



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Retos y oportunidades: Logística y
comercialización de turbosina en
México**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Petrolero

P R E S E N T A

Alan Vidal Romero

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Eduardo Dorantes Sevilla



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mi Mamá **Liliana Romero Ocampo**, por todos estos años que me has impulsado a luchar por mis metas y sueños, gracias por las oportunidades que nos has dado a mi hermana y a mí; sin tu apoyo no estaríamos aquí cerrando un ciclo de nuestras vidas y cumpliendo un sueño más, tú eres mi ejemplo más grande, el ejemplo que quiero seguir, admiro tu fortaleza, es a ti a quien quiero dedicarte este esfuerzo, gracias por sacrificarte y darlo todo por nosotros a cambio de nada. Te amo.

A mi amada hermana **Lili**, por ser mi guía, mejor amiga, mi apoyo, tú que sabes todo de mí, siempre me voy a sentir orgulloso de ser tu hermano, me has enseñado a lidiar con la vida, infinitas gracias por tu rol en la familia, por tu admirada valentía, tu sabiduría y carisma. Por permitirme disfrutar con asombro la madurez que has alcanzado a pesar de lo que implicó el sacrificio familiar.

A mis abuelitos **Fausto y Juanita**, por formar una familia tan fuerte y llena de apoyo mutuo; Toda mi vida voy agradecer todo lo que me dieron y que me sacaran adelante. Los amo.

A mi querida **Iran Mejía G.** Siempre voy a estar agradecido por todo lo vivido, los momentos felices que tuvimos, las historias y anhelos; tu entusiasmo, tu valor, tu paciencia, tu humildad, el tiempo, el gran cariño que me diste. Por creer en mis sueños y sobre todo en mí, gracias por haber concluido esta etapa de mi vida a mi lado. Siempre te voy a querer.

A mis tíos **Hector y Fausto Romero O.** Por ser los ingenieros de la familia, por haber sido un soporte necesario para mi desarrollo personal. Ustedes que me inspiraron a estudiar Ingeniería y ver el mundo con otros ojos.

A mis prim@s **David, Ceci, Esthela y Olivia**, por todo su enorme cariño, los buenos momentos en familia, su gran sentido del humor y por permitirnos crear bellas memorias juntos.

A mi **Papá** por qué fuiste el único que comprendió una parte de mí y porque a pesar del poco tiempo que estuvimos juntos, me enseñaste a ser valiente y a creer en las estrellas.

A mi estimado **Ing. Eduardo Dorantes Sevilla**, por depositar su confianza en mí, por compartir elocuentemente sus experiencias, conocimientos, enseñanzas y el tiempo para crear este trabajo junto a mí. Le agradezco por inspirarme y ayudarme a ver la Ingeniería desde otro punto de vista. Gracias.

A mis amigos de vida:

Jessi A. Curiel: Por brindarme su amistad y confianza durante 19 años, gracias por comprenderme, por todas esas las pláticas amenas que han nutrido mi formación humana.

Abraham Mar: Por apoyarme en todo momento durante la vida universitaria, por tu amistad y fomentarnos mutuamente un pensamiento crítico durante nuestras caminatas por CU.

Rubén Curiel: Por cultivar nuestro interés en la logística, ayudarme en los primeros años universitarios, nunca olvidare nuestras charlas y nuestro gusto mutuo por la historia.

Jorge Eduardo: Por considerarme un amigo, sobre todo porque buscaste crear una amistad sincera conmigo.

Santiago Ponciano: Por los consejos de vida y todas esas platicas enriquecedoras sobre política.

A mis amigos: Alec Curiel, Erick, Jesús, Sergio, Luis Miguel, Carlos, Nath, Betancour, Donaldo, Ángel, Alberto, Rene, Manuelito, Isaías, Natalia y Salvador.

A la Mtra. Alma Rosita Uriostegui, por haber confiado y creído en mí, por haberme dado la oportunidad de conocer Pemex Logística y su papel en la sociedad. Sin esos aprendizajes esta investigación no habría sido posible. Por ello, siempre le estaré infinitamente agradecido.

Al **Capitán Munguía, Ing. Claudia Ventura y Lic. Alejandro Pérez** por las anécdotas y enseñarme la importancia de la turbosina para la logística, comercialización y cadena de valor de Pemex.

Al **Ing. Fabian Garza,** por su admirable liderazgo y compromiso con los trabajadores, agradezco que me haya abierto las puertas de la TAD Añil, por hacerme parte del sitio y dejarme conocer los procesos, operaciones y acciones importantes que se llevan a cabo en las actividades logísticas en una terminal de almacenamiento. Gracias.

A la **Ing. Ana Sepúlveda y Lic. Paty Garza** por haber compartido conmigo sus conocimientos y experiencias en Gas Bienestar, agradezco que me incluyeran y por esas pláticas amenas que me brindaron.

Al **Ing. Edgar y Dayana,** por enseñarme las operaciones del día a día en el área de Ductos, sin esa formación técnica, no habría podido desarrollar una parte de esta investigación. Gracias, les deseo lo mejor.

A mis maestros:

Lic. Carlos Aurelio Bernal Esponda, Ing. Victoriano Angüis Terrazas, Ing. José Ernesto Parra Pérez y Lic. Favio Erazo Barbosa Cano, por formarme educativamente y apoyarme en la recta final de esta investigación.

“Ciertamente la Universidad aún no ha dado al pueblo todo lo que debe darle, pero su marcha es ascendente y eso no sólo se dice, se comprueba diariamente. Proporcionar al país, en la medida que nos corresponda, profesionales, investigadores y técnicos dotados del repertorio de conocimientos que se necesitan para contribuir al desarrollo social y económico, para integrar lo informativo con la formación de una conciencia moral y cívica fundada en el servicio de la colectividad.”

Rector de la UNAM 1966 – 1970: Ing. Javier Barros Sierra.

“Por mi raza hablará el espíritu”



Índice de contenido

1. Índice Gráficas.	6
2. Índice de Figuras.	7
3. Índice de Tablas.	8
4. Objetivo.	11
5. Justificación.	11
6. Resumen.	12
7. Abstract.	13
8. Introducción.	14
I.- Capítulo 1: Antecedentes de la Turbosina.	
I.I.- ¿Qué es la Turbosina (Jet Fuel)?	15
I.II.- ¿Cómo se elabora la Turbosina?	18
I.III. - Funcionamiento de la Turbosina (Jet A-1).	22
I.IV.- ¿Cómo funciona un motor de turbina (turbofan)?	26
I.V.- Gasavión (AVGAS 100 LL).	28
II.- Capítulo 2: Análisis del entorno internacional y nacional de Turbosina.	
II.I.- Panorama del Mercado Internacional.	30
II.II.- Panorama del Mercado Nacional.	40





III.- Capítulo 3: Marco regulatorio de la Turbosina a raíz de la Reforma energética en México.

III.I.- Antecedentes: Modificaciones a las leyes aplicadas a los petrolíferos a partir de la Reforma Energética.45

III.II.- Importancia del almacenamiento de Turbosina en la seguridad energética.50

III.III. – Principales empresas participantes en la implementación de la política pública para el área de Turbosina.58

III.IV.- Política pública de almacenamiento mínimo de petrolíferos: Turbosina.59

IV.- Capítulo 4: Transporte, almacenamiento, distribución y condiciones de seguridad de Turbosina en México.

IV.I.- Infraestructura para el transporte y distribución de Turbosina en México.66

IV.II.- Aspectos técnicos para el transporte, control y medición de Turbosina.74

IV.III. - Puntos y terminales de almacenamiento de Turbosina.90

V.- Capítulo 5: Expectativas de mercado y proyectos de Turbosina a 2031.

V.I.- Comercialización de Turbosina.98

V.II.- Indicadores de mercado en México aplicados a la Turbosina.103

V.III.- ¿Bioturbosina, una fuente de energía alternativa?.108

V.IV. - Principales proyectos de infraestructura para petrolíferos en México.116

VI.- Conclusiones.127

Glosario.130

Bibliografía.134



- **Índice de Gráficas**

Gráfica 2.1 Demanda de Jet fuel en EUA 2009-2019, (U.S Energy Information Administration, 2020). Elaboración Propia.	30
Gráfica 2.2 Demanda de Jet fuel en Canadá 2009-2019, (EIA, 2020). Elaboración Propia.	33
Gráfica 2.3 Demanda de Jet fuel en China, (EIA, 2018). Elaboración Propia.	34
Gráfica 2.4 Demanda de Principales consumidores de Jet A en Europa, (EIA, 2020). Elaboración propia.	35
Gráfica 2.5 Demanda de Turbosina en Principales países Latinoamericanos, (EIA, 2020). Elaboración propia.	36
Gráfica 2.6 Demanda de Jet A, países miembros del T-MEC, (EIA, 2020). Elaboración propia. ...	39
Gráfica 2.7 Demanda de Turbosina en México 2011-2019, (SENER, 2019). Elaboración Propia.	41
Gráfica 2.8 Producción vs importación de Turbosina en México 2011-2019, (SENER, 2019). Elaboración Propia.	42
Gráfica 2.9 Demanda de Turbosina en México 2020-2021, (Secretaría de Energía, 2021). Elaboración Propia.	43
Gráfica 3.1 Comparación de inventarios mínimos de turbosina, México vs algunos países europeos. (DOF, 2019). Elaboración propia.	65
Gráfica 4.1 Volumen de Turbosina transportado por ductos de Pemex. (SENER, 2018). Elaboración Propia.	71
Gráfica 5.1 Volumen de Turbosina: Ventas vs producción de Pemex. (Plan de Negocios PEMEX, 2021). Elaboración Propia.	104
Gráfica 5.2 Pemex: Valor de ventas internas de Turbosina. (PEMEX, 2020). Elaboración Propia.	105
Gráfica 5.3 Precios de turbosina. (PEMEX, 2021). Elaboración Propia.	106
Gráfica 5.4 Proyección “Demanda de Turbosina en México 2022-2031”, (SENER, 2019). Elaboración Propia.	107
Gráfica 5.5 Producción de petróleo crudo en México 2018-2021, (CNH,2022). Elaboración Propia.	123

- **Índice de Tablas**

Tabla 1.1 Composición de la Turbosina, (PEMEX, 2018). Elaboración Propia.	16
Tabla 1.2 Propiedades Físicas/Químicas de la Turbosina, (NOM 016-CRE, 2016). Elaboración Propia.	17
Tabla 1.3 Mezcla de hidrocarburos obtenidos de la destilación del petróleo, (Pérez, 2011). Elaboración Propia.	19
Tabla 1.4 Composición del Gasavión, (NOM 016-CRE, 2016). Elaboración Propia.	28
Tabla 1.5 Propiedades Físicas/Químicas del Gasavión, (NOM 016-CRE, 2016). Elaboración Propia.	29
Tabla 3.1 Mecanismo de reporte de información aplicado a la Turbosina. (DOF, 2017). Elaboración Propia.	62
Tabla 3.2 Obligación de inventario mínimo nacional de Turbosina en días. (DOF, 2019). Elaboración propia.	64
Tabla 4.1 Infraestructura Nacional de Petrolíferos. (MAPA SENER, 2018). Elaboración propia.	70
Tabla 4.2 Ductos privados para el transporte de Turbosina. (CRE, 2017). Elaboración Propia.	72
Tabla 4.3 Equipo de Protección personal (NOM-017-STPS, 2008). Elaboración Propia.	74
Tabla 4.4 Ventana operativa de presiones. (Ductos Pemex, 2021). Elaboración Propia.	78
Tabla 4.5 Ventana operativa para un Tanque Vertical. (Ductos Pemex, 2021). Elaboración Propia.	93
Tabla 4.6 Ventana operativa para un Tanque Vertical. (ASA, 2021). Elaboración Propia.	96
Tabla 4.7 Capacidad de almacenamiento de privados. (SENER, 2018). Elaboración Propia.	97
Tabla 5.1 Permisos vigentes para importar turbosina a México. (SENER, 2021). Elaboración Propia.	103
Tabla 5.2 Capacidad de almacenamiento en Bioturbosina-ASA. (Boletín ASA, 2021). Elaboración Propia.	114

- Índice de Figuras

Figura 1.1 Representación física de la turbosina, (Repsol, 2014).	15
Figura 1.2 Clasificación de riesgo Turbosina, (PEMEX, 2018).	17
Figura 1.3 Proceso de destilación atmosférica, (Pemex Refinación, 2011). Elaboración propia.	18
Figura 1.4 Modificado de: ¿Cómo se produce el Jet fuel?, (BP, 2021). Traducción propia.	21
Figura 1.5 Tanques de almacenamiento dentro de un avión, (Repsol, 2021).	23
Figura 1.6 Cámara de combustión en un motor de turbina, (Mundo de Aviación, 2019).	25
Figura 1.7 Modificado de: Motor a reacción, ¿cómo funciona?, (Learn Engineering, 2015).	26
Figura 1.8 Funcionamiento del Ventilador (Fan), (Mundo de Aviación, 2019).	27
Figura 1.9 Representación física del Gasavión, (Repsol, 2014).	29
Figura 2.1 Red de ductos para el transporte de Jet fuel en EUA, (Airlines for America, 2016). ...	31
Figura 2.2 Comportamiento en el consumo de turbosina a principios de la pandemia COVID. (EIA, 2020).	37
Figura 2.3 Recuperación del consumo de Jet fuel en EUA. (EIA, 2021).	38
Figura 3.1 Logo Secretaría de Energía, (SENER 2021).	47
Figura 3.2 Logo Comisión Reguladora de Energía, (CRE 2021).	48
Figura 3.3 Logo Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente. (ASEA 2021).	49
Figura 3.4 Instituciones participantes en el mercado de petrolíferos. (Gobierno de México, 2014). Elaboración Propia.	50
Figura 3.5 Funciones de la CRE aplicadas a los petrolíferos. (CRE, 2017).	55
Figura 3.6 Logotipo de Petróleos Mexicanos. (PEMEX, 2021).	58
Figura 3.7 Logotipo de ASA Aeropuertos y Servicios Auxiliares. (ASA, 2021).	58
Figura 3.8 Modificado de: Transformación de la cadena de petrolíferos, aplicado a la turbosina. (CRE, 2017).	59
Figura 3.9 Objetivo de los reportes estadísticos de petrolíferos. (DOF, 2017). Elaboración Propia.	60
Figura 3.10 Modificado de: Regionalización del país para efectos de los reportes estadísticos de petrolíferos. (SENER, 2018).	61

Figura 4.1 Infraestructura Nacional de Petrolíferos. (MAPA SENER, 2018).	68
Figura 4.2 Costos por transporte de petrolíferos. (CRE, 2017).	69
Figura 4.3 Infraestructura de turbosino ductos de Pemex logística. (SENER, 2018).	70
Figura 4.4 Proyectos privados de infraestructura para Turbosina. (CRE, 2017).	73
Figura 4.5 Sistema de recepción y medición de un Turbosino-ducto. Elaboración propia.	77
Figura 4.6 Sistema de medición y recepción en Turbosino-ducto. Elaboración propia.	79
Figura 4.7 Sistema de Entrega y Bombeo en Turbosino-ducto. Elaboración propia.	80
Figura 4.8 Sistema de Recepción y Entrega de turbosina por Buque-tanque. (ASEA, 2016). Elaboración propia.	82
Figura 4.9 Rutas marítimas de México para transporte de turbosina por Buque-tanque. (SENER, 2021).	83
Figura 4.10 Sistema de Recepción y Entrega de turbosina por Buque-tanque. (ASEA, 2016). Elaboración propia.	85
Figura 4.11 Sistema ferroviario en México. (ARTF, 2021)	86
Figura 4.12 Permisos para transporte de petrolíferos por carro-tanque. (CRE, 2017).	87
Figura 4.13 Sistema de Recepción y Entrega de turbosina por Carro-tanque. (ASEA, 2016). Elaboración propia.	88
Figura 4.14 Componentes de un Tanque vertical para turbosina. (ASEA, 2017). Elaboración propia.	91
Figura 4.15 Tanque de almacenamiento vertical. (ASA, 2019).	92
Figura 4.16 Infraestructura aeroportuaria de México. (SENER, 2018).	94
Figura 4.17 Infraestructura de almacenamiento para turbosina en México. (SENER, 2018).	95
Figura 5.1 Aeropuertos con mayor demanda de Turbosina en México. (SENER, 2018).....	98
Figura 5.2 Tarifas de almacenamiento de turbosina en aeródromos de ASA. (SENER, 2018).....	99
Figura 5.3 Almacenamiento, Recepción y Entrega de Turbosina. (ASEA, 2016). Elaboración propia.	102
Figura 5.4 Comunicado de Prensa por parte de ASA. (Prensa-ASA, 2021).	106

Figura 5.5 Modificado de: ¿Cómo se produce el SAF?, (BP, 2021). Traducción propia.	109
Figura 5.6 Aceite crudo de semilla de Jatropha curcas, (SENER, 2017).	112
Figura 5.7 Áreas para la producción de biomasa destinada a bioenergéticos, (SENER, 2017). ..	112
Figura 5.8 Logística de suministro de bioturbosina utilizada por ASA, (IMP,2016).	113
Figura 5.9 Primeros vuelos de prueba utilizando un porcentaje de bioturbosina ASA, (IMP,2016).	114
Figura 5.10 Infraestructura de Petrolíferos en el Centro-Sur de México. (MAPA SENER, 2018).	116
Figura 5.11 Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles. (AIFA , 2021).	117
Figura 5.12 AIFA. (Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, 2021).	118
Figura 5.13 Terminal de combustibles del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles. (AIFA Combustibles, 2021).	119
Figura 5.14 Refinería Deer Park, Houston Texas. (Google MAPS, 2021).	120
Figura 5.15 Refinería de Dos Bocas en construcción. (SENER, 2021).	121
Figura 5.16 Construcción del Área de Almacenamiento en Refinería Olmeca. (SENER, 2021).	122
Figura 5.17 Sistema ferroviario en Centro-Sur de México. (ARTF, 2021).....	124
Figura 5.18 Proyecto del Istmo de Tehuantepec. (Corredor Interoceánico, 2021).	125
Figura 5.19 Visión del Istmo de Tehuantepec. (Corredor Interoceánico, 2021).	126

Objetivo General

Identificar las problemáticas y retos que existen actualmente en las actividades de “Logística y Comercialización de turbosina en México”, con el objetivo de elaborar un análisis de datos e indicadores del mercado de turbosina, evaluando las oportunidades que se presentarán en la industria energética para a este combustible. Es necesario definir las actividades que están sujetas al cumplimiento del marco regulatorio, verificando así las condiciones de calidad y suministro a la infraestructura logística existente, que juega un papel fundamental para garantizar confiabilidad, disponibilidad y seguridad energética en torno a este petrolífero.

Justificación

Debido a que México se ha vuelto un punto estratégico de interconexiones de vuelos a gran escala, en los últimos años la demanda de turbosina ha crecido por encima de la capacidad de producción y distribución, por lo mencionado resulta indispensable analizar el sector económico nacional e internacional de transporte aéreo (carga, industrial y turístico).

A partir de la reforma energética actualmente se están generando oportunidades en el Gobierno mexicano para satisfacer la futura demanda de este combustible. Este trabajo de investigación pretende examinar el tema de la turbosina en México y visualizar su problemática bajo un nuevo enfoque, fomentar la necesidad de desarrollar más aeropuertos e infraestructura de producción y transporte, mismos que brindan las condiciones de un desarrollo ordenado. Además de ser una problemática de investigación poco estudiada en la comunidad universitaria.

Resumen

A nivel global la turbosina se ha posicionado como la única alternativa de combustible para motores de turbina, destacando que sus características físicas/químicas permiten el correcto funcionamiento de aeronaves. Este insumo se ha vuelto clave para el transporte de personas y mercancías vía aérea. En una economía abierta: el precio, la calidad y disponibilidad de este combustible tiene importantes repercusiones en el desarrollo regional de la industria energética y los servicios públicos de México.

Capítulo I: Explica los principios fundamentales de la composición físico/química de la turbosina de acuerdo con la NOM-CRE-016, estos antecedentes son necesarios para entender cómo se elabora y cuáles son sus principios de funcionamiento en las aeronaves comerciales.

Capítulo II: Identifica los aspectos fundamentales del mercado internacional de turbosina, el comportamiento de su demanda en algunos países, así como su papel en las actividades aéreas a nivel global. Describe la evolución del mercado nacional de turbosina, dando claridad a los parámetros de producción, oferta y demanda en México.

Capítulo III: Aborda las modificaciones realizadas al marco constitucional entorno al mercado de este petrolífero, se definen las responsabilidades de cada entidad reguladora y la implementación de las normas a todas las empresas participantes en el mercado de turbosina y su cadena de valor.

Capítulo IV: Se verifican las condiciones de infraestructura logística en México, analizando las áreas de oportunidad y estrategias de mejora continua apegadas a las normas de seguridad industrial establecidas por la “Secretaría del Trabajo y Previsión Social” y ASEA.

Capítulo V: Se muestran los proyectos de infraestructura que actualmente se están desarrollando en torno a los combustibles de aviación, sumado a ello se describen los posibles escenarios y condiciones del mercado de turbosina en México.

Abstract

At a global level, jet fuel has positioned itself as the only fuel alternative for turbine engines, highlighting that its physical/chemical characteristics allow the correct operation of aircraft. This input has become key for the transport of people and goods by air. In an open economy: the price, quality and availability of this fuel have important repercussions on the regional development of the energy industry and public services in Mexico.

Chapter I: Explains the fundamental principles of the physical / chemical composition of jet fuel in accordance with NOM-CRE-016, this background is necessary to understand how it is made and what its operating principles are in commercial aircraft.

Chapter II: Identifies the fundamental aspects of the international jet fuel market, the behavior of its demand in some countries, as well as its role in global air activities. It describes the evolution of the national jet fuel market, clarifying the production, supply and demand parameters in Mexico.

Chapter III: Addresses the modifications made to the constitutional framework around the market for this refined oil, defines the responsibilities of each regulatory entity and the implementation of the rules for all companies participating in the jet fuel market and its value chain.

Chapter IV: Logistics infrastructure conditions in Mexico are verified, analyzing opportunity areas and continuous improvement strategies adhering to the industrial safety standards established by the "Ministry of Labor and Social Welfare" and ASEA.

Chapter V: Infrastructure projects that are currently being developed around aviation fuels are shown, in addition to this, the possible scenarios and conditions of the jet fuel market in Mexico are described.

Introducción

La “Agencia Internacional de Energía” define la seguridad energética como la disponibilidad continua de fuentes de energía a precios accesibles. Esta se puede plantear desde dos variables de tiempo: La comercial (corto plazo) y estratégica (largo plazo). La comercial se enfoca en la habilidad de un sistema de energía para reaccionar de manera pronta a cambios repentinos en el balance de oferta y demanda. La estratégica coordina la inversión a través del tiempo, acorde a las necesidades económicas y ambientales.

Hoy en día a nivel mundial, la turbosina representa un porcentaje importante de consumo de combustible destinado al sector transporte, debido al constante crecimiento poblacional y a las actividades económicas derivadas de la navegación aérea, por lo que una interrupción en la oferta de este combustible, tiene afectaciones directas en la movilidad de un país.

En el caso de México, la capacidad de producción y transporte de turbosina ha ido disminuyendo comparado al crecimiento de su demanda, aunado a ello, el mercado de combustibles muestra condiciones de vulnerabilidad. Satisfacer las necesidades de mercado actuales, requiere que el país importe un gran porcentaje de petrolíferos, esto ha generado que en algunas regiones de México la situación de un suministro continuo de turbosina se agudice, por ejemplo, la saturación que empieza a presentarse en algunos aeropuertos del país o el reto que implica transportar el volumen necesario de turbosina a ciertas zonas. Por estas razones, es vital entender que la infraestructura de refinación y distribución son factores que juegan un papel fundamental en garantizar el abasto de energía.

Esta tesis es un punto de partida para buscar y comprender el mercado energético de la turbosina, el cual se ha comportado como un reflejo de las actividades de nuestra sociedad. El estudio se elabora bajo una metodología centrada en la recopilación de datos y análisis de tendencias que permiten derivar nuevos conocimientos de manera certera. Uno de los propósitos de este proyecto es fomentar la continuación de estudios en materia energética entre la comunidad académica, ya que, a nivel nacional, el abasto y distribución de los petrolíferos debe modernizarse, diversificarse en sus diversas modalidades e implementar procesos de mejora continua en su cadena de valor.

I.- Capítulo 1: Antecedentes de la Turbosina.

I.1.- ¿Qué es la Turbosina (Jet fuel)?

La turbosina es un combustible (mezcla de hidrocarburos) derivado del petróleo que es utilizado para motores de aviación a turbina, usados principalmente para actividades comerciales. Popularmente las aeronaves que utilizan este combustible son conocidos como: Aviones (turbina) y Helicópteros (turbohélice).

Es interesante mencionar que dicho combustible es conocido con diferentes nombres dependiendo el país o región en la que se encuentre, por ejemplo: En países como Estados Unidos, España, Argentina y Uruguay es conocido como “Jet A” proveniente de su nombre en inglés “Jet Fuel”, por lo que es común que gran parte de la bibliografía de este combustible de aviación se encuentra con este nombre. En el caso de México se adoptó el termino de “Turbosina”, debido a que su nombre hace referencia a un combustible usado para motores de turbina y a su precursor el queroseno o también conocido como querosina.

“Las turbosinas vigentes en la aviación civil se cubren básicamente con la designación D-1655 de la Sociedad Americana para pruebas y materiales (American Society for Testing and Materials en inglés), que tiene por nombre “Especificación estándar para combustibles de turbinas de aviación” (“Standard Specification for Aviation turbine fuels”), la cual define los requisitos mínimos de las propiedades de los combustibles para turbinas de aviación Jet A y Jet A-1”.¹



JET A-1

- Combustible para motores de turbina.
- Incoloro o ligeramente amarillo.
- Densidad media 0,8 Kg/L.

Figura 1.1 Representación física de la turbosina, (Repsol, 2014).

A continuación, se puede observar la composición de la turbosina que se comercializa y elabora en México por parte de Pemex.

Composición / Información sobre los componentes	
Nombre común:	Turbosina
Sinónimo(s)	Combustible para motores de aviación a turbina, Jet fuel, Turbine fuel, Kerosine Type, Queroseno para aviación.
Concentración:	100%
Impurezas y aditivos estabilizadores	
Azufre Total	3000 mg/kg Máximo
Azufre Mercaptánico	30 mg/kg Máximo
Partículas contaminantes	1,0 mg/ L Máximo
Información adicional	
Aromáticos	25,0 % Volumen Máximo
Naftalenos	3,0 % Volumen Máximo

Tabla 1.1 Composición de la Turbosina, (PEMEX, 2018). Elaboración Propia.

- **¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas de la turbosina?**

Para la empresa productiva del estado “Pemex”, la turbosina está catalogada como un petrolífero proveniente del destilado intermedio del petróleo cuyas propiedades fisicoquímicas y especificaciones se describen en la norma oficial mexicana **NOM-016-CRE-2016**, donde las especificaciones de calidad son emitidas y reguladas por la Comisión Reguladora de Energía.

Propiedades Físicas y Químicas			
Propiedad	Factor (Jet A-1)	Factor (Jet A)	Método de prueba.
Estado Físico	Líquido		VISUAL
Color	Brillante y clara		VISUAL
Olor	Característico a gasolina		
Temperatura de inflamación	38.0 °C	Mínimo	ASTM D56
Temperatura de congelación	-47.0 °C	-40.0 °C	ASTM D2386, ASTM D5972.
Punto de ebullición inicial	Aprox. 162,7 °C		ASTM D86
Punto de ebullición final	300 °C	Máximo	ASTM D86
Inflamabilidad	Inflamable		
Densidad Relativa	0.7720 a 0.8370 Kg/L		ASTM D1298
Poder Calorífico	42.8 MJ/kg	Mínimo	ASTM D4529, ASTM D3338.
Acidez total	0.10 mg KOH/g		ASTM D3242
Azufre total	3000 mg/kg	Máximo	ASTM D5453

Tabla 1.2 Propiedades Físicas/Químicas de la Turbosina, (NOM 016-CRE, 2016). Elaboración Propia.

Básicamente la diferencia entre Jet A-1 y Jet A, es la temperatura en el punto de congelación y su selección dependerá de la ruta aérea que vaya a tomar la aeronave, en México el combustible que se elabora y se utiliza más es el Jet A-1, el cual es uno de los mejores a nivel mundial.

Clasificación del grado de riesgo NFPA

: Salud: 0
 Inflamabilidad: 2
 Reactividad: 0



Figura 1.2 Clasificación de riesgo Turbosina, (PEMEX, 2018).

I.II.- ¿Cómo se elabora la Turbosina?

“La práctica totalidad del JET A-1 actual se obtiene de las fracciones medias procedentes de la Destilación Atmosférica. El objetivo de este proceso es vaporizar el crudo y separar por condensación a diferente temperatura, distintas fracciones, obteniéndose en una de ellas el queroseno”.²

Como se mencionó anteriormente, la turbosina se trata de un destilado intermedio en el proceso de refinación del petróleo crudo, su obtención consiste en la separación de la mezcla de hidrocarburos líquidos en componentes específicos, mediante la aplicación de calor hasta lograr vaporizar cada componente a una temperatura específica, de esta forma se estaría aprovechando que cada uno de ellos posee diferentes puntos de ebullición. A continuación, se muestra en la **figura 1.3** un diagrama de la ingeniería básica sobre cómo es el proceso donde se obtiene la “Turbosina” por medio de la destilación atmosférica primaria.

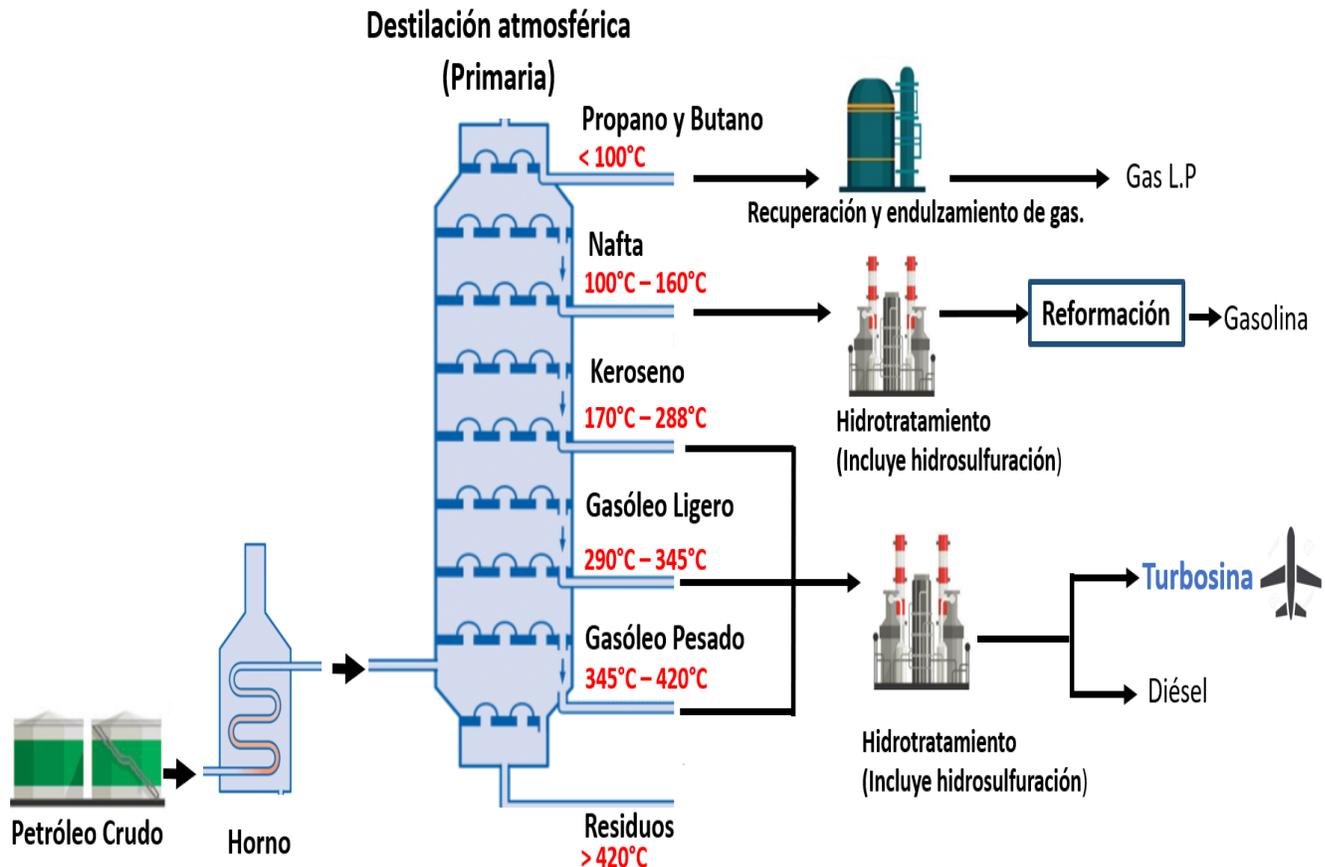


Figura 1.3 Proceso de destilación atmosférica, (Pemex Refinación, 2011). **Elaboración propia.**

Una vez que el petróleo crudo entra, se calienta y pasa a la torre de destilación, empieza el fraccionamiento separando las cadenas de hidrocarburos, la temperatura hace que los hidrocarburos más livianos se evaporen y asciendan, mientras que los hidrocarburos más pesados se asientan, de esta forma cada uno de los componentes encuentran su temperatura de condensación.

“En el proceso de destilación atmosférica se obtienen productos de 1-20 átomos de carbono sin descomponerse. La fracción que contiene de 10-14 átomos de carbono tiene una temperatura de ebullición de 174-288°C que corresponde a la fracción denominada querosina de la cual se extrae el diésel y el combustible de los aviones llamado turbosina”.³

Fracción	Número de átomos de carbono por molécula
Gas incondensable	C ₁ -C ₂
Gas Licuado (LP)	C ₃ -C ₄
Gasolina	C ₄ -C ₉
Querosina	C ₁₀ -C ₁₄
Gasóleo	C ₁₅ -C ₂₃
Lubricantes y parafinas	C ₂₀ -C ₃₅
Combustóleo pesado	C ₂₅ -C ₃₅
Asfaltos	>C ₃₉

Tabla 1.3 Mezcla de hidrocarburos obtenidos de la destilación del petróleo, (Pérez, 2011).

Elaboración propia.³

- **Hidrotratamiento**

Después de ser separados, el queroseno y gasóleo deben someterse a un hidrotratamiento, es un proceso cuyo objetivo es estabilizar catalíticamente los petrolíferos, además de eliminar los componentes contaminantes que contienen, principalmente el azufre, esto se debe a que en México se refina principalmente crudos pesados, por ello es necesario hacer reaccionar a sus derivados con hidrógeno a altas presiones y temperaturas, los motivos para hacerlo son:

“Que las impurezas se desprendan del hidrocarburo y que sus enlaces químicos se saturen de hidrógeno, para asegurar que no se contaminarán de nueva cuenta, y podrán cumplir con las especificaciones de contaminantes requerida por las normas vigentes (NOM-016). Durante estos procesos de hidrot ratamiento se utilizan catalizadores selectivos que ayudan a acelerar la reacción deseada, a altas temperaturas de hasta 400 grados Celsius”.⁴

El proceso para eliminar la mayor cantidad posible de azufre en los combustibles es de vital importancia, algunas de las razones son sus efectos sobre el medio ambiente; cuando el azufre se combina con partículas o con la humedad del aire, se forma ácido sulfúrico, contribuyendo a formar lluvia ácida, la cual provoca la destrucción de bosques, vida silvestre y la acidificación de las aguas superficiales, cuando el azufre no se reduce en los derivados de petróleo de manera significativa, provoca corrosión y daños en los motores de combustión interna, añadido a esto, las emisiones que producen son liberadas a la atmósfera, provocando daños en las vías respiratorias para los seres vivos que se encuentren relativamente cerca. Por todo lo mencionado anteriormente, eliminar un gran porcentaje de azufre se convierte en un tema de protección ambiental.

- **La planta hidrodesulfuradora**

“A pesar de los avances tecnológicos, no existe todavía un proceso que logre eliminar por completo el azufre del petróleo, se han implementado leyes y procesos en el mundo que buscan reducir al máximo posible la emisión de partículas contaminantes, de ahí la importancia del proceso de hidrot ratamiento. Aunque la nafta y el diésel junto al queroseno tienen el mismo origen, una vez separados uno de otro, no pueden volver a mezclarse, ya que tienen propiedades distintas y es por ello que son procesados en plantas distintas, con condiciones de presión, temperatura y cantidad de catalizadores específicos.

En la planta hidrot ratadora de queroseno y diésel se lleva a cabo la hidrogenación catalítica de los compuestos de azufre, nitrógeno y aromáticos, para obtener el diésel y turbosina producto dentro de las especificaciones requeridas de azufre y un contenido máximo de aromáticos de 30% vol”.⁴

Estos procesos son necesarios para poder cumplir con la “**NOM-086-SEMARNAT-SENER**, Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental”, dando más calidad al combustible y así poder disminuir los impuestos por incentivos de la secretaría de hacienda y crédito público.

Es interesante mencionar que, dependiendo de la bibliografía o referencia, el proceso en la obtención del queroseno puede variar ligeramente dependiendo de la empresa que la elabore; su fabricación siempre va a depender de la altitud, latitud y ubicación geográfica de la refinería.

Para poder hacer un resumen general y sencillo en la obtención de la turbosina, a continuación, se muestra un ejemplo en la **figura 1.4** la cual representa el proceso de refinación que utiliza la empresa BP.

