plataformas para utilizar la metodología LRFD en lugar de WSD
Sistemas de Producción de Hidrocarburos	11	Tecnología de deshidratación electrostática para crudos pesados y extrapesados
Mantenimiento de Instalaciones	12	Mejorar los sistemas de sello de equipo dinámico para evitar el alto índice de paros no programados
Mantenimiento de Instalaciones	13	Fortalecer el mantenimiento preventivo y predictivo de ductos
Recuperación Secundaria y Mejorada de hidrocarburos	14	Incorporar mayor reserva por medio de métodos de Recuperación Secundaria y/o Mejorada
Recuperación Secundaria y Mejorada de hidrocarburos	15	Cambiar mojabilidad en zonas invadidas por agua y/o gas por medio de métodos de Recuperación Mejorada
Recuperación Secundaria y Mejorada de hidrocarburos	16	Inducir el drene gravitacional en zonas invadidas de líquidos a través de métodos de Recuperación Mejorada

²² Ibid.



Recuperación Secundaria y Mejorada de hidrocarburos	17	Reducir tensión interfacial por medio de métodos de Recuperación Mejorada
Recuperación Secundaria y Mejorada de hidrocarburos	18	Implementar técnicas de diseño de procesos de recuperación secundaria en yacimientos homogéneos, naturalmente fracturados y naturalmente fracturados vugulares
Recuperación Secundaria y Mejorada de hidrocarburos	19	Formación de personal especializado en métodos Térmicos de Recuperación Mejorada
Recuperación Secundaria y Mejorada de hidrocarburos	20	Formación de personal especializado en métodos No Térmicos de Recuperación Mejorada
Recuperación Secundaria y Mejorada de hidrocarburos	21	Contar con laboratorios especializados para desarrollar pruebas para Métodos de Recuperación Secundaria y/o Mejorada
Recuperación Secundaria y Mejorada de hidrocarburos	22	Inducir el mecanismo de disolución de la roca a través de métodos de Recuperación Mejorada
Recuperación Secundaria y Mejorada de hidrocarburos	23	Inducir la expansión térmica de la roca y de los fluidos a través de métodos de Recuperación Mejorada
Medio Ambiente e Impacto Social	24	Sistemas de información virtual e inteligente que permitan asociar, para un proceso o instalación específica, el tipo y cantidad de contaminantes que generarían, y su evaluación temporal y espacial.
Medio Ambiente e Impacto Social	25	Identificar y evaluar variables para determinar la vulnerabilidad de las unidades ambientales o geosistemas (aspectos sociales y físico-naturales)
Medio Ambiente e Impacto Social	26	Sistemas de biorremediación de suelos y aguas contaminadas
Medio Ambiente e Impacto Social	27	Sistemas innovadores de seguridad física de pozos e instalaciones

En la matriz tecnológica se puede visualizar que todas las necesidades enfocadas a proyectos de investigación están ubicadas en el primer cuadrante categorizadas con alto impacto y prioridad, Figura 22.

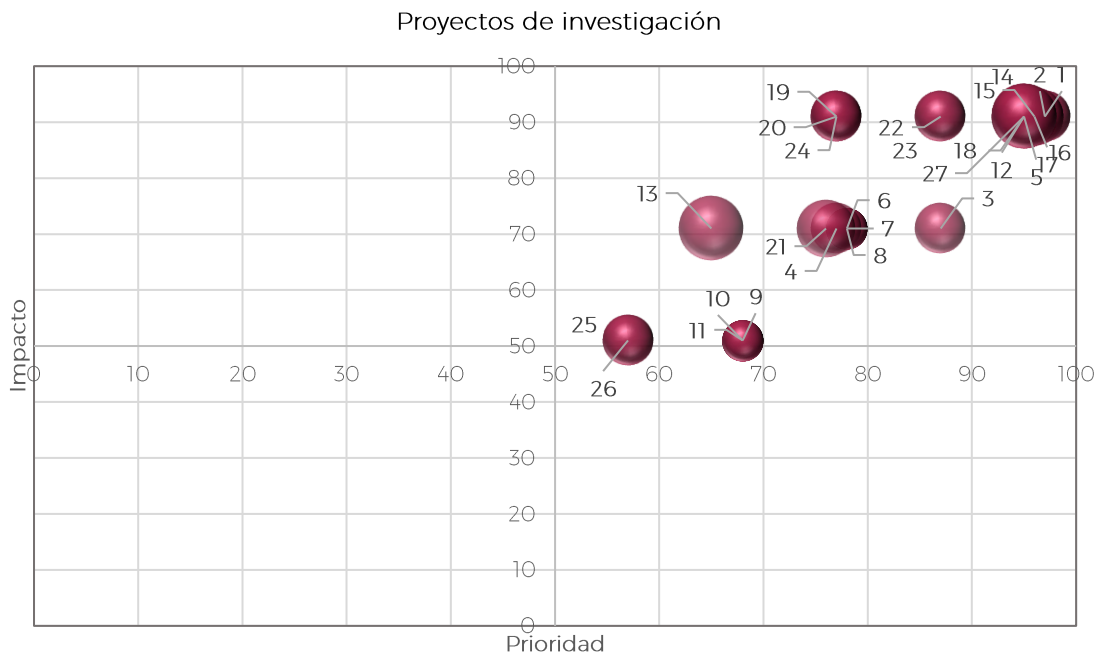


Figura 22. Matriz de necesidades tecnológicas para proyectos de investigación en la industria petrolera nacional.



4.2 PEMEX TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL

4.2.1 Logística y Comercialización de Hidrocarburos

Para la disciplina de Logística y Comercialización de Hidrocarburos se identificaron **16** necesidades tecnológicas²³ tal como se presenta en la Tabla 13.

Tabla 13. Logística y Comercialización de Hidrocarburos.

Necesidades tecnológicas	
1	Servicios de remoción de nitrógeno a gas
2	Servicios especializados de mejoramiento de crudo y emulsiones
3	Diseño de metodologías y/o instrumentación para el aprovechamiento de gases calientes en estaciones de compresión para cogeneración de energía eléctrica
4	Medición y aprovechamiento de vapores en tanques atmosféricos de techo rígido.
5	Modelos de determinación de costos de almacenamiento y oportunidad
6	Sistemas de transporte (acopio, punto de venta)
7	Supervisión de los sistemas de medición inteligente (yacimientos -almacenamiento) y control de calidad
8	Tecnología para la optimización de procesos de operación en tiempo real
9	Equipos de identificación del personal por radio frecuencia para el monitoreo y resguardo del personal durante el traslado hacia plataformas y su retorno.
10	Servicio de cómputo y logística 4.0
11	Seguridad e integridad de instalaciones antirrobo
12	Actualización tecnológica de sistemas de desalado de crudo para mitigación de efectos en plantas de proceso
13	Técnicas de comercialización y ventas
14	Metodología de cobertura financiera
15	Capacitación en metodología de pronósticos
16	Metodología de estimación de precios

En la Figura 23 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas en Logística y Comercialización de Hidrocarburos, entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(1)** Servicios de remoción de nitrógeno a gas. **(11)** Seguridad e integridad de instalaciones antirrobo. **(2)** Servicios especializados de mejoramiento de crudo y emulsiones. **(3)** Diseño de metodologías y/o instrumentación para el aprovechamiento de gases calientes en estaciones de compresión para cogeneración de energía eléctrica. **(4)** Medición y aprovechamiento de vapores en tanques atmosféricos de techo rígido. **(12)** Actualización tecnológica de sistemas de desalado de crudo para mitigación de efectos en plantas de proceso. y **(13)** Técnicas de comercialización y ventas.

²³ PEMEX Transformación Industrial, 2019.



Logística y Comercialización de Hidrocarburos

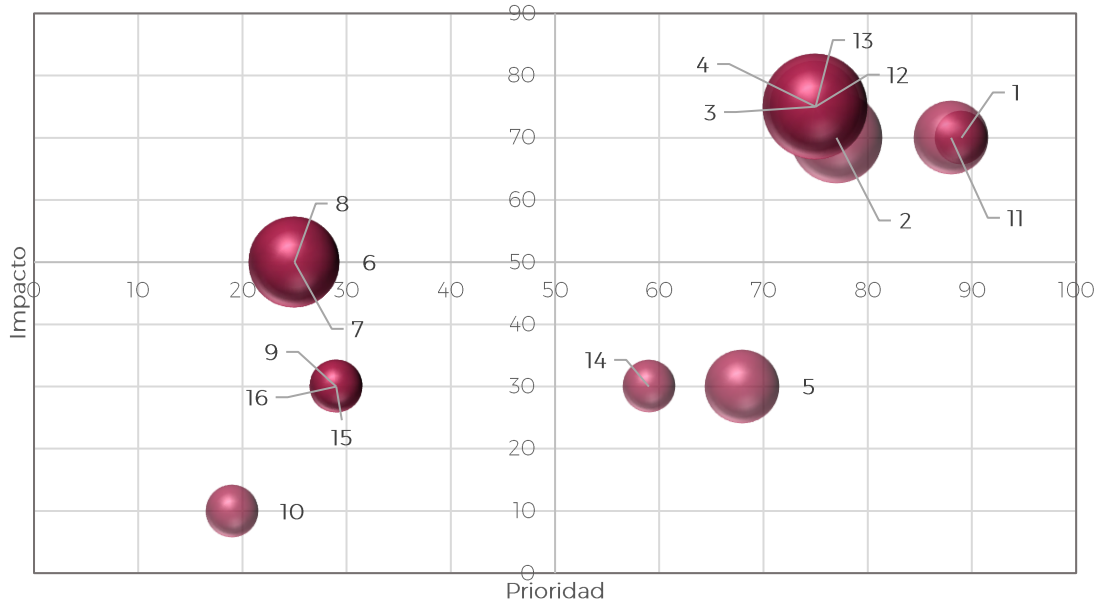


Figura 23. Matriz de necesidades tecnológicas en Logística y Comercialización de Hidrocarburos.

4.2.2 Refinación

La Tabla 14 presenta un total de **35** necesidades tecnológicas identificadas para la disciplina de Refinación²⁴.

Tabla 14. Refinación.

Necesidades tecnológicas	
1	Optimización de las dietas de crudo e incremento del proceso en las Refinerías del S.N.R., principalmente las de configuración FCC.
2	Incrementar la producción de Diésel UBA en unidades de Media Presión con desarrollo de catalizadores e inversiones menores.
3	Desarrollo y escalamiento de productos químicos para deshidratación de crudos
4	Adecuar el crudo con contenidos máximos de sal de 0.5 lb/Mb y concentraciones de agua y sedimentos menores a 0.05 %vol.
5	Modernización y/o actualización de Desaladoras de las plantas Combinadas de "Baja Velocidad" a "Bi-eléctricas"
6	Optimizar y/o ampliar la capacidad de almacenamiento de crudo que permita mejorar la flexibilidad operativa y el manejo y proceso en las refinerías
7	Modernización de sistemas de control para las unidades de proceso
8	Implementación de sistemas de analizadores en línea
9	Tecnologías para mejorar el desempeño de las plantas de destilación atmosférica y de vacío
10	Sistemas de eliminación de humedad incluyendo un coalescedores en línea para tratar la corriente de propileno producto y cumplir con especificaciones.
11	Actualización tecnológica del tren de lubricantes para recuperar e incrementar la producción de aceites básicos.

²⁴ Ibid.

12	Optimización de sistemas de combustión en quemadores
13	Seguimiento y evaluación continua del desarrollo de catalizadores y aditivos FCC. Efectuar estudios en plantas piloto, generar Bases de Datos Robustas para la simulación y optimización de las unidades FCC.
14	Implementar tecnologías de analizadores en línea para gases de combustión
15	Desarrollar metodologías y herramientas que permitan la optimización de oportuna y efectiva en la integración HDT-FCC
16	Incrementar rendimientos en terminación de riser, zona de agotamiento, distribuidor de aire, boquillas de alimentación
17	Actualización tecnológica de los sistemas del convertidor, reacción y fraccionamiento de las unidades FCC
18	Desarrollo de procesos modulares para la recuperación y regeneración sosas gastadas fenólicas
19	Optimización de la infraestructura del anillo de hidrogeno y su disponibilidad para los procesos de refinación
20	Incrementar la confiabilidad de equipos dinámicos*
21	Mejora operativa y modernización de sistemas de tratamiento caustico y amina en plantas catalíticas y planta coquizadora.
22	Optimizar la estrategia del control del Octano
23	Realizar la simulación rigurosa de las plantas primarias, alto vacío y combinadas considerando la nueva dieta de crudo a procesar en las refinerías de configuración FCC (Tula, Salamanca y Salina Cruz).
24	Optimizar la cadena de valor integrada de hidrotratamiento de gasóleos, FCC, MTBE, Alquilación.
25	Implementar procesos de mayor producción de gasolina a partir de corrientes licuables (butanos, propano, propileno)
26	Incrementar la producción de Diésel UBA en unidades de Media presión con desarrollo de catalizadores de nueva generación, evaluación, selección y seguimiento
27	Desarrollo de catalizadores HDT para naftas de coquización
28	Actualización tecnológica del proceso de alquilación para eliminar el uso de ácido fluorhídrico
29	Disminuir incrustación en paredes externas de tubos de calentadores a fuego directo, quemadores con combustóleo.
30	Desarrollo de catalizadores de isomerización y optimización del proceso
31	Realizar estudios de inteligencia tecnológica para opciones de procesos y modelos de negocio en la valorización del azufre
32	Mejorar la sección catalítica de las unidades recuperadoras de azufre
33	Evaluar, seleccionar e implementar las mejores tecnologías para incrementar la capacidad de procesamiento de las plantas de azufre de los CPG's
34	Implementar las mejores prácticas operativas y control de las variables de operación en las unidades Claus*
35	Implantar programas de mantenimiento preventivo y correctivo para las plantas Claus*

*PEMEX Transformación Industrial específica que esta iniciativa no requiere desarrollo tecnológico.

En la Figura 24 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas en Refinación, entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(26)** Incrementar la producción de Diésel UBA en unidades de Media presión con desarrollo de catalizadores de nueva generación, evaluación, selección y seguimiento. **(11)** Actualización tecnológica del tren de lubricantes para recuperar e incrementar la producción de aceites básicos. **(20)** Incrementar la confiabilidad de equipos dinámicos. **(23)** Realizar la simulación rigurosa de las plantas primarias, alto vacío y combinadas considerando la nueva dieta de crudo a procesar en las refinerías de configuración FCC (Tula, Salamanca y Salina Cruz). **(9)** Tecnologías para mejorar el desempeño de las plantas de destilación atmosférica y de vacío. **(28)** Actualización tecnológica del proceso de alquilación para eliminar el uso de ácido fluorhídrico. **(33)** Evaluar, seleccionar e implementar las mejores tecnologías para incrementar la capacidad de procesamiento de las plantas de azufre de los CPG's. **(1)** Optimización de las dietas de crudo e incremento del proceso en las Refinerías del S.N.R., principalmente las de configuración FCC. **(2)** Incrementar la producción de Diésel UBA en unidades de Media

Presión con desarrollo de catalizadores e inversiones menores. y (17) Actualización tecnológica de los sistemas del convertidor, reacción y fraccionamiento de las unidades FCC.

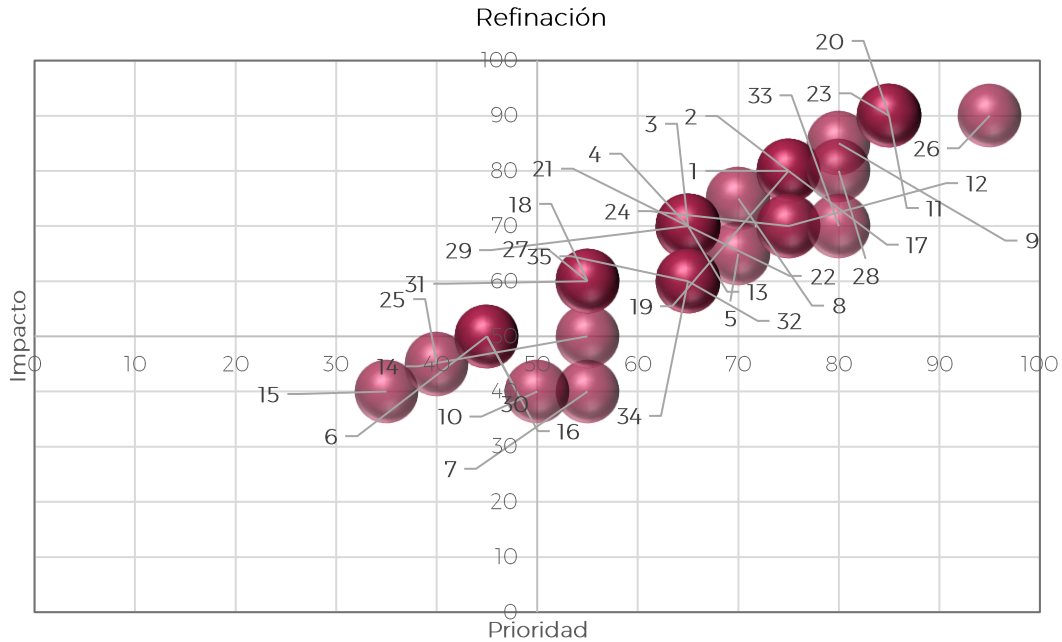


Figura 24. Matriz de necesidades tecnológicas en Refinación.

4.2.3 Procesos de Etileno

La Tabla 15 presenta un total de **14** necesidades tecnológicas identificadas para el área de Procesos de Etileno²⁵.

Tabla 15. Procesos de Etileno.

Necesidades tecnológicas	
1	Vaporizadores ecológicos
2	Línea de la TREP a C.P. Pajaritos y vaporizar etano importado en C.P. Pajaritos
3	Incrementar almacenamiento de etano
4	Iniciativa de reconversión de la planta de etileno a cracker de propano en el C.P. Morelos, y 2ª etapa de óxido de etileno
5	Iniciativa de reconversión de la planta de etileno a cracker de naftas en el C.P. Pajaritos
6	Producción de Etileno mediante proceso catalítico IMP (Oxylene) u otras tecnologías / materias primas
7	Producción de 1-Buteno (hidrogenación de butadieno)
8	PEBD: Modernizar sistemas de agitación
9	Actualización tecnológica para la optimización de la producción de polietileno de alta densidad
10	Actualización tecnológica para optimizar y/o ampliar la cartera de polímeros con enfoque comercial
11	Evaluar la instalación de PSA en Morelos o Cangrejera para suministro confiable de gases industriales
12	Valorar nuevas tecnologías de membranas
13	Actualización tecnológica para la optimización de servicios principales y el suministro confiable de gases industriales

²⁵ Ibid.



14	Evaluar viabilidad de alimentar la TREP Y Pajaritos con vapor y energía de los TG's en Pajaritos
-----------	--

De acuerdo con la matriz tecnológica en el área de Procesos de Etileno (Figura 25), algunas de las necesidades tecnológicas consideradas con mayor impacto y prioridad son: **(10)** Actualización tecnológica para optimizar y/o ampliar la cartera de polímeros con enfoque comercial. **(1)** Vaporizadores ecológicos. **(4)** Iniciativa de reconversión de la planta de etileno a cracker de propano en el C.P. Morelos, y 2ª etapa de óxido de etileno. **(5)** Iniciativa de reconversión de la planta de etileno a cracker de naftas en el C.P. Pajaritos. **(9)** Actualización tecnológica para la optimización de la producción de polietileno de alta densidad. **(11)** Evaluar la instalación de PSA en Morelos o Cangrejera para suministro confiable de gases industriales. **(13)** Actualización tecnológica para la optimización de servicios principales y el suministro confiable de gases industriales. **(6)** Producción de Etileno mediante proceso catalítico IMP (Oxylene) u otras tecnologías / materias primas. **(8)** PEBD: Modernizar sistemas de agitación e **(3)** Incrementar almacenamiento de etano.