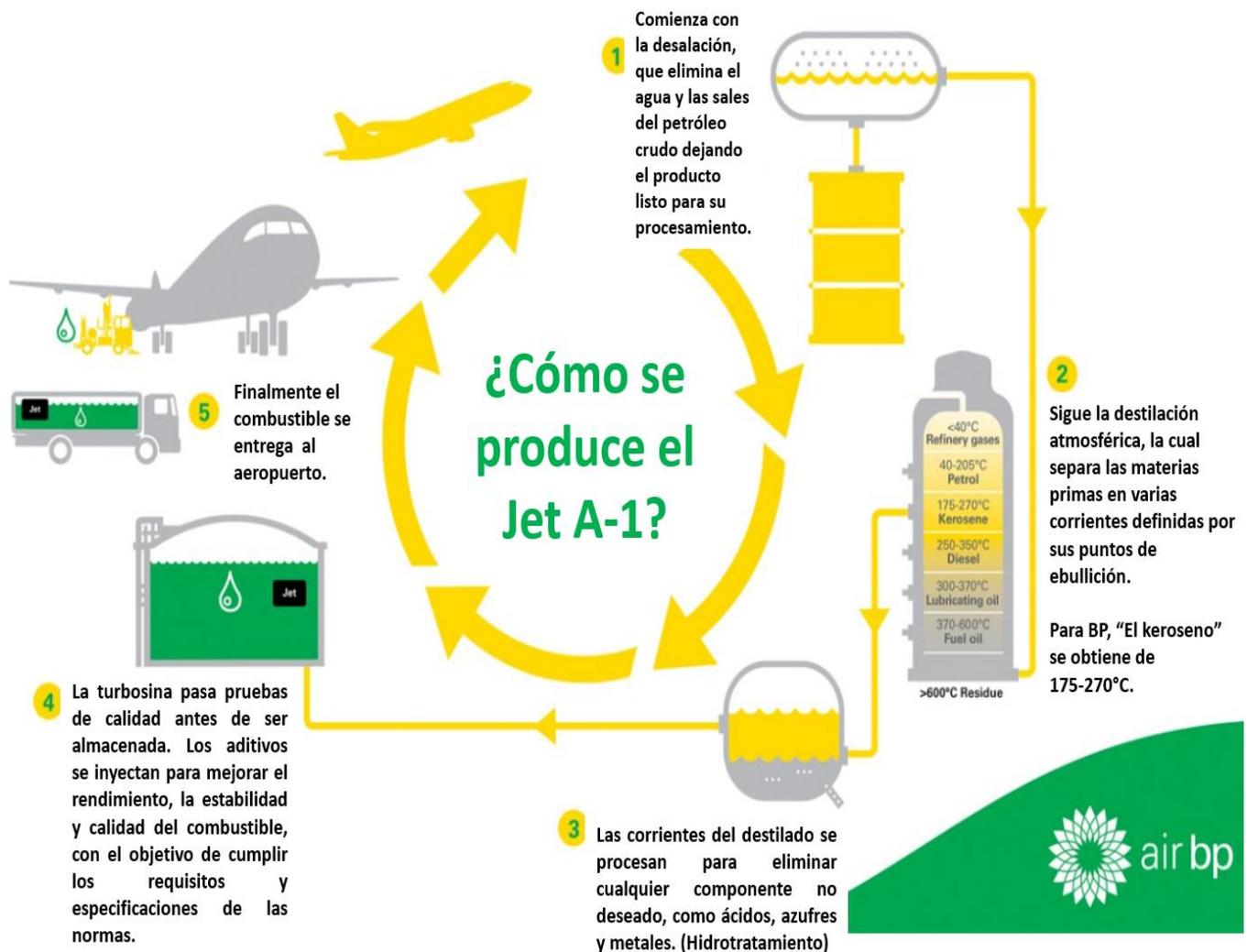


Figura 1.4 Modificado de: ¿Cómo se produce el Jet fuel?, (BP, 2021). Traducción propia.

I.III. - Funcionamiento de la Turbosina (Jet A-1)

El propósito de la turbosina, es ser el combustible que garantice y proporcione energía a los motores de propulsión a chorro. Como se vio anteriormente, es necesario que el Jet A, cumpla con parámetros de calidad conforme a las normas oficiales mexicanas e internacionales, debido a que sus propiedades físico/químicas juegan un papel fundamental en la combustión de un turbofan. Otro de los aspectos que deben tomarse en cuenta para comprender el funcionamiento de la turbosina es su contenido energético y características de combustión.

- **Contenido energético**

*“La turbina genera potencia mediante la conversión de la energía química almacenada en el combustible en una combinación de energía mecánica y calor. Esta propiedad puede ser medida a partir del Calor de Combustión, que es el calor liberado cuando se quema una fracción conocida de combustible bajo determinadas condiciones. Su valor puede expresarse en volumen (energía por unidad de volumen)”.*⁵

Cuando la turbosina tiene un mayor contenido energético, quiere decir que su proceso de producción tuvo un alto control de calidad e incluso agregar una solución de aditivos que mejoran sus características, pueden mejorar sus condiciones de combustión dentro del turbo reactor, aumentando de forma significativa la energía y potencia de los motores, proveyéndole al avión un mayor alcance y autonomía de vuelo.

- **Características de combustión**

*“En una turbina de avión, durante los procesos de combustión se forman prematuramente pequeñas partículas carbonosas. Estas partículas continúan quemándose a medida que pasan por la llama y se consumen totalmente. Si estas partículas carbonosas no son completamente consumidas por la llama, pueden impactar sobre los álabes de la turbina y sobre los estatores causando la erosión de los materiales. Además, las partículas carbonosas son las responsables del humo visible que pueden emitir las turbinas”.*⁵

La turbosina debe mantener inalterables sus características fisicoquímicas a través del tiempo, por ello, es crucial tomar en cuenta el factor de estabilidad que tiene este combustible.

- **Estabilidad**

“Existen factores que pueden deteriorar la calidad del combustible jet: el tiempo (estabilidad al almacenaje) y exposición del jet a altas temperaturas en el motor (estabilidad térmica). La inestabilidad del combustible es causada por ciertas reacciones químicas que involucran oxidación de algunos componentes, como consecuencia, se pueden generar gomas y partículas sólidas insolubles pudiendo obturar filtros de combustible, e incluso depositarse sobre conductos por donde pasa el combustible jet y reducir el flujo del mismo. La Estabilidad Térmica es una de las propiedades más importantes del combustible jet. El motor puede evidenciar problemas causados por cambios en la propiedad de estabilidad. Por estas razones el combustible jet es sometido a ensayos bajo condiciones severas”.⁵

En la **figura 1.5** se puede observar un ejemplo de algunos aviones comerciales más comunes, la turbosina se ubica almacenada principalmente en las alas, se puede notar que en algunos puntos los tanques de almacenamiento están prácticamente pegados al motor, los cuales se logran someter a altas temperaturas constantemente y a pesar de que los contenedores están diseñados para soportar las altas temperaturas que desprende el motor, es cuando se pueden presentar problemas de estabilidad térmica en el combustible, esto si la turbosina no se somete a ensayos bajo estrictas condiciones, como se menciona en la cita anterior.

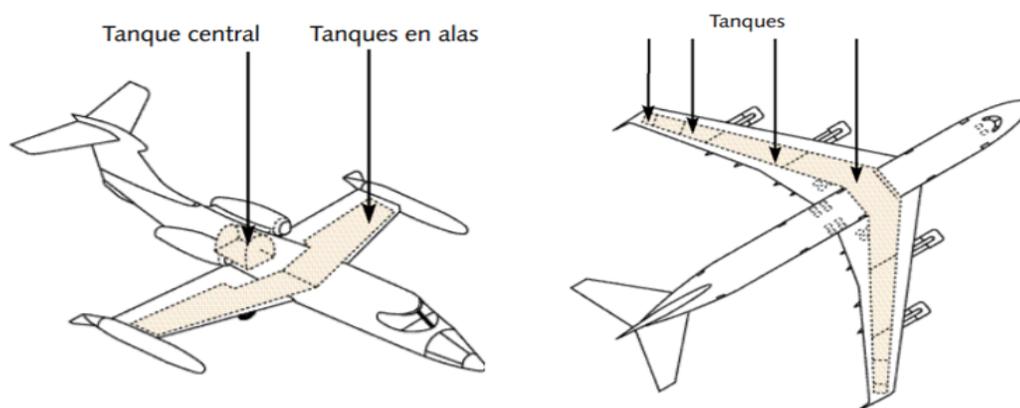


Figura 1.5 Tanques de almacenamiento dentro de un avión, (Repsol, 2021).⁵

Cuando hablamos de las propiedades que tiene la turbosina en los motores, esta juega un papel importante, porque funciona como refrigerante para ciertos componentes del sistema de combustible, dándole fluidez y lubricación al motor, debido a que las turbinas del avión se diseñan para hacer funcionar la turbosina, esta debe tener un parámetro de fluidez y viscosidad. Según diversas fuentes tomadas en cuenta para esta investigación, se consigue afirmar que el combustible ayuda a proveer una adecuada lubricación hidrodinámica al motor. Por lo tanto, a continuación, se hablará del papel que juegan algunos otros factores de la turbosina en el funcionamiento del motor:

- **Viscosidad y Volatilidad**

“El combustible se inyecta a alta presión dentro de la cámara de combustión de la turbina a través de los inyectores. Allí el combustible líquido se transforma en gotas muy pequeñas en forma de spray, que se evaporan rápidamente al mezclarse con el aire. El tamaño de gota está influenciado por la viscosidad del combustible. Si ésta es muy alta, el motor puede tener dificultades de reencendido en vuelo. Además, somete a la bomba de combustible a trabajo forzado, para mantener una velocidad de flujo de combustible constante.

Volatilidad: *Es la tendencia que tiene el combustible a vaporizar y su caracterización se determina mediante dos propiedades físicas como la Presión de Vapor Reid y la Curva de Destilación”.⁶*

La volatilidad prácticamente es la tendencia que presenta el combustible a evaporarse dependiendo de las condiciones de presión y temperatura a las que se someta. Entenderlo se vuelve sustancial porque la turbosina debe vaporizarse para ser combustionada, esto sucede en relación a su mezcla con el aire y con la velocidad de combustión, pero si la volatilidad es muy alta se pueden producir pérdidas de combustible por evaporación o incluso volver peligroso debido a la formación de posibles mezclas explosivas en el comportamiento de la turbina, el cual se conoce como “vapor lock” en el sistema de combustible.

- Limpieza

La limpieza de la turbosina es algo primordial para comprender la importancia de la aplicación estricta de las normas oficiales para su proceso de su elaboración y transporte. Este petrolífero requiere estar libre de agua, ya que esto propicia la formación de agentes microbianos, pero es aún más importante mencionar que en caso de que la turbosina tenga humedad, al momento de someterse a una altitud elevada en el vuelo, las partículas de agua se congelarán, haciendo que las turbinas puedan dejar de funcionar en el vuelo, lo que conlleva a provocar un accidente de gran magnitud.

*“Hablar de un combustible limpio implica estar libre de partículas sólidas y de agua. Las partículas, como suciedad, óxidos, etc., pueden obstruir filtros y aumentar el desgaste en la bomba de combustible. El agua, además de no quemar, se congela a elevadas altitudes con la consiguiente formación de hielo y el riesgo de bloquear el sistema de flujo de combustible. Además, puede facilitar la corrosión de algunos metales y permitir el desarrollo microbiano”.*⁶

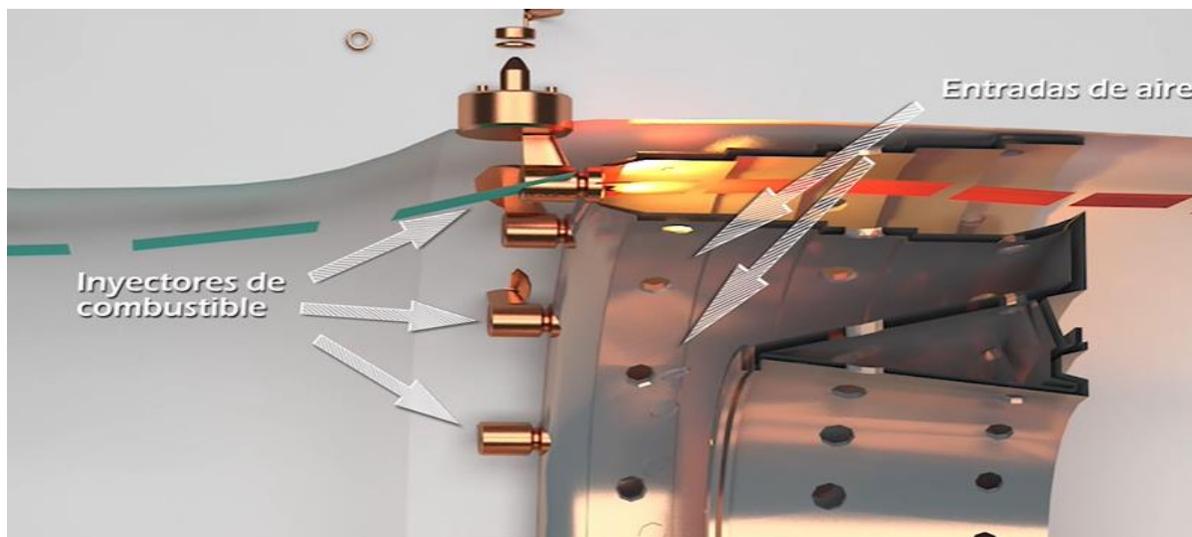


Figura 1.6 Cámara de combustión en un motor de turbina, (Mundo de Aviación, 2019).⁸

Hasta este momento se han abordado los conceptos más importantes para poder conceptualizar lo que implican los parámetros de combustión y funcionamiento de la turbosina, en la **figura 1.6** se muestra una representación de una cámara de combustión en donde se pueden apreciar los inyectores que atomizan la turbosina y las entradas de aire para que dicha combustión sea posible.

I.IV.- ¿Cómo funciona un motor de turbina (turbofan)?

El motor de turbina o turbofan es el motor que poseen prácticamente todos los aviones comerciales en la actualidad, en este trabajo de investigación se abordará y explicará de manera muy general el funcionamiento de los motores comerciales a reacción, así se podrá ubicar de forma más clara en dónde se encuentra la cámara de combustión, qué papel juega y cuáles son los componentes principales de dichos motores.

“Al calentar el aire frío entrante a una temperatura alta, este se expandirá tremendamente y creará el jet de alta velocidad, para ello se utiliza una cámara de combustión, la combustión efectiva requiere que el aire este a una temperatura y presión moderadamente alta, para llevar el aire a esta combustión se utiliza un conjunto de etapas de compresor, este añade energía al fluido, su temperatura y presión aumentan a un nivel adecuado para mantener la combustión, el compresor recibe la energía para la rotación de una turbina que se coloca justo después de la cámara de combustión, el compresor y la turbina están unidos al mismo eje, el fluido de alta energía que sale de la cámara de combustión hace girar a la turbina, a medida que la turbina absorbe energía del fluido, su presión disminuye, a través de estos pasos se genera un aire realmente caliente y de alta velocidad emitida por la salida del motor”.⁷

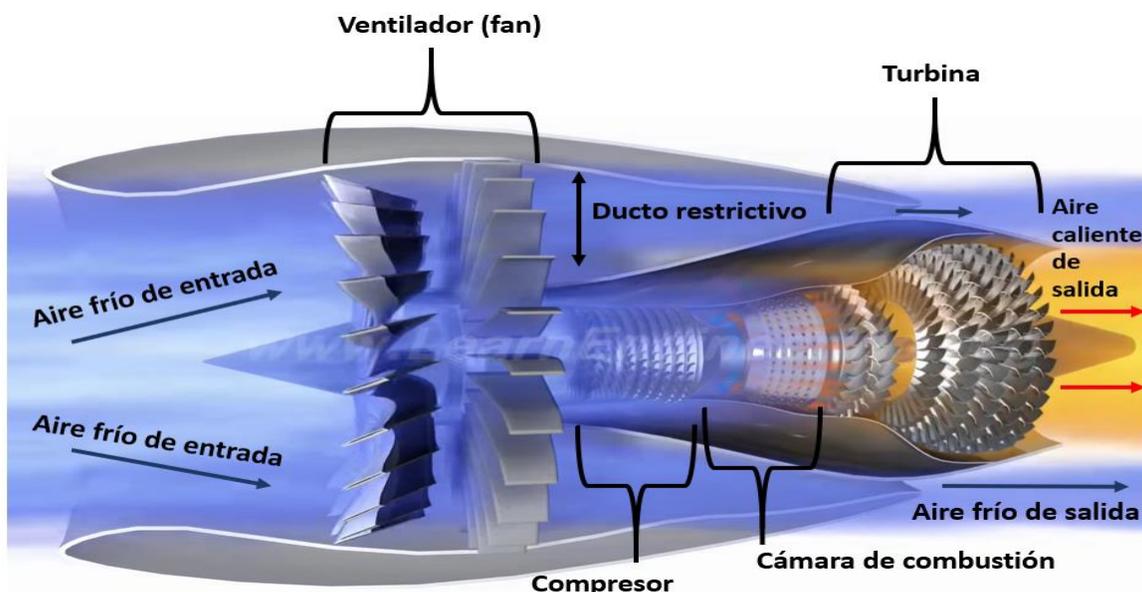


Figura 1.7 Modificado de: Motor a reacción, ¿cómo funciona?, (Learn Engineering, 2015).⁷

La figura 1.7 nos muestra, el movimiento sincronizado del compresor, la cámara de combustión y la turbina, el conducto o ducto restrictivo de aire frío desviado que se estrecha a lo largo del motor proporciona velocidad extra, también se observa como la carcasa del motor en la salida con aire caliente reduce su diámetro en la salida, lo que resulta en una velocidad de salida aún mayor, estos factores en conjunto hacen posible que el avión pueda avanzar.

Estos motores poseen un ventilador(fan) de gran tamaño en la entrada del motor, el cual será el responsable de generar una gran cantidad de aire frío, de ahí viene la razón de llamarlo turbofan.

*“En este motor la mayor parte de la fuerza de empuje, proviene de la fuerza de reacción del fan, además mejora en gran medida el flujo de aire en el sistema mediante la aspiración de más aire ayudando a mejorar el empuje, esto significa la creación de alto empuje con un ligero mayor gasto de combustible, siendo altamente económico y por eso se utiliza tanto en la aviación comercial, el ruido producido depende en gran medida de la velocidad del chorro de salida debido a que en un motor turbofan el aire frío es desviado, se mezcla con el aire caliente de la tobera y es posible mantener la velocidad de salida dentro de un límite, superando así el problema del ruido, con un escape más silencioso y el uso económico de combustible, los motores turbofan dominan el sistema de propulsión en las aeronaves”.*⁸

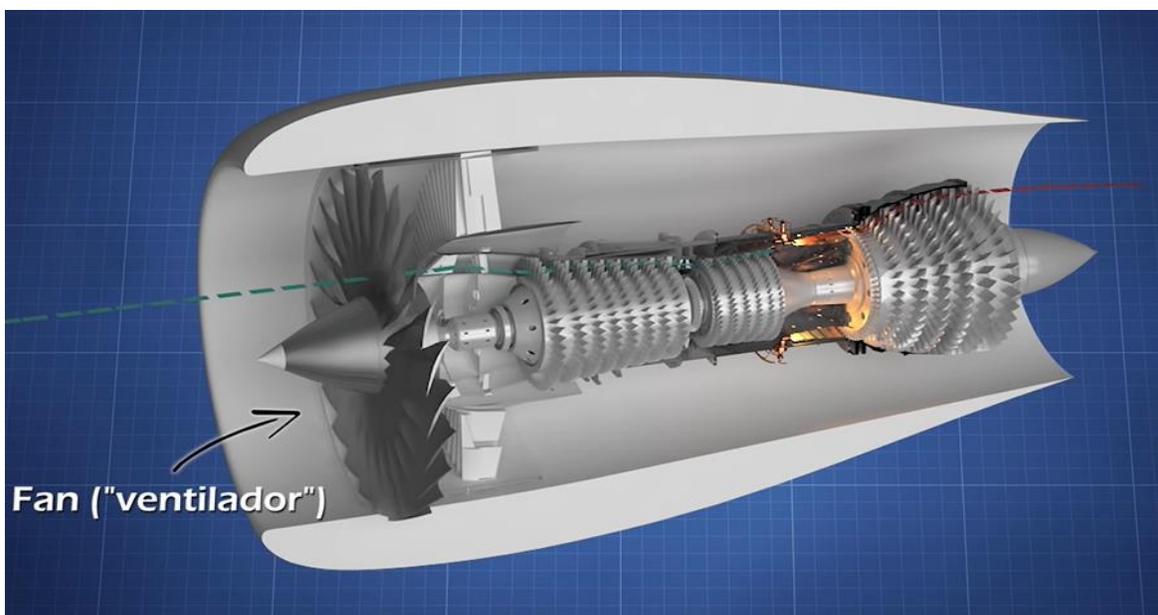


Figura 1.8 Funcionamiento del Ventilador (Fan), (Mundo de Aviación, 2019).⁸

I.V.- Gas-avión (Pistón)

El objetivo de esta tesis es abordar principalmente el tema de turbosina, sin embargo, es importante mencionar el gasavión de manera general, puesto que este combustible también se utiliza en aeronaves como lo son avionetas.

Con información de la Secretaría de Energía, el gasavión se utiliza en aviones con motores del ciclo Otto, esto es, motores con ignición por chispa eléctrica (spark-ignition engine) y especificaciones más estrictas, dicho de otra forma, el gas avión es un combustible de aviación derivado del petróleo, utilizado para motores de pistón, que principalmente impulsan una hélice para poder ejercer la acción de volar. A continuación, se observa la composición del gas avión la cual está establecida en la NOM 016, por lo tanto, todas las empresas importadoras y productoras de gas avión en México deben de cumplir con ella.

Composición / Información sobre los componentes	
Nombre común:	Gas Avión
Sinónimo(s)	Combustible para motores de hélice, AVGAS 100 LL
Concentración:	100%
Impurezas y aditivos estabilizadores	
Azufre Total	0.05 % Peso Máximo
Goma acelerada	6 mg/ 100L Máximo
Tetraetilo de plomo	0.53 ml TEL/L
Inhibidor de oxidación	12 mg/L

Tabla 1.4 Composición del Gasavión, (NOM 016-CRE, 2016). Elaboración Propia.

- **¿Cuáles son las propiedades físico/químicas del gasavión?**

“Petrolífero en fase líquida cuyas propiedades son adecuadas para su consumo en aviones con motores de ignición por chispa eléctrica, cuyas especificaciones se describen en la Tabla 10 de la Norma Oficial Mexicana NOM-016-CRE-2016, especificaciones de calidad de los petrolíferos emitida por la Comisión Reguladora de Energía. Este producto es un líquido de color azul, con olor

característico a gasolina. Su elaboración consiste en un producto obtenido a partir de la desintegración catalítica de los gasóleos pesados que a su vez son un destilado intermedio del crudo”.⁹

Propiedades físicas y Químicas	
Propiedad	Gasavión
Estado Físico	Líquido
Color	Azul
Olor	Característico a gasolina
Temperatura de inflamación	A temperatura ambiente con chispa.
Temperatura de congelación	-58 °C
Inflamabilidad	Inflamable
Densidad Relativa	0.7 kg/L
Poder Calorífico	43.56 MJ/kg Mínimo
Reacción al agua cambio de volumen	0.10 mg KOH/g
Conductividad eléctrica	450 pS/m

Tabla 1.5 Propiedades Físicas/Químicas del Gasavión, (NOM 016-CRE, 2016). Elaboración

Propia.



- Combustible para motores de pistón.
- Color azul.
- Densidad media 0,7 Kg/L aproximadamente.
- Inflamable a temperatura ambiente en presencia de llama o chispa

ATENCIÓN:
 LA GASOLINA DE AUTOMOCIÓN, SIN PLOMO CON ADITIVO SUSTITUTIVO DEL PLOMO, NO DEBE USARSE NUNCA EN MOTORES DE AVIACIÓN GENERAL, COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO AL AVGAS 100 LL.

Figura 1.9 Representación física del Gasavión, (Repsol, 2014).

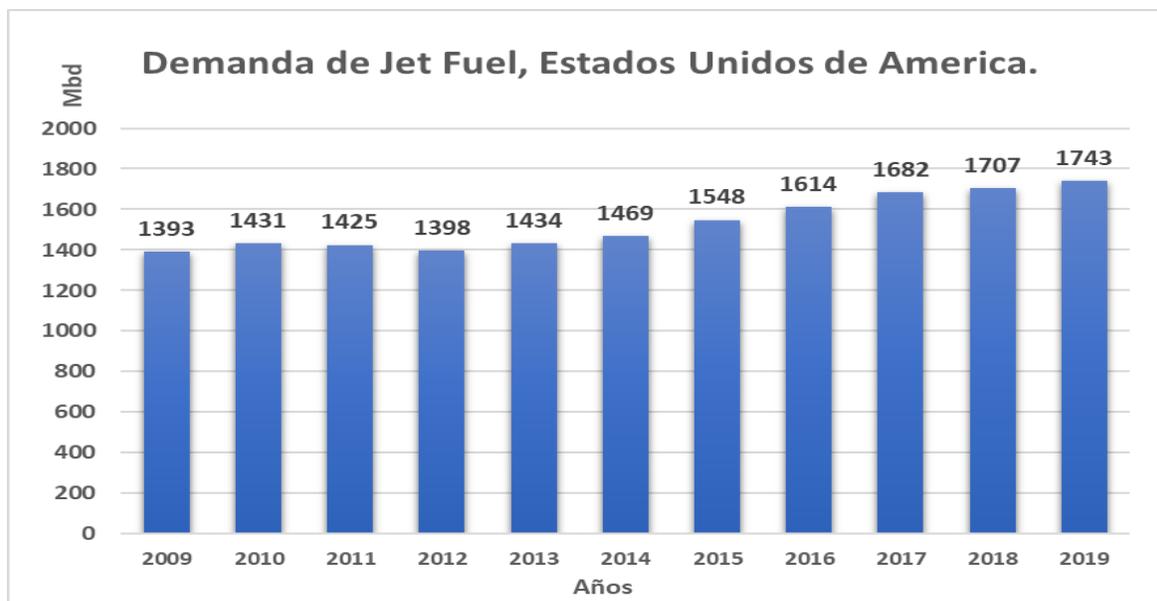
II.- Capítulo 2: Análisis del entorno internacional y nacional de Turbosina.

II.I.- Panorama del Mercado Internacional

Es preciso hacer un análisis total sobre las tendencias y necesidades del mercado internacional, haciendo un correcto diagnóstico en los principales países consumidores de turbosina (jet fuel), con el objetivo de entender los retos que se presentan en posibles escenarios o proyecciones que están por venir para este mercado, indicando que a mediano plazo y en los próximos años se podrá ver un aumento pronunciado de la demanda, sumado a esto, el comportamiento asociado con el incremento en el uso del transporte aéreo en un mundo cada vez más globalizado, donde el comercio internacional cada día tiene más presencia, estos sucesos detonaran posibles proyectos para la comercialización, elaboración y distribución de este petrolífero. A diferencia de otros petrolíferos (p. ej. Gasolina), en los próximos años no se proyectan alternativas reales como posibles sustitutos de la turbosina (Jet A), por sus propiedades Físico/Químicas, su composición y su funcionamiento de operación en una turbina.

- **Estados unidos (gran escala)**

Con base en los datos de la EIA (Energy Information Administration), la demanda de “Jet Fuel” en EE. UU. tuvo un promedio de 1,7 millones de barriles por día en 2019.



Gráfica 2.1 Demanda de Jet fuel en EUA 2009-2019, (U.S Energy Information Administration, 2020). Elaboración Propia.

Estados Unidos predomina como el país que más consume combustibles de aviación en todo el planeta, visualizar su mercado y distribución puede servir como referencia, para hacer un análisis sobre los retos y oportunidades que pueden presentarse en un país desarrollado, por ser altamente dependiente de esta actividad económica. El manejo y procesos operativos para turbosina (Jet fuel), puede parecer sencillo, pero es más complejo de lo que aparenta ser, con información de “Airlines for America” se pueden observar algunas complicaciones existentes dentro de la cadena de suministro en Estados Unidos.

*“El actual sistema de distribución interestatal de productos refinados, tiene una capacidad limitada y es vulnerable a interrupciones que generalmente requieren de soluciones costosas. Dada la creciente demanda de combustibles líquidos, como transportistas y consumidores de cantidades significativas de productos refinados, sabemos que las aerolíneas y otros usuarios de Jet fuel tienen un interés sustancial en abordar la deficiencia nacional, apoyando en la inversión para expandir la red de ductos”.*¹⁰



Figura 2.1 Red de ductos para el transporte de Jet fuel en EUA, (Airlines for America, 2016).¹⁰



En la **figura 2.1** se contempla la configuración existente en la red de ductos para el transporte de Jet fuel, posicionado estratégicamente en las principales ciudades estadounidenses, para poder garantizar el abastecimiento, ya que dichas ciudades poseen el mayor número de fábricas donde se elabora turbosina y a su vez están conectadas con las ciudades con más aeropuertos y tráfico aéreo.

Este análisis general muestra uno de los retos implicados en la expansión del mercado y consumo de turbosina, por ello surge a la necesidad de actualizar simultáneamente una cadena de suministro que garantice de manera continua e ininterrumpida la producción y el abastecimiento de este.

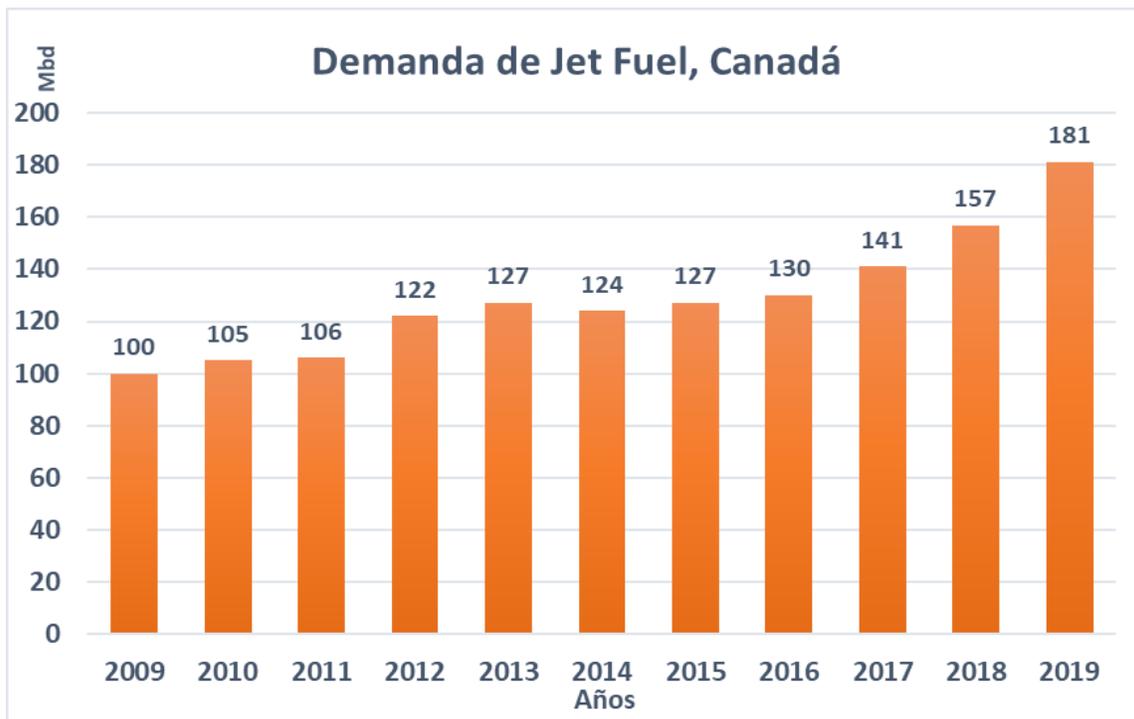
Por otro lado, ante todo problema puede haber una oportunidad de negocio, que estimule la economía, como lo son nuevos proyectos de inversión en la producción, almacenamiento y expansión de nuevas líneas de suministro, para la comercialización de turbosina.

“Es probable que la demanda continúe superando la capacidad del sistema de distribución de combustibles líquidos, por ello es imperativo que tomemos medidas para superar y prevenir los sucesos futuros. Estos combustibles son esenciales para las actividades aéreas, además el transporte de los combustibles por carretera y ferrocarril, entre otros, ayudan a impulsar gran parte de la economía del siglo XXI”.¹⁰

Otro factor para tomar en cuenta es que actualmente Estados Unidos es el principal exportador de turbosina para México o el único en términos reales, también, se ha posicionado como el principal socio comercial de México y recientemente ha firmado el T- MEC, ya que EUA es el país más importante en la estrategia de crear un corredor comercial en Norte América que fomente el desarrollo de toda la región.

- **Canadá**

Canadá es un país que en los últimos años se ha posicionado como uno de los mayores consumidores de Jet fuel en el continente americano, esto es sorprendente debido a que es un país con una población de aproximadamente 38 millones de habitantes, muy por debajo de países como EUA, México, Brasil, etc. A continuación, se muestra en la **gráfica 2.2** el consumo de Jet A en Canadá.

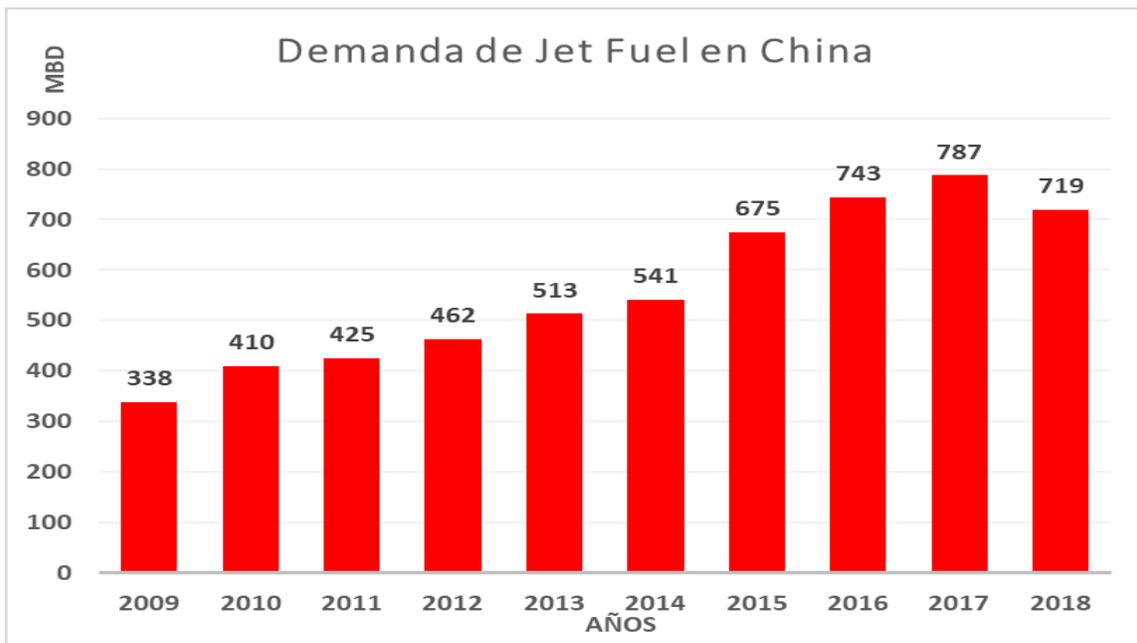


Gráfica 2.2 Demanda de Jet fuel en Canadá 2009-2019, (EIA, 2020) . Elaboración Propia.

Canadá es un modelo económico altamente diversificado en los sectores productivos de materias primas, tales como la industria energética, minera, forestal, pesca, etc. Estas actividades son las fuentes principales de empleo y bienestar social, sustenta su economía en producir y garantizar autosuficiencia en servicios y productos esenciales para su población. Para este país su orientación de mercado es con miras a sus vecinos del sur; Canadá se posiciona como un país exportador neto de productos básicos, incluidos los energéticos, por ello el incremento de sus actividades productivas ha dado como resultado que Canadá se posiciona como uno de los principales exportadores de hidrocarburos y consumidores de petrolíferos.

- **China**

China ha mostrado un constante crecimiento económico, situándose como una potencia económica a nivel global, gracias a la creación de una vasta y eficiente infraestructura con la capacidad de fabricar productos de todo tipo, es una de las razones por la que varios países han llamado a China como “La fábrica del mundo”, esto conlleva a satisfacer una demanda creciente de energía. El comercio crece de manera constante, estos sucesos han hecho que China aumente su parque vehicular cada año, propiciando la búsqueda de nuevas rutas marítimas y aéreas, para un comercio global y eficiente, dando como resultado un incremento en el consumo de Diesel, Turbosina y otros derivados del petróleo.



Gráfica 2.3 Demanda de Jet fuel en China, (EIA, 2018). Elaboración Propia

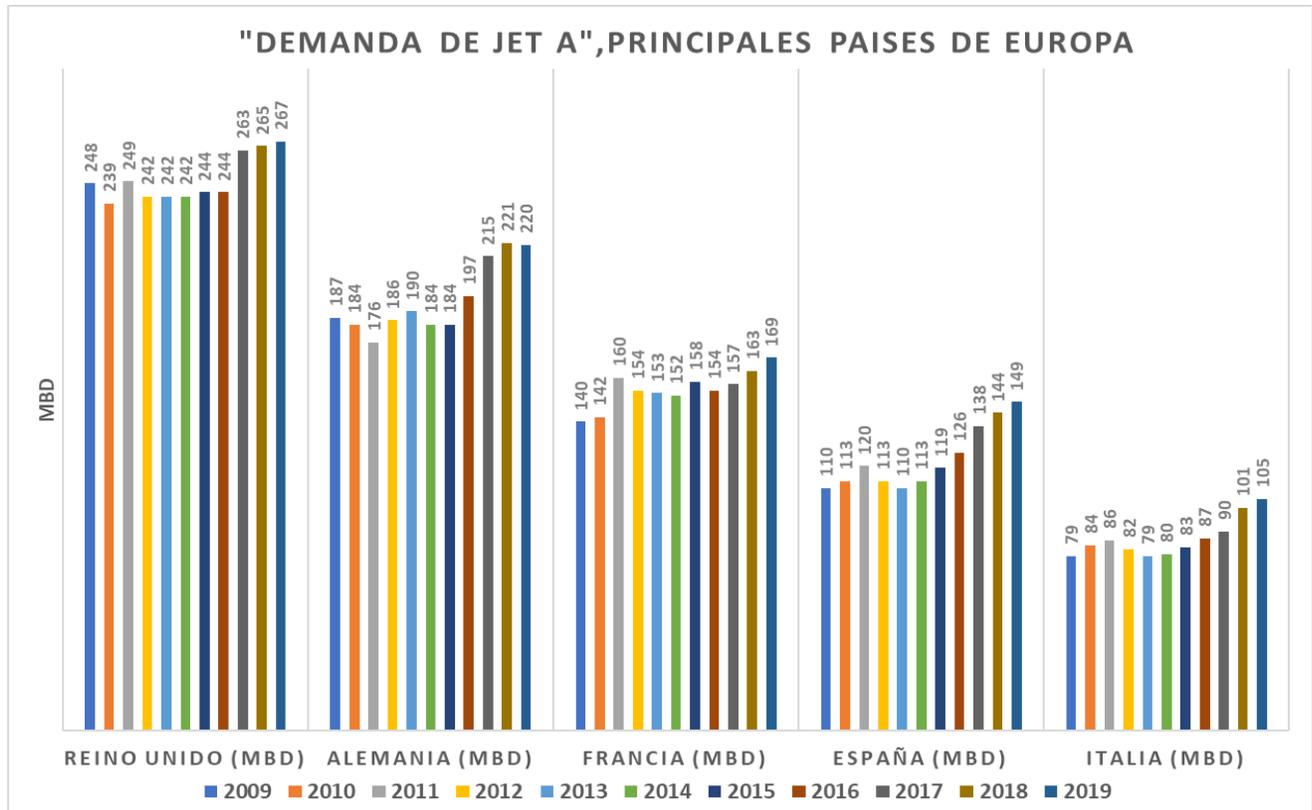
China ha puesto en marcha un proyecto ambicioso para reemplazar gradualmente sus automóviles domésticos de combustión interna (p. ej. Camiones y autos) por coches eléctricos. Sin embargo, no existen proyectos reales a mediano plazo de algún sustituto para la aviación. Daniel Yergin es uno de los analistas geopolíticos más reconocidos a nivel mundial en materia energética, en su último libro *“The new map, energy, climate and the clash of nations.”* Nos comparte un panorama general en materia energética sobre el futuro que le espera al planeta en los próximos años, sosteniendo que:

“Uno de los problemas más difíciles es encontrar alternativas al Jet fuel e incluso si hubiera una solución obvia o una en el horizonte, tomaría mucho tiempo tener un impacto, debido a la vida útil de la flota aérea que existe en el mundo y simultáneamente diseñar nuevos aviones, certificarlos y luego salir a remplazar a todos los aviones actuales de las aerolíneas”.¹¹

Otra de las vertientes que Daniel Yergin sostiene es que China en un futuro jugará un papel fundamental en la producción y consumo de Jet Fuel. Este factor es cada vez más evidente al analizar la **gráfica 2.3**. y se puede constatar con la siguiente afirmación:

“China, con una población de 1.400 millones de habitantes, está construyendo ocho nuevos aeropuertos al año, añadiendo que la flota de aviones civiles en todo el mundo, aunque más eficiente, se duplicara para 2040”.¹¹

- Principales países de Europa (Inglaterra, Alemania, Francia, España, Italia)



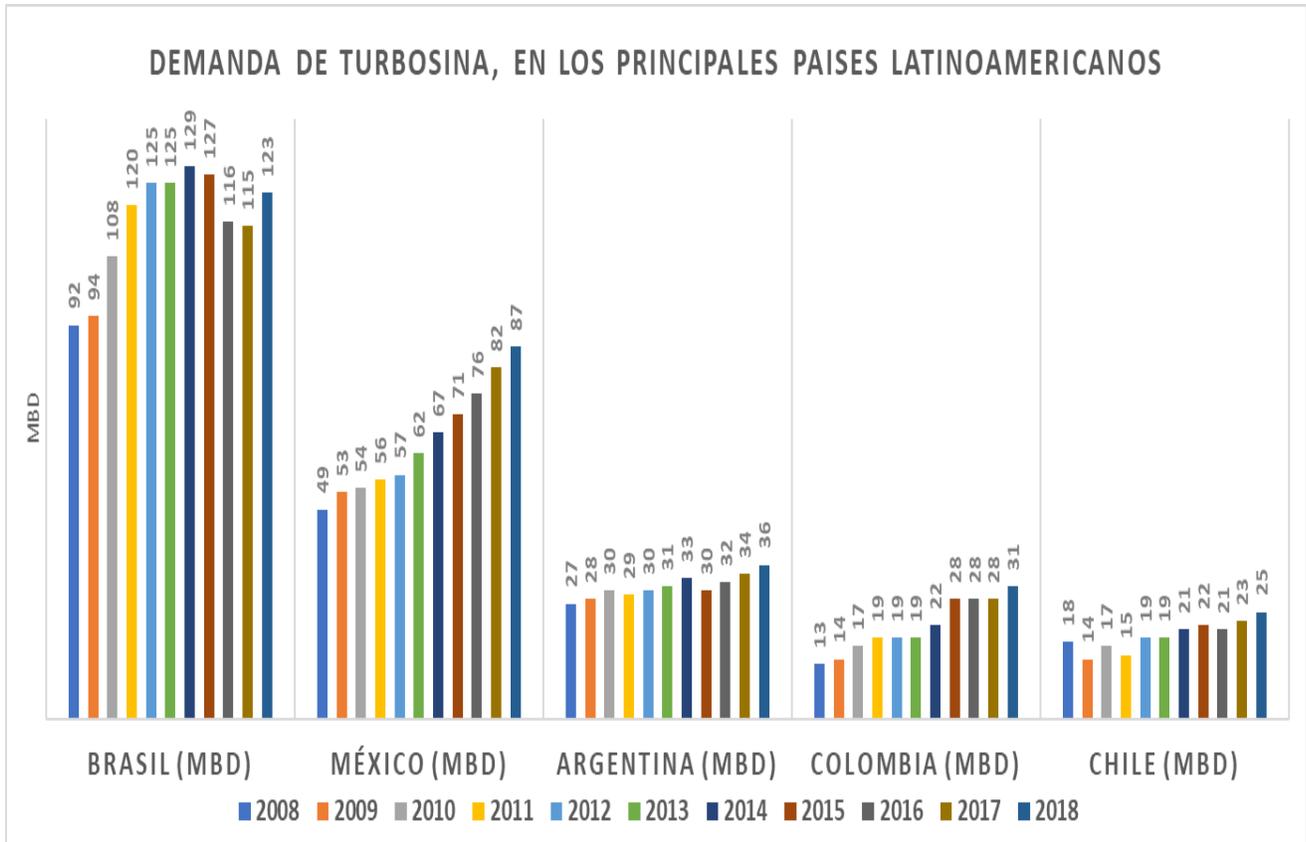
Gráfica 2.4 Demanda de Principales consumidores de Jet A en Europa, (EIA, 2020). Elaboración propia.

En la **gráfica 2.4** se visualiza el consumo de Jet A en las principales potencias europeas, que son las que otorgan las directrices o tendencias económicas en el consumo de Jet A que se genera en



Europa y a su vez, sirven como un referente a nivel internacional en la industria aeronáutica debido a que son los países que cuentan con mejores políticas públicas en almacenamiento y mayor inventario de “Jet fuel (Turbosina)”.

- Principales consumidores de América latina.



Gráfica 2.5 Demanda de Turbosina en Principales países Latinoamericanos, (EIA, 2020).
Elaboración propia.

Al analizar la **gráfica 2.5** se observa la tendencia que existe en los países que más consumen turbosina de América Latina (**Brasil, México, Argentina, Colombia, Chile**), si se hace una comparativa general de estos países conocidos como economías emergentes contra economías desarrolladas se puede observar una diferencia de demanda muy significativa. Por otro lado, México ha mostrado un crecimiento sostenido en su consumo durante los últimos años, el cual se traduce en una mayor actividad aérea, posicionándose solo por detrás de Brasil.



- **Efectos de la pandemia SARS_COVID-19 a nivel Global.**

El 2020 fue un año marcado por el colapso económico que trajo consigo la pandemia del COVID-19 y sus implicaciones en las cadenas globales de valor.

El impacto del Covid-19 ha sido un disruptivo en la economía energética mundial, ha llevado a los países a verse en la necesidad de hacer un alto total a todas las actividades no esenciales, y a pesar de que algunos ya están en etapa de recuperación, la interrogante es ¿Cómo esto ha afectado a la industria energética con las medidas de “resguardo en casa” tomadas en todo el mundo?, las personas dejaron de consumir petrolíferos, ciertas industrias se paralizaron, ocurrió una sobreoferta por la producción acelerada y una saturación de los sistemas de almacenamiento a nivel global. Con estadísticas de la EIA (Energy Information Administration) a continuación se puede apreciar el comportamiento del consumo de Turbosina en las principales zonas consumidoras a nivel mundial correspondientes a los periodos de la pandemia COVID de enero 2020 – agosto 2020.

Ratio of 2020 jet fuel consumption by commercial passenger jets to 2019 consumption, seven-day moving average (January 1, 2020–August 16, 2020)

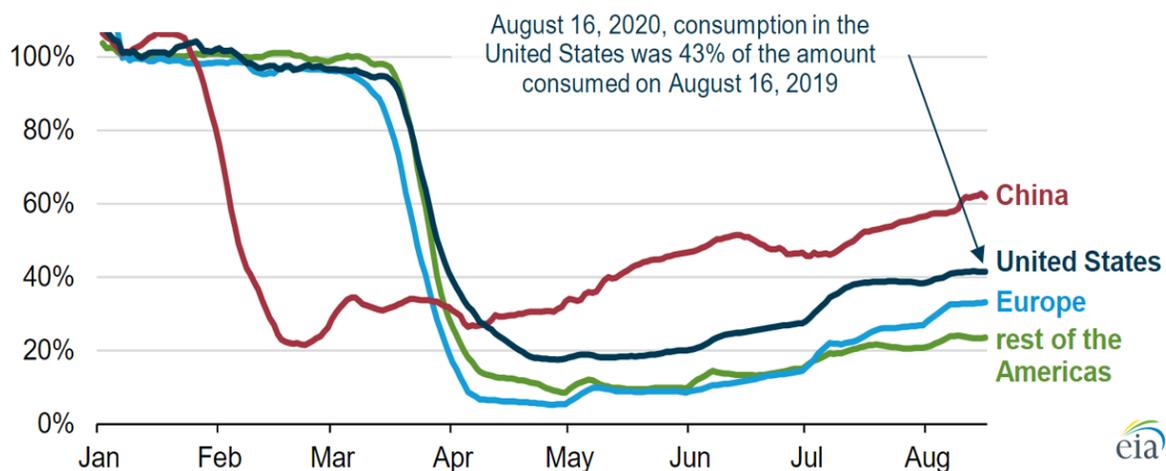


Figura 2.2 Comportamiento en el consumo de turbosina a principios de la pandemia COVID. (EIA, 2020).

La **figura 2.2** muestra el cierre total que existió el mes de abril del 2020, afectando significativamente el tránsito vehicular, vuelos comerciales y con ello el consumo de turbosina.

No obstante, gradualmente se han ido recuperando las actividades económicas con una reapertura ordenada, siguiendo todas las medidas sanitarias establecidas por cada país junto a recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), gracias a ello se vislumbra una recuperación en su consumo.

Estados Unidos pronostica una recuperación en 2022 en la demanda de Jet Fuel. Con base en los análisis y proyecciones de la Administración de Información de Energía (EIA), la cual cree que los volúmenes comerciales que se comercializaban antes de la pandemia se restablecerán para 2022.

Four-week average U.S. kerosene-type jet fuel supplied (Jan 2019–Apr 2021)

million barrels per day

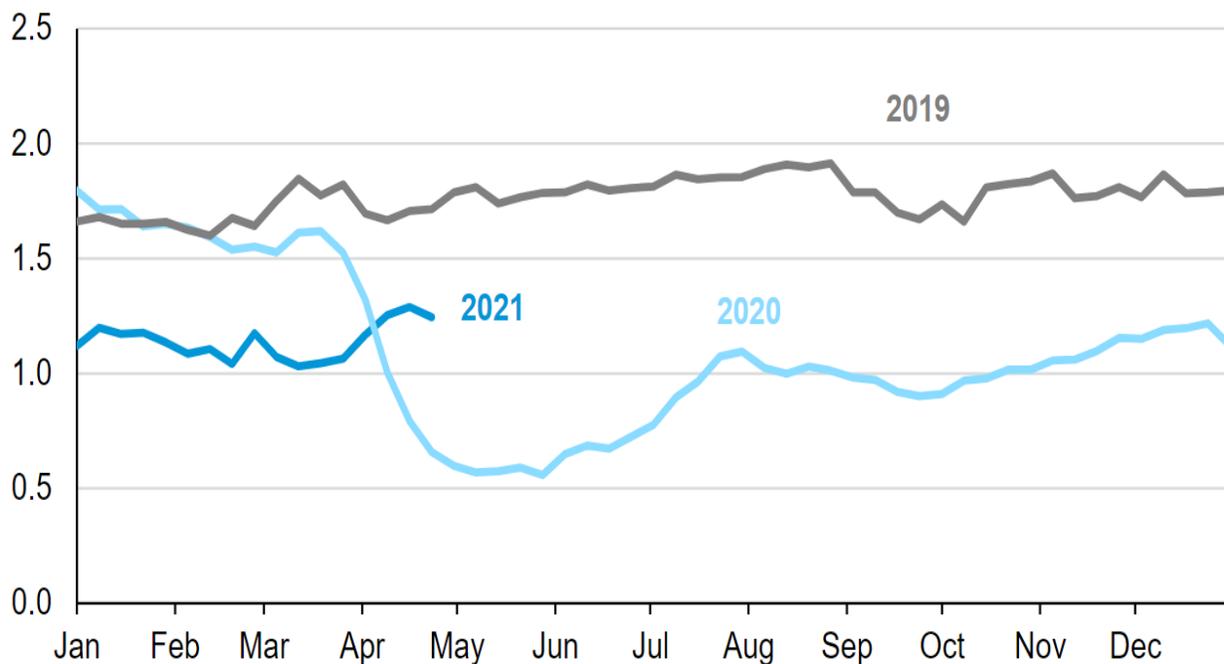


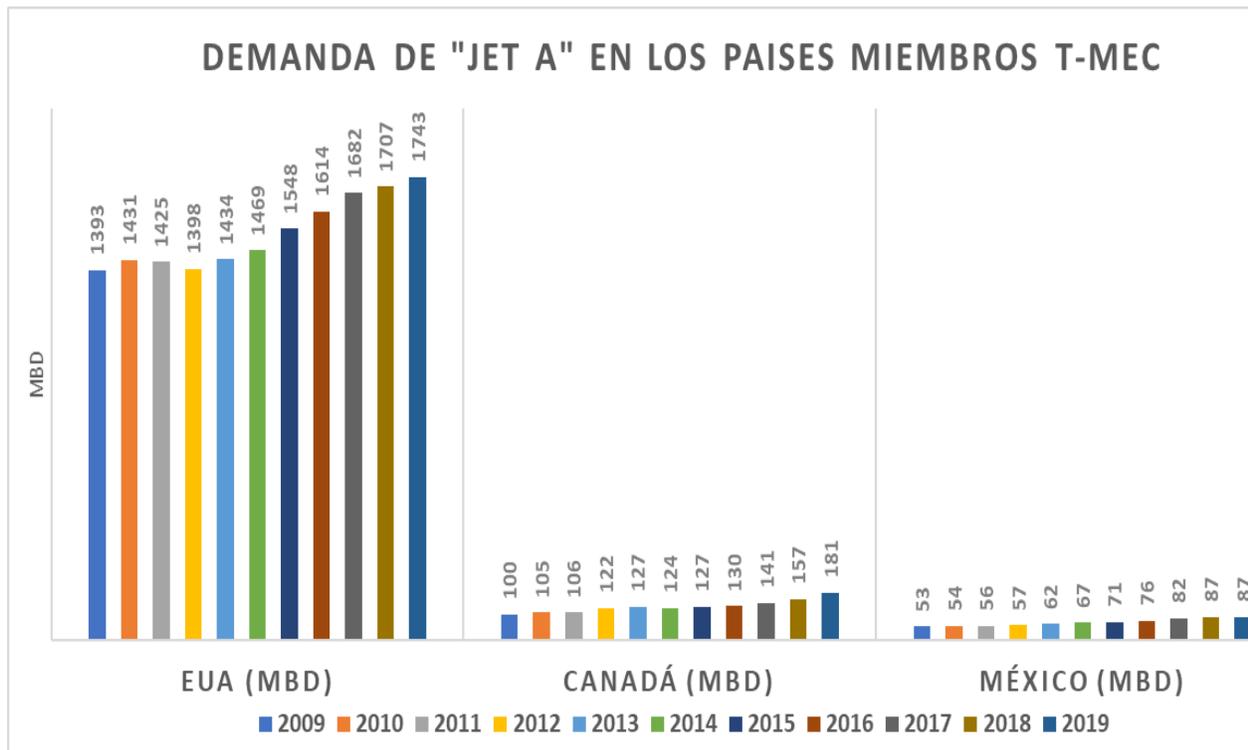
Figura 2.3 Recuperación del consumo de Jet fuel en EUA. (EIA, 2021).

- **Oportunidades del T-MEC para la Turbosina.**

El T-MEC abrió nuevas áreas de oportunidad en América del Norte, un punto importante será la comercialización de combustibles y el intercambio comercial en materia energética, esto en beneficio de los consumidores, al incluir reglamentaciones con relación al comercio, donde la competitividad y la administración aduanera serán facilitadas. Igualmente, lo acordado en materia laboral, ambiental y buenas prácticas regulatorias en los mercados energéticos.



“Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC). Mediante este acuerdo, los gobiernos de los tres países apostamos por la cooperación en América del Norte con el fin de desarrollar una plataforma que nos haga más competitivos, fortalezca nuestras cadenas de valor y haga llegar los beneficios de la integración productiva a nuestras sociedades. La certidumbre legal y las nuevas oportunidades que generará el tratado, contribuirán a una más rápida recuperación económica ante los efectos provocados por la actual pandemia del COVID-19”.¹²



Gráfica 2.6 Demanda de Jet A, países miembros del T-MEC, (EIA, 2020). Elaboración propia.

Basándonos en los indicadores obtenidos gráficamente del consumo de turbosina que tienen los países miembros del T-MEC, nos proporcionan un claro panorama del volumen en “Miles de barriles diarios” la demanda de Estados Unidos comparado a la de sus países vecinos, Canadá y México. Debido a un comportamiento en el mercado de turbosina que cada vez va en aumento en dichos países, la turbosina puede ser un combustible altamente rentable. Si México quiere entrar como un socio al cual apostarle, debe mostrarse como un país que resulte rentable para la inversión pública y privada dentro del mercado de los petrolíferos. El país tiene un reto grande



por delante, debe generar las condiciones regulatorias, jurídicas y de competitividad dentro de un periodo lleno de cambios, con la finalidad de incrementar la cantidad de proyectos de infraestructura que involucren la elaboración, el transporte y distribución de turbosina a sectores estratégicos, clave para aumentar la comercialización, logrando así ampliar su perspectiva de mercado a nivel internacional.

Por último, se puede observar que la producción de combustibles de aviación va en aumento, la exploración y creación de nuevas rutas comerciales enfrentan un reto al tener que transitar, mayores distancias en el menor tiempo posible, donde el uso de aviones de transporte de carga cada vez es más frecuente.

II.II.- Panorama del Mercado Nacional.

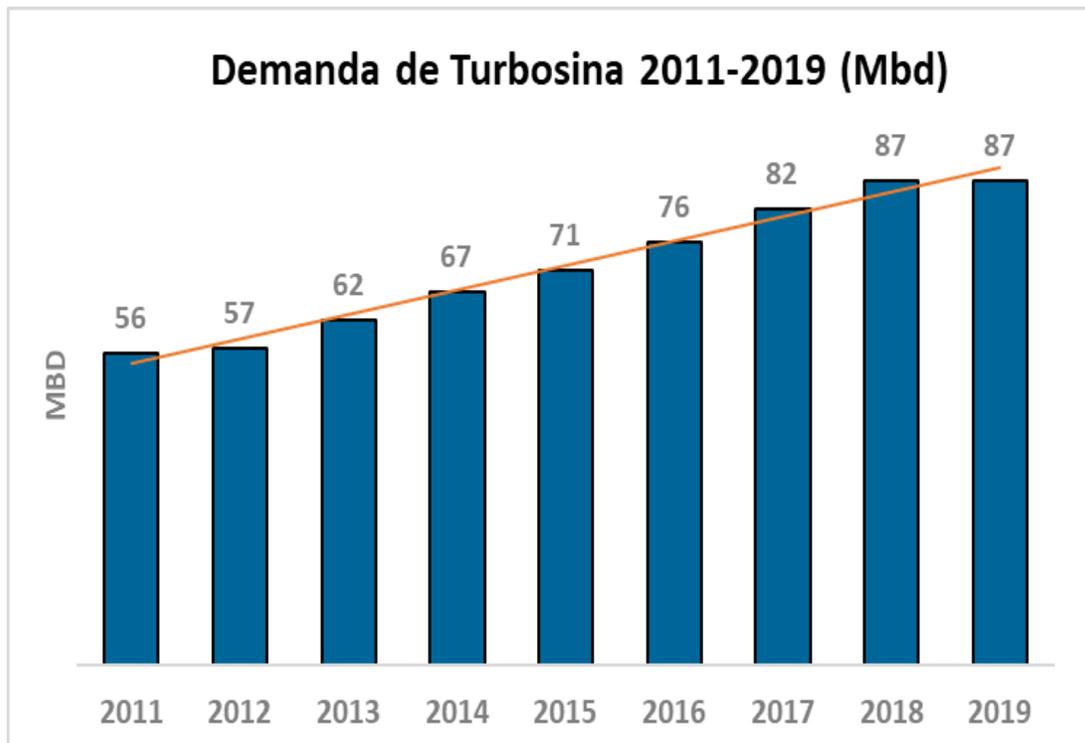
De conformidad con lo establecido en la Ley de Hidrocarburos, los petrolíferos son los productos que se obtienen de la refinación del petróleo o del procesamiento del gas natural y que derivan directamente de hidrocarburos, tales como las gasolinas (Regular y Premium), diésel, turbosina, combustóleo, entre otros.

“La demanda de petrolíferos está ligada a distintos factores económicos, entre los que destacan: el tamaño de la economía del país y su dinamismo, el crecimiento poblacional, el incremento y la eficiencia del parque vehicular, la estacionalidad en el consumo y los niveles de precio prevalecientes. En los últimos 20 años la población en México ha aumentado el 21%, mientras que el parque vehicular se ha triplicado”.¹³

- **Demanda de Turbosina 2011-2019**

En la **gráfica 2.7** se analiza que del 2011 a 2019, la demanda de turbosina creció alrededor de un 56%, dando como resultado un evidente crecimiento en el sector de transporte aéreo.

El sector de transporte aéreo consume la totalidad de la turbosina en el país. A fines de 2019, la demanda de turbosina se ubicó en 87 mil barriles diarios, la misma cifra que en 2018, pero ambos años con un incremento de 5 mil barriles diarios respecto al período de 2017.



Gráfica 2.7 Demanda de Turbosina en México 2011-2019, (SENER, 2019). Elaboración Propia.¹³

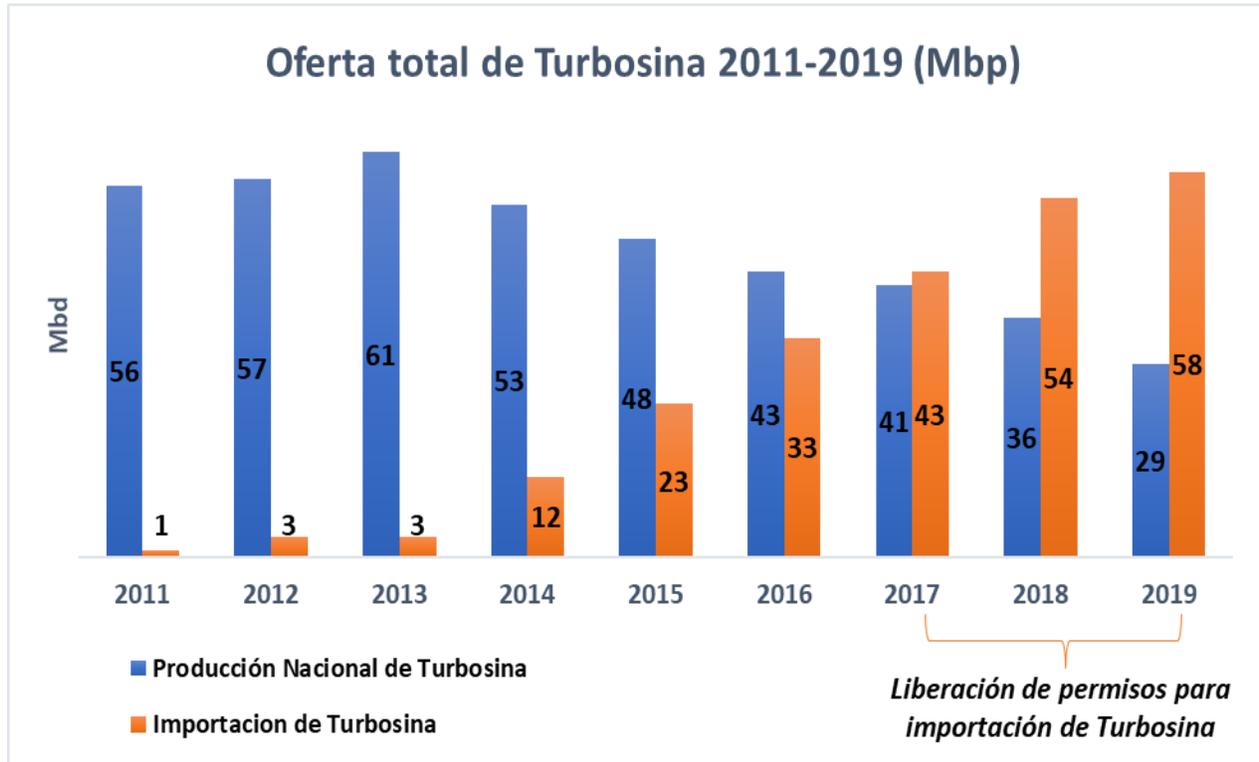
Por su parte, de acuerdo con el Plan de negocios de Petróleos Mexicanos 2019-2023, el consumo de turbosina ha mostrado un crecimiento sostenido en los últimos años, que se mantendrá en el corto y mediano plazo. Esta tendencia se asocia principalmente a un incremento en el uso del transporte aéreo por países de Asia, América Latina y Medio Oriente, además de que no se vislumbran alternativas viables como sustitutos a futuro.

- **Oferta de Turbosina en México**

Con base en indicadores de importación y producción de turbosina, en 2011 las importaciones registradas eran de mil barriles diarios, para 2017 ya eran de 43 mil barriles diarios y en 2019, 58 mil barriles diarios, en contraste, la producción nacional paso de producir en 2011, 56 mil barriles diarios a 29 mil barriles diarios en 2019, lo cual representa una reducción significativa.

“Con el antiguo modelo de mercado monopolístico, la importación de gasolinas, diésel, turbosina y combustóleo era una de las actividades de la cadena de valor de petrolíferos que se encontraba reservada únicamente para el Estado con fines de comercialización, limitando la participación privada en gran parte de la cadena de valor. A partir de 2016, se liberó la importación de los

combustibles a través de permisos otorgados por la Secretaría de Energía de conformidad con la Ley de Hidrocarburos, en términos de la Ley de Comercio Exterior, con el apoyo de la Secretaría de Economía (SE), así como de la opinión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).¹³



**Gráfica 2.8 Producción vs importación de Turbosina en México 2011-2019, (SENER, 2019).
Elaboración Propia.¹³**

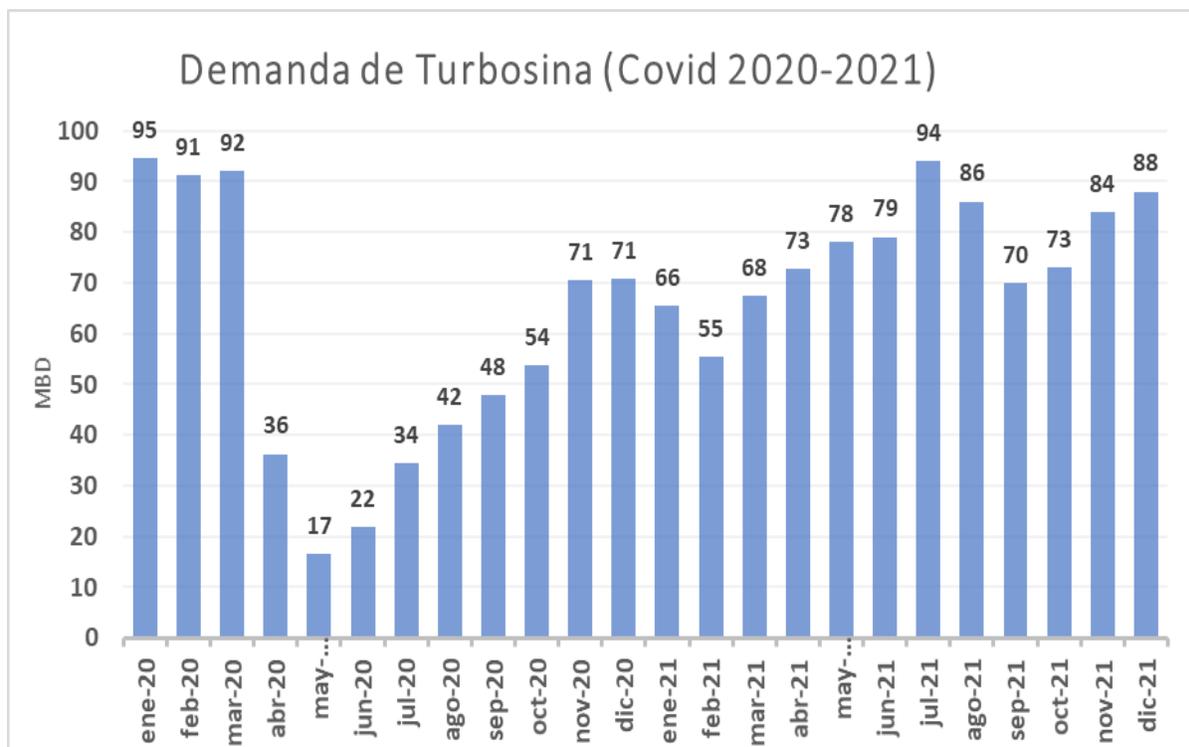
En la **gráfica 2.8** se hace un análisis de las tendencias en la producción nacional de turbosina, donde se observa que el panorama no es alentador, esto se debe a la falta de infraestructura y mantenimiento en las refinerías existentes, como consecuencia la producción ha caído y la importación de turbosina ha incrementado, sumado a la entrada de empresas privadas en el mercado nacional, a partir de 2017.

La turbosina en el contexto nacional es considerada como un petrolífero fundamental para el desarrollo de las actividades económicas del país, es determinante que el país pueda tener un volumen aceptable producido en el “Sistema Nacional de Refinación” para satisfacer una demanda creciente.

- **Efectos de la pandemia Covid-19 en la demanda de Turbosina en México**

La situación en México no es muy diferente al resto de los países, lo cual nos lleva a cuestionarnos cómo será la situación para el país a corto, mediano y largo plazo. Es necesario priorizar las estrategias y plantearse metas más cercanas a la realidad que tenemos a causa del Covid-19 de manera que se reduzcan los costos operativos y aumente el valor agregado. Se requiere de información para poder replantear las estrategias, además de estudiar todo el entorno global, regional y competitivo.

En la **gráfica 2.9** se observa el comportamiento en la demanda de turbosina desde inicios del 2020 y sus efectos debido a la emergencia sanitaria del COVID:



**Gráfica 2.9 Demanda de Turbosina en México 2020-2021, (Secretaría de Energía , 2021).
Elaboración Propia.**

Se observa que de abril a julio de 2020 la demanda de turbosina tuvo un mínimo histórico, al cerrar los vuelos que principalmente eran de pasajeros, sin embargo el repentino crecimiento del comercio electrónico e intercambio de material médico mantuvo las operaciones aéreas,



reforzando la lucha contra la emergencia sanitaria así como para distribuir suministros médicos, dichas actividades fueron remplazando gradualmente a los vuelos de pasajeros, conforme se fueron tomando medidas sanitarias y reabriendo las actividades económicas, gradualmente se han ido recuperando los vuelos de pasajeros.

A partir de los acuerdos en la adquisición de vacunas por parte de México con las farmacéuticas de otros países, las vacunas han detonado que las Aerolíneas pasen a ser parte esencial en la cadena de suministro de la vacuna contra COVID-19. El envío rápido y masivo de vacunas solo ha sido posible gracias a que el gobierno puso en operación el “Plan de distribución de vacunas contra el COVID-19”, el cual contempla usar aviones como principal medio de transporte, ya que es la mejor vía de manejar las vacunas en las mejores condiciones al menor tiempo posible.

- Otro aspecto a tomar en cuenta es que en el periodo de noviembre 2020 – julio 2021, los vuelos de pasajeros se han ido incrementando y se han ido aproximando a los niveles previos a la pandemia, debido a que existen medidas sanitarias y protocolos de salud que se aplican rigurosamente.
- Las actividades turísticas nacionales e internacionales se empiezan a normalizar en los periodos vacacionales, mientras que el transporte de mercancías se reanuda de manera gradual, estos factores son indicadores de que eventualmente las actividades aéreas volverán a la normalidad, y muy probablemente superará la demanda de turbosina del 2019 en el mediano o largo plazo.

III.- Capítulo 3: Marco regulatorio de la Turbosina a partir de la Reforma energética en México.

III.I.- Antecedentes: Modificaciones a las leyes aplicadas a los petrolíferos a partir de la Reforma Energética.

El 20 diciembre de 2013, se dio el primer paso a la apertura del sector energético del país, ya que el Congreso de la Unión aprobó la Reforma Energética, modificando los artículos 25, 27 y 28 de la Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos. De los artículos reformados, el artículo 28 constitucional es el que se involucra más con el área de los petrolíferos, el cual dictamina que:

“Artículo 28.- En los Estados Unidos Mexicanos quedan prohibidos los monopolios, las prácticas monopólicas, los estancos, las condonaciones de impuestos y las exenciones de impuestos en los términos y condiciones que fijan las leyes”.

“Las leyes fijarán bases para que se señalen precios máximos a los artículos, materias o productos que se consideren necesarios para la economía nacional o el consumo popular, así como para imponer modalidades a la organización de la distribución de esos artículos, materias o productos, a fin de evitar que intermediaciones innecesarias o excesivas provoquen insuficiencia en el abasto, así como el alza de precios. La ley protegerá a los consumidores y propiciará su organización para el mejor cuidado de sus intereses”.

REFORMADO, D.O.F. 20 DE DICIEMBRE DE 2013

“El Estado contará con los organismos y empresas que requiera para el eficaz manejo de las áreas estratégicas a su cargo y en las actividades de carácter prioritario donde, de acuerdo con las leyes, participe por sí o con los sectores social y privado”.

REFORMADO, D.O.F. 20 DE DICIEMBRE DE 2013

“El Poder Ejecutivo contará con los órganos reguladores coordinados en materia energética, denominados Comisión Nacional de Hidrocarburos y Comisión Reguladora de Energía, en los términos que determine la ley”.¹⁴

REFORMADO, D.O.F. 20 DE DICIEMBRE DE 2013

Terminando así con el modelo monopólico estatal de Pemex y cambiándolo a uno de libre mercado, donde se esperaba obtener una gran atracción a las inversiones privadas y hacer a Pemex más eficiente ante un mercado competitivo, por ello surgieron las necesidades de contar con un proceso de liberalización en las actividades de toda la cadena de valor de los hidrocarburos y petrolíferos.

- **Marco Normativo establecido para la Turbosina (Petrolífero).**

“Hasta diciembre de 2013, el marco constitucional no permitía a Pemex asociarse en México con otras empresas. Por otra parte, el marco jurídico dividía la petroquímica, que no estaba abierta a la inversión privada, pero que en realidad la iniciativa privada sí lo estaba. Esta división virtual no coincidía con los procesos industriales. Aunque hoy los privados ya participan en la petroquímica, se requiere de los insumos que estos manejan, ya que el abasto resulta insuficiente, pues hasta antes de la Reforma Pemex debía desarrollarlos de manera exclusiva”. ¹⁵

Al tratarse de un petrolífero, la comercialización de turbosina tiene el reto de aprovechar las oportunidades que se crearon en México para la industria petroquímica, impulsando la necesidad de nuevos negocios de almacenamiento, transporte y distribución de este combustible en todo el país. Ante este panorama fue necesario tener lineamientos que contarán con una rápida y eficiente adaptación al nuevo entorno global, ante los desafíos que se presentarán con la inversión y el desarrollo en el sector energético.

“La Reforma Energética Constitucional en el Artículo 28, eliminó a la petroquímica como una de las actividades reservadas al Estado para terminar con la división ficticia que la separaba de la petroquímica privada. Se abre la posibilidad de que tanto Pemex como particulares participen en actividades de refinación y petroquímica.

- *La SENER otorgará permisos, ya sea a Pemex o a particulares, para realizar las actividades de tratamiento y refinación del petróleo.*

- *Se integrarán cadenas productivas en nuestro país con inversión pública y privada para aumentar la oferta doméstica de petrolíferos.”* ¹⁵

- **Instituciones reguladoras para el libre mercado de petrolíferos en México.**

Para hacer un análisis del marco normativo que existe actualmente en nuestro país se tienen que contemplar ciertas políticas implementadas por el gobierno de la república en la última década. En México existen órganos reguladores que se coordinan de manera sincronizada con el gobierno federal, los cuales son responsables directos de regular la competitividad del mercado energético. Las facultades específicas que tiene cada institución varían y tienen la intención de maximizar la eficiencia, funcionamiento y aplicación del marco legal.

- **Secretaría de Energía.**



Figura 3.1 Logo Secretaría de Energía, (SENER, 2021).

La SENER es una de las secretarías de estado que forman parte del gabinete presidencial. Al estar ligada al poder ejecutivo federal, es la organización encargada de diseñar, planear y ejecutar las políticas públicas en materia energética, de esta forma queda facultada para administrar y regular los recursos energéticos de México a favor de los intereses nacionales. Su objetivo establecido para dichos fines es:

*“Conducir la política energética del país, dentro del marco constitucional vigente, para garantizar el suministro competitivo, suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable de energéticos que requiere el desarrollo de la vida nacional. Una población con acceso pleno a los insumos energéticos, a precios competitivos; con empresas públicas y privadas de calidad mundial, operando dentro de un marco legal y regulatorio adecuado. Con un firme impulso al uso eficiente de la energía y a la investigación y desarrollo tecnológicos”.*¹⁶

- **Comisión Reguladora de Energía.**



Figura 3.2 Logo Comisión Reguladora de Energía, (CRE, 2021).

De acuerdo con el Reglamento interno de la Comisión Reguladora de Energía, en sus Disposiciones Generales, el Artículo 1, establece las funciones y facultades que le son otorgadas por el Gobierno de la República:

“La Comisión Reguladora de Energía es una dependencia de la Administración Pública Federal centralizada, con carácter de Órgano Regulador Coordinado en Materia Energética, como se establece en el párrafo octavo, del Artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. La Comisión está dotada de autonomía técnica, operativa y de gestión, y cuenta con personalidad jurídica propia y capacidad para disponer de los ingresos que deriven de las contribuciones y contraprestaciones establecidas por los servicios que preste conforme a sus atribuciones y facultades.