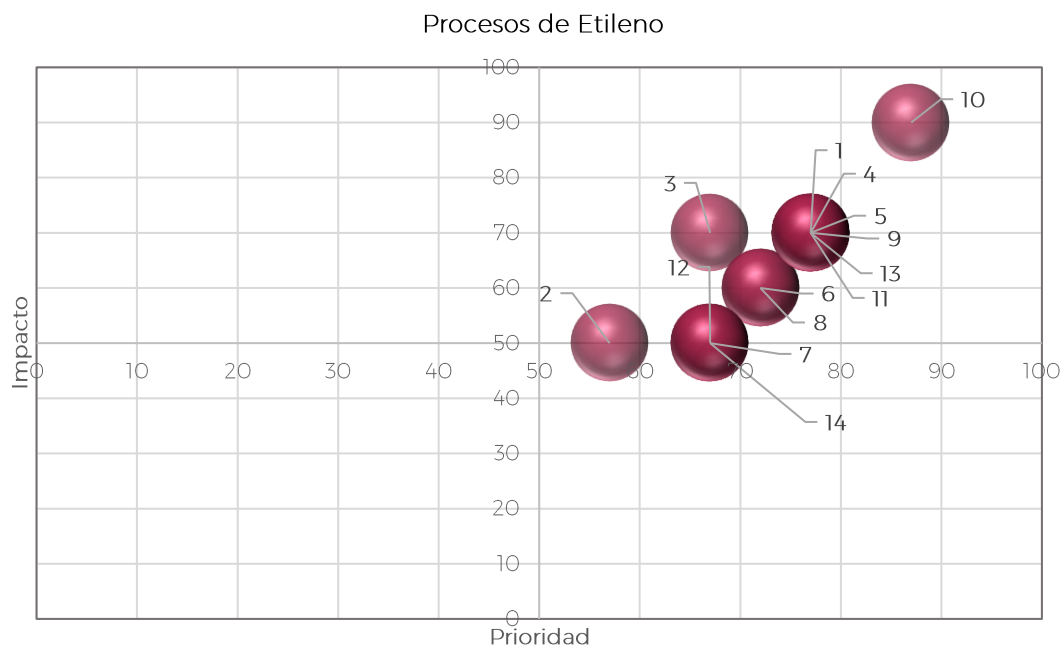


Figura 25. Matriz de necesidades tecnológicas en Procesos de Etileno.

4.2.4 Centros Procesadores de Gas (CPG's)

Referente a los Centros Procesadores de Gas se identificaron **24** necesidades tecnológicas²⁶ tal como se presenta en la Tabla 16.

Tabla 16. Centros Procesadores de Gas.

Necesidades tecnológicas	
1	Recuperación y fraccionamiento de licuables
2	Eliminación de impurezas (por ejemplo, nitrógeno)
3	Mantenimiento flexible, eficiencia y flexibilidad de compresión
4	Sistemas de medición
5	Modernización de sistemas de control de operaciones

²⁶ Ibid.



6	Optimización de infraestructura existente para la producción de gas natural y petroquímicos
7	Sistemas de desfuegos y quemadores
8	Recuperación de azufre
9	Tecnología alterna para el tratamiento integral de aguas residuales en centros de procesadores de gas
10	Desarrollo de procesos y técnicas de remediación y mitigación de la contaminación
11	Detección de fugas y anomalías como golpes, fisuras o perforaciones en las tuberías
12	Protección ambiental
13	Seguridad y confiabilidad
14	Torres de enfriamiento
15	Desarrollar catalizadores nacionales para la industria de la petroquímica
16	Asimilación tecnológica a través de estancias técnicas*
17	Formación de habilidades y competencias*
18	Tratamiento de agua de procesos
19	Nuevos procesos de endulzamiento de gas y condensados.
20	Determinación de situaciones críticas*
21	Principios y herramientas de administración de riesgos*
22	Monitoreo atmosférico
23	Realizar estudios en campo de las necesidades para fortalecer la industria petroquímica en México*
24	Catálisis combinatoria y diseño de catalizadores por computadora para procesos críticos.

*Necesidades de formación de capital humano

En la Figura 26 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas Referente a los Centros Procesadores de Gas, entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(1)** Recuperación y fraccionamiento de licuables. **(2)** Eliminación de impurezas (por ejemplo, nitrógeno). **(3)** Mantenimiento flexible, eficiencia y flexibilidad de compresión. **(5)** Modernización de sistemas de control de operaciones **(6)** Optimización de infraestructura existente para la producción de gas natural y petroquímicos. **(4)** Sistemas de medición. **(7)** Sistemas de desfuegos y quemadores. **(8)** Recuperación de azufre. **(9)** Tecnología alterna para el tratamiento integral de aguas residuales en centros de procesadores de gas. y **(14)** Torres de enfriamiento.

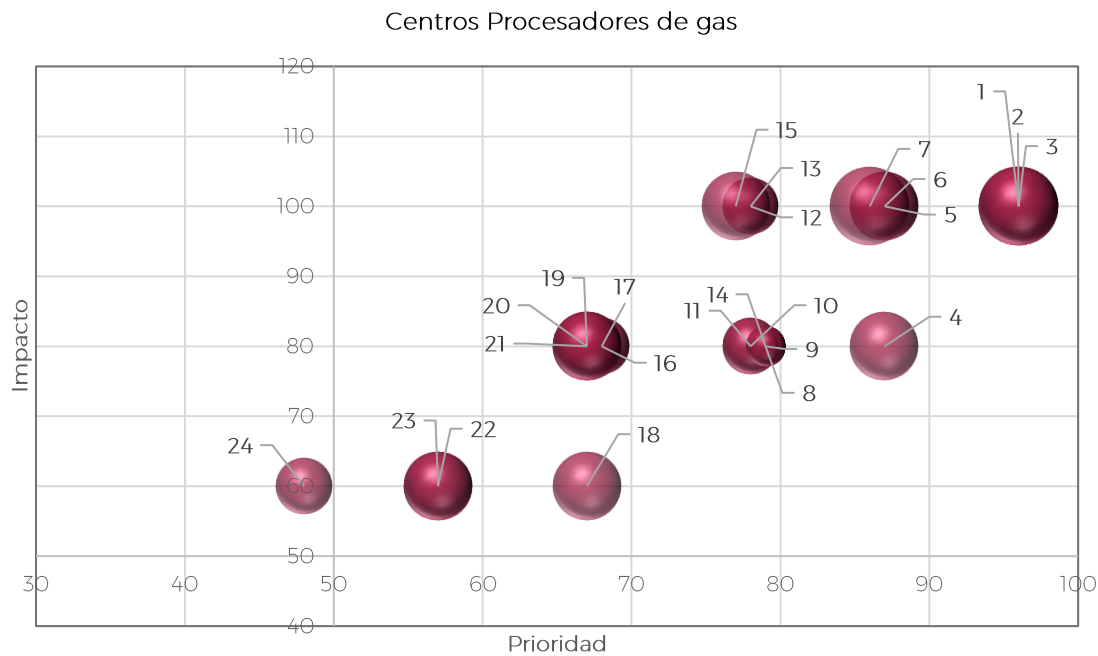


Figura 26. Matriz de necesidades tecnológicas en Centros Procesadores de gas.

4.2.5 Medio Ambiente e Impacto Social

En la Tabla 17 se muestran **29** rubros identificados como necesidades tecnológicas en la disciplina de Medio Ambiente e Impacto Social²⁷.

Tabla 17. Medio Ambiente e Impacto Social

Necesidades tecnológicas	
1	Modelos para determinar la vulnerabilidad de las unidades ambientales (aspectos sociales y físico-naturales)
2	Sistemas de información virtual e inteligente que permitan asociar, para un proceso o instalación específica, el tipo y cantidad de contaminantes que generarían, y su evaluación temporal y espacial
3	Sistemas inteligentes y automatizados para detectar, controlar y corregir contaminantes
4	Sistemas integrales de disminución de contaminantes, con reciclamiento y/o reutilización de materiales y residuos
5	Sensores físicos, químicos y biológicos
6	Indicadores de desempeño ambiental
7	Sistemas de evaluación de impacto en ecosistemas marinos y continentales
8	Sistemas de prevención y remediación de aguas continentales y oceánicas por la actividad petrolera.
9	Modelos de química y dinámica de aguas continentales y oceánicas
10	Sistemas ambientales para el aprovechamiento de hidratos de metano
11	Sistemas de información geográfica para el monitoreo e identificación de impactos ambientales.
12	Sistemas para prevenir, controlar y reducir los niveles de emisión de los gases de efecto invernadero (CO ₂ y CH ₄)
13	Sistemas de cuantificación y evaluación de emisiones
14	Sistemas de prospectiva energética-ambiental
15	Sistemas de captura y/o reutilización de CO ₂

²⁷ Ibid.



16	Ciclo del carbono
17	Sistemas de ciclo de vida de los combustibles
18	Sistemas de caracterización y evaluación de emisiones de contaminantes por combustibles fósiles y alternos.
19	Sistemas para el análisis socioeconómico del impacto ambiental por el uso de combustibles
20	Sistemas expertos sobre contaminación y uso de combustibles
21	Sistemas inteligentes para detectar, controlar y corregir la generación de contaminantes
22	Automatización e instrumentación para el análisis de muestras y detección de compuestos tóxicos
23	Sistemas de teledetección para la identificación y medición de contaminantes en zonas de alto riesgo o difícil acceso
24	Sistemas expertos para seguridad ambiental
25	Instrumentos económicos y externalidades especiales para la industria petrolera
26	Modelos de evaluación ambiental y socioeconómica
27	Indicadores económicos para la evaluación ambiental
28	Sistemas de análisis de riesgo y vulnerabilidad social
29	Identificar y evaluar variables para determinar la vulnerabilidad de las unidades ambientales (aspectos sociales y físico-naturales)

En la Figura 27 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas en Medio Ambiente e Impacto Social, entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(12)** Sistemas para prevenir, controlar y reducir los niveles de emisión de los gases de efecto invernadero (CO₂ y CH₄). **(2)** Sistemas de información virtual e inteligente que permitan asociar, para un proceso o instalación específica, el tipo y cantidad de contaminantes que generarían, y su evaluación temporal y espacial. **(13)** Sistemas de cuantificación y evaluación de emisiones. **(17)** Sistemas de ciclo de vida de los combustibles. **(28)** Sistemas de análisis de riesgo y vulnerabilidad social. **(16)** Ciclo del carbono. **(7)** Sistemas de evaluación de impacto en ecosistemas marinos y continentales. **(29)** Identificar y evaluar variables para determinar la vulnerabilidad de las unidades ambientales (aspectos sociales y físico-naturales). **(14)** Sistemas de prospectiva energética-ambiental. y **(21)** Sistemas inteligentes para detectar, controlar y corregir la generación de contaminantes.