Tiene a su cargo el ejercicio de las atribuciones y el despacho de los asuntos que le encomiendan la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética, la Ley de Hidrocarburos, la Ley de la Industria Eléctrica, la Ley de Transición Energética, la Ley General de Cambio Climático y las demás disposiciones jurídicas aplicables, a fin de fomentar el desarrollo eficiente de la industria, promover la competencia en el sector, proteger los intereses de los usuarios, propiciar una adecuada cobertura nacional y atender a la confiabilidad, estabilidad y seguridad en el suministro y la prestación de los servicios”.¹⁷

- **Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA)**



Figura 3.3 Logo Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente. (ASEA, 2021)

ASEA nace a partir del artículo 19 transitorio de la Reforma Energética, donde se crearon las bases para fundar una agencia gubernamental encargada de regular y supervisar las actividades de toda la cadena de valor de los hidrocarburos y petrolíferos, con la finalidad de proteger al medio ambiente, su función específica es:

“ASEA es un nuevo órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales que regula y supervisa la seguridad industrial, seguridad operativa y protección al ambiente respecto de las actividades del sector hidrocarburos. Con profesionalismo, transparencia, imparcialidad y oportunidad, ASEA garantiza la seguridad de las personas y la integridad del medio ambiente con certidumbre jurídica, procedimental y de costos, con el objetivo de convertirse en la Agencia que lleve al sector hidrocarburos de México a ser más limpio”.¹⁸

A continuación, en la **figura 3.4** se muestra un breve resumen sobre el organigrama de las instituciones reguladoras del mercado de petrolíferos que existe actualmente en nuestro país.

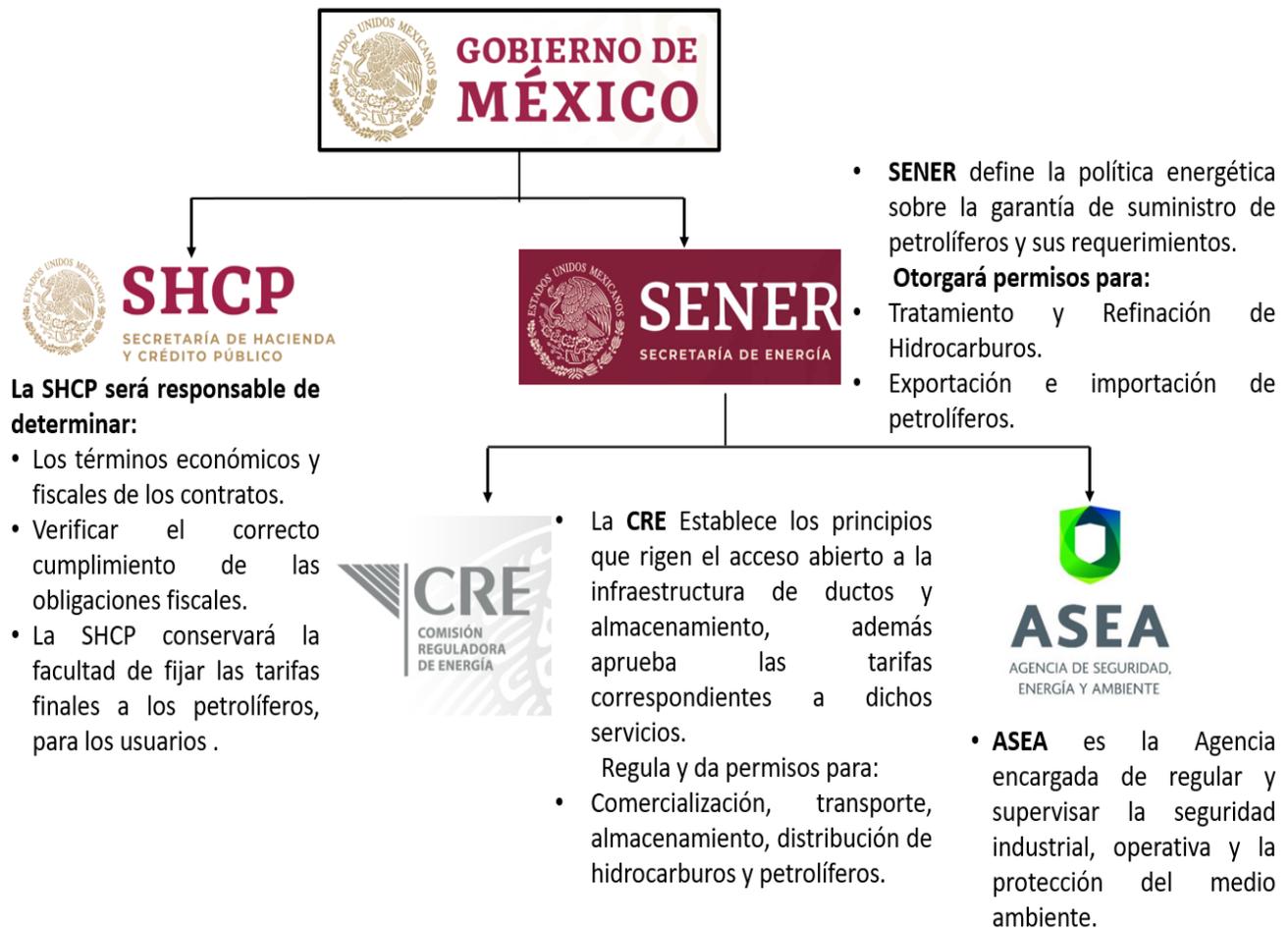


Figura 3.4 Instituciones participantes en el mercado de petrolíferos. (Gobierno de México, 2014). Elaboración Propia. ¹⁵

III.II.- Importancia del almacenamiento de Turbosina en la seguridad energética.

Hasta este punto se han dado los argumentos y pruebas contundentes de que México es uno de los mercados más grandes de Turbosina en América Latina, debido al incremento en las actividades de transporte aéreo su consumo ha crecido por encima de la capacidad de infraestructura de producción, transporte, almacenamiento y distribución que tiene nuestro país, este rezago explica el fenómeno de la creciente dependencia energética a las importaciones de este combustible. Para contrarrestar el efecto de este fenómeno, el gobierno de la república puso en marcha un plan de gran relevancia para salvaguardar los intereses nacionales en materia de seguridad energética.

- **Ley de hidrocarburos: Almacenamiento de petrolíferos.**

El poder ejecutivo de la República Mexicana decretó la creación de una nueva ley con la intención de apoyarse en la inversión destinada al almacenamiento de Turbosina y aumentar la disponibilidad de inventarios, por ello fue publicado en el Diario Oficial de la Federación de 2014, la “Ley de hidrocarburos”, la cual dictamina en el **artículo 80**, segundo párrafo que corresponde a la Secretaría de Energía:

“Corresponde a la Secretaría de Energía: I. Regular y supervisar, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a la Agencia, así como otorgar, modificar y revocar los permisos para:

- *La exportación e importación de Hidrocarburos y Petrolíferos en términos de la Ley de Comercio Exterior y con el apoyo de la Secretaría de Economía;*

II. Determinar la política pública en materia energética aplicable a los niveles de Almacenamiento y a la garantía de suministro de Hidrocarburos y Petrolíferos, a fin de salvaguardar los intereses y la seguridad nacional.

Con base en lo anterior, la Secretaría de Energía y la Comisión Reguladora de Energía establecerán, mediante disposiciones de carácter general o bien en los permisos correspondientes, las medidas que deberán cumplir los Permissionarios respecto de dicha política pública.

La gestión de los niveles mínimos de almacenamiento podrá ser llevada a cabo por la Secretaría de Energía o por la instancia que ésta designe”.¹⁹

De esta forma la Secretaría de Energía queda facultada para dictaminar y establecer la política pública de almacenamiento mínimo aplicada a los petrolíferos, al tratarse la Turbosina de un petrolífero con esta política se estaría fomentando de manera continua:

- Inversiones de infraestructura pública y privada, a mediano y largo plazo en almacenamiento de Turbosina.
- Ante una mayor disponibilidad de inventarios, mayor será la capacidad de respuesta ante un posible desbalance del mercado entre oferta y demanda de turbosina.

- Garantizar un suministro eficiente de turbosina.

Dicho artículo en los párrafos III, IV, V y VI marca las directrices en materia de regulación y las obligaciones para llevar a cabo actividades en la Industria de hidrocarburos:

“III. Instruir, por sí misma o a propuesta de la Comisión Reguladora de Energía o de la Comisión Federal de Competencia Económica, en el ámbito de sus respectivas competencias, a las empresas productivas del Estado, sus subsidiarias y filiales que realicen las acciones necesarias para garantizar que sus actividades y operaciones no obstaculicen la competencia y el desarrollo eficiente de los mercados, así como la política pública en materia energética.

IV. Emitir el plan quinquenal de expansión y optimización de la infraestructura de Transporte por ducto y Almacenamiento a nivel nacional, con la asistencia técnica de la Comisión Reguladora de Energía, y considerando las propuestas que al efecto emitan, en su caso, los gestores de los Sistemas Integrados y los usuarios de dichos sistemas;

V. Dictar los planes de emergencia para la continuidad de las actividades en los Sistemas Integrados de Transporte por ducto y Almacenamiento, para lo cual considerará las opiniones que emitan la Comisión Reguladora de Energía y los gestores de dichos sistemas,

VI. Emitir los lineamientos de política pública en materia de Hidrocarburos, Petrolíferos y Petroquímicos a efecto de que la Comisión Reguladora de Energía los incorpore en la regulación de dichas actividades. Como parte de la regulación y las disposiciones de política que emita, la Secretaría de Energía podrá instruir la adopción y observancia de estándares técnicos internacionales. Las actividades de la Secretaría de Energía se orientarán con base en los objetivos de la política pública en materia energética, incluyendo los de seguridad energética del país, la sustentabilidad, continuidad del suministro de combustibles y la diversificación de mercados”.¹⁹

La ley de hidrocarburos establece en el **artículo 81**. En los párrafos I, VII y VIII, las funciones más importantes que corresponden a la Comisión Reguladora de Energía en materia de petrolíferos:

“I. Regular y supervisar las siguientes actividades, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a la comisión:

- a) Transporte y Almacenamiento de Hidrocarburos y Petrolíferos;*
- b) El Transporte por ducto y el Almacenamiento que se encuentre vinculado a ductos, de Petroquímicos;*
- c) Distribución de Gas Natural y Petrolíferos;*
- d) Comercialización y Expendio al Público de Gas Natural y Petrolíferos,*

VII. Establecer lineamientos a los que se sujetarán los Permisionarios de las actividades reguladas, respecto de sus relaciones con personas que formen parte de su mismo grupo empresarial o consorcio que lleven a cabo actividades de comercialización de Hidrocarburos, Petrolíferos y Petroquímicos;

VIII. Recopilar información sobre los precios, descuentos y volúmenes en materia de comercialización y Expendio al Público de Gas Natural y Petrolíferos, para fines estadísticos, regulatorios y de supervisión”.¹⁹

Mientras que el **artículo 82**. en el párrafo I de dicha ley, se establecen las facultades correspondientes de la Comisión Reguladora de Energía en materia de regulación para el área de comercialización de petrolíferos.

“Artículo 82.- La Comisión Reguladora de Energía expedirá disposiciones de aplicación general para la regulación de las actividades a que se refiere esta Ley, en el ámbito de su competencia, incluyendo los términos y condiciones a los que deberán sujetarse la prestación de los servicios; al igual que la determinación de las contraprestaciones, precios y tarifas aplicables, entre otros. Cuyos precios se determinarán conforme a las condiciones de mercado, se sujetará a lo siguiente:

I. La regulación para cada actividad en particular será aplicable salvo que, a juicio de la Comisión Federal de Competencia Económica, existan condiciones de competencia efectiva en dicha

*actividad, en cuyo caso las contraprestaciones, precios o tarifas correspondientes se determinarán por las condiciones de mercado”.*¹⁹

A continuación, se cita el **artículo 83** de la misma ley, que hace referencia a la participación cruzada que se da entre permisionarios, seguido de ello en la **figura 3.5**, se muestra un breve de las atribuciones de la CRE para este sector.

“Artículo 83.- La Comisión Reguladora de Energía, con la opinión de la Comisión Federal de Competencia Económica, establecerá las disposiciones a las que deberán sujetarse los Permisionarios de Transporte, Almacenamiento, Distribución, Expendio al Público y comercialización de Hidrocarburos, Petrolíferos y Petroquímicos, así como los usuarios de dichos productos y servicios, con objeto de promover el desarrollo eficiente de mercados competitivos en estos sectores.

Las disposiciones a que se refiere el párrafo anterior contemplarán que las personas que, directa o indirectamente, sean propietarias de capital social de usuarios finales, productores o comercializadores de Hidrocarburos, Petrolíferos y Petroquímicos que utilicen los servicios de Transporte por ducto o Almacenamiento sujetos a acceso abierto, solamente podrán participar, directa o indirectamente, en el capital social de los Permisionarios que presten estos servicios cuando dicha participación cruzada no afecte la competencia, la eficiencia en los mercados y el acceso abierto efectivo, para lo cual deberán:

I. Realizar sus operaciones en sistemas independientes, o

II. Establecer los mecanismos jurídicos y corporativos que impidan intervenir de cualquier manera en la operación y administración de los Permisionarios respectivos.

*En todo caso, la participación cruzada a la que se refiere el segundo párrafo de este artículo y sus modificaciones deberán ser autorizadas por la Comisión Reguladora de Energía, quien deberá contar previamente con la opinión favorable de la Comisión Federal de Competencia Económica”.*¹⁹

Algunas Atribuciones de la Comisión Reguladora de Energía

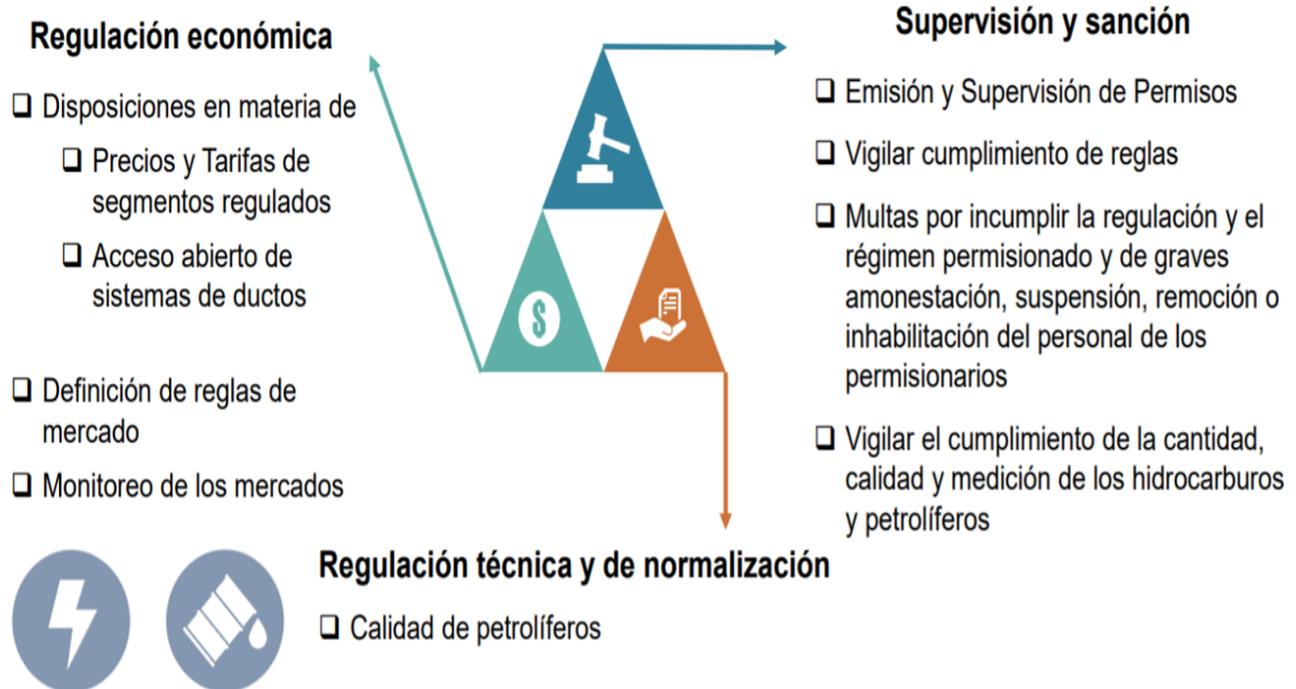


Figura 3.5 Funciones de la CRE aplicadas a los petrolíferos. (CRE, 2017).

Por otra parte, en el año 2014 el Congreso general de los Estados Unidos Mexicanos, decretó la “Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética (LORCME)”, con el objetivo de regular la organización y funcionamiento de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética, En los **artículos 41 y 42** de dicha ley, se establecen las respectivas competencias, atribuidas a la Comisión Reguladora de Energía:

“Artículo 41.- Además de las atribuciones establecidas en la Ley de Hidrocarburos, y las demás leyes aplicables, la Comisión Reguladora de Energía deberá regular y promover el desarrollo eficiente de las siguientes actividades:

I. Las de transporte, almacenamiento, distribución, compresión, licuefacción y regasificación, así como el expendio al público de petróleo, gas natural, gas licuado de petróleo, petrolíferos y petroquímicos;

II. El transporte por ductos, almacenamiento, distribución y expendio al público de bioenergéticos.

Artículo 42.- La Comisión Reguladora de Energía fomentará el desarrollo eficiente de la industria, promoverá la competencia en el sector, protegerá los intereses de los usuarios, propiciará una adecuada cobertura nacional y atenderá a la confiabilidad, estabilidad y seguridad en el suministro y la prestación de los servicios”.²⁰

Es importante mencionar de manera parcial, las funciones de la Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE), ya que su nombre se menciona repetidamente en los artículos citados de la Ley de Hidrocarburos. En su página oficial COFECE se autodenomina como:

“El órgano constitucional autónomo del Estado mexicano, que tiene su mandato establecido en el artículo 28 de nuestra constitución política. La responsabilidad de vigilar, promover y garantizar la competencia y libre concurrencia en el país, para que los mercados funcionen eficientemente, en favor de los consumidores. Esto quiere decir, que COFECE debe trabajar en que existan las condiciones para que las empresas, comercios, negocios y profesionistas que venden bienes y servicios puedan competir entre ellos. Esto beneficia a todos, ya que las empresas tienen que mejorar la calidad de sus productos y servicios, reducir costos para poder otorgar un precio más bajo, y brindar un servicio de mayor calidad a los consumidores”.²¹

De esta forma COFECE tiene la tarea de Identificar problemas de competencia en el mercado mexicano de petrolíferos y plantear posibles soluciones, lo que abre brechas de oportunidad para un modelo de mercado energético competitivo. Busca identificar las inversiones previstas en el sector energético, para que eventualmente se consolide el suministro continuo de estos petrolíferos, por lo que garantiza un precio final a los consumidores.

- **Almacenamiento estratégico de Turbosina a cargo del estado.**

EL 12 de diciembre del 2017 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación, el acuerdo por el que se emite la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos, el cual establece las bases sobre la importancia de las Políticas de Almacenamiento y seguridad energética:

*“La implementación de políticas públicas en materia de seguridad energética depende de los objetivos de temporalidad y de las estrategias para robustecer la autonomía energética del país en el largo plazo, con el fin de asegurar el abasto con un alto nivel de confiabilidad ante eventualidades que afecten el suministro en el corto plazo. En el largo plazo, las condiciones de abastecimiento confiable y seguro están determinadas por la oportuna detonación de inversiones en producción e infraestructura que satisfaga la demanda en línea con el crecimiento económico y que garantice el abasto ante desbalances súbitos en las condiciones de mercado”.*²²

Estas políticas le dan certeza al estado para amortiguar al mercado consumidor de Turbosina en situaciones de emergencia ante la posibilidad de eventos disruptivos, ya sean desastres naturales, accidentes en las industrias o imposibilidad de comprar este combustible a países exportadores, por ello es fundamental que el estado tenga en existencia fuentes alternativas de suministro, garantizando así, la continuidad en las operaciones por un periodo de tiempo.

*“El Almacenamiento Estratégico es una de las medidas de política pública más utilizadas por los países para hacer frente a situaciones de emergencia que puedan derivar en el desabasto de combustibles. No obstante, la aplicación de una política pública de seguridad energética en la forma de inventarios de petrolíferos conlleva otro tipo de retos en su implementación, relacionados con la ubicación geográfica, la disponibilidad de una logística que permita disponer de ellas rápidamente en caso de emergencia y la gestión del almacenamiento”.*²²

III.III. - Principales empresas participantes en la implementación de la política pública para el área de Turbosina.

- Pemex



Figura 3.6 Logotipo de Petróleos Mexicanos. (PEMEX, 2021)

De acuerdo con el Plan de negocios de Petróleos Mexicanos 2019-2023, se define a Pemex como la compañía nacional de petróleo en México; en su carácter de Empresa Productiva del Estado es propiedad exclusiva del Gobierno Federal, cuenta con personalidad jurídica y patrimonio propios, así como con autonomía técnica, operativa y de gestión. Esta empresa juega un papel primordial en el fortalecimiento de la seguridad y soberanía energética de México. Es importante considerar que Pemex es la única empresa que tiene presencia en toda la cadena de valor de los petrolíferos gasolina y diésel, en el caso de la turbosina únicamente está presente en su elaboración (Refinación) o importación, transporte y almacenamiento.

- ASA



Figura 3.7 Logotipo de ASA Aeropuertos y Servicios Auxiliares. (ASA, 2021)

“Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) es un Organismo descentralizado del Gobierno Federal con personalidad jurídica y patrimonios propios, que opera, administra y construye Aeropuertos; presta servicios asociados a los combustibles de aviación, ofrece asistencia técnica y consultoría, así como instrucción e investigación en materia aeronáutica y aeroportuaria; participa en el desarrollo tecnológico y colabora con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en materia de regulación, verificación y supervisión de Aeropuertos.”²³

ASA recibe la turbosina por parte de Pemex con la finalidad de almacenarla estratégicamente en áreas geográficas que se encuentren cerca de los aeropuertos y aeródromos del país, una vez ahí, se encarga de distribuirla y comercializarla con los consumidores finales, que en este caso son las aerolíneas operadoras. En la **figura 3.8** se muestra en resumen a los órganos reguladores y las principales empresas operadoras en toda la cadena de valor que esta aplicada a la turbosina.

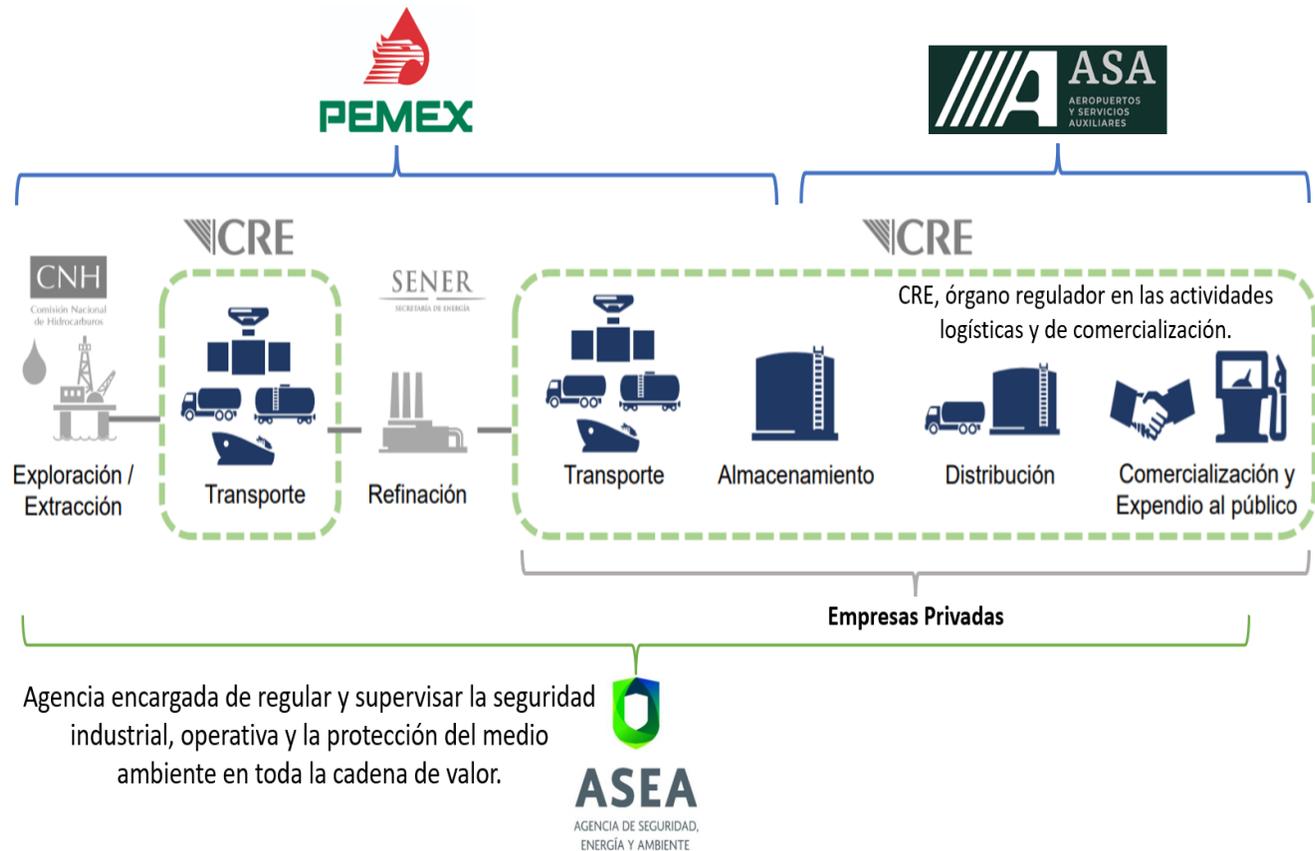


Figura 3.8 Modificado de: Transformación de la cadena de petrolíferos, aplicado a la turbosina. (CRE, 2017).

III.IV. - Política pública de almacenamiento mínimo de petrolíferos: Turbosina.

A partir de la publicación de esta política, la Secretaría de Energía debe disponer de los parámetros del mercado de petrolíferos en tiempo real, siendo necesarios los datos de producción, demanda, importación y niveles de inventarios disponibles, así pues, la SENER tiene la tarea de solicitar e imponer obligaciones a los diversos participantes que intervengan en el mercado de petrolíferos y en su cadena de valor.

- **Obligación de reportes estadísticos de Petrolíferos.**

Este mecanismo sirve para facilitar el combate a la corrupción, la transparencia y acceso a la información del mercado de turbosina, por ello todas las empresas que se dediquen a la elaboración, transporte y comercialización de este combustible, tienen que mandar reportes estadísticos periódicos a la SENER y CRE.

*“Con el fin de establecer los días de obligación de almacenamiento de inventarios mínimos que reflejen el tiempo de reabastecimiento de combustibles en cada una de las zonas del país, se realizó la subdivisión del país por regiones en función de la logística del proceso de importación del producto, de la infraestructura con la que actualmente se cuenta para el transporte por ducto y por ruedas, así como el almacenamiento en terminales marítimas y terrestres en el país”.*²²

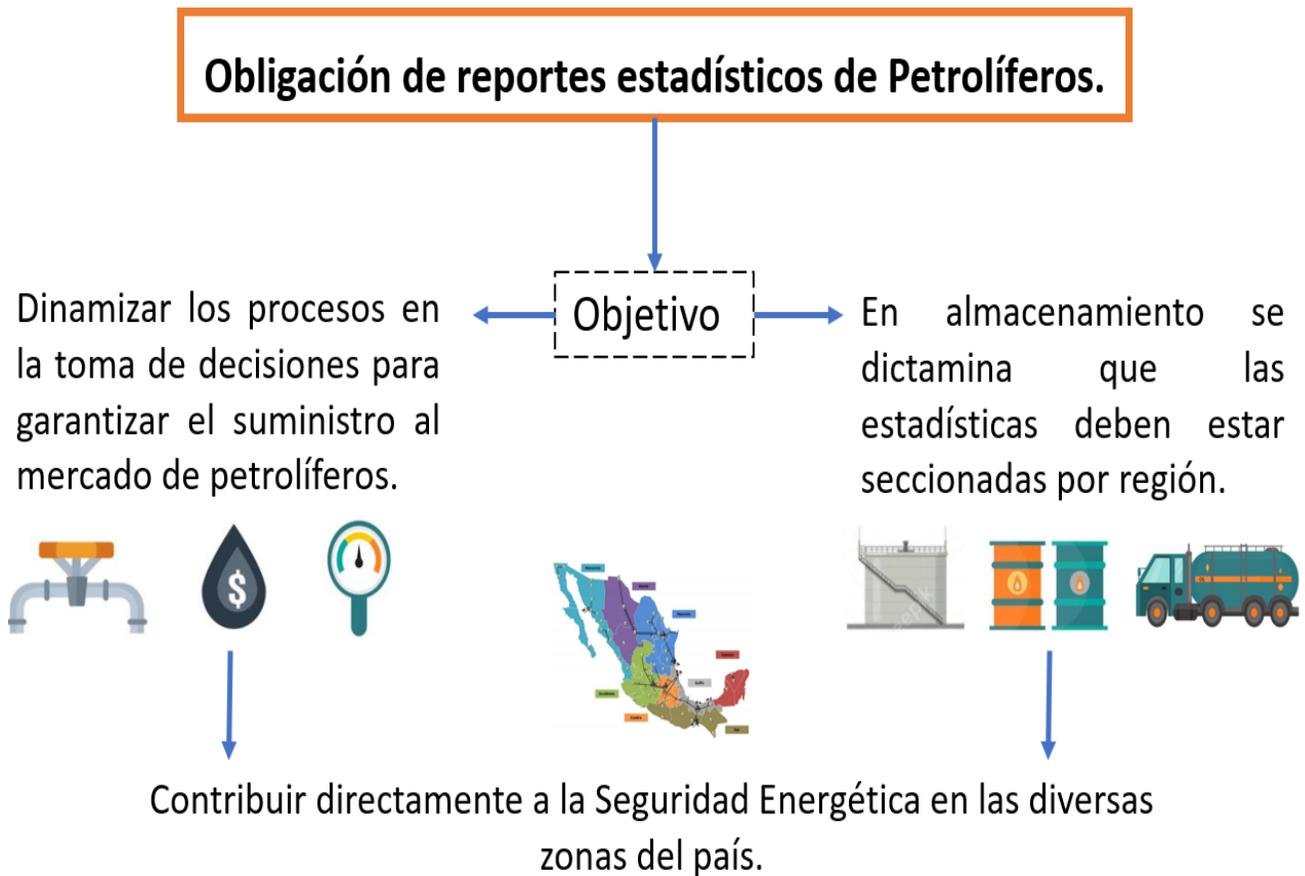


Figura 3.9 Objetivo de los reportes estadísticos de petrolíferos. (DOF, 2017). **Elaboración Propia.**²²

A continuación, se muestra en la **figura 3.10** la forma en que fue regionalizado el país con la implementación de esta política. El resultado fueron ocho regiones logísticas como se describe en seguida:



Figura 3.10 Modificado de: Regionalización del país para efectos de los reportes estadísticos de petrolíferos. (SENER, 2018).

- Estas regiones fueron dictaminadas por SENER, para tener mayor control basándose en la logística de suministro en cada región, esto tiene el objetivo de establecer los días necesarios para el reabastecimiento de petrolíferos en caso de ocurrir una interrupción o disminución en el abasto dentro de la República Mexicana.
- SENER y CRE establecerán los métodos en el intercambio de información necesarios para que, con base en los reportes estadísticos la SENER genere reportes agregados de oferta-demanda por producto petrolífero a nivel nacional y por región.

En seguida, la **Tabla 3.1** muestra el mecanismo de elaboración y regulación para los reportes estadísticos.

Regulador	Sujetos obligados/Tipo de permisionario	Datos que envían
	<ul style="list-style-type: none"> • Refinación 	<ul style="list-style-type: none"> • Producción, ventas e inventarios de Turbosina y gasavión, etc. Por Región.
	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenamiento * • Comercialización. • Distribución. • Expendio al público** <p>* Sólo se reporta volumen almacenado. ** Sólo reporta importaciones/exportaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inventarios, ventas, importaciones y exportaciones de Turbosina y gasavión, etc. Por Región.
<ul style="list-style-type: none"> • Periodicidad de Reporte 	<p>Condiciones normales: Se reporta Semanalmente</p> <p>Situaciones de emergencia: Se reporta diariamente</p>	 <p>Recibe y publica información.</p>

Tabla 3.1 Mecanismo de reporte de información aplicado a la Turbosina. (DOF, 2017). Elaboración Propia.²²

El marco normativo y regulatorio de esta Política Pública fue publicado oficialmente en el DOF del 2017, sin embargo, fue modificado en el DOF del 2018 de manera parcial en el apartado 5.3 que habla sobre la Evaluación periódica de las condiciones de mercado y términos aplicables de la Política.

“En el corto-mediano plazo (de 3 a 5 años) se espera un incremento significativo en el número de participantes en el mercado mexicano de petrolíferos, lo cual a la par detonará un crecimiento importante con la capacidad instalada de almacenamiento. Por lo antes expuesto, esta Política deberá estar sujeta a revisión una vez que el volumen de los inventarios de gasolinas, diésel y turbosinas existentes en el país sea superior a los inventarios mínimos obligatorios aplicables para el año 2025. El incumplimiento en las obligaciones derivadas de la presente política será considerado por la autoridad correspondiente para determinar la sanción que en su caso corresponda”.²⁴

Así mismo, en diciembre de 2018 hubo un cambio en el poder ejecutivo federal, con ello se publicó el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, documento que establece las nuevas reglas en la política pública, tiene como prioridad el rescate del sector energético nacional, seguido a esto, fortalecer y hacer más eficientes a las empresas productivas del estado que contribuyen a la autosuficiencia energética del país. La modificación de esta Política Pública fue publicada en el DOF del 2019, la cual determina las obligaciones actuales a los titulares de permisos de almacenamiento, distribución y comercialización de gasolina, diésel y turbosina.

- **Política de Inventarios Mínimos de Turbosina**

*“Almacenar en territorio nacional un volumen de inventario mínimo aplicable a todos los permisionarios que comercialicen turbosina de origen importado o de producción nacional, y que realicen ventas a usuarios finales. A fin de que la política de inventarios mínimos de petrolíferos incremente las condiciones de seguridad en el suministro energético en caso de emergencia, es obligación de los permisionarios contar con inventarios disponibles para asegurar el abasto nacional con un alto nivel de confiabilidad ante eventualidades que afecten el suministro”.*²⁵

Como se mencionó anteriormente, uno de los principales retos a los que se enfrentan los países es implementar políticas de almacenamiento, las cuales promueven la diversificación e inversión en terminales de almacenamiento, con la finalidad de tener disponibles un mínimo de inventarios comerciales y estratégicos, siendo el único medio para garantizar la eficiencia en la logística nacional de turbosina. Otra modificación de la Política Pública en 2019, consiste en:

“Homologar las obligaciones para lograr el efectivo cumplimiento de inventarios mínimos de petrolíferos en territorio nacional, atendiendo a las circunstancias que actualmente prevalecen en el mercado y para fomentar el desarrollo eficiente de infraestructura de almacenamiento que contribuya a la seguridad energética, siendo necesaria la obligación de inventarios mínimos de gasolina y diésel a 5 días de 2020 a 2025, mientras que para turbosina será de 1.5 días almacenados en los aeropuertos y/o aeródromos y 1.5 días adicionales como promedio mensual.

La Política será revisada cada 5 años para determinar la necesidad de modificar los días de almacenamiento”.²⁵

2020-2025	2020-2025
Inventario mínimo de gasolina y diésel	Inventario mínimo de Turbosina
5 días.	1.5 días para turbosina almacenados en los aeropuertos y/o aeródromos y 1.5 días adicionales como promedio mensual, ubicados en cualquier otra terminal de almacenamiento en territorio nacional.

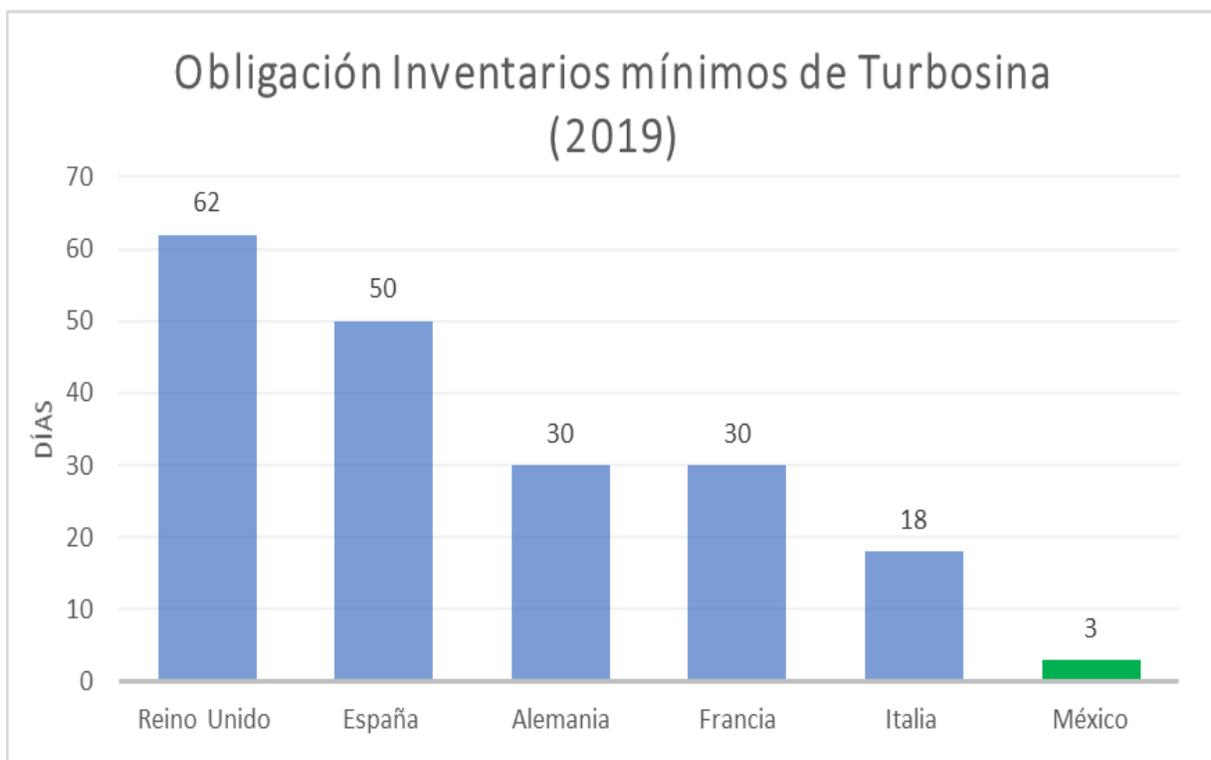
Tabla 3.2 Obligación de inventario mínimo nacional de Turbosina en días. (DOF, 2019).
Elaboración propia.²⁵

La obligación de inventario mínimo en esta modificación tuvo efecto a partir del 1 de julio de 2020. Es valioso mencionar que en el debido caso de que el comercializador o distribuidor de turbosina no tenga la posibilidad de tener el inventario mínimo, deberán cumplir con esta obligación mediante la adquisición de tickets de conformidad con lo establecido en esta Política Pública, hasta que pueda contar con la capacidad requerida.

*“Desde 2017 se impulsó con la política que los comercializadores y distribuidores desarrollaran infraestructura de almacenamiento, no obstante, algunos no han desarrollado esta infraestructura, por lo que, al no poder tener almacenamiento propio, podrán hacer uso del mecanismo de “tickets”. Esto significa que un comercializador o distribuidor que sí cuenta con esta infraestructura para almacenar podrá venderles derechos sobre sus inventarios para acreditar el cumplimiento de la obligación”.*²⁶

Con base en la política, el esquema de tickets tiene como lógica básica la posibilidad de que cualquier sujeto obligado pueda adquirir derechos financieros sobre inventarios de otros comercializadores para acreditar el cumplimiento de su obligación. La CRE recibirá de los comercializadores y distribuidores la información referente a volumen de tickets con la información en compra o venta de producto por región. El incumplimiento en las obligaciones derivadas de esta política será considerado por la CRE para determinar la sanción que corresponda.

Para finalizar este capítulo, se plantea un gran reto que México tiene por delante, a pesar de que el país se considera un país emergente o en vías de desarrollo, nuestro país pertenece al G20 o mejor conocido como “Grupo de los 20 (países industrializados y emergentes)” si se compara la obligación de inventarios mínimos con algunos de los países europeos que pertenecen a esta asociación, puede verse una problemática, México solo tiene garantías de resistir 3 días sin producción o importación de turbosina en términos reales, a continuación, se muestra en la **gráfica 3.1** esta comparación.



Gráfica 3.1 Comparación de inventarios mínimos de turbosina, México vs algunos países europeos. (DOF, 2019). Elaboración propia.²⁵

Sin embargo, México tiene la oportunidad de detonar la inversión pública y privada en infraestructura de almacenamiento y transporte de turbosina a largo plazo, aplicando el nuevo esquema de esta política, aunque siempre dependerá de la infraestructura existente en cada región y su localización geográfica, con la finalidad de acelerar los beneficios para el país y tener más autonomía respecto a los mercados internacionales de mayor relevancia.

IV.- Capítulo 4: Transporte, almacenamiento, distribución y condiciones de seguridad de Turbosina en México.

IV.I.- Infraestructura para el transporte y distribución de Turbosina.

- **Historia de la logística.**

La logística está asociada al hombre desde sus inicios, tomando auge en la fundación de las grandes civilizaciones e imperios que se tienen registrados en la historia. Un ejemplo de ello se remonta a los tiempos de la antigua Grecia, uno de los imperios que acuñaron este término desde el punto de vista de la ingeniería, dado que basaron este concepto con el uso del ingenio humano.

“En la antigua Grecia, los filósofos asociaron el concepto de Logística a (lo lógico) y llamaron Logística al arte de calcular. En la misma Grecia, cuando la supremacía de Atenas, unida con otras islas griegas del mar Egeo, crearon “La Liga de Delos”, llamaron logísticos a los funcionarios atenienses que calculaban las necesidades de suministros que tenía este Estado. La Logística está asociada al ciclo de aprovisionamiento y surge en la historia dentro de las actividades militares”.²⁷

- **Definición de logística.**

Con el paso del tiempo, el uso y termino de la logística fue evolucionando, adaptándose a las necesidades del hombre de tener un suministro continuo de materiales y productos, de esta forma el día de hoy existen diversas definiciones de logística en la bibliografía, un ejemplo sintetizado por el Ing. Alejandro López define a la logística dentro del contexto empresarial como:

“La logística es una función operativa que comprende todas las actividades y procesos necesarios para la administración estratégica del flujo y almacenamiento de suministro, de tal manera, que éstos estén en la cantidad adecuada, en el lugar correcto y en el momento apropiado”.²⁷

Otra definición, para entender cómo es su función en los procesos operativos dentro de una empresa, se define enseguida:

“Del inglés logistics, la logística es el conjunto de los medios y métodos que permiten llevar a cabo la organización de una empresa o de un servicio. La distancia física y el tiempo separan a la actividad productiva del punto de venta: la logística es el puente que se encarga de unir producción y mercado a través de sus técnicas. En las empresas, la logística implica tareas de planificación y gestión de recursos. Su función es implementar y controlar con eficiencia los suministros, desde el origen hasta el consumo, con la intención de satisfacer las necesidades del consumidor al menor coste y tiempo posible”.²⁸

- **Logística de petrolíferos desde el punto de vista nacional e internacional.**

La logística de petrolíferos representa todas aquellas operaciones involucradas en una empresa con el objetivo de transportar, almacenar y distribuir eficientemente los productos petrolíferos a un destino y tiempo específico, cumpliendo con las condiciones de calidad requeridas en las normas vigentes.

“El transporte y almacenamiento de combustibles requiere un estricto cumplimiento de las normas de seguridad, la trazabilidad del producto durante el transporte y la comunicación entre todos los participantes de la cadena de abastecimiento. Esto ha llevado a que muchas empresas de energía se asocien con proveedores de logística”.²⁹

- **Infraestructura de Pemex logística y privados.**

Conforme al Plan de negocios de Petróleos Mexicanos 2019-2023, Pemex se encuentra entre las 5 empresas con mayor infraestructura logística de petrolíferos en todo el mundo. Su subsidiaria “Pemex logística” tiene una amplia huella territorial en el país, posee zonas estratégicas de almacenamiento y transporte de combustibles, por ello cuenta con presencia a lo largo y ancho de todo el país, ya que opera una amplia red de infraestructura. Por otro lado, por los efectos de la implementación de la reforma energética, algunas empresas privadas ya participan en esta red, aunque aún representan un pequeño porcentaje debido su reciente entrada en el mercado.



Figura 4.1 Infraestructura Nacional de Petrolíferos. (MAPA SENER, 2018).³⁰

En la **figura 4.1.** se muestra el mapa de la Infraestructura nacional de petrolíferos a 2018, con el objetivo de mostrar la mayor información posible sobre la ubicación, tipo de infraestructura y movimientos en las diversas actividades de transporte, almacenamiento y distribución de combustibles en el país.

*“La logística de petrolíferos representa el conjunto de actividades e infraestructura por medio de la cual los petrolíferos elaborados en las refinerías y los de importación se transportan desde su origen, se almacenan y se distribuyen hasta los puntos de comercialización y uso final”.*³⁰

- **Costos actuales para el transporte y distribución de petrolíferos.**

Con información de la Comisión Reguladora de Energía, los costos en los sistemas de transporte y distribución de petrolíferos son diversos, estos varían por las capacidades y condiciones operativas que requiera el medio. Considerando lo mencionado:

- El transporte de combustible por **Ductos** resulta ser el medio más económico, rápido y dinámico para transportar grandes volúmenes de producto a largas distancias.
- Transporte por **Buque-tanque** resulta 2 veces más costoso que por ducto, no obstante, tiene la ventaja de moverse de forma eficiente a través de las diversas rutas marítimas.
- Transporte por **Ferrocarril** es 6 veces más costoso que el ducto, pero representa una alternativa para mover grandes volúmenes a puntos de interconexión terrestres.
- Transporte por **Auto-tanque** es 14 veces más caro que el ducto, no se considera como una buena alternativa para mover grandes volúmenes, pero si para lugares de acceso limitado.

Rutas actuales de logística para la importación y el suministro de combustibles en México

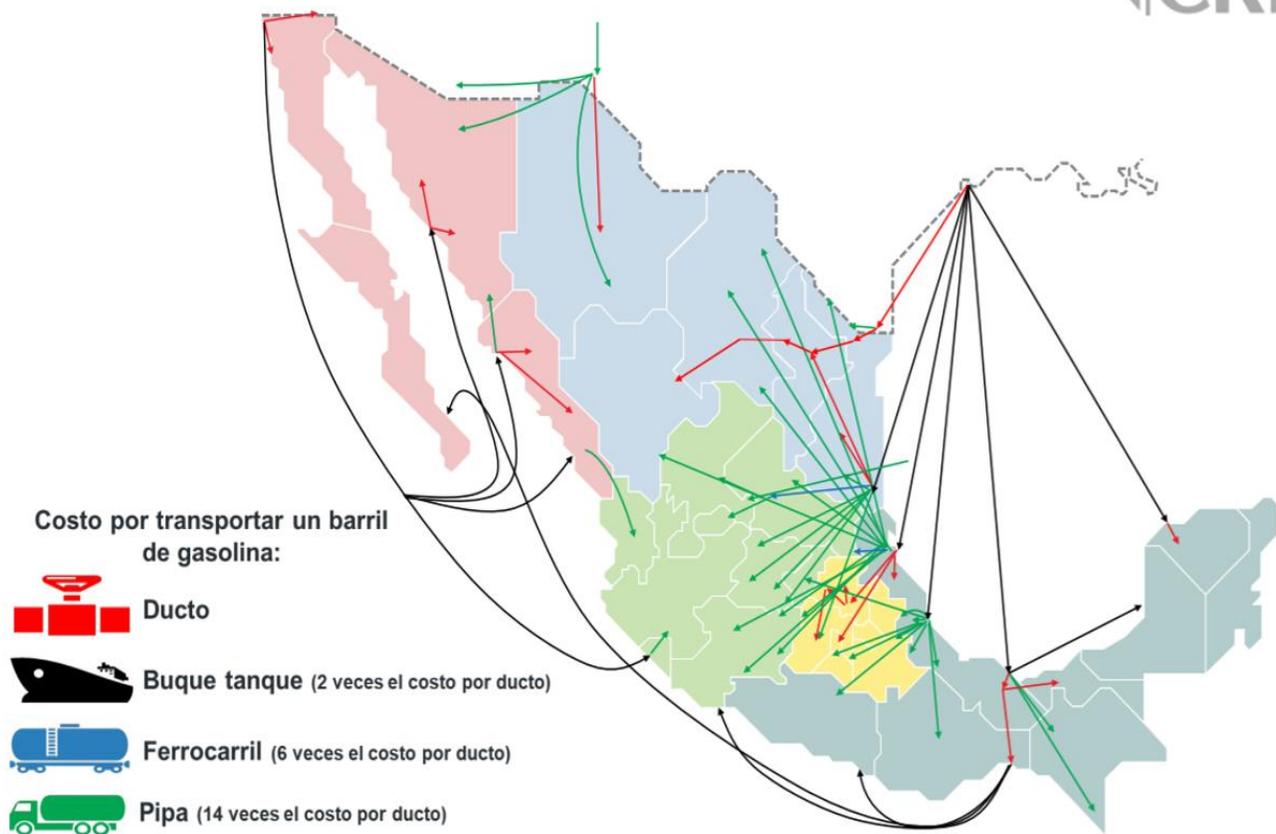


Figura 4.2 Costos por transporte de petrolíferos. (CRE, 2017).

- **Ductos de Pemex logística para el transporte de turbosina.**

Los turbosino-ductos o poliductos, son el medio más económico para transportar turbosina, debido a que tienen una mayor capacidad operativa comparada con cualquier otro medio, lo que

ofrece ventajas de suministro y operaciones. Sin embargo, se debe considerar que construir turbosino-ductos requiere una mayor inversión inicial, donde se verá un retorno de inversión a mediano y largo plazo, esto implica contemplar variables técnicas para organizar la obra.

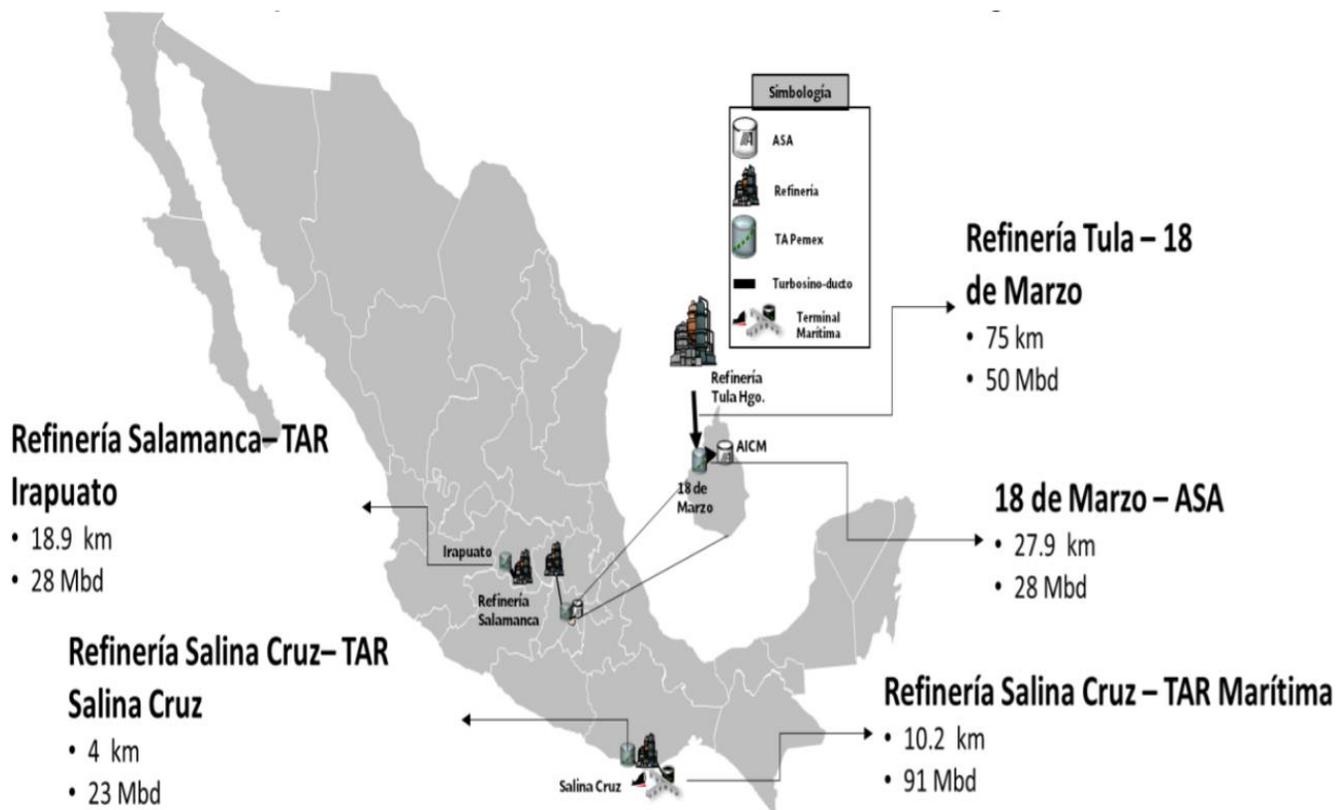


Figura 4.3 Infraestructura de turbosino ductos de Pemex logística. (SENER, 2018).

De acuerdo con el “Diagnóstico de la Industria de petrolíferos 2018” Pemex Logística cuenta con 5 ductos dedicados exclusivamente al transporte de turbosina. Todos sumados cuentan con una longitud aproximada de 136 kilómetros, utilizados únicamente para transportar la turbosina producida en México, por lo que se hace evidente que es una infraestructura limitada para las necesidades de abastecimiento que exige el país.

Ductos de Pemex	Zona	Diámetro	Longitud	Capacidad Operativa
Turbosino-ducto Tula-Azacapotzalco	Centro	12"	75.1 km	50 (Mbd)
Turbosino-ducto Azcapotzalco - ASA.	Centro	8"	27.9 Km	28 (Mbd)
Turbosino-ducto Salamanca-Irapuato.	Occidente	10"	18.9 Km	28 (Mbd)
Turbosino-ducto Ref. Salina Cruz-TA Salina Cruz.	Sur	8"	4 km	23 (Mbd)
Turbosino-ducto Ref. Salina Cruz-TM Salina Cruz.	Sur	20"	10.2 km	91 (Mbd)
Total			136 km	220 (Mbd)

Tabla 4.1 Infraestructura Nacional de Petrolíferos. (MAPA SENER, 2018). Elaboración propia.³⁰

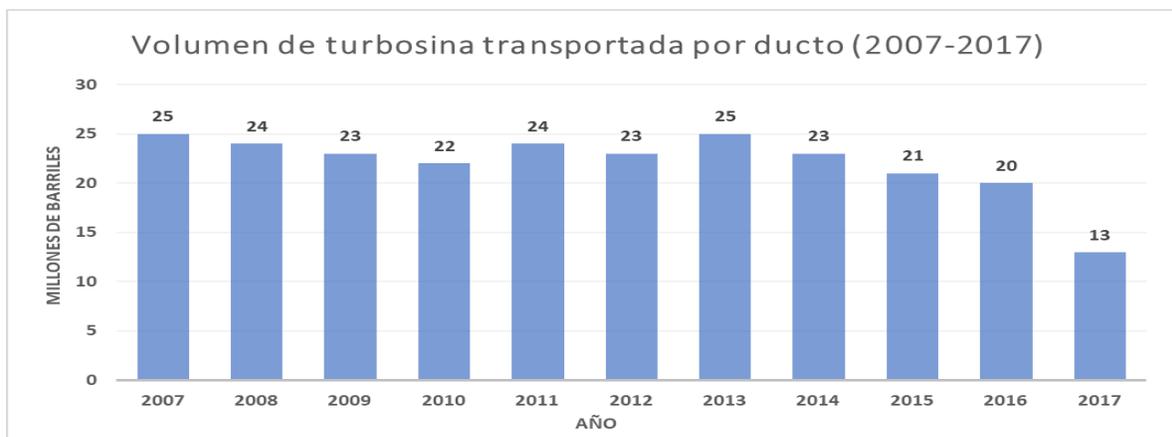
Los ductos necesitan cumplir ciertas características de diseño para poder ser instalados, contemplar los criterios de construcción, tipos de tubería, conexiones y diversos tipos de medidores, etc., por todo ello se tiene la necesidad de impulsar el cumplimiento de las normas mexicanas correspondientes a la seguridad, salud, y protección ambiental.

Entre las principales particularidades a cumplir son:

- Los parámetros en las tuberías y conexiones que se deben ocupar para el diseño y operación de un turbosino-ducto o poliducto tienen una gran variedad de materiales.
- Los ductos pueden tener distintos arreglos en el sistema de control y medición en la recepción de producto.
- Todos los puntos mencionados deben estar apegados a la normativa vigente.

Una norma importante que debe contemplarse es la Norma Oficial Mexicana, emitida por la ASEA en cuestión ambiental “**NOM-009-ASEA-2017**, Administración de la integridad de ductos de recolección, transporte y distribución de hidrocarburos, petrolíferos y petroquímicos”.

Desafortunadamente con el transcurso del tiempo, la disminución de la producción en el Sistema Nacional de Refinación, la problemática de extracción ilegal de combustibles y posibles faltas de mantenimiento en los ductos de Pemex, han tenido como repercusión el descenso de volumen transportado de petrolíferos. Con relación a la turbosina, un ejemplo se muestra, en la **gráfica 4.1** donde se observa que, durante el año 2017, el transporte por ducto disminuyó 7 millones de barriles respecto al año 2016.



**Gráfica 4.1 Volumen de Turbosina transportado por ductos de Pemex. (SENER, 2018).
Elaboración Propia.**

- **Proyectos privados de infraestructura para el transporte de Turbosina por poliducto.**

Retomando información del capítulo III, se puede deducir que con la implementación de la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos, se dio la apertura del mercado de Turbosina, lo cual fortalece el abasto de este insumo energético, sin embargo, uno de los principales retos a los que se está enfrentando el sector privado, es la construcción de infraestructura que les permita suministrar a un mercado en zonas con mayor oportunidad de vender a mayoreo, porque esto genera que existan opciones alternativas para el abastecimiento en zonas carentes de infraestructura y una alta demanda del producto, esto a su vez genera diferenciaciones de precio.

Con información de la CRE, se identificaron algunas de las empresas privadas nacionales y extranjeras, que han construido o se encuentran desarrollado nueva infraestructura de transporte y almacenamiento de Turbosina en México. Las empresas están en proceso de diversificar líneas de suministro suficientes para la distribución de este combustible.

Actualmente uno de los principales proyectos por parte de estas empresas, es la inversión en construcción de poliductos con capacidad operativa para los 3 tipos de petrolíferos más comercializados: Gasolina, Diésel y Turbosina. La rentabilidad de este medio deriva en la alta capacidad de volumen de traslado y el reducido costo de transporte, un ejemplo de estos proyectos se muestra en la **Tablas 4.2** y en la **Figura 4.4**.

Razón Social (Empresa)	Ducto	Diámetro	Longitud	Capacidad Operativa
Howard Energy Partners / Dos Águilas.	Corpus Christi, Texas - Nuevo Laredo - Monterrey, Nuevo León.	12"	242 Km (EUA) 218 Km (Mex)	90 (Mbd)
New Burgos Pipeline	Edinburg, Texas - Terminal de Burgos, Tamaulipas.	10"	2.7 Km	N/D
Monterra Energy	Tuxpan, Veracruz -Tula, Hidalgo.	18"	270 Km	100 (Mbd)
TransCanada, Sierra Oil & Gas y Grupo TMM	Tuxpan, Veracruz -México Centro	s/d	265 Km	90 (Mbd)
	Total		755.7 Km (Mex)	280 (Mbd)

Tabla 4.2 Ductos privados para el transporte de Turbosina. (CRE, 2017). Elaboración Propia.

La CRE fue la encargada directa de otorgar los permisos para los proyectos de almacenamiento y transporte en desarrollo, estos permisos establecen diferentes parámetros a cumplir por parte de las empresas que realizan labores dentro de los eslabones de suministro y transporte de dicho energético, así como las especificaciones requeridas para el asentamiento de los poliductos

dentro del territorio nacional. Con el fin de aprovechar las características favorables del marco legal a partir de la Reforma Energética, es evidente que se han visto impulsados en los últimos años, más proyectos de infraestructura logística para la turbosina.

Petrolíferos: Permisos otorgados para proyectos en infraestructura de almacenamiento y transporte por ducto



Figura 4.4 Proyectos privados de infraestructura para Turbosina. (CRE, 2017).

La **figura 4.4** muestra visualmente la ubicación y características de las empresas operadoras, aportando una inversión aproximada de 1.1-1.9 mil millones de dólares en poliductos que operan con turbosina, dado que la única empresa que no participa en esta inversión para el transporte de turbosina es la empresa “Invex”. Estas condiciones han generado oportunidades de un suministro continuo, si se compara con la infraestructura de Pemex, el sector privado ha demostrado que en pocos años se ha equipado para competir en este sector. Estas acciones en conjunto tienen la finalidad de sumar a las condiciones de seguridad energética, un punto anhelado por parte de la administración federal.

IV.II.- Aspectos técnicos para el transporte, control y medición de Turbosina.

- **Criterios generales de seguridad industrial para el transporte de Turbosina.**

Es forzoso mencionar de manera general, los aspectos fundamentales en seguridad industrial y operativa que se ven implicados en el transporte de turbosina, debido a que el manejo de este combustible se trata de una sustancia química inflamable, ante ello surge la necesidad de contemplar los posibles efectos sobre los seres humanos y el medio ambiente, con la finalidad de estimar la naturaleza y magnitud del daño que pueda provocar un accidente. Actualmente existen Normas Mexicanas oficiales de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que establecen los requisitos de seguridad en actividades operacionales, entre los más importantes destaca la “**NOM-017-STPS-2008**, Equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo”.

CLAVE Y REGION ANATÓMICA	EQUIPO DE PROTECCIÓN	TIPO DE RIESGO EN FUNCION DE LA ACTIVIDAD DEL TRABAJADOR
1) Cabeza.	Casco contra impacto (Con barbiquejo). 	Golpeado por algo, que sea un posibilidad de riesgo continuo inherente a su actividad.
2) Ojos y cara.	Anteojos de protección o Goggles. 	Riesgo de proyección de partículas o líquidos. Riesgo de exposición a vapores o humos que pudieran irritar los ojos o partículas mayores o a alta velocidad.
3) Extremidades superiores.	Guantes contra impactos o sustancias químicas. 	Riesgo por exposición o contacto con sustancias químicas corrosivas.
4) Tronco.	Overol o Ropa contra sustancias peligrosas. 	Protección en todo el cuerpo por posible exposición a sustancias o temperaturas. Considerar la facilidad de quitarse la ropa lo más pronto posible, cuando se trata de sustancias corrosivas. Ropa 100% Algodón.
4) Extremidades inferiores.	Calzado contra impactos y sustancias químicas. 	Protección contra golpes y sustancias químicas, que pueden representar un riesgo permanente en función de la actividad desarrollada.
5) Otros.	1) Respirador contra gases y vapores. 2) Equipo para brigadista contra incendio. 	1) Protección contra gases y vapores tóxicos. 2) Específico para proteger a los brigadistas contra altas temperaturas y fuego.

Tabla 4.3 Equipo de Protección personal (NOM-017-STPS, 2008). Elaboración Propia.

La **NOM-017-STPS-2008** marca los requerimientos mínimos para que el patrón proporcione a sus trabajadores el equipo de protección personal necesario para salvaguardarlos del medio ambiente de trabajo que pueda dañar su físico o salud. En la **Tabla 4.3** se muestra el equipo de protección más utilizado en el manejo de turbosina, dicha norma también es esencial para complementar la “**NOM-028-STPS-2012**, Sistema para la administración del trabajo-seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas” debido a que usar equipo de protección en los ciclos de los trabajadores es de suma importancia, a su vez la “**NOM-005-STPS-2017**, Manejo de sustancias químicas peligrosas o sus mezclas en los centros de trabajo-condiciones y procedimientos de seguridad y salud”, tiene el objetivo de prevenir riesgos a los trabajadores y evitar daños al Centro de trabajo, mientras se da el manejo o manipulación de combustibles, con el fin de evitar accidentes mayores.

Otra de las normas complementarias es la “**NOM-030-STPS-2009**, Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo-funciones y actividades”, dicha norma tiene el objetivo de establecer las funciones y actividades que se deben realizar en los servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo para prevenir accidentes de trabajo, de esta manera se pretende orientar al patrón y a los trabajadores sobre las actividades a desarrollar en los servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo, a fin de prever que los trabajadores desarrollen sus actividades en condiciones seguras, así como propiciar que en el centro de trabajo se fortalezca una cultura de prevención.

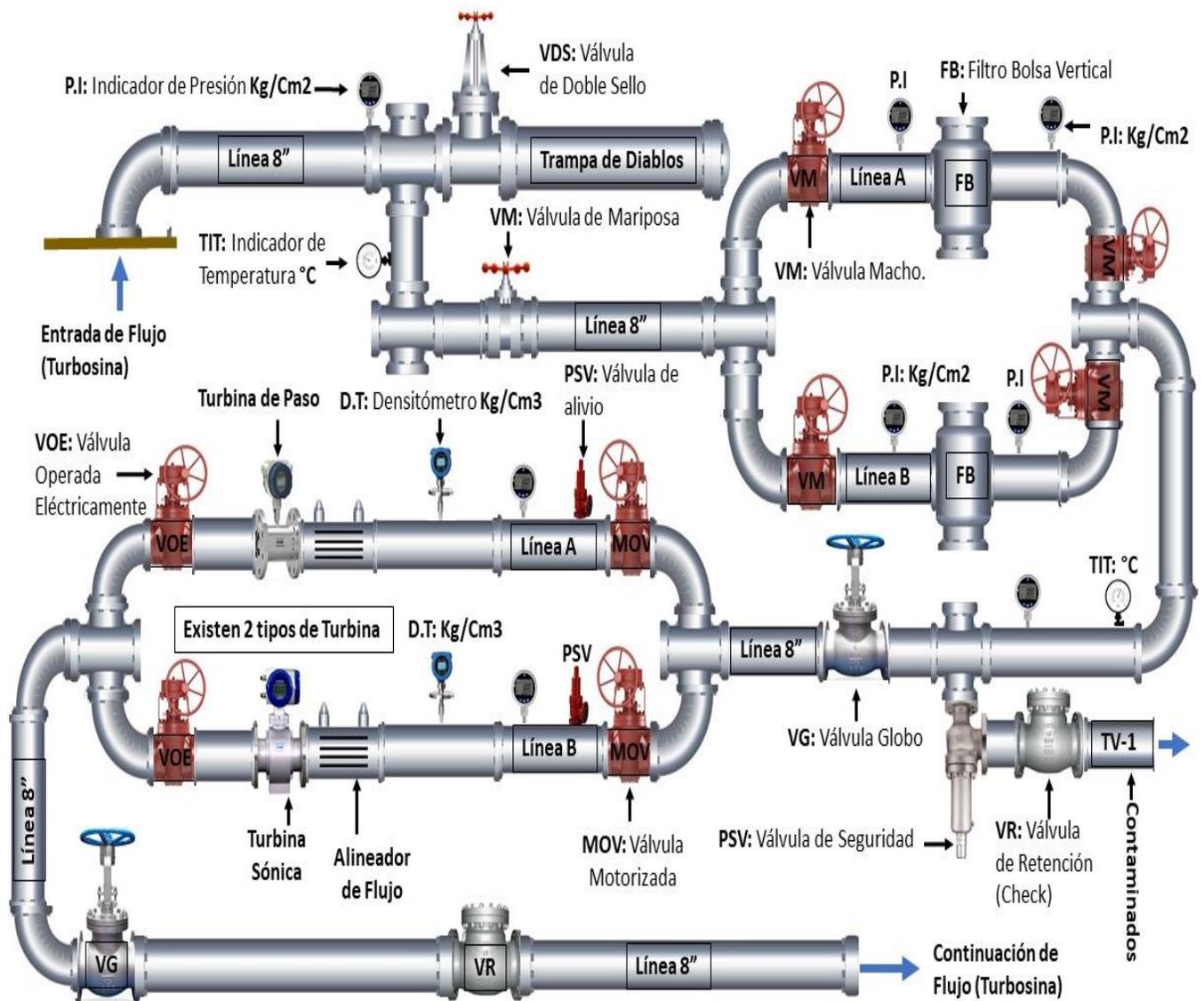
Mientras que la “**NOM-018-STPS-2015**, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo”. Tiene el objetivo de establecer los requisitos para disponer en los centros de trabajo un sistema armonizado en la comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas, a fin de prevenir daños a los trabajadores y al personal en caso de emergencia. Esta NOM rige en todo el territorio nacional y se aplica a todos los centros de trabajo donde se manejen sustancias químicas peligrosas.

- **Control y medición de Turbosina transportada por ducto.**

Cada Estación de Recibo, Medición y Bombeo está compuesta por un tren de medición independiente, se encuentran equipadas con instrumentación electrónica para la captura y transmisión de los datos medidos. Los computadores de flujo realizarán todas las funciones de medición, cálculo del volumen y la generación de reportes de cada sistema de medición. Es muy importante decir que este tipo de instalaciones deben estar apegadas a los criterios de la “**NOM-EM-003-ASEA-2016**, Especificaciones y criterios técnicos de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente para el Diseño, Construcción, Pre-Arranque, Operación y Mantenimiento de las instalaciones terrestres de Almacenamiento de Petrolíferos, excepto para gas L.P”. Dicha norma será utilizada múltiples veces para analizar los criterios técnicos en los medios de transporte. Para la implementación de un sistema de control automatizado se tiene que contemplar la existencia de una Interfaz Hombre-Máquina (HMI), esta norma en su apartado “Sistemas de Control”, establece que:

“El sistema debe disponer de Interfaz Hombre-Máquina y capacidad para guardar los datos históricos en un servidor de datos, así como de elaborar consultas y reportes. Asimismo, de acuerdo con la arquitectura de Diseño, debe proveerse de mecanismos de redundancia en el sistema de control; contar con capacidad para recibir y enviar información del control del proceso hacia los diversos componentes o con otros sistemas externos, esto a través de interfaces de comunicación, con objeto de monitorear las condiciones de Operación, control y medición de las variables del proceso”.³¹

Por otro lado, un “Sistema de Control, Medición y Recibo” es esencial para las actividades de “Recepción y Entrega de Petrolíferos”. En la **Figura 4.5** se muestra un ejemplo de un sistema de recepción y medición por ducto, donde se aprecian los equipos utilizados en el control de flujo (Válvulas), calidad (Filtros) y la medición de: flujo, temperatura, presión y densidad.



La **Figura 4.5** está inspirada en los conocimientos adquiridos durante mis prácticas profesionales en Pemex Logística. Este diagrama hipotético está basado en un “Tren de medición” utilizado por las empresas operadoras de la vida real, tiene el objetivo de ilustrar cómo se recibe turbosina en una “Estación de Recibo, Medición y Bombeo (E.R.M.B)”. La recepción de turbosina empieza por una **Línea 8”** (Ducto) proveniente de otra E.R.M.B., el fluido pasa por un indicador de presión (**P.I**) que transmite la presión estática (Ducto cerrado) o inicial de recibo (Ducto Operando) en **Kg/Cm²**, para poder reportarla a los operadores. Seguido de ello se encuentra una trampa de diablos, que en caso de ser necesario se abrirá la válvula predecesora y recibirá a los diablos cuando se hagan

corridas de estos, sirven para limpiar o verificar internamente el estado físico de los ductos, sin embargo, esta acción es muy poco frecuente.

Cuando el ducto opera con normalidad, debe contemplarse que existen cuando menos 2 líneas (**Línea A y Línea B**) que pasan por equipos críticos, con capacidad de ser seccionadas con sus respectivas válvulas y relevarse en caso de que uno de estos equipos presente fallas, esta acción permitirá que la línea siga operando. Primero el flujo debe pasar de nuevo por un **P.I** y por un filtro de bolsa (**FB**), el cual permite filtrar impurezas y sedimentos que pueda traer el producto, nuevamente pasa por un **P.I** para medir la diferencia de presión, verificando que la diferencia entre el primer **P.I** y el segundo, sea menor a **1 Kg/Cm²**, esta acción garantiza que el filtro no está obstruido, después pasa por una “Válvula de seguridad (**PSV**)” que cuenta un **P.I** que en caso de pasar los **4.5 Kg/Cm²** concorde a la ventana operativa en la **tabla 4.4**, esta se activará como medida de seguridad, para poder desfogar presión y producto a un Tanque Vertical. A continuación, en la **tabla 4.4** se muestra un ejemplo de una ventana operativa en **línea de 8”**.

Rango de flujo en Tubería 8"	Barriles x hr	Presión Operativa Kg/Cm ²
BAJO	900	0.100 - 0.500
NORMAL	1050	1.0 - 2.5
ALTO	1150	3.0 - 3.5
ACTIVAR PSV		4.5

Tabla 4.4 Ventana operativa de presiones. (Ductos Pemex , 2021). **Elaboración Propia.**

Antes de la turbina se ajusta la presión de flujo con una válvula globo (reguladora), en caso de que esta presión sea muy alta, existe una Válvula de alivio (**PSV**) que se activará en casos de emergencia cuando la presión pase el límite, esto evita la posibilidad de que la turbina se descalibre, sigue un Densitómetro (**D.T**) que mide la densidad en **Kg/Cm³** para verificar que el producto que se recibe cumple con el peso específico esperado. Para que las turbinas cuantifiquen el flujo correctamente, el producto pasa antes por un alineador de flujo y se verifica que la turbina este operando con la presión de flujo normal de acuerdo con la ventana operativa, que comúnmente es de **1050 (Barriles/hr)** a una presión aproximada de **2.5 Kg/Cm²** para una **línea de 8”**. Una vez que la turbosina recibida hay sido cuantificada, pasa por una válvula de retención (**VR Check**) para que el fluido no pueda regresarse ante alguna eventualidad.

La **figura 4.6** muestra la continuación de la **figura 4.5**, de ser necesario el flujo pasara por un **Probador Bidireccional** para hacer corridas y verificar que el volumen cuantificado por las turbinas es correcto, a pesar de ello, esta acción solo se ejerce cada cierto periodo de tiempo. En condiciones normales de recibo, después de la turbina, el flujo pasará directamente a un **Filtro Coalescedor**, este es de suma importancia por que terminara de quitar la humedad y partículas de agua que puedan seguir en la turbosina. Finalmente, el producto pasa por un **Peine de Distribución** para dirigirlo a su almacenamiento en un Tanque Vertical Atmosférico. Es importante mencionar que mientras la línea recibe producto, se debe tomar muestras cada periodo de tiempo (Ejemplo: Cada 2 horas), estas van directamente a un laboratorio certificado, para acreditar que la turbosina se recibe cumple con los parámetros establecidos de la **NOM-CRE-016**.