Medio Ambiente e Impacto Social

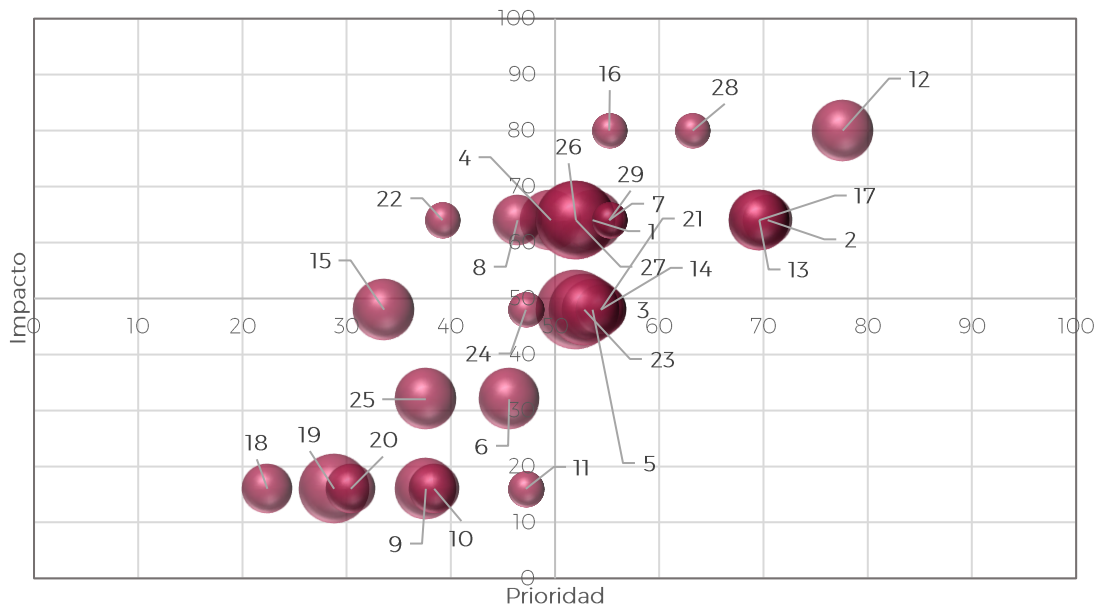


Figura 27. Matriz de necesidades tecnológicas en Medio Ambiente e Impacto Social.

4.3 PEMEX LOGÍSTICA

4.3.1 Tratamiento y Logística Primaria

En la Tabla 18 se muestran **14** rubros identificados como necesidades tecnológicas en la disciplina de Tratamiento y Logística Primaria²⁸.

Tabla 18. Tratamiento y Logística Primaria

Necesidades tecnológicas	
1	Deshidratación y desalado de crudo
2	Monitoreo de sistemas de transporte
3	Modelos de simulación dinámica para sistemas de transporte de hidrocarburos en ductos
4	Herramienta informática para administrar contratos con usuarios de los permisos de la STLP
5	Herramienta informática para el control volumétrico
6	Sistemas para control de mezclado de crudo en línea
7	Sistemas de detección de fugas en ductos
8	Determinación de mermas en crudo
9	Eliminación de nitrógeno
10	Mejoradores de flujo
11	Sistemas de calentamiento de crudo
12	Manejo de contaminantes en el gas amargo
13	Capacitación en mecánica de flujo
14	Capacitación en evaluación técnico-económica para proyectos de hidrocarburos

En la Figura 28 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas en Tratamiento y Logística Primaria, entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(1)** Deshidratación y desalado de crudo. **(2)** Monitoreo de sistemas de transporte. **(3)** Modelos de simulación dinámica para sistemas de transporte de hidrocarburos en ductos. **(4)** Herramienta informática para administrar contratos con usuarios de los permisos de la STLP. **(5)** Herramienta informática para el control volumétrico. y **(14)** Capacitación en evaluación técnico-económica para proyectos de hidrocarburos.

²⁸ PEMEX Logística, 2019.



Tratamiento y Logística Primaria

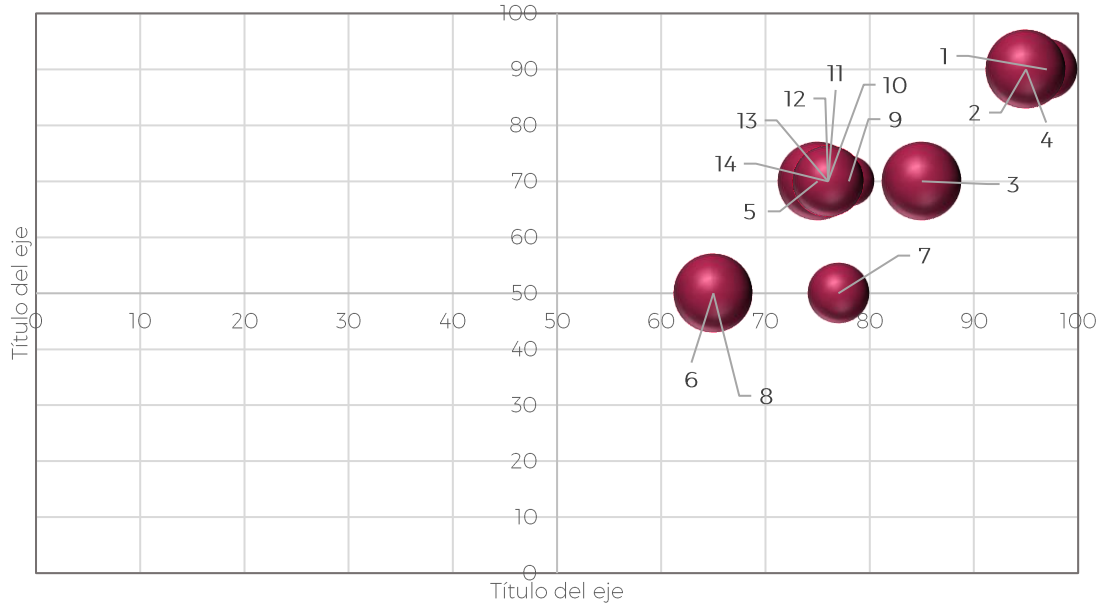


Figura 28. Matriz de necesidades tecnológicas en Tratamiento y Logística Primaria.

4.3.2 Transporte

En la Tabla 19 se muestran **8** rubros identificados como necesidades tecnológicas en la disciplina de Transporte²⁹.

Tabla 19. Transporte

Necesidades tecnológicas	
1	Mejorar la integridad de ductos mediante el uso de las mejores técnicas de inspección y evaluación (monitoreo del recubrimiento mecánico y el espesor en tiempo real)
2	Minimizar la velocidad de la corrosión interna y externa
3	Mejorar e implementar tecnologías de limpieza, calibración e inspección de líneas (donde no se tiene la posibilidad de correr un diablo instrumentado)
4	Minimizar el volumen de interfases
5	Reducir la viscosidad en los crudos pesados y extrapesados para facilitar su transporte
6	Implantar tecnologías de mejoradores de flujo
7	Contar con información actualizada, confiable y organizada que apoye la coordinación, operación y mantenimiento de la infraestructura
8	Equipos de monitoreo de ductos en tiempo real con base en métodos acústicos y cálculo de balance de materia y energía

En la Figura 29 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas en Transporte, entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(1)** Mejorar la integridad de ductos mediante el uso de las mejores técnicas de inspección y evaluación (monitoreo del recubrimiento

²⁹ Ibid.



mecánico y el espesor en tiempo real). **(2)** Minimizar la velocidad de la corrosión interna y externa y **(3)** Mejorar e implementar tecnologías de limpieza, calibración e inspección de líneas (donde no se tiene la posibilidad de correr un diablo instrumentado).

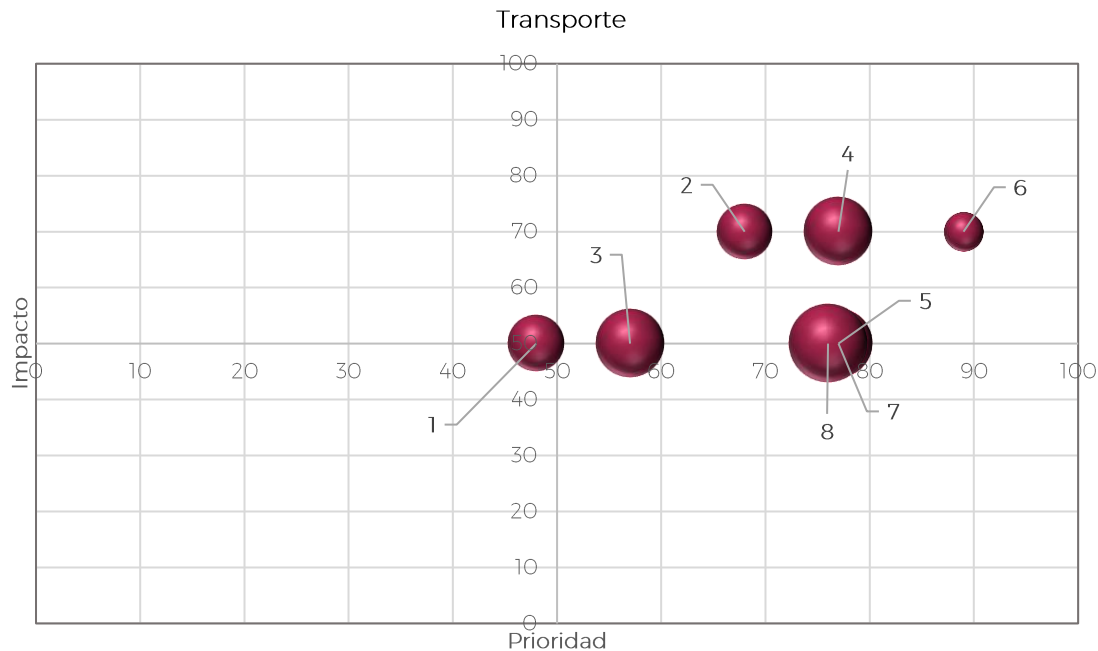


Figura 29. Matriz de necesidades tecnológicas en Transporte.

4.3.3 Almacenamiento y Despacho

En la Tabla 20 se muestran 5 rubros identificados como necesidades tecnológicas en la disciplina de Almacenamiento y Despacho³⁰.

Tabla 20. Almacenamiento y Despacho

Necesidades tecnológicas	
1	Tecnologías de inspección de la infraestructura
2	Tecnologías de mantenimiento y confiabilidad
3	Tecnología de equipo de laboratorio de calidad
4	Optimización del uso de energía
5	Certificación de personal en mecanismos de medición de hidrocarburos con CENAM

En la Figura 30 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas en Almacenamiento y Despacho, entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(1)** Tecnologías de inspección de la infraestructura. **(2)** Tecnologías de mantenimiento y confiabilidad. **(3)** Tecnología de equipo de laboratorio de calidad y **(4)** Optimización del uso de energía.

³⁰ Ibid.