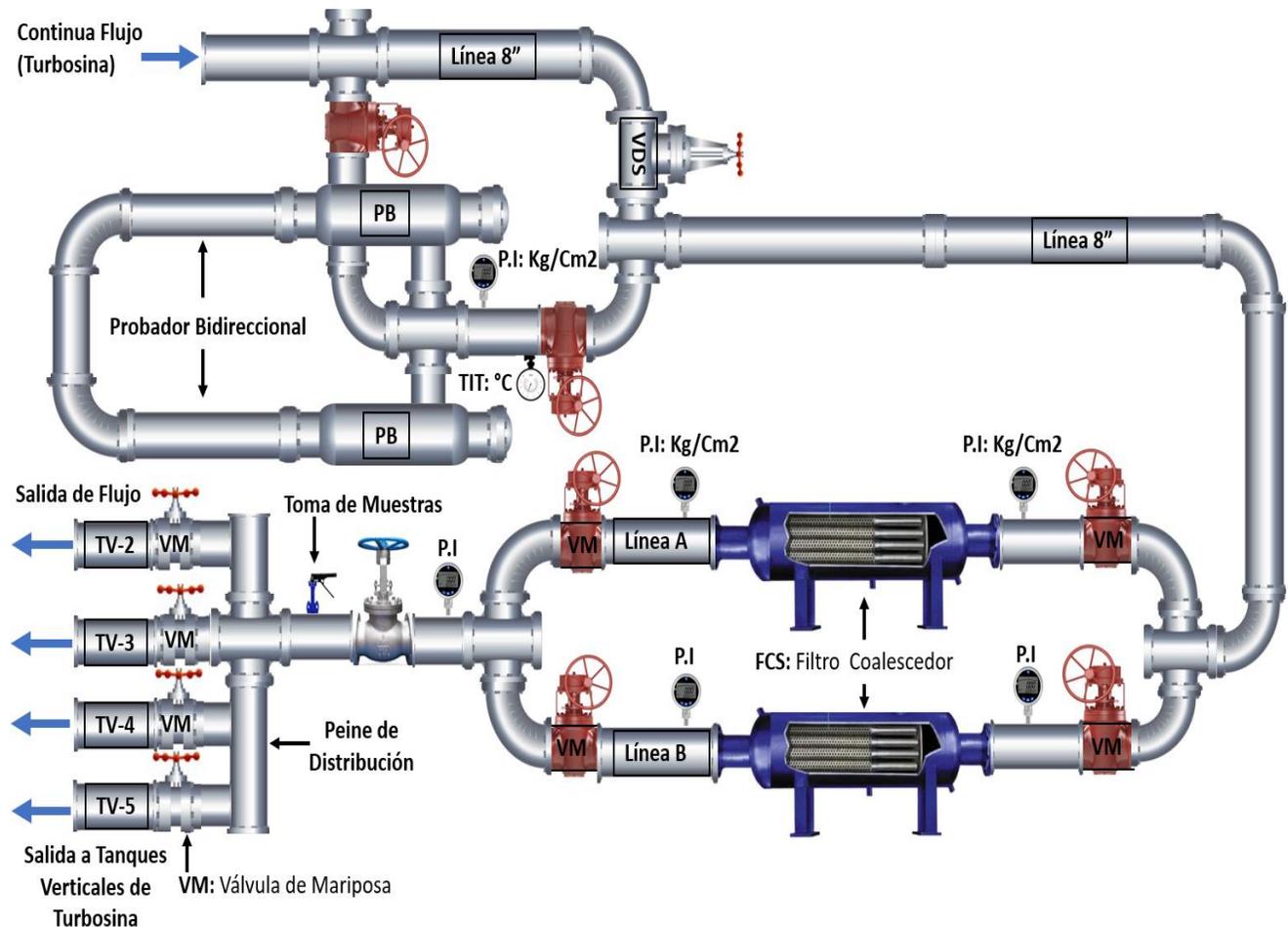


Figura 4.6 Sistema de medición y recepción en Turbosino-ducto. Elaboración propia.

Desde otro ángulo, todos los equipos que integran el sistema: Válvulas, medidores, detectores, instrumentos de medición, instrumentos de control, transmisores de presión, etc., deben cumplir

con Normas, Códigos y Estándares nacionales e internacionales de referencia. Este sistema deberá proveer el procesamiento de variables digitales y analógicas provenientes de campo, donde la interfaz hombre-máquina (HMI) apoyará con la elaboración de reportes, elaboración de gráficos dinámicos en tiempo real, generación de alarmas y eventos de emergencia. La **NOM-EM-003-ASEA-2016** establece que mientras el sistema se encuentre operando y se dé la transferencia de custodia a las instalaciones de almacenamiento:

*“El computador deberá tener capacidad para aplicaciones de medición fiscal, transferencia de custodia, carga por lotes, pruebas volumétricas de medidores, para uno o varios trenes de medición, supervisión y/o control de Sistemas de Medición y otras aplicaciones que requieren medición y control con un alto desempeño. El paquete de medición estará compuesto de los siguientes componentes principales: Estaciones de Medición y/o Gabinete de Computador de Flujo”.*³¹

- **Sistema de Entrega en Turbosino-ductos.**

Para la entrega de turbosina, el sistema debe contar con un tren de medición, que cuantifique el volumen que se envía a un sistema de bombeo. En la **figura 4.7** se muestra un ejemplo del sistema:

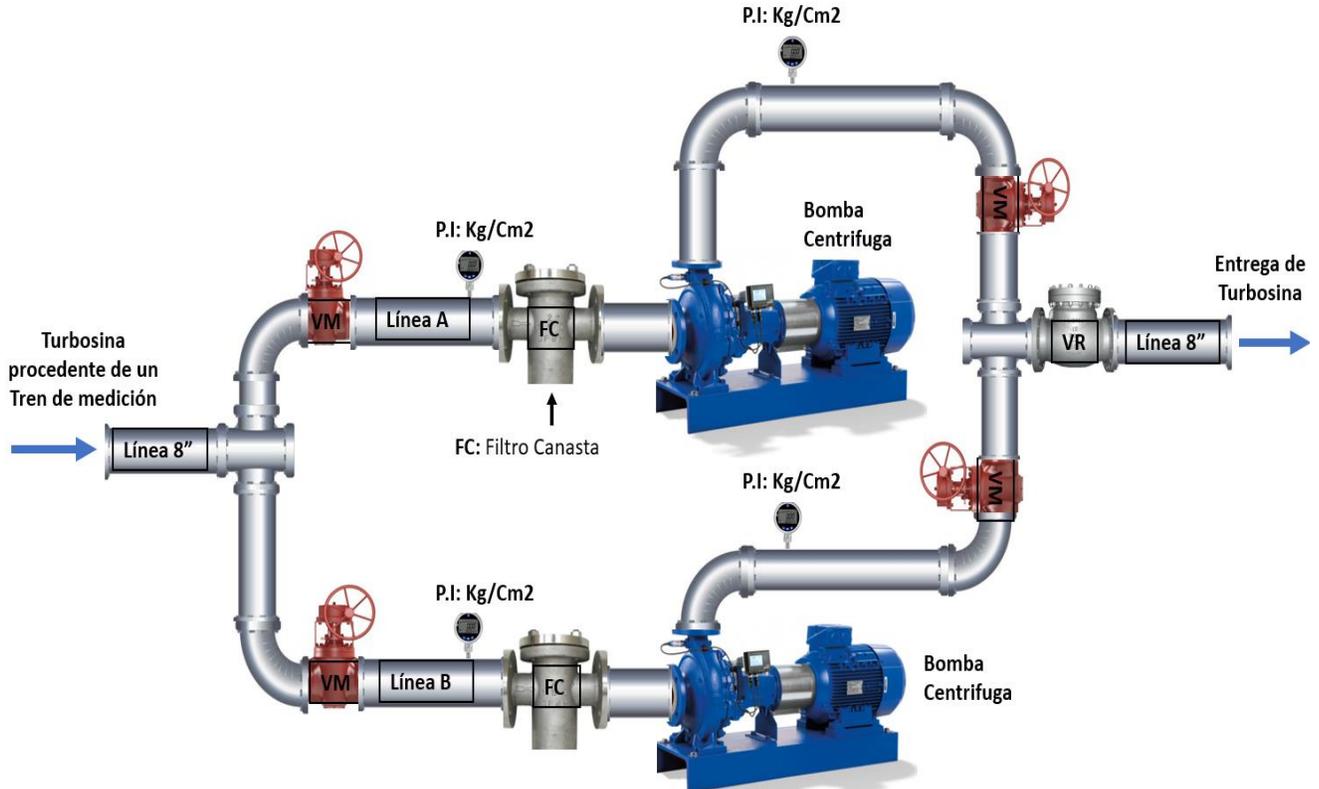


Figura 4.7 Sistema de Entrega y Bombeo en Turbosino-ducto. Elaboración propia.

En el diagrama ilustrativo de la **figura 4.7**, se observa que la turbosina tiene que pasar por un tren de medición previamente, para después poder pasar por una línea que va directo a un filtro canasta quitando las partículas que puedan seguir en el producto, este proceso ayudará a evitar que las bombas centrífugas se deterioren más lento. El sistema de bombeo debe contar con la capacidad de comunicarse con los “Sistemas de Medición y Control” para el proceso operativo de transferencia de custodia, en las instalaciones del sistema de transporte por ducto. Finalmente, estos procesos operativos ayudaran a elaborar el reporte de “Balance de Turbosina Transportada o almacenada”, con objeto de preservar el control y confinamiento del combustible.

- **Sistema contra Incendio.**

Por último, la presente Norma Oficial Mexicana de Emergencia de Petrolíferos “**NOM-EM-003-ASEA-2016**” establece que todas las instalaciones utilizadas para actividades de transporte y almacenamiento deben tener un sistema contra incendio normado:

“La instalación de Almacenamiento y sus respectivas áreas de Recepción y Entrega de Petrolíferos, Aditivos y Biocombustibles, debe contar con un sistema de protección contra incendio, diseñado y construido, basándose en las recomendaciones del Análisis de Riesgos y Análisis de Consecuencias, así como la normatividad aplicable, vigente o que la modifique o la sustituya y los Códigos NFPA (National Fire Protection Association). Debe integrar al menos los elementos del sistema contra incendio:

- a. Suministro de agua;*
- b. Tanques de Almacenamiento o fuente de agua natural o de agua contra incendio;*
- c. Cobertizo contra incendio;*
- d. Sistema de bombeo para servicio contra incendio;*
- e. Instrumentación y dispositivos de protección del equipo de bombeo;*
- f. Red de agua contra incendio y equipos de aplicación;*
- g. Equipo generador y de aplicación de espuma contra incendio;*
- h. Extintores y Sistema de protección contra incendio en cuartos cerrados”.³¹*

- **Transporte de turbosina por Buque-tanque.**

El buque-tanque es un medio de transporte destinado para el movimiento de hidrocarburos a través de los océanos, los buques de carga se clasifican por sus dimensiones y su capacidad de tonelaje de peso muerto **DWT** (Deadweight Tonnage).

Para el caso de los combustibles, las instalaciones de “Almacenamiento con sistema de Recepción y/o Entrega por medio de Buque-tanque”, verifican que los Buque-tanques que atracan en sus muelles cumplen con las regulaciones marítimas internacionales, nacionales aplicables y vigentes, así como los estándares mínimos de operación segura. Para llevar a cabo la conexión con un sistema de transporte por ducto o una instalación terrestre que recibe o entrega por vía Buque-tanque, se debe considerar lo establecido en la **NOM-EM-003-ASEA-2016**:

“En el Diseño, los arreglos de amarre para todos los tamaños de Buque-tanque, deben ser determinados por un análisis de ingeniería. En las terminales marítimas donde los Buque-tanque son atracados al costado de las instalaciones marítimas el diseño debe considerar:

- *Diseño y arreglo de mangueras de monoboya.*
- *Equipo de amarre.*
- *Muelle, mantenimiento y operaciones.*
- *Sistema de barreras de protección ambiental y un sistema contra incendio.*
- *Brazos de conexión de Recepción y Entrega”.*³¹

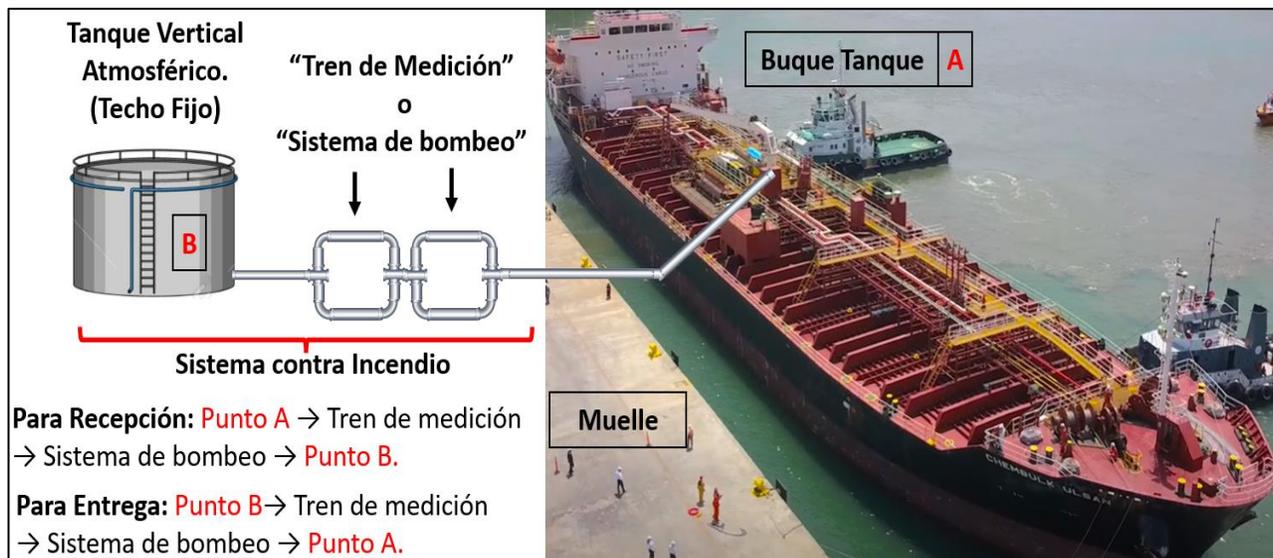


Figura 4.8 Sistema de Recepción y Entrega de turbosina por Buque-tanque. (ASEA, 2016). Elaboración propia.³¹

La **figura 4.8** muestra un diagrama ilustrativo de la infraestructura necesaria que permite medir y controlar las operaciones de recepción y entrega de Petrolíferos en una terminal marítima de almacenamiento. Las instalaciones para el Almacenamiento, Recepción y Entrega de Petrolíferos por Buque-tanque deben ser construidas de acuerdo con la distribución, dimensiones, materiales, especificadas en el Diseño, ingeniería básica y de detalle.

A continuación, la **figura 4.9** muestra las principales rutas marítimas que utilizan los buque-tanques para transportar turbosina estratégicamente a diversos puertos del país, donde existen terminales marítimas de almacenamiento que en su mayoría pertenecen a Pemex Logística, seguido de ello, se da la distribución y transferencia de custodia a las TAD de ASA más cercanas.

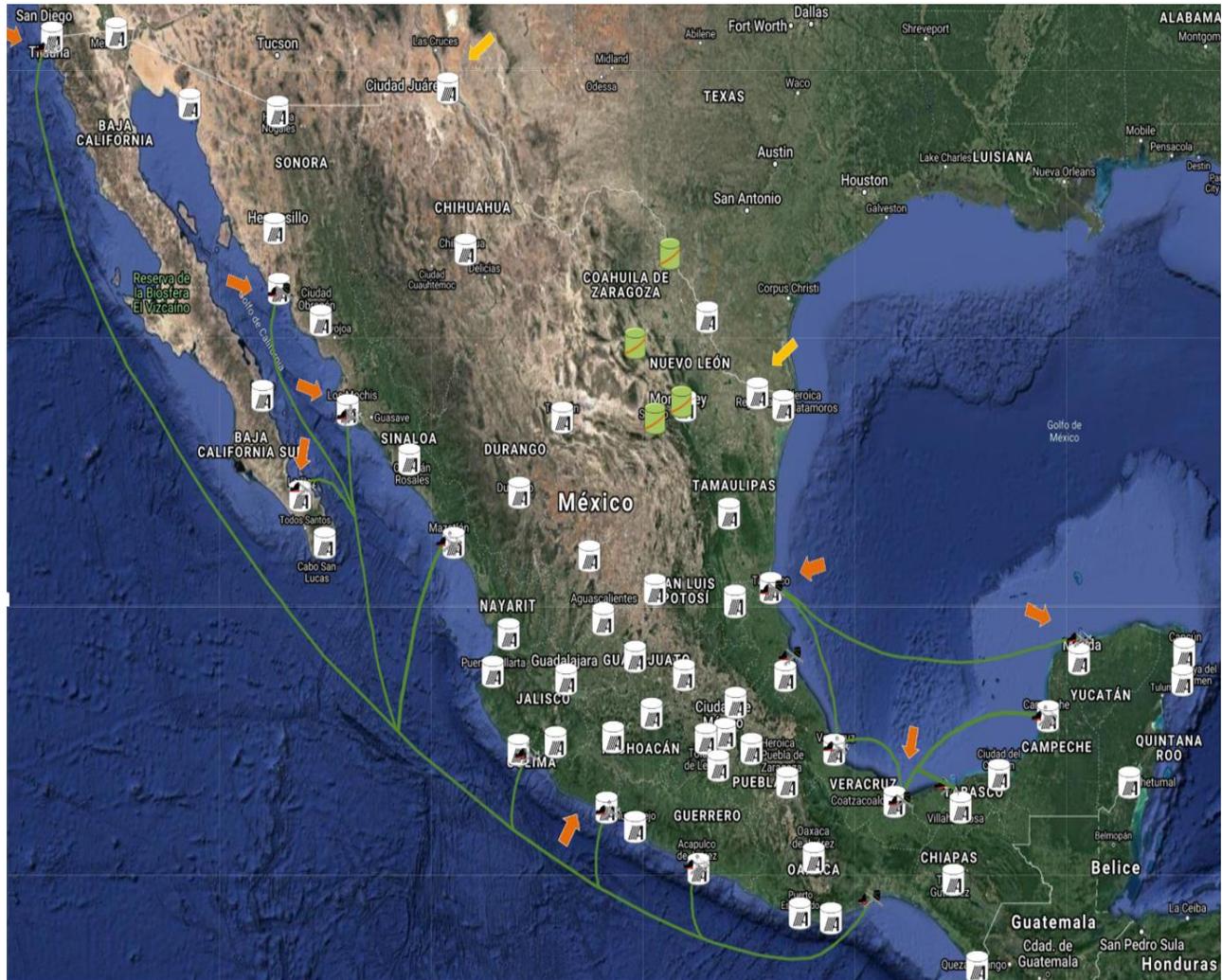


Figura 4.9 Rutas marítimas de México para Buque-tanque de Turbosina. (SENER, 2021).

- **Transporte y distribución de Turbosina por Auto-tanque.**

Dadas las circunstancias actuales de infraestructura en México, el transporte de petrolíferos por Auto-tanque ha ido incrementado de manera significativa en los últimos años, esto se debe a una estrategia implementada por el Gobierno Federal para combatir al robo ilícito de combustibles, la razón principal es que se puede tener un mayor control en el sistema de transferencia de custodia. Para el caso de la turbosina, este medio de transporte aumentó debido a la falta de infraestructura logística destinada a este producto, no obstante, los Auto-tanques son muy limitados para el transporte de petrolíferos a gran escala porque están diseñados para la distribución a los puntos de expendio al público o mover el producto a lugares que no son accesibles geográficamente por otros medios, estas acciones en conjunto representan condiciones de vulnerabilidad en el suministro de turbosina a mediano y largo plazo. Sin embargo, debido a que el transporte y distribución por Auto-tanque predomina en la actualidad, es necesario hablar sobre los aspectos técnicos involucrados en sus procesos operativos.

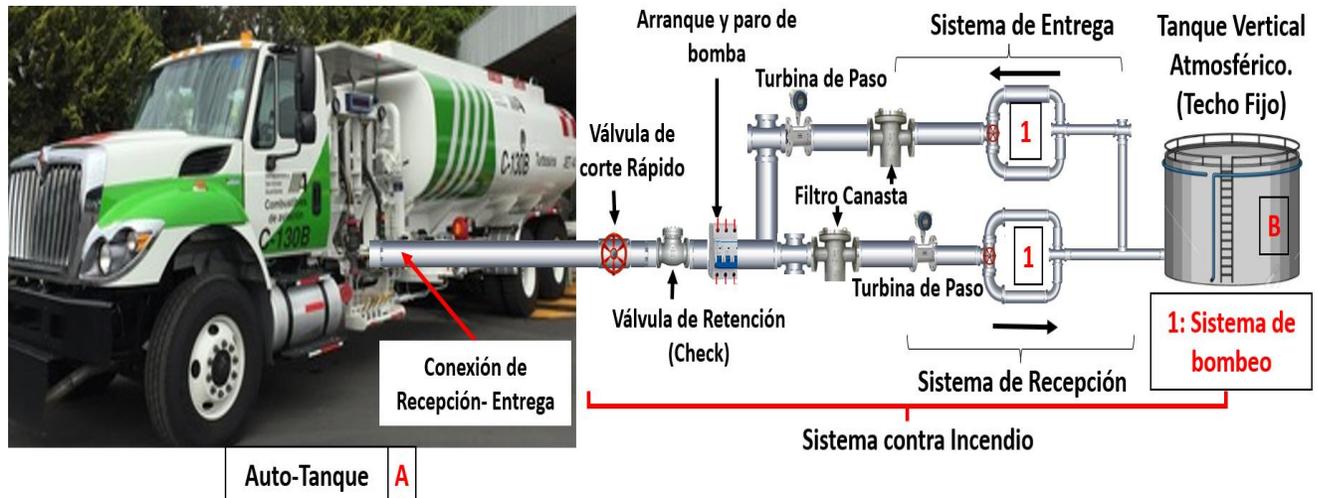
Las instalaciones para el Recepción y Entrega de Petrolíferos por medio de Auto-tanques, debe estar conformada como mínimo por: brazo de carga o descarga, válvulas, sistema de tubería conectado a la bomba principal del sistema de almacenamiento, bomba auxiliar, conexiones y mangueras, sensores de temperatura, dispositivo para la eliminación de aire, medidor de flujo y un sistema contra incendio las cuales deben diseñarse bajo normas específicas y ser compatibles con el petrolífero a manejar, como se describe a continuación en la **NOM-EM-003-ASEA-2016**:

“Para el caso de combustibles de aeronaves, en el proceso de Recepción y Entrega por Auto-tanque, se debe contar con un sistema de filtración, con la funcionalidad de separación de sólidos y coalescencia de contaminantes de agua. Cuando se opte por un sistema de tuberías flexibles y mangueras para la conexión entre la instalación y el Auto-tanque, estas deben cumplir con:

a. Conexiones de tubería flexible: Cada conexión debe ser diseñada de acuerdo con el circuito al que esté integrado, y el equipo empleado tal como válvulas, mangueras y cables deben cumplir con la normatividad aplicable.

*b. Mangueras: Deben diseñarse de materiales resistentes apegados a las normas”.*³¹

La **Figura 4.10** muestra un diagrama ilustrativo del Sistema de Recepción y Entrega de un Auto-tanque, donde se visualizan las instalaciones especificadas en la normatividad vigente.



**Figura 4.10 Sistema de Recepción y Entrega de turbosina por Buque-tanque. (ASEA, 2016).
Elaboración propia.³¹**

En el proceso operativo de un auto-tanque, su acceso y circulación, debe ser coordinado de manera simétrica para cumplir con las actividades del proceso de transferencia de custodia, dentro de su funcionalidad el sistema debe contemplar la instalación de instrumentos y equipos en el área de Recepción y Entrega de Auto-tanques, el cual determina las posiciones de carga o descarga, donde se puede tener uno o más posiciones con Petrolíferos diferentes.

“En su caso el sistema de Recepción y Entrega debe disponer de medios de protección (interlocks) lógicos y físicos. El sistema debe ser capaz de medir y determinar los siguientes parámetros por cada transferencia:

- a. Número de operación;
- b. Número de Auto-tanque;
- c. Número de posición de carga o descarga;
- d. Tipo de Petrolífero;
- e. Volumen programado del Auto-tanque (l);
- f. Densidad promedio observada;
- g. Temperatura promedio de carga o descarga (°C);
- h. Flujo promedio de carga o descarga (l/min);
- i. Fecha de inicio y fin de la carga o descarga;
- j. Hora de inicio y fin de la carga o descarga”.³¹

- **Oportunidades para el transporte de Turbosina por ferrocarril.**

Dadas las tendencias actuales, la demanda mundial de petrolíferos está creciendo rápidamente y con ello el transporte de combustibles, estos retos analizados anteriormente en el capítulo 2, indican que las actividades aéreas de carga y pasajeros se duplicarán en 2040, tal crecimiento es una muestra del progreso económico-social, pero simultáneamente estos eventos conllevan una mayor demanda de energía, que a su vez se traduce a mayores emisiones de **CO₂** y contaminantes atmosféricos. Bajo el esquema implementado actualmente en México, gran parte del movimiento de petrolíferos en tierra se hacen bajo la modalidad de transporte por auto-tanque, por lo que el uso de este medio a largo plazo se verá reflejado en ineficiencia de mover grandes volúmenes de petrolíferos, incrementos en costos y una aportación mayor a generar emisiones **CO₂**.

México tiene la oportunidad de aprovechar la infraestructura ferroviaria existente para el transporte de petrolíferos por carro-tanque, ya que este medio tiene el potencial de reducir de manera significativa los tiempos de transporte por tierra, costos y emisiones.



Figura 4.11 Sistema ferroviario en México. (ARTF, 2021)

La **figura 4.11** elaborada por la “Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF)” con apoyo de la “Secretaría de Comunicaciones y Transportes” nos muestra el sistema ferroviario de carga en México, clasificado en sus diversas empresas concesionarias y proyectos en construcción (Modernización Ferrocarril del istmo de Tehuantepec y Construcción del Tren Maya).

*“Este mapa presenta de forma sintética a cada uno de los concesionarios y asignatarios que brindan el servicio público de carga, las distintas rutas que operan, así como los principales nodos de conexión y terminales de la red a lo largo del territorio nacional. La información de asignatarios se contextualiza con la delimitación de las entidades federativas y la identificación de los puertos fronterizos y marítimos con los que la red ferroviaria se conecta. Como novedad se ha incluido el proyecto del Tren Maya como una ruta de transporte que se encuentra en construcción, de ahí su representación como línea discontinua”.*³²

Actualmente en México ya existen permisos de transporte de gasolina y diésel por carro-tanque, que son emitidos por la CRE a los diversos concesionarios, sin embargo, aún son pocos los permisos existentes para el transporte de turbosina.

La CRE también ha otorgado permisos de transporte de petrolíferos por medios distintos a ducto (ferrocarriles)

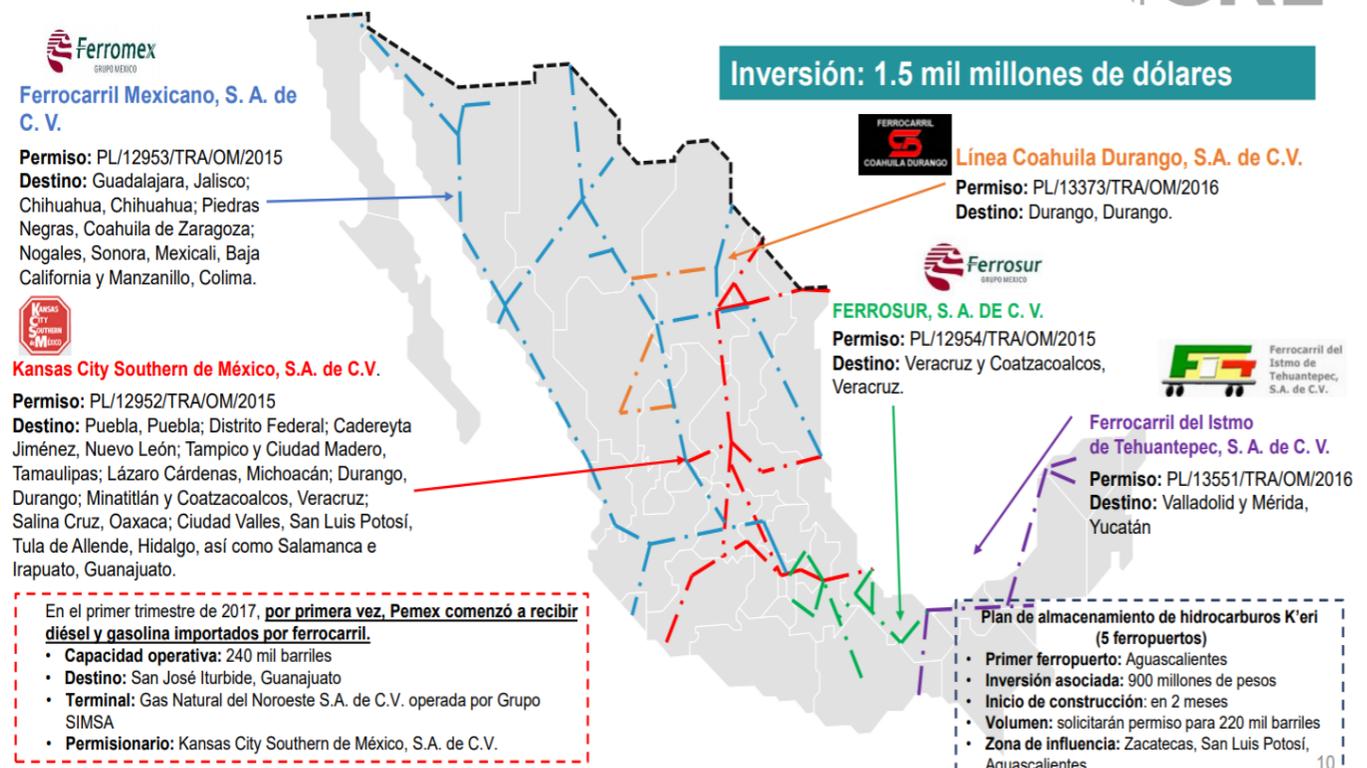
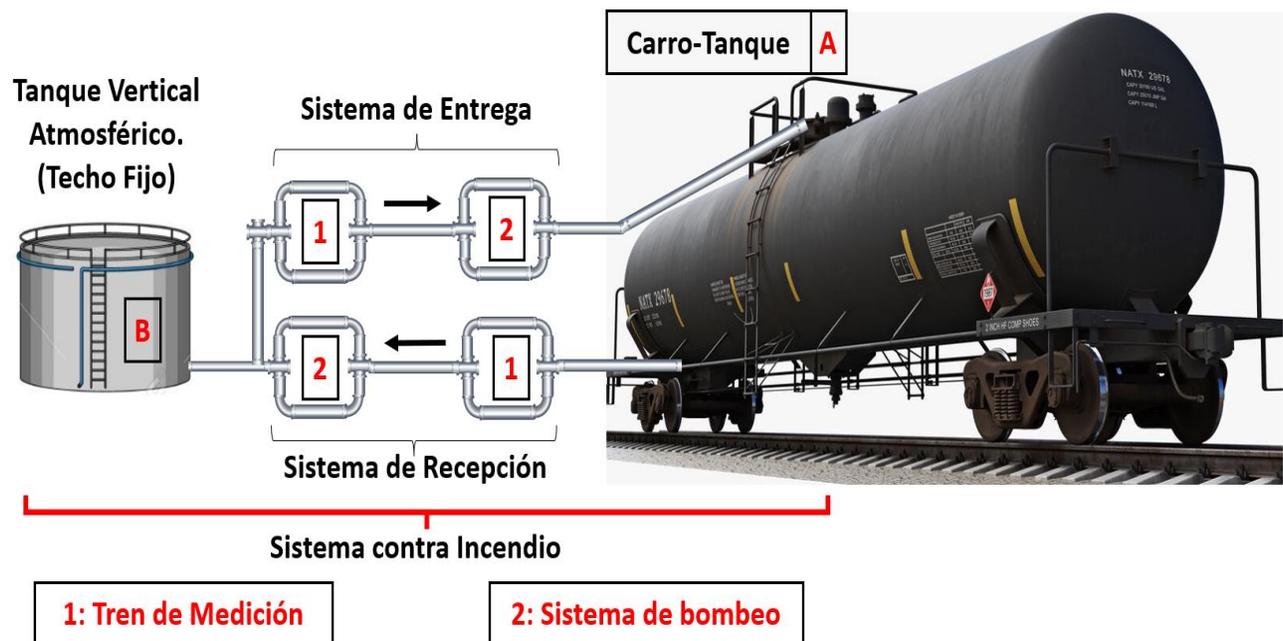


Figura 4.12 Permisos para transporte de petrolíferos por carro-tanque. (CRE, 2017).



La **figura 4.12** indica las empresas que ya cuentan con permisos y capacidad operativa para el transporte de petrolíferos, abriéndose una brecha de oportunidad para el mercado de turbosina. A pesar de que el transporte de turbosina por ductos es el de menor costo, el carro-tanque ofrece varias ventajas para transportar turbosina comparada al transporte por ductos, porque de no existir infraestructura en turbosino-ductos, elaborarlos requiere una inversión inicial mucho mayor, combatir el robo y sabotaje de estos. El punto de incentivar el uso de ferrocarril para el transporte de turbosina es aprovechar la infraestructura férrea existente, por lo que la inversión requerida sería solo adquirir carro-tanques y contenedores adecuados para transportar turbosina, además de construir puntos o estaciones de distribución cercanos a la infraestructura de almacenamiento y comercialización. Por otro lado, el transporte de turbosina en Auto-tanques es ineficiente a grandes distancias, transportan un volumen limitado, contaminan, son lentos y es aproximadamente 2 veces más costoso que el carro-tanque.



**Figura 4.13 Sistema de Recepción y Entrega de turbosina por Carro-tanque. (ASEA, 2016).
Elaboración propia.³¹**

El ferrocarril puede servir como una alternativa para el transporte de turbosina ya que se adaptaría a las necesidades de transporte terrestre, proporcionando una movilidad eficiente del

producto a puntos más cercanos de las terminales de almacenamiento que están dispersas en el territorio nacional, por ello implementar este sistema de transporte como parte de una estrategia logística puede traer enormes beneficios a mediano y largo plazo.

En 2019 la empresa Hipergas, fue la primera empresa en México que suministró turbosina a aeropuertos mexicanos utilizando el carro-tanque como medio de transporte, a través de la empresa ferroviaria “Kansas City Southern de México (KCSM)”, así lo declaró en un comunicado:

“Ya arrastramos los primeros 10 carro-tanques, con capacidad de transportar 100,000 litros cada uno, es la primera vez que se mueve turbosina por carro-tanque en México, este embarque arribó con KCSM a la terminal de Bulkmatic en San Luis Potosí para realizar la operación de trasvase a Auto-tanques y cuenta con cerca de 1,000,000 de litros de turbosina para enviar a diversos aeropuertos del Bajío. Destacando que el tiempo máximo de tránsito desde Brownsville, origen de importación de la molécula, hasta el Bajío es de máximo 10 días, considerando que en esta primera importación el tiempo de tránsito desde Estados Unidos EUA hasta la terminal en San Luis Potosí fue de cinco días”.³³

De esta manera, Hipergas se convirtió en la primera empresa en suministrar turbosina a los aeropuertos que antes eran suministrados por Aeropuertos y Servicios Auxiliares, que era la principal empresa con operaciones hasta los aeropuertos del bajío, estas eran efectuadas únicamente a través de Auto-tanques, no obstante, con la entrada de transportistas por medio de ferrocarril, esta es una de las ventajas de tener presencia por empresas privadas.

“Tenemos beneficios de mover en ferrocarril como el poder manejar más cantidad de combustible en menos tiempo, porque lo que movimos en 10 carro-tanques habiéramos tardado un mes en Auto-tanques, destacando que, a través del riel, se espera que entre 5 y 10 millones de litros de turbosina se suministren al mes a los aeropuertos del Bajío y Guadalajara, además de tener presencia de terminales de almacenamiento en la región Bajío”.³³

IV.III. - Puntos y terminales de almacenamiento de Turbosina.

- **Tanques de almacenamiento para turbosina.**

Se contemplan los fundamentos establecidos en la Norma Oficial Mexicana “**NOM-006-ASEA-2017**, Especificaciones y criterios técnicos de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente para el diseño, construcción, pre arranque, operación, mantenimiento, cierre y desmantelamiento de las instalaciones terrestres de almacenamiento de petrolíferos y petróleo, excepto para gas L.P.”, con la finalidad de conocer ilustrativamente el diseño, operación y correcto funcionamiento en los tanques de almacenamiento de una TAD.

Las instalaciones terrestres de almacenamiento deben contar con los sistemas adicionales de seguridad indicados en esta NOM, que toma en cuenta las medidas de mitigación de riesgo derivadas del “Análisis de Riesgos y Análisis de Consecuencias”, elaborado y sustentado por personal competente en la materia de seguridad industrial.