Almacenamiento y Despacho

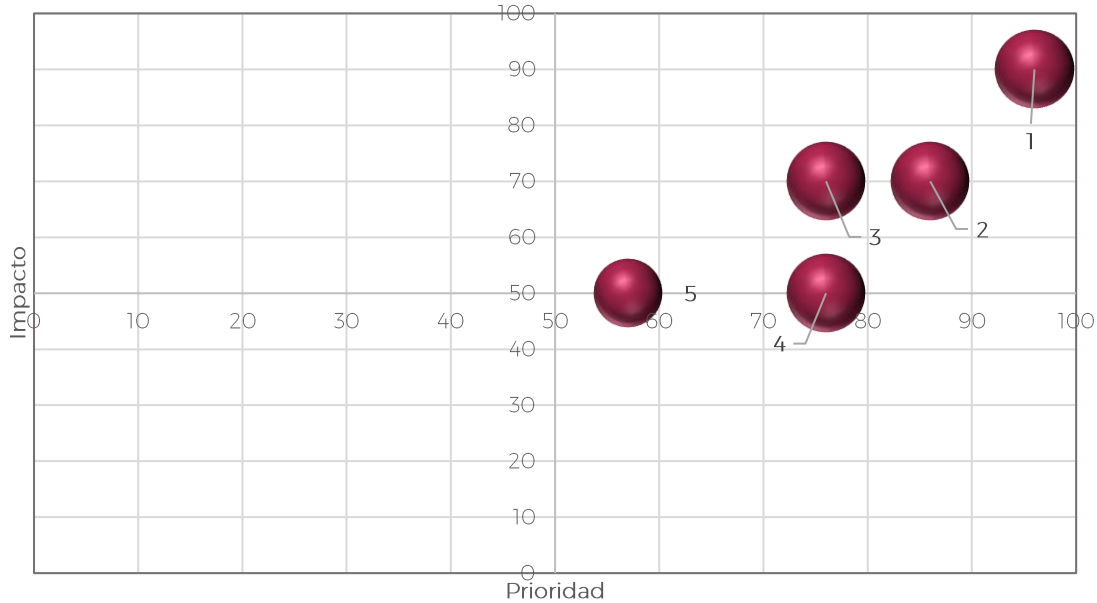


Figura 30. Matriz de necesidades tecnológicas en Almacenamiento y Despacho.

4.3.4 Transversales (Medición, Balances y Comercial)

En la Tabla 21 se muestran **22** rubros identificados como necesidades tecnológicas en la disciplina de Transversales (Medición, Balances y Comercial)³¹.

Tabla 21. Transversales (Medición, Balances y Comercial)

Necesidades tecnológicas	
1	Capacitación en competencia metrológica para la acreditación de especialistas en medición ante la entidad correspondiente
2	Capacitación en sistemas de medición, incluye temas de las variables de presión, flujo, temperatura, nivel, densidad y cálculo de incertidumbre
3	Capacitación en sistema de gestión de las mediciones en base a la NMX 10012:2004
4	Formación de auditores internos en SGM
5	Modelos de determinación de balances masa, volumen y energía
6	Modelos de determinación de incertidumbre combinada incluyendo el cálculo de la DMP por PTC o sistema de transporte en sistemas de medición en línea y telemedición avalado por el CENAM
7	Certificación en ISO del sistema de gestión de las mediciones
8	Desarrollo de un sistema informático para la gestión de la confirmación metrológica de los sistemas de medición.
9	Desarrollo de un sistema informático para la funcionalidad del SGM y módulo de calidad.
10	Sistema de gestión de la información comercial para el seguimiento, evaluación y desarrollo de negocios
11	Modelos de determinación de costos de almacenamiento, transporte y oportunidad

³¹ Ibid.

12	Sistema de información para la determinación de tarifas para servicios de transporte y almacenamiento de hidrocarburos y petrolíferos, así como los servicios asociados
13	Capacitación para certificación en Datawarehousing y Datamining para la generación y análisis de balances
14	Capacitación para la certificación en Modelos de determinación de incertidumbre combinada incluyendo el cálculo de la DMP por PTC o sistema de transporte en sistemas de medición en línea y telemedición
15	Capacitación en Business Intelligence para el desarrollo de tableros ejecutivos y automatización de reportes de balances operativos y comerciales tales como Cristal Reports, Qlikview y Power BI
16	Capacitación para la certificación en la administración de bases de datos y plataformas de desarrollo tales como Suite de MS SQL, ASP y NET
17	Capacitación para la certificación en el desarrollo de aplicaciones móviles para Android y IOS
18	Capacitación para la certificación en excel básico, intermedio y avanzado
19	Capacitación para la certificación en protocolos de comunicación industriales tales como MODBUS, FIELBUS, BSAP y OPC.
20	Desarrollo de interfaces con bases de datos de diferentes plataformas institucionales
21	Desarrollo de algoritmos para la determinación del balance de hidrocarburos en diferentes fases
22	Desarrollo de aplicación para asignación retroactiva y banco de calidad para crudo

En la Figura 31 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas en áreas transversales (medición, balances y comercial), entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(1)** Capacitación en competencia metrológica para la acreditación de especialistas en medición ante la entidad correspondiente. **(2)** Capacitación en sistemas de medición, incluye temas de las variables de presión, flujo, temperatura, nivel, densidad y cálculo de incertidumbre. **(3)** Capacitación en sistema de gestión de las mediciones en base a la NMX 10012:2004. **(5)** Modelos de determinación de balances masa, volumen y energía. **(6)** Modelos de determinación de incertidumbre combinada incluyendo el cálculo de la DMP por PTC o sistema de transporte en sistemas de medición en línea y telemedición avalado por el CENAM. **(8)** Desarrollo de un sistema informático para la gestión de la confirmación metrológica de los sistemas de medición. **(10)** Sistema de gestión de la información comercial para el seguimiento, evaluación y desarrollo de negocios. **(12)** Sistema de información para la determinación de tarifas para servicios de transporte y almacenamiento de hidrocarburos y petrolíferos, así como los servicios asociados. **(13)** Capacitación para certificación en Datawarehousing y Datamining para la generación y análisis de balances. **(14)** Capacitación para la certificación en modelos de determinación de incertidumbre combinada incluyendo el cálculo de la DMP por PTC o sistema de transporte en sistemas de medición en línea y telemedición. **(15)** Capacitación en Business Intelligence para el desarrollo de tableros ejecutivos y automatización de reportes de balances operativos y comerciales tales como Cristal Reports, Qlikview y Power BI. **(16)** Capacitación para la certificación en la administración de bases de datos y plataformas de desarrollo tales como Suite de MS SQL, ASP y NET. **(17)** Capacitación para la certificación en el desarrollo de aplicaciones móviles para Android y IOS. **(18)** Capacitación para la certificación en excel básico, intermedio y avanzado. **(19)** Capacitación para la certificación en protocolos de comunicación industriales tales como MODBUS, FIELBUS, BSAP y OPC. **(20)** Desarrollo de interfaces con bases de datos de diferentes plataformas institucionales. **(21)** Desarrollo de algoritmos para la determinación del balance de hidrocarburos en diferentes fases. y **(22)** Desarrollo de aplicación para asignación retroactiva y banco de calidad para crudo



Transversales (Medición, Balances y Comercial)

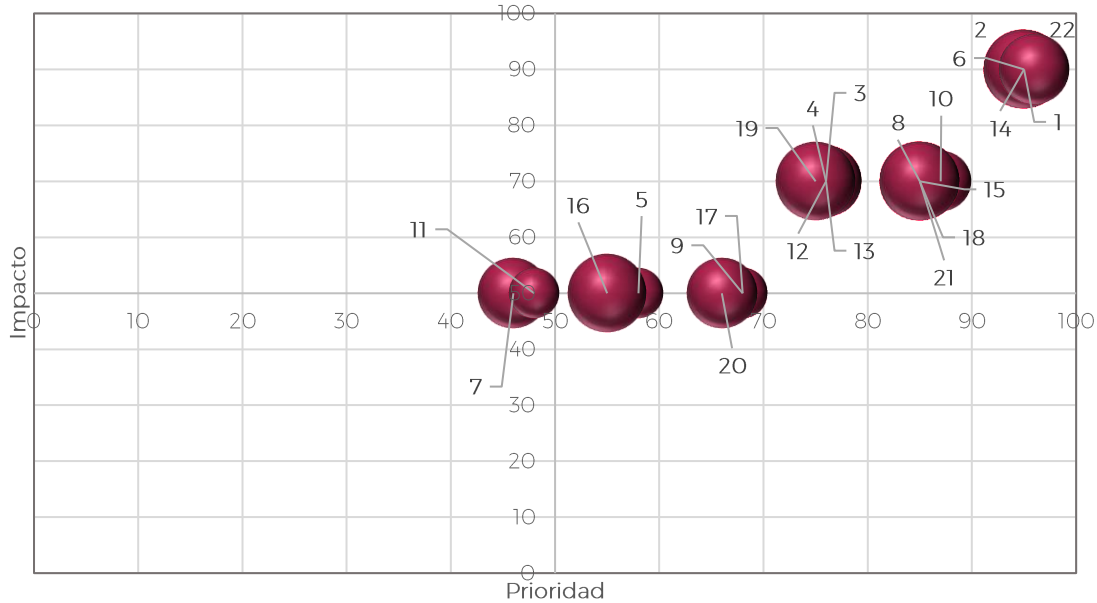


Figura 31. Matriz de necesidades tecnológicas en Transversales (Medición, Balances y Comercial).

4.3.5 Transversales (SIPA)

En la Tabla 22 se muestran **10** rubros identificados como necesidades tecnológicas en la disciplina de Transversales en Seguridad Industrial y Protección Ambiental (SIPA)³².

Tabla 22. Transversales (SIPA)

Necesidades tecnológicas	
1	Capacitación para certificación ISO 45001 "Sistemas de gestión de salud y seguridad en el trabajo - requisitos y orientación para el uso"
2	Capacitación para certificación ISO 14001 "Sistemas de gestión ambiental"
3	Capacitación para certificación en análisis de riesgos del proceso y seguridad funcional
4	Capacitación para certificación para Inspección y pruebas no destructivas
5	Capacitación en sistemas contra incendio NFPA
6	Capacitación para certificación en la elaboración de Análisis Causa Raíz (ACR)
7	Reducir las emisiones de metano
8	Reducción del pasivo ambiental
9	Capacitación en bonos de carbono
10	Capacitación para certificación ISO 50001 "Sistema de gestión de energía"

En la Figura 32 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas en Transversales (SIPA), entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(1)** Capacitación para certificación ISO 45001 "Sistemas de gestión de salud y seguridad en el trabajo - requisitos y orientación para el uso". **(2)** Capacitación para certificación ISO 14001 "Sistemas de gestión ambiental". **(3)** Capacitación para certificación en análisis

³² Ibid.



de riesgos del proceso y seguridad funcional. **(4)** Capacitación para certificación para inspección y pruebas no destructivas. **(5)** Capacitación en sistemas contra incendio NFPA. **(6)** Capacitación para certificación en la elaboración de Análisis Causa Raíz (ACR). **(7)** Reducir las emisiones de metano. **(8)** Reducción del pasivo ambiental. **(9)** Capacitación en bonos de carbono. y **(10)** Capacitación para certificación ISO 50001 "Sistema de gestión de energía".

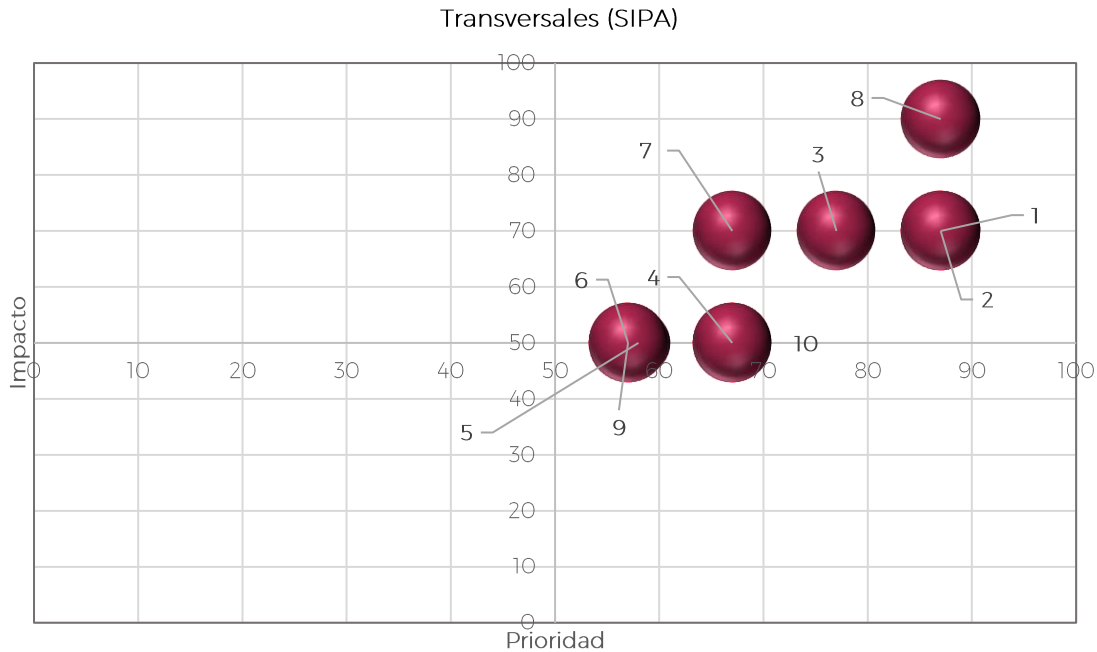


Figura 32. Matriz de necesidades tecnológicas en Transversales (SIPA).

4.4 PEMEX FERTILIZANTES

4.4.1 Confiabilidad y Eficiencia

Para la disciplina de Confiabilidad y Eficiencia de Pemex Fertilizantes se identificaron **8** necesidades tecnológicas³³ tal como se presenta en la Tabla 23.

Tabla 23. Confiabilidad y Eficiencia

Necesidades tecnológicas	
1	Mejorar la confiabilidad de las plantas de producción de amoniaco en Cosoleacaque
2	Modernizar el sistema de reacción de plantas de amoniaco incorporando mejoras a los catalizadores
3	Modernizar los instrumentos y sistemas de control de producción de amoniaco y urea
4	Herramienta informática para el control volumétrico en tiempo real para balances de materia y energía
5	Optimización del manejo y almacenamiento de amoniaco
6	Modernización de control de acceso para carga de amoniaco y urea a través de autotanques en centros embarcadores
7	Desarrollo tecnológico para la elaboración en sitio de resina de urea formaldehído (UF-85).
8	Capacitación para certificación ISO 50001 "Sistema de gestión de energía"

³³ PEMEX Fertilizantes, 2019.



En la Figura 33 se presenta la matriz de necesidades tecnológicas en Producción de Amoniaco y Urea, entre las que destacan por su alto impacto y prioridad: **(1)** Mejorar la confiabilidad de las plantas de producción de amoniaco en Cosoleacaque. **(2)** Modernizar el sistema de reacción de plantas de amoniaco incorporando mejoras a los catalizadores. **(3)** Modernizar los instrumentos y sistemas de control de producción de amoniaco y urea. **(4)** Herramienta informática para el control volumétrico en tiempo real para balances de materia y energía. **(5)** Optimización del manejo y almacenamiento de amoniaco. y **(7)** Desarrollo tecnológico para la elaboración en sitio de resina de urea formaldehído (UF-85).

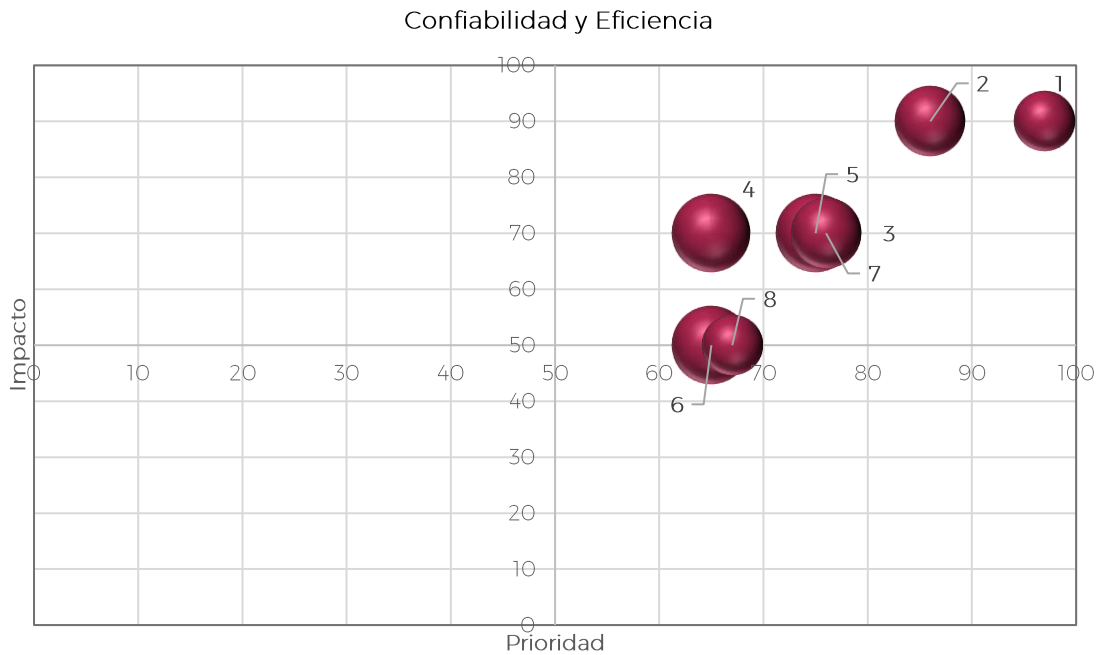


Figura 33. Matriz de necesidades tecnológicas en Confiabilidad y Eficiencia.



5. PROYECTOS TECNOLÓGICOS DEL SECTOR HIDROCARBUROS (PEMEX)

Derivado de la información recabada en los talleres de “Identificación de Necesidades Tecnológicas del Sector Hidrocarburos” y reuniones de trabajo entre SENER-PEMEX- CONACyT-IMP-CENAM, se muestra la propuesta de proyectos prioritarios presentados en dichos talleres.

Al respecto, es importante mencionar que la propuesta de proyectos prioritarios que PEMEX estableció y la cual se encuentra vertida en esta sección se presenta con la finalidad de direccionar las próximas Convocatorias del Fondo Sectorial CONACyT-SENER-Hidrocarburos a las nuevas necesidades tecnológicas que la industria petrolera nacional demanda. Asimismo, se hace hincapié para que los proyectos que actualmente están en ejecución en dicho Fondo Sectorial sigan siendo alineados a cumplir con los requerimientos de la política energética actual, de forma tal, que sean del interés y tengan aplicabilidad en Petróleos de Mexicanos.

5.1 PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

5.1.1 Recuperación Secundaria y Mejorada

Por parte de Pemex Exploración y Producción, en particular la Gerencia de Recuperación Secundaria y Mejorada considera los siguientes proyectos como prioritarios:

- Proyecto sustentable de CCS-EOR en México. (desarrollo de tecnología)
- Prueba piloto de Recuperación Mejorada en zonas invadidas por agua: Caso Samaria Cretácico. (desarrollo de tecnología)
- Proyecto de Doble Desplazamiento Vía Inyección de Aire. (desarrollo de tecnología)
- Inyección de vapor en el campo Toteco (Cerro Azul) y campo Angostura (Veracruz). (desarrollo de tecnología)
- Generador de vapor en fondo. (Investigación aplicada)

5.1.2 Medición y aprovechamiento de hidrocarburos (CENAM-PEMEX)³⁴

Asimismo, en materia de medición y aprovechamiento de hidrocarburos los proyectos propuestos son los siguientes:

- Diseño y construcción del Patrón Nacional de Flujo de Gas Natural (PNFGN).
- Desarrollo del Patrón Nacional de Poder Calorífico de Gas Natural.
- Estrategias para dar soporte metrológico a los sectores o actores involucrados en el incumplimiento de la NOM-016-CRE-2016 (Especificaciones de calidad de los petrolíferos).
- Calidad de combustibles no renovables medibles en fase gas.
- Calidad de combustibles renovables medibles en fase gas.
- Capacitación especializada en medición de hidrocarburos (“Especialización en Medición de Flujo de Fluidos”).
- Monitoreo integrado para las variables operativas en tiempo real.
- Simulación dinámica de los efectos del transporte de crudo y agua congénita en los oleoductos de Pemex E&E.
- Estación de certificación para medidores volumétricos de gas.
- Medición multifásica de fluidos.

5.2 PEMEX TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL

Con relación a los proyectos correspondientes a Pemex Transformación Industrial se tienen las siguientes propuestas:

- Escalamiento del proceso para la adsorción selectiva de nitrogenados para la producción de Diésel de Ultra Bajo Azufre (DUBA).

³⁴ CENAM, 2019.