*“El Análisis de Riesgos y Análisis de Consecuencias debe considerar la cantidad de Producto que se va a almacenar, el número, tipo de tanques o recipientes, el tipo de sistema contra incendio, sistemas de control e instrumentación para la operación segura, el tamaño de predio disponible, características del terreno donde se ubicará, cantidad de tanques, tipo de instalaciones y frecuencia de operaciones de Recepción/Entrega, la proximidad y densidad de asentamientos humanos, la proximidad de instalaciones especiales que contribuyan a incrementar el riesgo o en su defecto que sean susceptibles al riesgo de la instalación, entre otros”.*³⁴

Existen diversos tipos de tanques de almacenamiento, el más utilizado en la industria de petrolíferos es el “Tanque Atmosférico”, este tipo de tanque existe vertical u horizontal y está destinado para el almacenamiento de Hidrocarburos líquidos o combustibles, diseñado para operar desde la presión atmosférica. Específicamente para el área de almacenamiento en turbosina, el más común es el “Tanque atmosférico vertical de techo fijo” cubierto por un techo de acero o por un domo de aluminio, estos tanques contienen una membrana flotante interna, dicha membrana de aluminio es soportada por flotadores tubulares cerrados, la cual sobrenada

en la superficie del líquido, el diseño de un tanque vertical de almacenamiento (techo fijo), debe considerar como mínimo las especificaciones siguientes:

“a) Las dimensiones necesarias para que se cumplan los distanciamientos mínimos entre los tanques de almacenamiento y entre los elementos o equipos que integran la instalación;

b) En un dique compartido, no deben almacenarse Productos que por sus características generen reacciones químicas y requieran condiciones de altas temperatura, que signifiquen riesgos de ignición con otros Productos almacenados en el mismo dique. El área de almacenamiento, debe contar como mínimo con lo siguiente:

- a) Instrumentación de control y medición en tanques;*
- b) Sistema de tierras;*
- c) Pararrayos/Apartarrayos;*
- d) Diques de contención;*
- e) Drenajes;*
- f) Instalación eléctrica;*
- g) Sistema de detección y alarma de gas y fuego;*
- h) Sistema contra incendio;*
- i) Frentes de ataque, y*
- j) Vialidades y accesos”.*³⁴

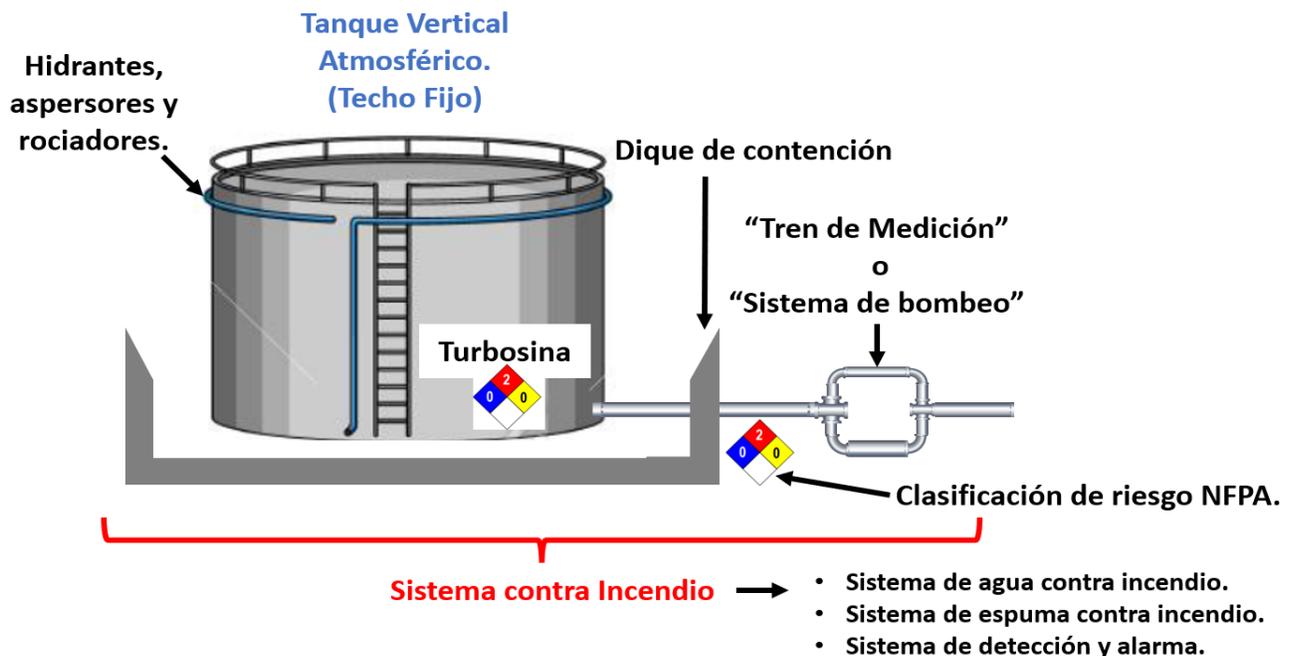


Figura 4.14 Componentes de un Tanque vertical para turbosina. (ASEA, 2017). Elaboración propia.³⁴

La **figura 4.14** muestra la combinación de las instalaciones presentes en los tanques de almacenamiento para turbosina, algunos de los componentes más importantes del sistema contra incendio son los: anillos de enfriamiento por aspersion, sistemas de apoyo para la aplicación de agua mediante líneas de mangueras, ubicados de acuerdo con el diseño del proyecto y a las recomendaciones del “Análisis de Riesgo y Análisis de Consecuencias”. La **NOM-006-ASEA-2017** plantea que todo tanque vertical de petrolíferos debe tener las siguientes medidas de contención:

- a) Geomembrana entre la base de cimentación del tanque y el fondo del mismo, u otro tipo de material que cumpla la función de impermeabilidad requerida de acuerdo con la normatividad;*
- b) Doble Fondo y recubrimiento Interno sobre la placa del fondo.*

Todas estas medidas alternas, para mitigar fugas potenciales por falla o deterioro de la integridad mecánica del tanque, quedan bajo la responsabilidad del Regulado. Los tanques de techo fijo deben contar con sistema de venteo. Los espesores de las placas de los techos deberán cumplir con las especificaciones señaladas en la Norma”.³⁴

En la **figura 4.15** se aprecia un tanque vertical con turbosina (Jet A) perteneciente a ASA, mismo que posee las características técnicas anteriormente mencionadas.



Figura 4.15 Tanque de almacenamiento vertical. (ASA, 2019).

Los tanques verticales requieren un programa o software especializado, capaz de sincronizarse en tiempo real con instrumentos de medición que posee el TV, con el propósito de obtener los parámetros necesarios para llevar a cabo las actividades de operación. A continuación, la **Tabla 4.5** indica una ventana operativa que muestra datos requeridos por los ingenieros, usados en operaciones de monitoreo, ventas, recibo, control de calidad, etc.

Tanque Vertical (TV)	
Producto:	Turbosina
Densidad	772 a 837 kg/m³
Estado del TV:	Recibo o Ventas
Temperatura:	°C
Volumen:	[m³] , [Litros] , [Bls]
Nivel de profundidad:	[Metros]
No. Tanque	1

Tabla 4.5 Ventana operativa para un Tanque Vertical. (Ductos Pemex , 2021). **Elaboración Propia.**

En materia de regulación, la adecuada operación de los tanques de almacenamiento, requiere que cada cierto tiempo el Regulado debe contar con especificaciones de la **NOM-006-ASEA-2017**:

“a) Cada tanque cuenta con una identificación con el tipo de servicio, Producto y sentido de flujo de las líneas y equipos;

b) El equipo de medición de los tanques, cuentan con un certificado vigente de calibración;

c) Las revisiones periódicas del recubrimiento de tanques, así como el techo flotante externo y membrana interna de techo fijo deben ser registradas y firmadas por el operador responsable; dichos registros deben ser conservados en las instalaciones durante 5 años, y

*d) No se debe operar los tanques de techo flotante externo o de membrana flotante interna, por debajo del nivel "bajo" de Operación, de tal forma que el techo flotante o la membrana se mantenga siempre flotando, sin que sus soportes toquen el piso”.*³⁴

- **Ubicación geográfica de aeropuertos en México.**

Para entender la ubicación estratégica de las terminales de almacenamiento, se requiere conocer la estructura del “Sistema Aeroportuario Mexicano”, mismo que cuenta con 77 aeropuertos dispersos por todo el territorio nacional.

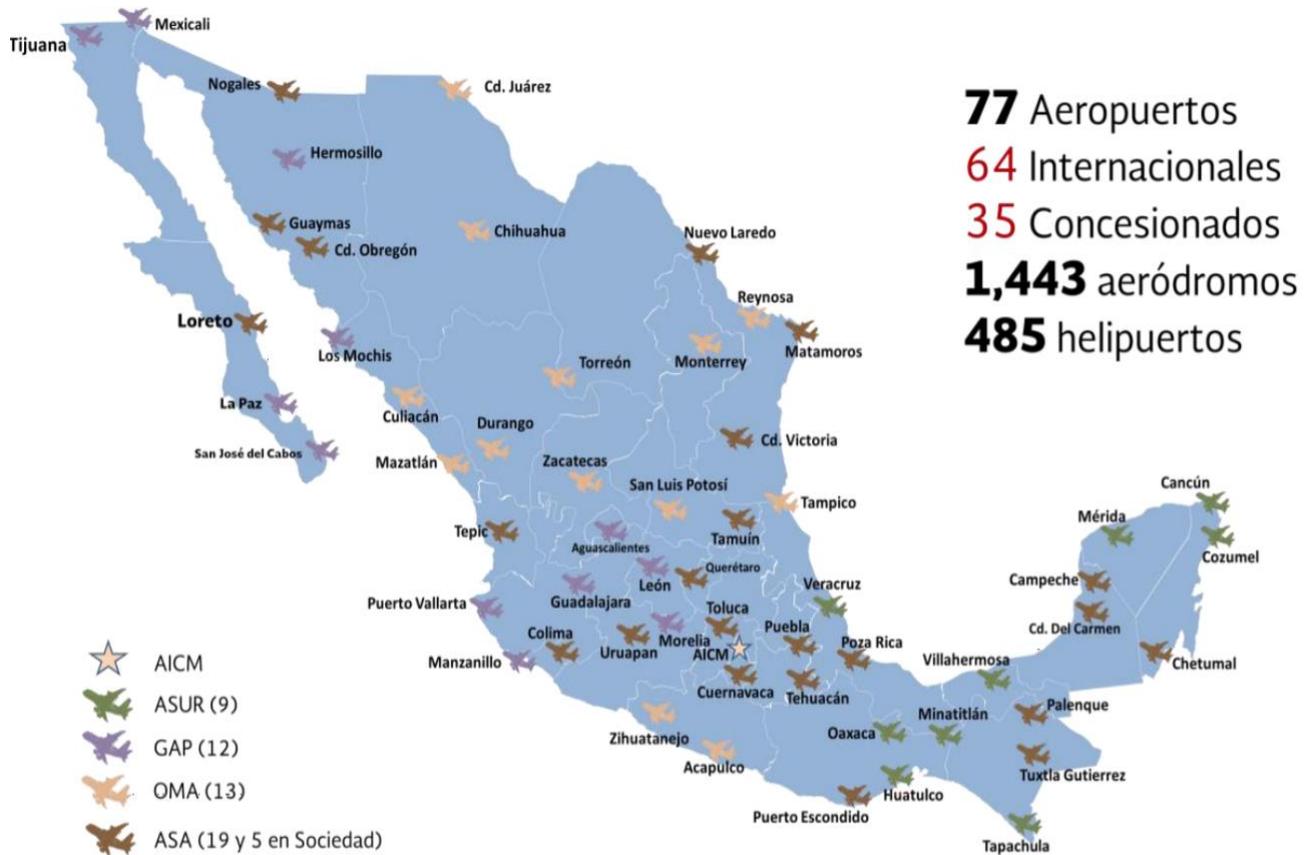


Figura 4.16 Infraestructura aeroportuaria de México. (SENER, 2018).³⁶

Los aeropuertos son los puntos donde se ubican y se llevan a cabo las operaciones de distribución y almacenamiento por parte de ASA, en el caso de Pemex, sus terminales operan en zonas cercanas a algunos aeropuertos del país.

“ASA es el organismo del gobierno federal encargado del suministro de combustible de aviación a los principales aeropuertos del país, cuenta con una amplia trayectoria en el mercado mexicano, a través de la administración integrada de servicios de combustibles, desde el almacenamiento hasta su comercialización, agrega valor a sus clientes para facilitar las operaciones. Además, opera 60 estaciones de almacenamiento y 2 puntos de suministro a nivel nacional”.³⁵

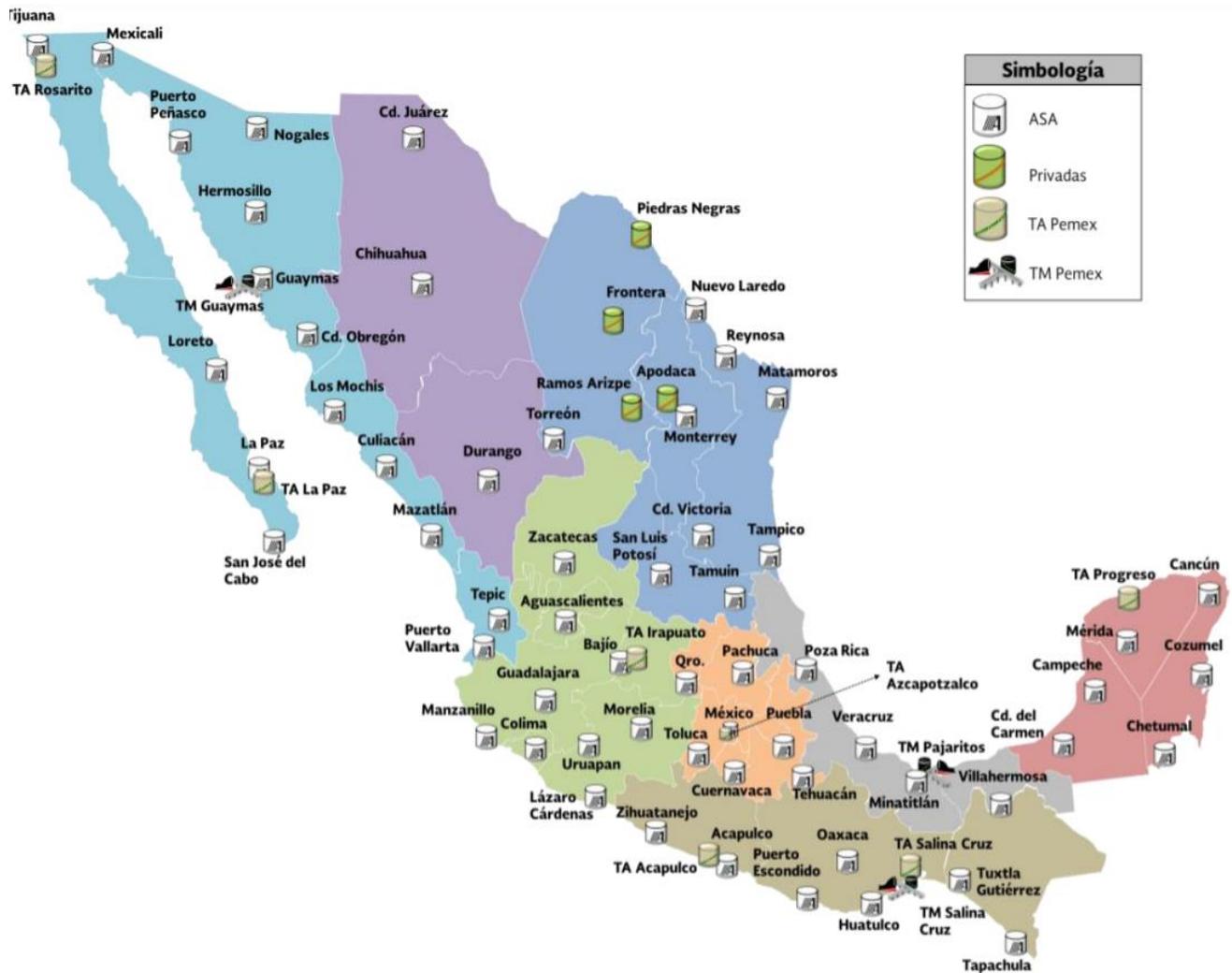


Figura 4.17 Infraestructura de almacenamiento para Turbosina en México. (SENER, 2018).³⁶

La figura 4.17 muestra donde se encuentran las terminales disponibles para almacenar turbosina.

*“Hasta el momento, ASA cuenta con el 49% de la capacidad de almacenamiento de turbosina y gasavión en todo el país, la restante está distribuida en terminales propiedad de Pemex Logística y una pequeña parte con particulares. ASA posee 60 terminales de almacenamiento ubicadas dentro de los aeropuertos, las cuales suman una capacidad nominal de 735 Mb, mientras que Pemex Logística cuenta con una capacidad nominal de 756 Mb. Asimismo, existen cuatro permisionarios de almacenamiento distintos a ASA, tres ubicados en el estado de Coahuila y uno en Nuevo León. En total, los permisionarios cuentan con una capacidad nominal de 6.87 Mb. De esta forma, en el país existe una capacidad total de almacenamiento de combustibles de aviación de 1,498 Mb”.*³⁶

Desafortunadamente los inventarios de almacenamiento de turbosina en Pemex no son de acceso abierto, por lo contrario, ASA sí publica sus datos en su boletín electrónico:

Permiso (Turbosina)	Estación de ASA	Unidad	Capacidad Nominal	Capacidad Operativa
PL/9791/ALM/AE/2015	Ciudad de México	Litros	24,000,000	18,538,540
PL/9820/ALM/AE/2015	Acapulco	Litros	4,500,000	1,306,449
PL/9815/ALM/AE/2015	Aguascalientes	Litros	820,000	756,017
PL/9801/ALM/AE/2015	Bajío	Litros	900,000	782,759
PL/9827/ALM/AE/2015	Ciudad Obregón	Litros	480,000	447,866
PL/9806/ALM/AE/2015	Ciudad Juárez	Litros	480,000	439,269
PL/9810/ALM/AE/2015	Ciudad del Carmen	Litros	900,000	819,705
PL/9834/ALM/AE/2015	Colima	Litros	280,000	158,846
PL/9824/ALM/AE/2015	Campeche	Litros	160,000	134,107
PL/9837/ALM/AE/2015	Chetumal	Litros	240,000	138,163
PL/9805/ALM/AE/2015	Culiacán	Litros	1,000,000	863,995
PL/9792/ALM/AE/2015	Cancún	Litros	14,500,000	12,329,657
PL/9804/ALM/AE/2015	Chihuahua	Litros	1,000,000	733,646
PL/9843/ALM/AE/2015	Cuernavaca	Litros	240,000	167,497
PL/9841/ALM/AE/2015	Ciudad Victoria	Litros	280,000	254,275
PL/9812/ALM/AE/2015	Cozumel	Litros	1,320,000	1,227,482
PL/9825/ALM/AE/2015	Durango	Litros	480,000	230,793
PL/9793/ALM/AE/2015	Guadalajara	Litros	13,400,000	11,049,867
PL/9846/ALM/AE/2015	Guaymas	Litros	270,000	142,666
PL/9800/ALM/AE/2015	Hermosillo	Litros	1,820,000	1,618,272
PL/9831/ALM/AE/2015	Huatulco	Litros	780,000	597,085
PL/9819/ALM/AE/2015	La Paz	Litros	2,500,000	1,694,519
PL/9830/ALM/AE/2015	Los Mochis	Litros	320,000	290,604
PL/9842/ALM/AE/2015	Loreto	Litros	660,000	435,422
PL/9844/ALM/AE/2015	Lázaro Cárdenas	Litros	120,000	102,914
PL/9840/ALM/AE/2015	Matamoros	Litros	200,000	123,500
PL/9836/ALM/AE/2015	Manzanillo	Litros	820,000	772,980
PL/9799/ALM/AE/2015	Mérida	Litros	2,550,000	2,145,653
PL/9818/ALM/AE/2015	Morelia	Litros	620,000	528,787
PL/9828/ALM/AE/2015	Minatitlán	Litros	240,000	127,710
PL/9794/ALM/AE/2015	Monterrey	Litros	5,300,000	3,404,667
PL/9809/ALM/AE/2015	Mexicali	Litros	980,000	744,384
PL/9808/ALM/AE/2015	Mazatlán	Litros	2,500,000	1,363,360
PL/9832/ALM/AE/2015	Nuevo Laredo	Litros	300,000	221,466
PL/9849/ALM/AE/2015	Nogales	Litros	60,000	55,764
PL/9816/ALM/AE/2015	Oaxaca	Litros	320,000	253,970
PL/9839/ALM/AE/2015	Poza Rica	Litros	120,000	64,839
PL/9829/ALM/AE/2015	Puebla	Litros	300,000	235,127
PL/9845/ALM/AE/2015	Pachuca	Litros	60,000	50,842
PL/9848/ALM/AE/2015	Puerto Peñasco	Litros	100,000	78,631

PL/9797/ALM/AE/2015	Puerto Vallarta	Litros	4,500,000	3,606,431
PL/9833/ALM/AE/2015	Puerto Escondido	Litros	240,000	134,212
PL/9802/ALM/AE/2015	Querétaro	Litros	820,000	639,095
PL/9814/ALM/AE/2015	Reynosa	Litros	300,000	281,155
PL/9796/ALM/AE/2015	San José del Cabo	Litros	2,320,000	1,812,568
PL/9817/ALM/AE/2015	San Luis Potosí	Litros	600,000	426,283
PL/9813/ALM/AE/2015	Tampico	Litros	320,000	287,473
PL/9826/ALM/AE/2015	Tapachula	Litros	360,000	299,791
PL/9847/ALM/AE/2015	Tehuacán	Litros	120,000	106,140
PL/9807/ALM/AE/2015	Tuxtla Gutiérrez	Litros	1,000,000	705,650
PL/9795/ALM/AE/2015	Tijuana	Litros	6,000,000	4,060,381
PL/9798/ALM/AE/2015	Toluca	Litros	4,000,000	3,734,343
PL/9850/ALM/AE/2015	Tamuín	Litros	60,000	48,599
PL/9835/ALM/AE/2015	Tepic	Litros	220,000	205,609
PL/9821/ALM/AE/2015	Torreón	Litros	1,000,000	730,700
PL/9838/ALM/AE/2015	Uruapan	Litros	240,000	228,293
PL/9811/ALM/AE/2015	Veracruz	Litros	480,000	441,563
PL/9803/ALM/AE/2015	Villahermosa	Litros	820,000	727,977
PL/9823/ALM/AE/2015	Zacatecas	Litros	660,000	555,873
PL/9822/ALM/AE/2015	Zihuatanejo	Litros	980,000	701,380

Tabla 4.6 Capacidad de almacenamiento en ASA. (Boletín ASA, 2021). *Elaboración Propia.*

A partir de la entrada de inversión privada, ha iniciado la detonación de proyectos en infraestructura logística de turbosina, con la finalidad de contar con sistemas logísticos alternos a los tradicionalmente utilizados por Pemex y ASA, siendo los proyectos para medios de transporte los más relevantes. En el caso de las terminales de almacenamiento privadas, estas abarcan una capacidad mínima comparada a la infraestructura de Pemex y ASA, en la **tabla 4.7** se hacen evidentes sus limitantes. Sin embargo, la apertura del mercado representa una oportunidad para invertir en proyectos de almacenamiento a largo plazo.

Permisionario	Aeropuerto	Ubicación	Capacidad de Turbosina (Barriles)	Capacidad (Litros)
CIC Corporativo Industrial Coahuila, S. A. de C. V.	Venustiano Carranza	Frontera, Coahuila.	590	93,810.00
Servicios Estatales Aeroportuarios.	Plan de Guadalupe	Ramos Arzipe, Coahuila.	2200	349,800.00
Servicios Estatales Aeroportuarios.	Piedras Negras	Piedras Negras Coahuila.	750	119,250.00
Sociedad Cooperativa de Consumo de Servicios Aéreos, Aeropuerto del Norte, S.C. L.	Aeropuerto del Norte	Apodaca, Nuevo León	3310	526,290.00
Capacidad Total			6850	1,089,150.00

Tabla 4.7 Capacidad de almacenamiento con privados. (SENER, 2018). *Elaboración Propia.*³⁶

V.- Capítulo 5: Expectativas de mercado y proyectos de Turbosina a 2031.

V.I.- Comercialización de Turbosina en México.

Durante 2017, los 5 aeropuertos con mayor tráfico aéreo consumieron el 74% de turbosina, éstos son: Ciudad de México, Cancún, Guadalajara, Tijuana y Monterrey. Actualmente esas cifras se han incrementado de manera considerable en la Ciudad de México y la península de Yucatán.

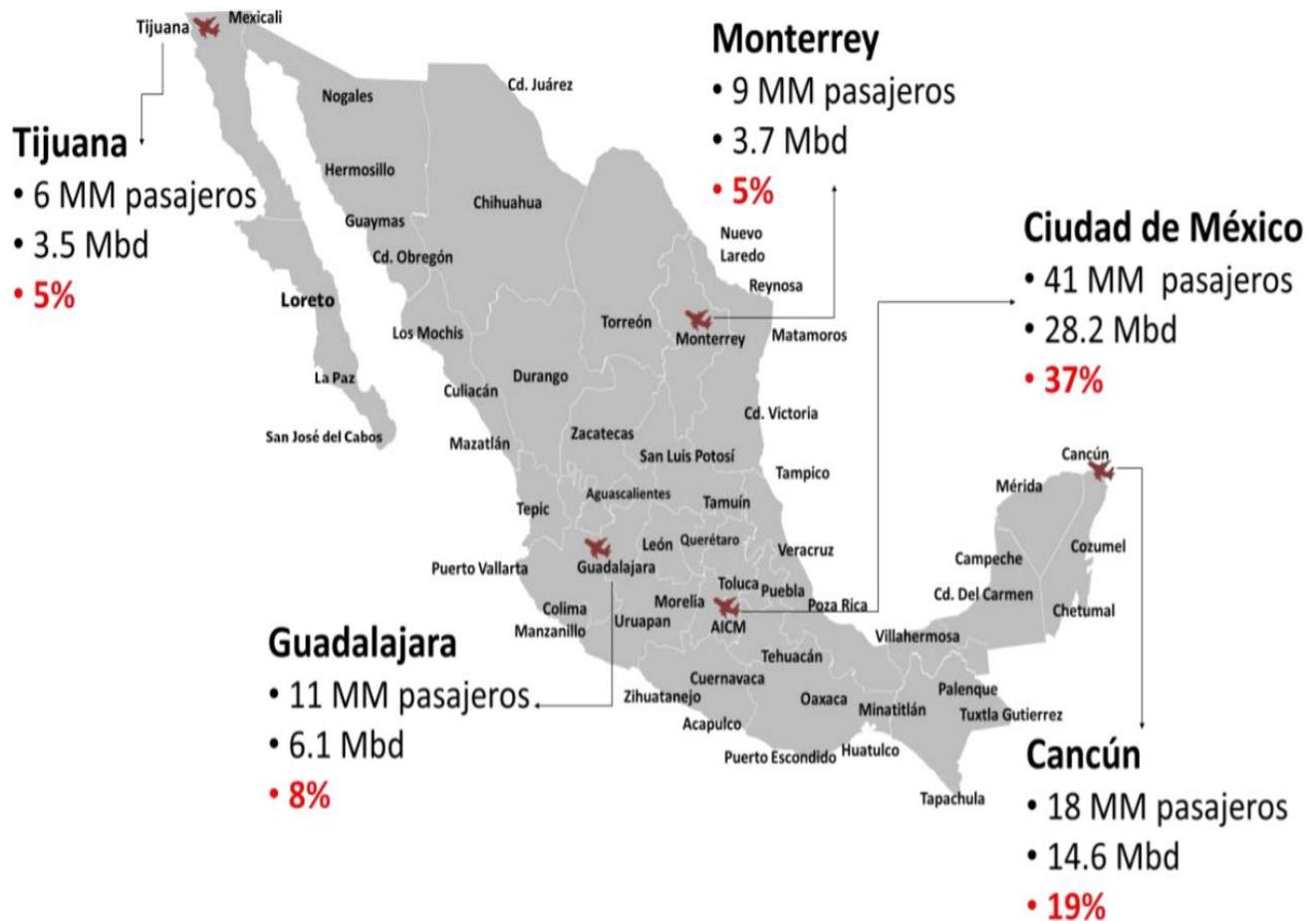


Figura 5.1 Aeropuertos con mayor demanda de Turbosina en México. (SENER, 2018).³⁶

Las actividades de comercialización requieren entender cómo se da la gestión o contratación de los servicios de transporte, almacenamiento o distribución de petrolíferos, para programar el expendio al público y se vea reflejado un benéfico a los consumidores finales. En México:

“Durante muchos años, ASA fue la entidad que mantenía el monopolio en la comercialización, almacenamiento y distribución de combustibles de aviación, suministrando a los aeropuertos de todo el país, bajo un esquema integrado, donde no se reconocían la totalidad de costos logísticos.

La Ley de Hidrocarburos permite que compañías interesadas puedan incursionar en las diferentes actividades de la cadena de suministro sin ninguna restricción, con excepción de la actividad de expendio en aeródromos, también conocida como into-plane, ya que dicha actividad está limitada a una participación no mayor al 50% por parte de inversionistas extranjeros, de conformidad con el artículo 7 de la Ley de Inversión Extranjera”.³⁶

El acceso a terminales de almacenamiento y distribución de ASA por parte de permisionarios privados, representa una oportunidad para consolidar un mercado competitivo de turbosina, porque por medio de la adquisición de “tickets” ASA podrá venderles derechos sobre sus inventarios, cobrando tarifas por el espacio disponible que tengan y con ello fortalecer las operaciones aéreas. La **figura 5.2** muestra las tarifas para almacenamiento de turbosina en aeródromos de ASA, por región y estado, donde el costo por volumen almacenado es en (\$/litro).



Figura 5.2 Tarifas de almacenamiento de turbosina en aeródromos de ASA. (SENER, 2018).³⁶

*“La CRE mediante la resolución RES/1705/2018, aprobó las tarifas de almacenamiento, que ASA cobrará a otras empresas por hacer uso de alguna de sus 60 terminales en los distintos aeropuertos del país, las cuales tendrán una vigencia de 5 años. Con estas tarifas compañías comercializadoras podrán acceder a capacidad de almacenamiento de turbosina dentro de los aeródromos. La resolución RES/1704/2018 resuelve que las tarifas empezarán a cobrarse a partir del momento en que un comercializador de combustibles de aviación distinto a ASA y sus partes relacionadas contrate el servicio de almacenamiento”.*³⁶

- **Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA).**

El “Estatuto orgánico de Aeropuertos y Servicios Auxiliares” tiene por objeto regular la organización y funcionamiento de ASA, un organismo descentralizado del Gobierno Federal Mexicano, con personalidad jurídica y patrimonio propios, por ello, en el capítulo VIII se encuentra un apartado destinado a la “Dirección de Combustibles”, cuyo objetivo es regular las operaciones en las terminales y estaciones de Combustibles para aviación. A continuación, se citan los párrafos más importantes del artículo 56, describiendo las funciones de la Dirección de Combustibles:

“I. Coordinar y dirigir la implantación, aplicación y desarrollo de la Política de Inventarios y de Abastecimiento, así como la operación de las Estaciones de Combustibles para la recepción, almacenamiento, suministro y control de calidad de los combustibles de aviación;

II. Dirigir las programaciones de los embarques y revisar las condiciones contractuales y de precio con PEMEX;

III. Coordinar que las Estaciones de Combustibles cumplan con las condiciones de seguridad, operación, administración, eficiencia, calidad y protección del medio ambiente, estipuladas por la Ley de Aeropuertos y su Reglamento, la Dirección General de Aeronáutica Civil y las normas nacionales e internacionales vigentes;

V. Dirigir la operación de las Estaciones de Combustibles y asegurar que cuenten con los recursos humanos, materiales, técnicos y administrativos, necesarios para el manejo y suministro de combustibles de aviación, así como los sistemas de gestión y organización necesarios;

IX. Establecer los estudios que permitan identificar las áreas de oportunidad para optimizar el abastecimiento y el suministro de combustible de aviación;

*X. Dirigir los aspectos de ingeniería de las Estaciones de Combustibles, así como los análisis operativos de la infraestructura de ASA;”.*³⁷

Con base en el artículo 56, la jefatura o gerencia de gestión operativa en las estaciones de combustibles dispersas por el país, tendrá la obligación de proporcionar los informes y reportes requeridos por la Dirección de Combustibles y a su vez, supervisar que se cumplan e implementen dichas políticas. Para que en cada una de las diversas áreas se lleve a cabo una mejor aplicación y aprovechamiento de los recursos la “Gerencia de Ingeniería” tendrá las siguientes funciones citadas en el Estatuto orgánico, Artículo 58:

“I. Programar y asegurar que se cuente con los recursos materiales y económicos necesarios para el desarrollo de los estudios y/o proyectos a través de la planeación del desarrollo de las Estaciones de Combustibles y que son necesarios para la posterior ejecución de las obras o las adquisiciones de equipos;

II. Elaborar las especificaciones, criterios y prácticas recomendadas que sean necesarias, a fin de integrarlas a los marcos de referencia y las bases de licitación para concursar los proyectos y obras mayores de las Estaciones de Combustibles, de acuerdo con el calendario y los plazos establecidos.

IV. Coordinar con la Gerencia de Gestión Operativa, la asignación de presupuesto de las obras y adquisiciones programadas para el ejercicio fiscal que hayan sido aprobados por la Coordinación de las Unidades de Negocios;”.³⁷

Por otro lado, para poder llevar a cabo las actividades de comercialización, es fundamental revisar los “Términos y Condiciones para la Prestación del Servicio de Almacenamiento de Petrolíferos (TCPS)” de ASA, porque de acuerdo a estos términos el almacenista y los usuarios, de manera directa o a través de sus empleados, contratistas, agentes o cualquier persona que actúe en su nombre y representación, deberán sujetarse al “Marco Regulatorio”, asegurando que las personas que participen en estas actividades conozcan y acaten dichos ordenamientos.

“Los TCPS se sujetan al Marco Regulatorio Aplicable y a las normas Aplicables vigentes, por lo que se ajustarán en todo momento de manera congruente con dichos ordenamientos, con las condiciones especificadas en el Permiso y con cualquier otra disposición jurídica que resulte aplicable. Los presentes TCPS guardan proporcionalidad y equidad en los derechos y obligaciones tanto del Almacenista como de los Usuarios, siendo acordes con los usos comerciales observados en los mercados de almacenamiento de los Combustibles”.³⁸

- **Disposiciones Administrativas de Carácter General en Materia de Medición Aplicable al Servicio de Almacenamiento de Petrolíferos y Petroquímicos (DACGs).**

Uno de los propósitos de las DACGs es establecer las generalidades del muestreo en línea: Este proceso es la obtención de una muestra representativa del lote de producto (petrolífero) transportado para recepción, entrega o contenido en un tanque almacén del combustible. Hasta este punto es de vital importancia tener una idea clara de los medios de transporte utilizados en el sector de petrolíferos, debido a que el muestreo en línea tiene la finalidad de determinar las propiedades de calidad en la turbosina, o bien obtener parámetros y factores de corrección volumétricos correspondientes.

“El muestreo en línea es muy utilizado en recepción y almacenamiento cuando se manejan fluidos no homogéneos, por ejemplo, cuando el contenido de agua y sedimentos pueda ser significativo. En general, en las TAR, el contenido de agua y sedimentos debe ser muy bajo, una vez que el producto ha pasado por una gran cantidad de procesos y filtros para su eliminación. Sin embargo, algunas TAR almacenan el combustible para avión (turbosina), cuyo amerita la instalación de algún sistema de monitoreo en línea”.³⁹

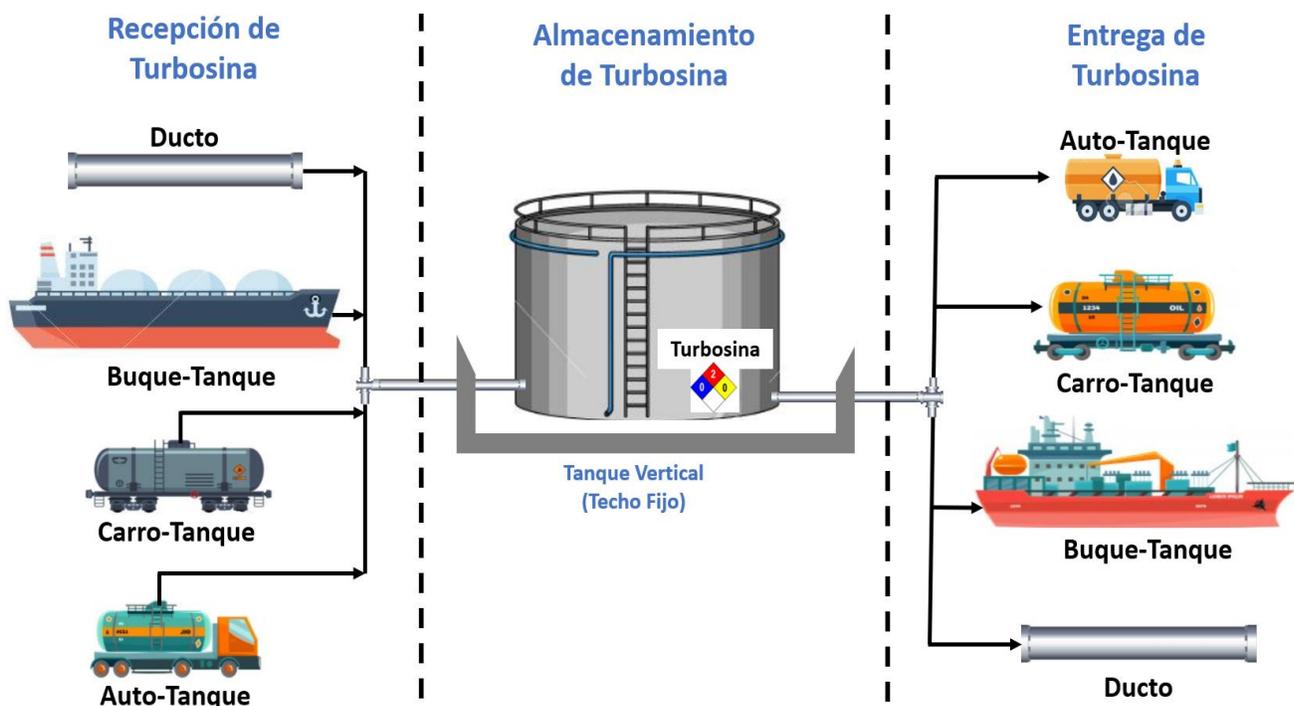


Figura 5.3 Almacenamiento, Recepción y Entrega de Turbosina. (ASEA, 2016). Elaboración propia.³¹

Para asegurar las operaciones de comercialización y expendio a las aerolíneas, además del muestreo en línea realizado por parte de Pemex al hacer la transferencia de custodia de turbosina a ASA, esta empresa realiza de nueva cuenta una verificación final de los combustibles de aviación al momento de su venta, garantizando que, en la última etapa de la cadena de valor, se cumplan con las especificaciones nacionales e internacionales.

“ASA cuenta con un laboratorio de calidad para atender la ejecución de las 8 pruebas más importantes que forman parte de la recertificación del combustible de aviación para asegurar las propiedades de la turbosina: Estabilidad a la oxidación térmica, temperatura de congelación, apariencia, destilación, densidad, temperatura de inflamación, etc. Este organismo garantiza el abasto de combustibles de aviación ya que recibe más de 200 verificaciones de aerolíneas al año, cumpliendo los estándares avalados por la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA), organización de la cual ASA es socio estratégico. Un suministro de calidad y satisfacción de diversos clientes, permitió que Aeropuertos y Servicios Auxiliares abasteciera en 2018 un total de 4 mil 972 millones de litros de combustibles de aviación, el equivalente a vender 13.6 millones de litros diariamente”.⁴⁰

V.II.-Indicadores de Mercado en México aplicados a la Turbosina.

Actualmente en México solo existen 4 permisionarios para importar turbosina al país, en la **tabla 5.1** se puede apreciar que la empresa “Valero” es la compañía con más participación privada, sin embargo, Pemex es la empresa que más turbosina importa a través de sus empresas subsidiarias P.M.I y Pemex Transformación Industrial.