- Alternativas de esquemas de procesos para incrementar la producción de Diésel UBA en unidades de media presión con desarrollo de catalizadores e inversiones menores.
- Iniciativas de Cogeneración entre Pemex y CFE (Refinerías y Centros Procesadores de Gas).
- Estudio para la introducción de mejoras de diseño en la sección de destilación combinada para mejorar el desempeño del tren energético y equipos críticos, sistema de vacío y dieta de crudo para aumentar el procesamiento de crudo en la Refinería de Salamanca.
- Actualización tecnológica del tren de lubricantes para recuperar e incrementar la producción de aceites básicos.
- Evaluación en planta piloto de nuevos catalizadores y optimización de formulaciones de baja carga metálica para la hidrodesulfuración profunda de Diésel.
- Estudios en plantas piloto de variables de proceso, generación de bases de datos robustas para la simulación y optimización de las unidades FCC.
- Optimización de la infraestructura del anillo de hidrógeno y su disponibilidad para los procesos de refinación.
- Realizar la simulación rigurosa de las plantas primarias, alto vacío y combinadas considerando la nueva dieta de crudo a procesar en las seis refinerías.
- Evaluación tecnológica del proceso de alquilación para eliminar el uso de ácido fluorhídrico.
- Desarrollo de un simulador robusto en estado estacionario y dinámico de procesos de refinación con los modelos para cada una de las refinerías del SNR.

5.2.1 Etileno

Por su parte, el área dentro de Pemex enfocada a procesos en Etileno propuso los siguientes proyectos que se pretenden desarrollar en el Centro de Investigación, Desarrollo y Servicios (CIDS) localizado en las instalaciones del IMP:

- Desarrollo y actualización del paquete de aditivos para mejorar el desempeño y procesabilidad de los polímeros producidos en Pemex Transformación Industrial,
- Desarrollo de opciones tecnológicas para contar con una plataforma de compuestos plásticos de base biológica (biobasados),
- Desarrollo de tecnología de los polímeros de especialidad de polietileno producidos en Pemex Transformación Industrial,
- Desarrollo del sistema de agitación del reactor de la planta de polietileno de baja densidad del Complejo Petroquímico Cangrejera,
- Asimilación Tecnológica para el Desarrollo de un Sistema Integral para la Optimización Energética en Pemex Transformación Industrial.

5.3 OTROS PROYECTOS IDENTIFICADOS

Asimismo, la Subsecretaría de Hidrocarburos a través de la Dirección General de Exploración y Extracción de Hidrocarburos ha identificado algunos proyectos que resultan importantes para atender algunos de los requerimientos de las necesidades tecnológicas presentadas en secciones anteriores. Por lo que, se presentan a continuación aquellos proyectos visualizados con posibilidad de implementarse de forma inmediata por el alto impacto en la atención a los retos que demanda el sector petrolero, particularmente en exploración y extracción de hidrocarburos.

5.3.1 Ingeniería de Yacimientos

- Estudios que fomenten el conocimiento de la compresibilidad de la formación en función de la presión y el tiempo, para estimaciones de volumen original de hidrocarburos. (Ejemplo Campo Ayatsil-Tekel)
- Estudios de aceite remanente en la Faja de Oro (parte terrestre y marino) y estudios de conificación (actualmente existen pozos cerrados con 60-80% de agua).

- Estudios geológicos sobre trampas locales en yacimientos naturalmente fracturados (Casos de Campo Cantarell, Abkatún-Pol-Chuck y Ku-Maloob-Zaap)
- Optimización en la explotación de yacimientos de gas de baja permeabilidad, especialmente con los problemas de espaciamento.
- Determinación del volumen de drene en pozos.
- Esquema de explotación futuro en campos invadidos en su casquete de gas debido a la inyección continua de nitrógeno. (Ejemplo Campos Jujo Tecominoacán, Akal y Antonio Bermudez)
- Estudios para el Campo Abkatún, actualmente se encuentra invadido por agua.
- Esquema de explotación para los Campos Moloacán, Samaria Terciario y Ébano-Pánuco.
- Estudios para incrementar el factor de recuperación en los Campos Tamaulipas y Constituciones.
- Revisión de potencial en campos de la Faja de Oro.
- Estudios de geomecánica para conocer esfuerzos basados en pozos.

5.3.2 Yacimientos de gas y condensado

- Esquemas de optimización en la explotación de yacimientos de gas y condensado. (Casos Campo Ixachi con evidencia de acuífero y presión anormal, y Campo Nejo).
- Obtención de recuperación de condensados en un yacimiento de gas y condensado.

5.3.3 Caracterización Dinámica de Yacimientos

- Estudios para la estimación de las permeabilidades relativas *in-situ* en arenas y yacimientos naturalmente fracturados para mejorar los simuladores y diseño de pruebas en pozo (Metodología).
- Estudios para la estimación de la función de distribución de tamaño de bloque en yacimientos naturalmente fracturados, procesos selectivos de recuperación mejorada.
- Estudio para detectar y evaluar fallas conductivas en yacimientos naturalmente fracturados (Caso Campo Jujo-Tecominoacán)
- Estudio de conectividad en yacimientos naturalmente fracturados

5.3.4 Productividad de pozos

- Evaluación de pozos que no fluyen.
- Esquemas de explotación de campos para maximizar el uso de la energía.

5.3.5 Recuperación secundaria y mejorada

- Pruebas de Inyección de doble desplazamiento.
- Inyección cíclica de vapor orientada en areniscas (Casos Campo Moloacán y Samaria Terciario)
- Desarrollo de un equipo en pozo para dirigir el vapor en un proceso de inyección cíclica de vapor orientada.

Finalmente, es importante señalar que el presente documento constituye uno de los primeros instrumentos que brinda claridad sobre las necesidades tecnológicas que demanda el sector hidrocarburos alineados a política energética plasmada en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, incorporando los retos tecnológicos de Petróleos Mexicanos y sus Empresas Productivas Subsidiarias, el cual contribuye a la definición de prioridades en materia de investigación y desarrollo tecnológico del país. Sin embargo, es necesario establecer los posibles mecanismos de atención de las tecnologías en el corto, mediano y largo plazo, para garantizar la competitividad y productividad en la mejora de los procesos clave de la cadena de valor de los hidrocarburos, por lo que actualmente se continúa trabajando en la elaboración del instrumento tecnológico a un nivel más detallado para integrar los mecanismos de atención y tener proyectos específicos para atender cada necesidad tecnológica.

CONCLUSIONES Y RESULTADOS

El presente documento integra las necesidades tecnológicas identificadas en el Sector Hidrocarburos, el cual surge de la revisión y análisis de documentos técnicos de carácter tecnológico previos del Sector³⁵, que es resultado del trabajo interinstitucional entre SENER-PEMEX-CONACYT-IMP-CENAM, teniendo como objetivo principal identificar las necesidades tecnológicas del Sector Hidrocarburos, así como la jerarquización de las mismas alineadas al Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 y los Programas Sectoriales derivados, así como del Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos 2019-2023, identificando de esta manera las necesidades y tecnologías críticas así como la formación de recursos humanos especializados para apoyar los compromisos en cuanto a incorporación de reservas, producción de aceite y gas natural y obtención de productos petrolíferos en Refinación, Gas y Petroquímica Básica, y Fertilizantes; así como en temas referentes a Logística y Comercialización de hidrocarburos.

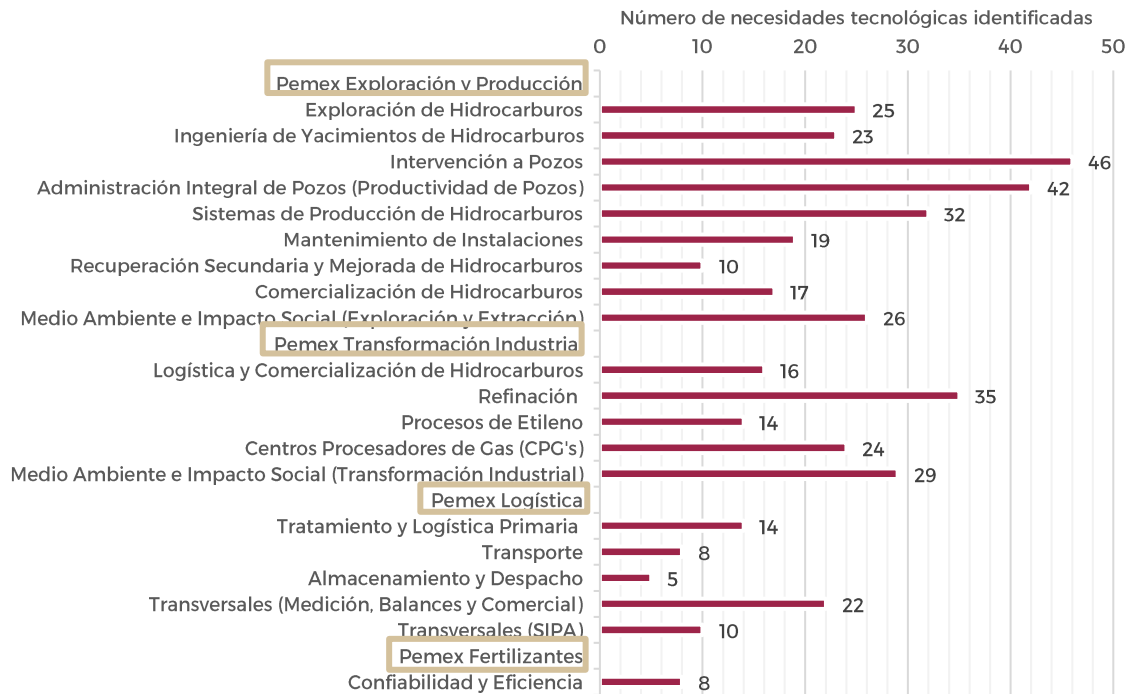
Derivado de la elaboración del presente documento se desprenden las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Actualmente, el país se encuentra bajo un escenario en donde las reservas probadas al 1 de enero de 2019 se cuantifican en 7.9 MMBpce que a ritmos actuales de producción alcanzaría para 8.5 años. Mientras que la caída de producción de aceite a octubre del 2019 ha sido de 51%, desde su referencia máxima en 2004. Por otra parte, la producción de gas natural sin nitrógeno fue de 3,781 MMpcd, lo cual representó una caída de producción de 38% desde el año 2009, siendo México importador de este fluido en 69%. A octubre de 2019, la producción de petrolíferos en el país, derivado de la demanda nacional creciente, trajo consigo que se hayan importado en promedio el 77% y 68% de los volúmenes comercializados a nivel nacional de gasolina y diésel, respectivamente. Por su parte, el Sistema Nacional de Refinación, reporta en uso cerca del 32% de la capacidad total instalada para procesos de refinación en el país (cuya capacidad instalada de refinación es de 1,615 Mbd, a octubre de 2019).
2. Ante tal contexto, resulta imprescindible orientar la investigación y desarrollo tecnológico para mejorar las capacidades productivas de Petróleos Mexicanos que sumen para alcanzar la soberanía y seguridad energética que el país demanda, vinculando el desarrollo de contenido nacional con el desarrollo tecnológico dirigido a atender los retos tecnológicos del sector, fomentando la integración de las cadenas productivas en la industria mediante la inversión directa, a fin de fortalecer las capacidades nacionales.
3. Mediante el análisis de matrices tecnológicas fue posible visualizar aquellas necesidades tecnológicas de la cadena de valor de los hidrocarburos que son prioritarias para la industria petrolera nacional, las cuales se encuentran indicadas en cada matriz con alta prioridad e impacto. Dichos elementos gráficos representan un instrumento de diagnóstico clave que muestra los requerimientos de tecnología específicos para cada disciplinada de la Cadena de Valor de los Hidrocarburos.
4. Lo anterior fue posible gracias a la implementación de matrices gráficas que consideran en sus ejes el Impacto de la tecnología en la cadena de valor de los hidrocarburos (reservas, producción, entre otros) y la prioridad de ejecución (qué tan urgente es la tecnología para cumplir con los retos de política energética actual), mientras que el tamaño de la esfera representa la factibilidad técnica y económica para la implementación de la tecnología.
5. De esta forma, se identificaron, jerarquizaron y evaluaron de forma práctica un total de 425 necesidades tecnológicas del Sector Hidrocarburos (Figura 34). De las cuales, por parte de Pemex Exploración y Producción, la disciplinas con mayor número de necesidades tecnológicas identificadas fueron: Intervención a Pozos con 46, Administración Integral de Pozos (Productividad de Pozos) con 42 y Sistemas de Producción de Hidrocarburos con un total de 32 necesidades tecnológicas. Asimismo, referente a Pemex Transformación Industrial, las áreas tecnológicas que reportaron mayor número de necesidades tecnológicas fueron: Refinación con 35, Medio Ambiente e Impacto Social desde la perspectiva de Transformación Industrial con 29 y Centros Procesadores de Gas con 24 necesidades. Por otro lado, en Pemex Logística las áreas con mayor número de necesidades

³⁵ 1) Programa de investigación, desarrollo de tecnología y formación de recursos humanos especializados "Fondo Sectorial CONACYT-Secretaría de Energía- Hidrocarburos" 2007-2012, 2) Guía para el cumplimiento de la Transferencia Tecnológica y Capacitación del Contenido Nacional en las Actividades del Sector Hidrocarburos a cargo de los Asignatarios y Contratistas, ITESM-CNH 2019, y 3) Programa Estratégico Tecnológico 2013-2027, Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios.

tecnológicas fueron Transversales (medición, balances y comercial) con 22, Tratamiento y Logística Primaria con 14, y Transversales (SIPA) con 10. Finalmente, en Pemex Fertilizantes se reportó total de 8 necesidades tecnológicas, todas ellas en el área de Confiabilidad y Eficiencia.

Necesidades Tecnológicas del Sector Hidrocarburos



Total 425 Necesidades Tecnológicas del Sector Hidrocarburos

Figura 34. Necesidades tecnológicas identificadas en el sector hidrocarburos.

- Se recomienda tomar en consideración el presente documento que integra las necesidades tecnológicas del Sector Hidrocarburos para alinear el desarrollo tecnológico, investigación y formación de recursos humanos de la industria petrolera nacional a los retos tecnológicos que el Sector demanda. Asimismo, es importante señalar que uno de los alcances del presente trabajo es direccionar las próximas Convocatorias del Fondo Sectorial CONACyT-Secretaría de Energía-Hidrocarburos a las necesidades tecnológicas que la industria petrolera nacional demanda, así como promover que los proyectos que actualmente se encuentran en ejecución en dicho Fondo Sectorial sigan siendo alineados a cumplir con los requerimientos de la política energética actual.

Cabe señalarse que el presente trabajo muestra un panorama tecnológico del Sector Hidrocarburos sujeto a cambios y ajustes derivado de la actualización y modificación de los planes estratégicos nacionales en materia energética, por lo que se recomienda su actualización de forma periódica con el objeto de direccionar el desarrollo tecnológico de la industria petrolera nacional a los requerimientos tecnológicos vigentes. Este documento, además, conforma el instrumento base que integra las necesidades tecnológicas del sector hidrocarburos cuyo alcance es brindar claridad sobre los retos tecnológicos que demanda el sector, por lo que se continúa trabajando en una segunda herramienta en la que se aterricen con mayor detalle las necesidades tecnológicas con sus posibles mecanismos de atención.

La información vertida en el presente documento se encuentra sujeta a cambios y ajustes debido a las condiciones de mercado, cambios en el marco legal y por la actualización de los instrumentos de Planeación como lo son el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 y los Programas Sectoriales derivados, así como del Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos 2019-2023.

REFERENCIAS

1. Programa de investigación, desarrollo de tecnología y formación de recursos humanos especializados “Fondo Sectorial CONACyT-Secretaría de Energía- Hidrocarburos” 2007-2012, PEMEX-IMP.
2. Proyecto de guía para el cumplimiento de la Transferencia Tecnológica y Capacitación del Contenido Nacional en las Actividades del Sector Hidrocarburos a cargo de los Asignatarios y Contratistas, ITESM-CNH-PEMEX, 2019.
3. Programa Estratégico Tecnológico 2013-2027, Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios.
4. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.
5. Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos 2019-2023.
6. Programas Sectoriales de Energía.
7. Pacey Arnold (1990). *La cultura de la tecnología (volumen I)*, México. Fondo de Cultura Económica.
8. Banco de México. Sistema de Información Económica, Balanza de Productos Petroleros – (CE121).
9. Conacyt, Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación 2017.
10. SENER, Prontuario Estadístico de Petrolíferos. Septiembre 2019.
11. Talleres de “Identificación de Tecnologías Críticas de la Cadena de Valor de los Hidrocarburos”, celebrado en la Secretaría de Energía el 27 y 28 de junio 2019, y 04 de diciembre de 2019 entre SENER-PEMEX-CONACyT-IMP-CENAM.



NOMENCLATURA

BEC	Bombeo electrocentrífugo
BN	Bombeo neumático
CENAM	Centro Nacional de Metrología
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CH₄	Metano
CO₂	Dióxido de carbono
CONACyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CPG	Centro Procesador de Gas
CSP	Common Scattering Point
DMP	Diferencias Máximas Permisibles
DUBA	Diésel de Ultra Bajo Azufre
EPS	Empresa Productiva del Estado Subsidiaria
FCC	Fluid Catalytic Cracking
FEL	Front End Loading
H₂S	Ácido sulfhídrico
HDT	Hydrotreating
HPC	High Performance Computing
HP-HT	High Pressure, High Temperature
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
ISO	International Organization for Standardization
LRFD	Load and Resistance Factor Design
Mbd	Miles de barriles por día
MEG	Monoetilenglicol
MMb	Millones de barriles
MMMpc	Miles de Millones de pies cúbicos
MMMpce	Miles de millones de petróleo crudo equivalente
MTBE	Metil Ter -Bútil – Éter
NFPA	National Fire Protection Association
NMX	Norma Mexicana
PCV	Pressure Control Valve



PEBD	Polietileno de Baja Densidad
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PIDIREGAS	Proyectos de Inversión de Infraestructura Productiva con Registro Diferido en el Gasto Público
PSA	Pressure Swing Adsorption
PTC	Performance Test Codes
SAP	Sistemas Artificiales de Producción
SDV	Shut Down Valve
SENER	Secretaría de Energía
SG&F	Sistema de detección de gas y fuego
SGM	Sistema de Gestión de Mediciones
SIP	Sistema Integral de Producción
SIPA	Seguridad Industrial y Protección Ambiental
SPPE	Sistema de paro por emergencia
SNR	Sistema Nacional de Refinación
STLP	Subdirección de Tratamiento y Logística Primaria
TG	Turbogenerador
TREEP	Terminal Refrigerada de Embarques de Etileno Pajaritos
VCD	Visualización, Conceptualización y Definición
WSD	Working Stress Design



AGRADECIMIENTOS

Se hace un extensivo agradecimiento por su participación en la validación y elaboración de las matrices tecnológicas a Petróleos Mexicanos y sus Empresas Productivas Subsidiarias:

Pemex Exploración y Producción

- Subdirección Técnica de Exploración y Producción
- Gerencia de Innovación e Inteligencia Tecnológica
- Coordinación de Gestión Tecnológica
- Gerencia de Recuperación Secundaria y Mejorada
- Gerencia de Estudios Regionales
- Coordinación Ejecutiva de la Dirección de Exploración

Pemex Transformación Industrial

- Subdirección de Producción de Petrolíferos
- Subdirección de Proceso de Gas y Petroquímicos
- Subdirección de Producción de Etileno y Derivados
- Subdirección de Evaluación y Cumplimiento Regulatorio
- Subdirección de Comercialización
- Subdirección de Proyectos Industriales
- Subdirección de Desarrollo Sustentable, Seguridad, Salud en el Trabajo y Protección Ambiental

Pemex Logística

- Coordinación de la Dirección General de Pemex Logística
- Subdirección de Transporte
- Subdirección de Almacenamiento y Despacho
- Subdirección de Tratamiento y Logística Primaria
- Gerencia de Desarrollo Sustentable, Seguridad, Salud en el Trabajo y Protección Ambiental
- Gerencia de Regulación, Medición, Calidad, Balances y Desarrollo Comercial

Pemex Fertilizantes

- Gerencia de Estrategia y Desarrollo
- Gerencia de Operaciones
- Gerencia de Comercialización



Asimismo, agradecemos al Corporativo de Petróleos Mexicanos por su labor de enlace con las Empresas Productivas Subsidiarias:

- Coordinación de Análisis y Evaluación del Desempeño de la Dirección Corporativa de Planeación, Coordinación y Desempeño
- Gerencia de Capacitación y Desempeño de la Dirección Corporativa de Administración y Servicios

Por otra parte, agradecemos la participación de las Instituciones de Investigación y Dependencias del Gobierno quienes aportaron su experiencia técnica en los talleres de trabajo realizados:

- CONACyT
- CENAM de la Secretaría de Economía
- IMP

Finalmente, se agradece la participación de los integrantes del Fondo Sectorial CONACyT-Secretaría de Energía-Hidrocarburos.



GOBIERNO DE MÉXICO



SECRETARÍA DE ENERGÍA

Insurgentes Sur 890, Del Valle,
Benito Juárez, CP 03100, CDMX