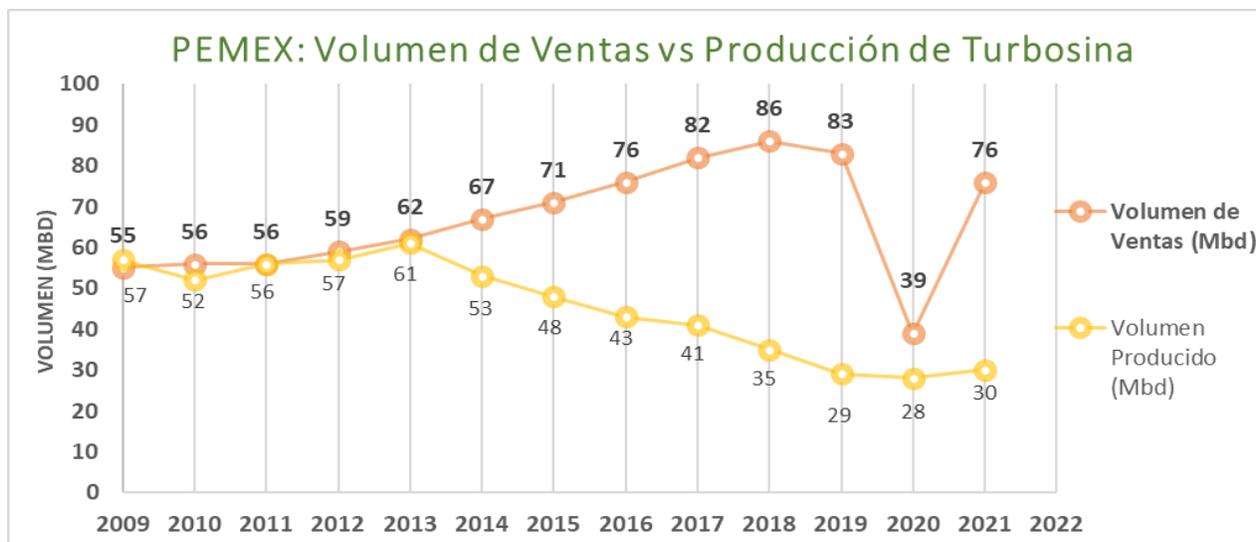
PERMISIONARIO	TIPO DE PERMISO	RÉGIMEN	NÚMERO DE PERMISO	VIGENTE HASTA	DESCRIPCIÓN FRACCIÓN AUTORIZADA	CANTIDAD AUTORIZADA
COMERCIALIZADORA DE COMBUSTIBLES Y DERIVADOS FUENTES. SA DE CV	Importación	Definitivos	1701C121000013	18/02/2022	Turbosina (keroseno).	22,896,000 litros
VALERO MARKETING AND SUPPLY DE MEXICO SA DE CV	Importación	Definitivos	1701C118001343	15/11/2038	Turbosina (keroseno).	62,788,822,795 litros
P.M.I. TRADING MEXICO SA DE CV	Importación	Definitivos	1701C120000070	23/04/2040	Turbosina (keroseno).	103,488,806,747 litros
PEMEX TRANSFORMACION INDUSTRIAL EPS	Importación	Definitivos	1701C120000087	20/10/2040	Turbosina (keroseno).	51,163,442,992 litros

Tabla 5.1 Permisos vigentes para importar turbosina a México. (SENER, 2021). Elaboración Propia.

- **Indicadores estadísticos de Pemex.**

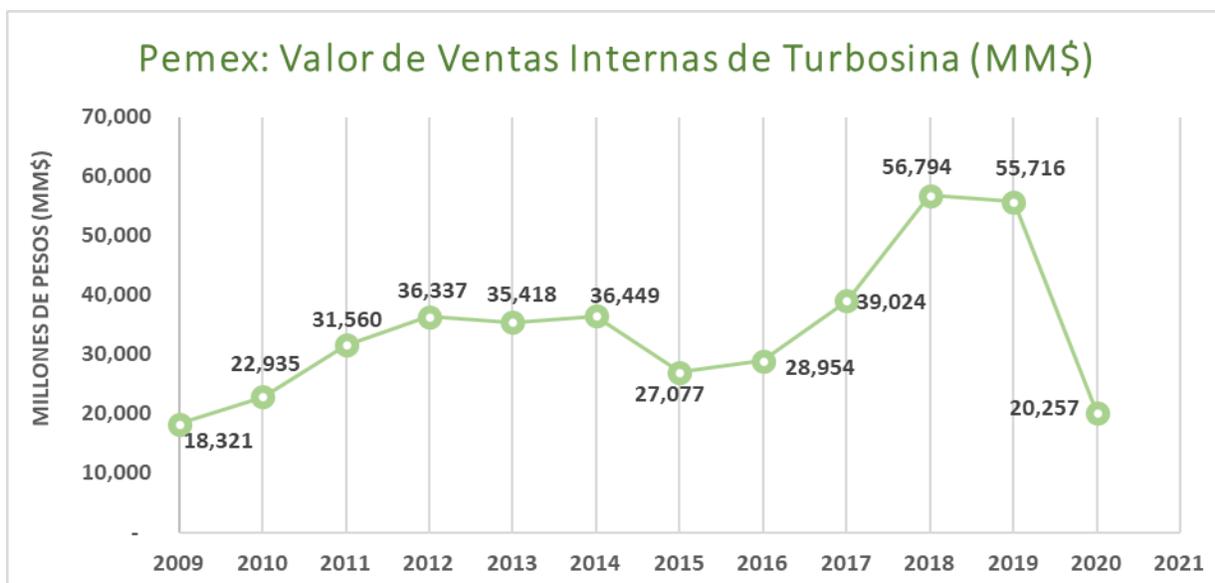
Debido a que Pemex es la empresa con más importancia para el mercado de Turbosina en México, es necesario hacer un breve análisis sobre sus indicadores estadísticos. En la **gráfica 5.1** se muestra el comportamiento del volumen promedio en ventas y producción desde el 2009 hasta 2020 por parte de la empresa. Se observa que en el periodo de 2009-2013 la producción interna en Pemex se mantuvo acorde a la demanda de ventas internas, sin embargo a partir de 2014 la producción de turbosina ha ido disminuyendo respecto al tiempo, mientras que las ventas internas incrementaron de forma sustancial hasta el 2018, por lo anterior Pemex ha tenido que recurrir a importar de EUA gran parte del producto, aunque esta operación no es del todo negativa porque importar hace más eficiente la cadena de suministro para algunas regiones del norte y bajío.

De acuerdo al “Plan de Negocios PEMEX 2021-2025” en 2019, hubo una ligera afectación a las ventas de Pemex por la participación de empresas privadas. Desafortunadamente para abril de 2020, derivado del surgimiento del SARS-Covid-19, las ventas internas de turbosina cayeron a un nivel mínimo histórico, que lentamente han iniciado su recuperación. Al cierre de 2020, las ventas promediaron 39 Mbd, por otro lado, las condiciones presentadas durante la pandemia enfatizaron la necesidad de contar con una mayor flexibilidad en los procesos, lo que refuerza la tendencia de los últimos años sobre aumentar la capacidad de refinación para hacer frente a la demanda futura.



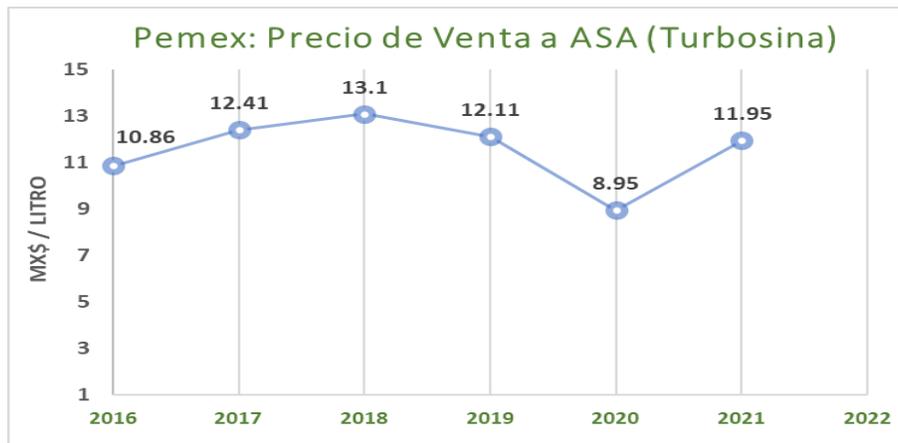
Gráfica 5.1 Volumen de Turbosina: Ventas vs producción de Pemex. (Plan de Negocios PEMEX, 2021). *Elaboración Propia.*⁴¹

“La cercanía geográfica con el mercado norteamericano, cuya oferta creciente ha facilitado el acceso a estos petrolíferos a precios atractivos, combinado con el deterioro de la capacidad nacional de refinación, ha provocado una alta dependencia de México al producto de importación para abastecer la demanda nacional. Desde una perspectiva geopolítica esta dependencia representa un potencial riesgo para la seguridad energética nacional, por lo que Pemex continúa desarrollando proyectos que le permitan incrementar su producción y reducir sus importaciones”.⁴¹



Gráfica 5.2 Pemex: Valor de ventas internas de Turbosina. (PEMEX, 2020). Elaboración Propia.

En la **gráfica 5.2** se observa que el valor (MM\$) en ventas internas de turbosina en los años 2017, 2018 y 2019, representó un valor significativo en ventas para PEMEX, posicionándose como el 3er petrolífero más comercializado por la empresa. Para el caso de 2020 el valor de ventas se vio muy afectado por un menor volumen de ventas, ya que el Covid-19 marcó un evento disruptivo en el mercado de petrolíferos, si se analiza la **gráfica 5.3** los precios de venta para ASA por parte de Pemex en 2020 también disminuyeron por razones de oferta/demanda en dicha pandemia, a pesar de ello, durante el año 2021 con nuevas medidas sanitarias implementadas, la demanda de turbosina ha ido incrementando hasta alcanzar niveles similares a los previos de la pandemia. En el Capítulo II, se muestra la “**Gráfica 2.9 Demanda de Turbosina en México 2020-2021**”, misma que respalda las tendencias que indican una recuperación en 2022 para este mercado.



Gráfica 5.3 Precios de turbosina. (PEMEX, 2021). Elaboración Propia.

Es relevante mencionar que estos precios no son semejantes a los de venta para usuarios finales (Aerolíneas), esto se debe a que ASA suma costos de operación logística adicional, pago de impuestos, etc. Desafortunadamente los precios finales no son de acceso abierto para el público en general, pero de acuerdo a datos de empresas privadas, el litro oscila entre los \$20 -28 pesos mexicanos dependiendo la zona geográfica del aeropuerto o aeródromo.

- **Indicadores en la demanda de Turbosina 2021- 2031.**

En general los petrolíferos han presentado una demanda creciente debido a una reapertura económica en todos los sectores, mismos que están relacionados directamente con la movilidad.

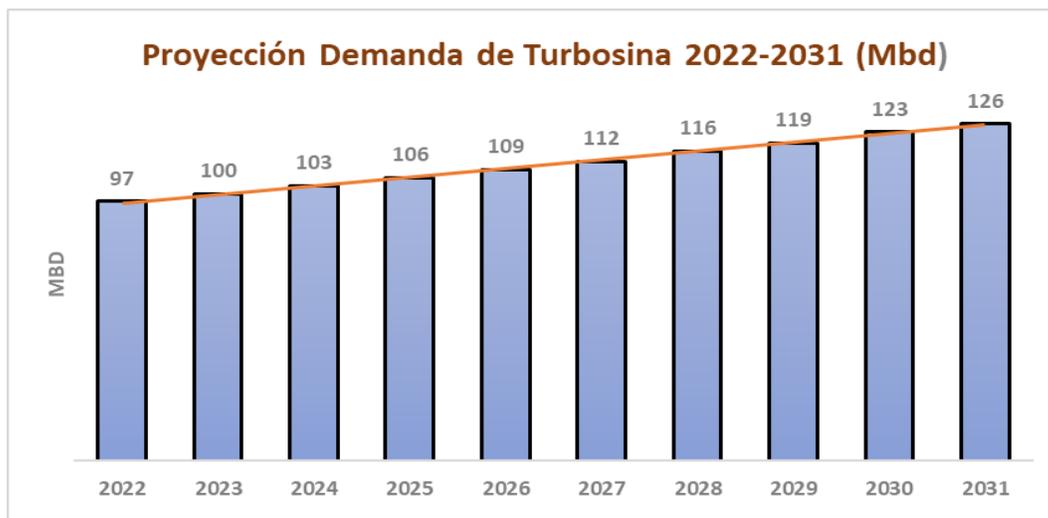
Prensa		
<p>De enero a octubre de 2021, crece 29.9% la atención de pasajeros en el Aeropuerto Internacional de Ciudad del Carmen</p> <p>11 de noviembre de 2021 Estatal</p> <p>Comunicado ASA No. 088/2021</p>	<p>Crece 30.3% la atención de pasajeros, de enero a octubre de 2021 en el Aeropuerto Internacional de Tepic</p> <p>11 de noviembre de 2021 Estatal</p> <p>Comunicado ASA No. 087/2021</p>	<p>Aeropuerto Internacional de Puebla registra, de enero a octubre de 2021 un incremento de 245.9% en el traslado de carga aérea</p> <p>11 de noviembre de 2021 Estatal</p> <p>Comunicado ASA No. 086/2021</p>
<p>Aeropuerto Internacional de Nuevo Laredo crece 91.3% en la atención de pasajeros de enero a octubre de 2021</p> <p>11 de noviembre de 2021 Estatal</p> <p>Comunicado ASA No. 085/2021</p>	<p>Crece 103.1% la atención de pasajeros de enero a octubre de 2021 en el Aeropuerto Internacional de Campeche</p> <p>11 de noviembre de 2021 Estatal</p> <p>Comunicado ASA No. 084/2021</p>	<p>106% de incremento en la atención de pasajeros en el Aeropuerto Internacional de Puerto Escondido enero-octubre 2021</p> <p>11 de noviembre de 2021 Estatal</p> <p>Comunicado ASA No. 083/2021</p>

Figura 5.4 Comunicado de Prensa por parte de ASA. (Prensa-ASA, 2021).

La **figura 5.4** muestra comunicados de prensa recientes por parte de ASA, donde se indica un crecimiento de actividades aéreas en 2021, principalmente por un flujo de pasajeros muy marcado

y por el crecimiento en traslado de carga aérea, pero, ¿cuál es comportamiento que se proyecta para la turbosina los próximos años?

Datos de SENER indican que respecto al consumo de turbosina, el fortalecimiento de la infraestructura en el sector aéreo, la incorporación de nueva flota, así como aumento en el número de pasajeros e incremento en el transporte de carga aérea en la zona centro-sur de México, son sucesos que permitirán un continuo incremento en la demanda de este combustible los próximos años, como consecuencia del dinamismo del sector turístico nacional, el crecimiento económico y el desarrollo de nueva infraestructura aeroportuaria, entre otros. En la **Gráfica 5.4** se muestra una proyección estimada del consumo de este petrolífero para el periodo 2022-2031.



**Gráfica 5.4 Proyección “Demanda de Turbosina en México 2022-2031”, (SENER, 2019).
Elaboración Propia.**

Los indicadores a su vez, muestra datos preocupantes para México debido a que la brecha existente entre producción nacional e importación es muy grande, ya que producimos un volumen de turbosina muy reducido comparado a lo que consumimos como país, por lo que nos vemos en la necesidad de comprarle a nuestro país vecino EUA alrededor del 65 %, esto deja en evidencia la vulnerabilidad energética a la que se enfrenta el país. Estos factores llevan a este trabajo de investigación a plantearse una serie de preguntas, ¿Qué garantías tiene México para satisfacer la demanda proyectada a 2031?, ¿Hasta cuándo seguiremos contando con EUA para vendernos turbosina?, ¿Qué alternativas tiene México para satisfacer la demanda si no cuenta con EUA? y ¿En qué proyectos está invirtiendo México para reducir su dependencia energética?

V.III. - ¿Bioturbosina, una fuente de energía alternativa?

La bioturbosina se ha identificado como una de las alternativas para el desarrollo sostenible del sector de la aviación, ya que uno de los mayores retos es lograr que el combustible para aviones generado a partir de biomasa, tenga una composición muy similar a la turbosina de origen fósil. De lo contrario, implicaría modificar los componentes de los motores o sustituir en su totalidad a la flota aérea, lo cual sería muy costoso.

“La bioturbosina es un combustible sostenible alternativo para la aviación que puede ser producido a partir de biomasa (materia orgánica de origen vegetal o animal, residuos y desechos orgánicos), susceptible de ser aprovechada energéticamente. La biomasa puede ser de primera, segunda o tercera generación; es decir, procedente de cultivos para alimentación humana; residuos agrícolas y forestales; o de algas y microalgas respectivamente. El término bioturbosina únicamente es utilizado en México”.⁴²

La densidad energética y propiedades físicas de la bioturbosina son muy similares a las características de la turbosina convencional, este factor es interesante debido a que tener similitud en estas propiedades es de gran importancia dadas las condiciones extremas de temperatura y presión a las que se somete el combustible durante el vuelo. Por otra parte, la principal diferencia de la bioturbosina con respecto a la turbosina convencional es la ausencia de componentes aromáticos y menor contenido energético. Esto provoca que su densidad esté por debajo del mínimo establecido en las especificaciones, con lo cual se podrían ocasionar problemas en el circuito de distribución del combustible. Tales desventajas desaparecen cuando el combustible es utilizado en mezcla con el combustible fósil. Por esta razón, la norma ASTM D7566 establece el uso de mezclas de turbosina fósil con hasta 50% de bioturbosina, de esta forma el uso de bioturbosina al tener un contenido casi nulo de azufre reduce de manera significativa las emisiones de gases de efecto invernadero, en comparación con la turbosina de origen fósil.

- **Bioturbosina desde el punto de vista internacional.**

Países europeos como Holanda, Noruega y Reino Unido están impulsando el uso de biocombustibles, sus políticas públicas exigen a ciertas rutas de vuelo, aterrizar en su territorio aeronaves que utilicen un porcentaje de bioturbosina (internacionalmente conocido como SAF), además apoyan con subsidios a las empresas de energía y a las partes interesadas en la aviación sustentable, al apoyar los avances en investigación, desarrollo y demostración que buscan superar las barreras para el uso generalizado de combustible de aviación sostenible (principalmente bajo en carbono). Un ejemplo de ello es la empresa Bp (British Petroleum) quienes sostienen que:

*“Hoy en día, no hay opciones viables para transportar personas y productos rápidamente a distancias muy largas, por lo que dependemos de los combustibles de aviación. Un vuelo de ida y vuelta entre Londres y San Francisco tiene una huella de carbono por viaje de casi 1 tonelada de CO₂. Se espera que la industria de la aviación se duplique a más de 8 mil millones de pasajeros para 2050, es esencial que actuemos para reducir las emisiones de carbono de la aviación y SAF (Sustainable Aviation Fuel) es una forma en que Air BP lo está haciendo”.*⁴³



Figura 5.5 Modificado de: ¿Cómo se produce el SAF?, (BP, 2021). Traducción propia.⁴³

*“El SAF se puede mezclar hasta en un 50 % con turbosina fósil. La mezcla se puede manejar de la misma manera que un combustible para aviones tradicional, por lo que no se requieren cambios en la infraestructura de abastecimiento o para una aeronave que desee utilizar SAF. En 2016, fuimos el primer operador en comenzar el suministro comercial de SAF a el aeropuerto de Oslo de Noruega”.*⁴³

Actualmente podría decirse que la bioturbosina tiene un futuro prometedor, pero muy lejano porque en el mejor de los escenarios, los países desarrollados podrían llegar a ocupar eventualmente el 50% de su matriz energética destinada a combustibles de aviación, sin embargo aún se encuentra en fase experimental, ya que no se ha implementado a escala masiva, por el momento tiene un futuro incierto al mediano plazo, principalmente porque uno de los retos a los que se enfrentan los países europeos consumidores de turbosina fósil es que su demanda ha ido incrementando a través del tiempo. En el Capítulo II de esta investigación, se muestra en la **“Gráfica 2.4 Demanda de Principales consumidores de Jet A en Europa, (EIA, 2020)”** las tendencias de dichos países indican que requieren de un gran volumen de consumo, expresado en miles de barriles por día y la bioturbosina no puede ofrecer seguridad continua de suministro. En el caso de Estados Unidos también se están tomando medidas para que eventualmente sea producida en masa, en la actualidad ya cuentan con biorrefinerías para obtener bioturbosina a partir de biomasa, aceites de cocina y desechos vegetales.

*“Estados Unidos tiene la intención de acelerar la investigación, el desarrollo, la demostración y el despliegue necesario para un ambicioso compromiso de todo el gobierno para aumentar la producción de SAF a 35 mil millones de galones por año para 2050. Al mediano plazo se establece la meta de 3 mil millones de galones por año para el 2030”.*⁴⁴

Las cifras citadas son exageradamente optimistas, considerando que la **“Gráfica 2.1 Demanda de Jet fuel en EUA 2009-2019”** muestra que EUA cada día demanda más turbosina fósil, si se considera que para 2050 estas cifras se duplicarán, resulta un tanto ilusorio que eventualmente EUA pueda producir semejante volumen de consumo diario en bioturbosina, pero no se descalifica que sería de gran beneficio alcanzar la meta de cubrir el 50% de su consumo con biocombustible, de esta forma se reducirían drásticamente las emisiones de CO₂.

- **Panorama de la Bioturbosina en México.**

En el caso de México ya se están iniciando proyectos de investigación e inversión para buscar una fuente de energía que complemente la matriz energética nacional para combustibles de aviación, por ello en 2018 surgió “El clúster bioturbosina” este es un proyecto de investigación de 4 años, cuyo objetivo es contribuir al desarrollo de la industria de los biocombustibles de aviación en el país. El clúster bioturbosina forma parte del CEMIE-Bio (Centro Mexicano de Innovación en Bioenergía). El CEMIE-Bio es apoyado por la Secretaría de Energía y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a través del Fondo de Sustentabilidad Energética. Se trata de la iniciativa de mayor inversión del gobierno mexicano en cuanto a investigación para desarrollar biocombustibles en México, con un financiamiento de 380 millones de pesos.

“Uno de los objetivos cruciales para el Clúster de Bioturbosina es el desarrollo de procesos sustentables a largo plazo y escalables a nivel comercial para la producción de combustible alternativo para la aviación; para el cual, ya existen procesos certificados para su uso en la aviación comercial:

- *Fischer-Tropsch (FT)*
- *Alcohol To Jet (ATJ)*
- *Direct Sugar to Hydrocarbons(DSCH)*”.⁴²

Actualmente, el Clúster aborda una serie de posibles materias primas como: aceites provenientes de las semillas, aceites vegetales usados, grasas y aceites animales. También se estudian los residuos de hojas y tallos, de los que pueden obtenerse alcoholes provenientes de la fermentación de azúcares, señaló el Clúster.

En México por las condiciones climáticas contamos con una atractiva oferta de cultivos oleaginosos, uno de ellos es la *Jatropha*, también conocida como piñón o tempate, siendo esta la opción más prometedora para crear bioturbosina de manera continua en un futuro.

*“La *Jatropha curcas* es un cultivo energético no alimenticio que puede crecer en suelo improductivo y bajo condiciones climáticas desfavorables. Además de tener rendimiento alto de aceite, la planta es resistente a sequías y plagas. Aunque su producción depende de la ubicación, variedad y prácticas de manejo, se señala que requiere irrigación para un mejor crecimiento”.*⁴⁵



Figura 5.6 Aceite crudo de semilla de *Jatropha curcas*, (SENER, 2017).⁴⁵

De acuerdo con estudios de la SENER existen varios cultivos potenciales para la producción de bioenergéticos, los considerados elegibles por la SAGARPA, entre otros, son la *Jatropha curcas*, la higuierilla, la palma de aceite, la caña de azúcar, el sorgo dulce, y la remolacha principalmente. En la **Figura 5.7**, se muestran las áreas que ha identificado esta institución para la producción de los cultivos mencionados.



Figura 5.7 Áreas para la producción de biomasa destinada a bioenergéticos, (SENER, 2017).⁴⁵

Se puede concluir que la mayoría de las investigaciones respecto a la producción de bioturbosina se han encaminado a considerar como materia prima a los cultivos vegetales, estas actividades deben cumplir con criterios específicos, de modo que la producción del biocombustible no genere impactos negativos, ni ambientales ni socioeconómicos, algunos de estos criterios incluyen que la materia prima utilizada en la producción de la bioturbosina no debe competir con la alimentación, no debe ser motivo de incrementar la demanda de agua potable o causar deforestación.

La bioturbosina en México aún se encuentra en fase experimental, pero los resultados han sido alentadores, al igual que en el resto del mundo, los vuelos de prueba han funcionado. Estos acontecimientos abren una brecha de oportunidad para que en un futuro eventualmente la bioturbosina se vaya incorporando a la matriz energética de turbosina fósil.

*“El primer vuelo de demostración que ASA realizó en México consistió en el suministro de 2,340 litros de bioturbosina. La composición del bioenergético utilizado fue 73% turbosina fósil y 27% bio-KPS proveniente de *Jatropha curcas*”.*⁴⁶



1. ASA ha generado biocombustible a partir de *Jatropha curcas L.* y de aceites usados de cocina.

2. En el estado de Guadalajara se extrajo aceites de semillas.

3. En este mismo estado todo el aceite vegetal se prerinó.

4. Estos aceites se enviaron a Estados Unidos para ser procesados bajo la supervisión de UOP-Honeywell.

5. Ya procesado el bio-KPS se trasladó a la Estación de Combustibles México de ASA.

Figura 5.8 Logística de suministro de bioturbosina utilizada por ASA, (IMP,2016).⁴⁶

Lugar de partida	Lugar de llegada	Fuente de insumo	Porcentaje de mezcla	Aerolínea
México, D.F.	Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	Jatropha	27 %	Interjet
México, D.F.	Madrid, España	Jatropha	25 %	Aeromexico
Madrid, España	Barcelona, España	Camelina	25 %	Iberia
México, D.F.	San José, Costa Rica	Camelina	25 %	Aeromexico
México, D.F.	Sao Paulo, Brasil	Aceite de cocina, Jatropha y Camelina	50 %	Aeromexico

Figura 5.9 Primeros vuelos de prueba utilizando un porcentaje de bioturbosina ASA, (IMP,2016).⁴⁶

La fase de pruebas de bioturbosina ha llevado a ASA a adquirir una capacidad de almacenamiento en su terminal del valle de México, además de cuenta con los permisos necesarios.

Permiso (Bioturbosina)	Estación de ASA	Unidad	Capacidad Nominal	Capacidad Nominal (Barriles)
PL/9791/ALM/AE/2015	Ciudad de México	Litros	100,000	629

Tabla 5.2 Capacidad de almacenamiento en Bioturbosina-ASA. (Boletín ASA, 2021). Elaboración Propia.

Es necesario mencionar que el suministro de bioturbosina a esta terminal no se da de manera continua y está sujeta a las lentas condiciones de disponibilidad, sin embargo, de acuerdo al clúster, para llevar a cabo una producción masiva de bioturbosina es necesario asegurarse de sentar las bases de una industria de biocombustibles sustentable a largo plazo, es indispensable llevar a cabo actividades de investigación económica aplicada para desarrollar un modelo de negocio que tome en cuenta la logística y las políticas del mercado de biocombustibles; además de medir los efectos económicos, sociales y ambientales de la producción de bioturbosina. Hasta este momento, en nuestro país no se ha podido desarrollar la producción en línea de bioturbosina, mientras que, la recolección de aceites residuales y grasas animales es insuficiente; aunque las fuentes bibliográficas no especifican los costos de producción por litro de bioturbosina, si

especifican que aún no ha cruzado el umbral de la factibilidad económica vs turbosina fósil, por lo que su producción a largo plazo dependerá de subsidios del gobierno federal en turno y desarrollar tecnologías que faciliten su producción.

*“Se visualiza que es factible contar en el 2030 con una industria nacional de producción comercial de bioturbosina con una capacidad instalada de 750 millones de litros anuales, dicha capacidad de bioturbosina equivale aproximadamente al 10% de la demanda proyectada de turbosina en el país para el 2030 (SENER). Se considera que esta capacidad puede lograrse de la siguiente forma: Mediante el diseño, construcción y operación de 2 plantas de bioturbosina, con esta acción se desarrollarán capacidades tecnológicas nacionales de escalamiento, diseño, construcción y operación de plantas piloto y de demostración en la comunidad académica”.*⁴⁵

De acuerdo a la ruta tecnológica, en un escenario menos optimista México abarcará con bioturbosina el 7.5% de la demanda estimada para turbosina fósil en 2030 (515 millones de litros), pero sería necesario fortalecer los programas agrícolas enfocados a la producción de cultivos energéticos, fomentar programas para producir *Jatropha curcas*, palma de aceite e higuera, sin embargo, expertos consideran que llegar a estas cifras dadas las condiciones políticas en nuestro país es muy complicado cumplir en pocos años con esta premisa.

En un escenario más realista, es evidente que tanto en México como en el resto del mundo para 2030, la demanda de turbosina fósil seguirá incrementando respecto al tiempo, consecuentemente este factor contribuye a que se incrementen las emisiones de CO₂, por lo que se hace evidente la necesidad de crear aviones más eficientes, que demanden menos combustible, presionar a la industria energética a reducir los niveles en contenido de azufre presentes en la turbosina fósil, complementando a la misma con porcentajes de bioturbosina en un futuro.

V.IV. - Principales proyectos de infraestructura para petrolíferos en México.

El crecimiento sostenido en la infraestructura logística nacional contribuye al libre tránsito de productos petrolíferos nacionales y extranjeros, así como el acceso de un mayor número de participantes a este mercado. Estas condiciones han propiciado la creación de centros logísticos que puedan recibir eficientemente grandes cantidades de combustible, así mismo, se necesitan inversiones que estén enfocadas en áreas y regiones del país que históricamente no han sido desarrolladas de forma sustancial, viéndose beneficiado directamente el mercado de turbosina.

- **Logística de Petrolíferos en la región Centro-Sur de México**

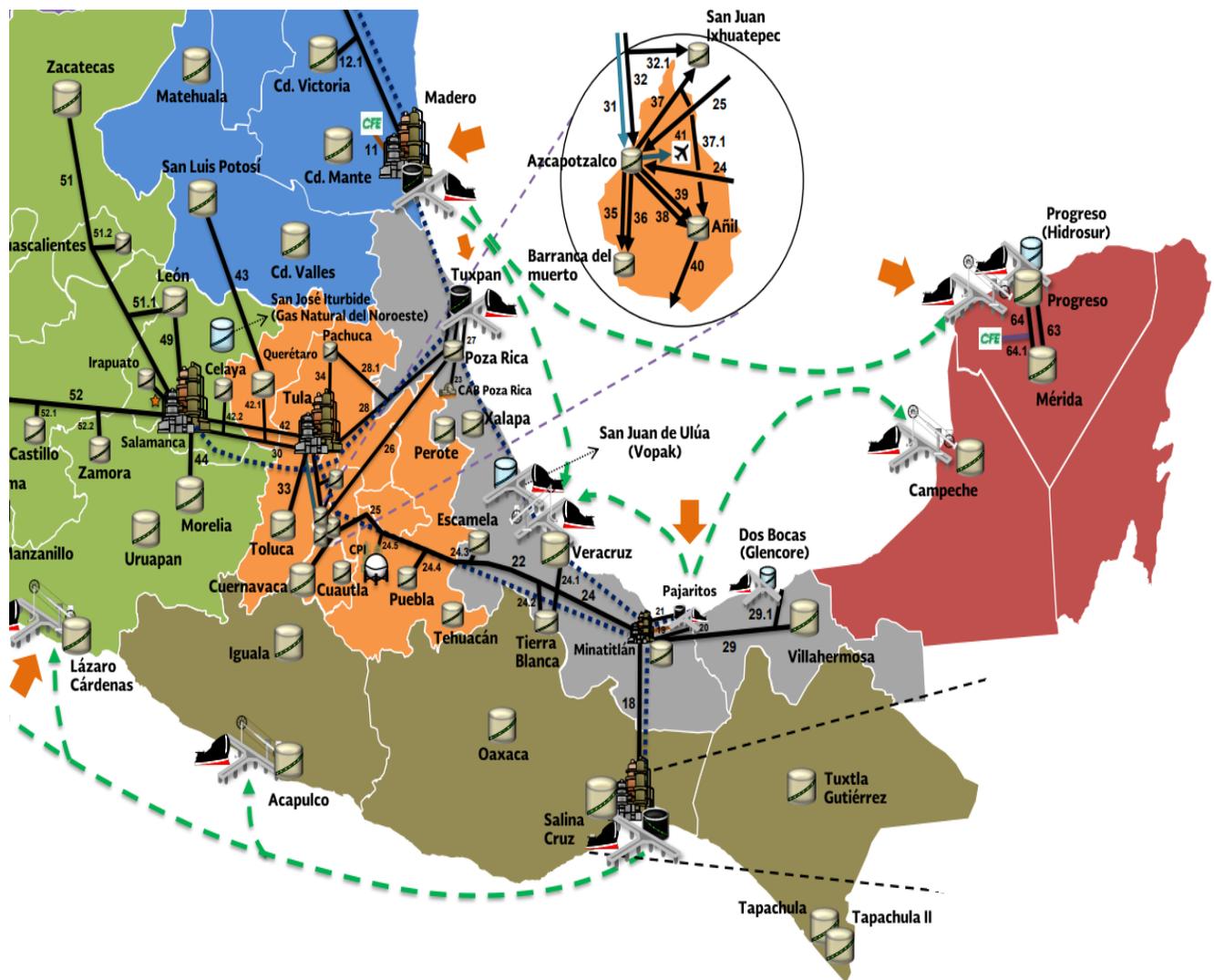


Figura 5.10 Infraestructura de Petrolíferos en el Centro-Sur de México. (MAPA SENER, 2018).³⁰

Desde un punto de vista geopolítico para el sector energético en México, el mercado de turbosina representa una oportunidad para el desarrollo, actividades productivas y creación de plataformas logísticas para la comercialización de combustibles, mejorando así una mayor calidad de vida para los habitantes de la región sureste. Estos proyectos favorecerán en un corto periodo de tiempo, efectos virtuosos para el abasto, la logística, la inversión y el empleo en México.

- **Nuevo Aeropuerto Felipe Ángeles.**

A principios de la actual administración (2018-2024), el Gobierno Federal encomendó la construcción de un nuevo Aeropuerto Internacional a la Secretaría de la Defensa Nacional, a través de un agrupamiento conformado por Ingenieros Militares de todas las especialidades.



Figura 5.11 Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles. (AIFA , 2021)

“Ubicado en La Base Aérea Militar No. 1 Santa Lucía, Edo. Méx. Se prevé construir este aeropuerto en dos fases. La primera se estima que esté en atenderá una demanda de 20 millones de pasajeros anuales, así como 350 mil toneladas/año de carga, con la ampliación pistas, calles de rodaje, plataformas, torre de control, terminal de pasajeros e instalaciones para servicios complementarios y comerciales. La segunda y última fase, con la cual se alcanzará una capacidad

de 80 millones de pasajeros anuales, se contempla la ampliación de la terminal de pasajeros, plataformas, ampliación de la zona de carga para lograr el movimiento de 700 mil toneladas/año e instalaciones de servicios complementarios y comerciales”.⁴⁷



Figura 5.12 AIFA. (Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, 2021).

En colaboración con diversas empresas, dependencias y organismos nacionales e internacionales se pretende dar cumplimiento a la normativa internacional de la Organización de Aviación Civil (OACI), de la cual nuestro país es un estado miembro, para la autorización y certificación del aeropuerto por parte de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

La nueva terminal de combustibles será la base de abastecimiento logístico de turbosina en el AIFA, la primera fase de desarrollo se trata de 3 tanques de capacidad de 7 millones de litros cada 1, para dar una total de 21 Millones de litros, con una proyección de crecimiento para los siguientes años de hasta 80 millones de litros, la red de distribución de turbosina tendrá la capacidad de poder crecer a las demás fases sin dejar de operar.

Será un suministro de combustible muy seguro con los mejores estándares de calidad a nivel internacional, en esta primera fase los tanques verticales serán abastecidos por Auto-tanques, de igual forma se trabaja en una conexión para un Carro-tanque para hacer un abastecimiento más eficiente, el área contará con un laboratorio para poder llevar a cabo las pruebas de calidad.



Figura 5.13 Terminal de combustibles del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles. (AIFA Combustibles, 2021).

- **Refinería de Deer Park. (Houston, Texas).**

El Gobierno Federal, a través de Pemex, el 21 de enero de 2022 ha completado la compra de la Refinería Deer Park, en Houston (Texas), por 600 millones de dólares. Pemex tenía desde 1993 el 49.9% de dicha planta, por lo que se han entablado negociaciones con Shell por parte de Pemex para poder adquirir el otro 50.1%, esta acción es impulsada por el Gobierno Federal, quien tiene el objetivo de reducir la dependencia energética de México para 2024.

*“Esta refinería de Houston tiene capacidad para producir 340.000 barriles diarios, aunque hasta ahora estaba distribuyendo 110.000 por día de gasolina, 90.000 de diésel y 25.000 de turbosina. Se ha comparado la capacidad de Deer Park con la refinería de Dos Bocas, una de las grandes obras del mandato del Gobierno Federal. La idea es unir estas dos nuevas plantas al Sistema Nacional de Refinación”.*⁴⁸

Por si sola, la compra de esta refinería no significa que vaya a existir de manera inmediata una autosuficiencia nacional o mejores precios de petrolíferos para el consumidor. Eso dependerá de que Pemex logre terminar la refinería de Dos Bocas, modernizar las existentes y en función de las condiciones de mercado existentes.



Figura 5.14 Refinería Deer Park, Houston Texas. (Google MAPS, 2021).

- **Refinería Olmeca (Dos Bocas).**

El propósito de este proyecto es desarrollar nueva capacidad de refinación y logística para diversificar el suministro de combustibles en México y con ello fortalecer la posición de estratégica de Pemex, logrando en el mediano plazo un incremento en la producción de petrolíferos para ofrecer energéticos a los consumidores.

“Con el objetivo de incrementar la elaboración de productos refinados de mayor valor agregado en el país, cuidar la balanza comercial e impulsar el desarrollo económico y social del sureste mexicano, el Gobierno de México impulsa la construcción de la Nueva Refinería en Dos Bocas, Tabasco. Se anuncia la construcción de la Nueva Refinería en Dos Bocas, lo que será la 7ª refinería de Pemex, cuyo objetivo es contribuir a la autosuficiencia energética, maximizar el beneficio económico y social y detonar el desarrollo en el Sureste”.⁴⁹

La Construcción de la Refinería Olmeca, está basada en la nueva política de negocios de Pemex, esta construcción tendrá un costo estimado en 150 mil millones de pesos y se plantea que en su máxima capacidad operativa esta tendrá:

“La Nueva Refinería procesará 340 mil barriles de crudo Maya de 22° API, 170 mil de gasolina y 120 mil barriles de diésel diario, así como turbosina. Para surtir vía marítima a los puertos de Tuxpan, Veracruz, Pajaritos y Progreso. A través de 35 kilómetros de ductos se conectará a la Red Nacional de Poliductos para distribuir en entronque con Minatitlán, a la Ciudad de México y Salina Cruz donde despachará vía marítima a los puertos de Acapulco, Lázaro Cárdenas, Manzanillo, Topolobampo y Rosarito”.⁵⁰

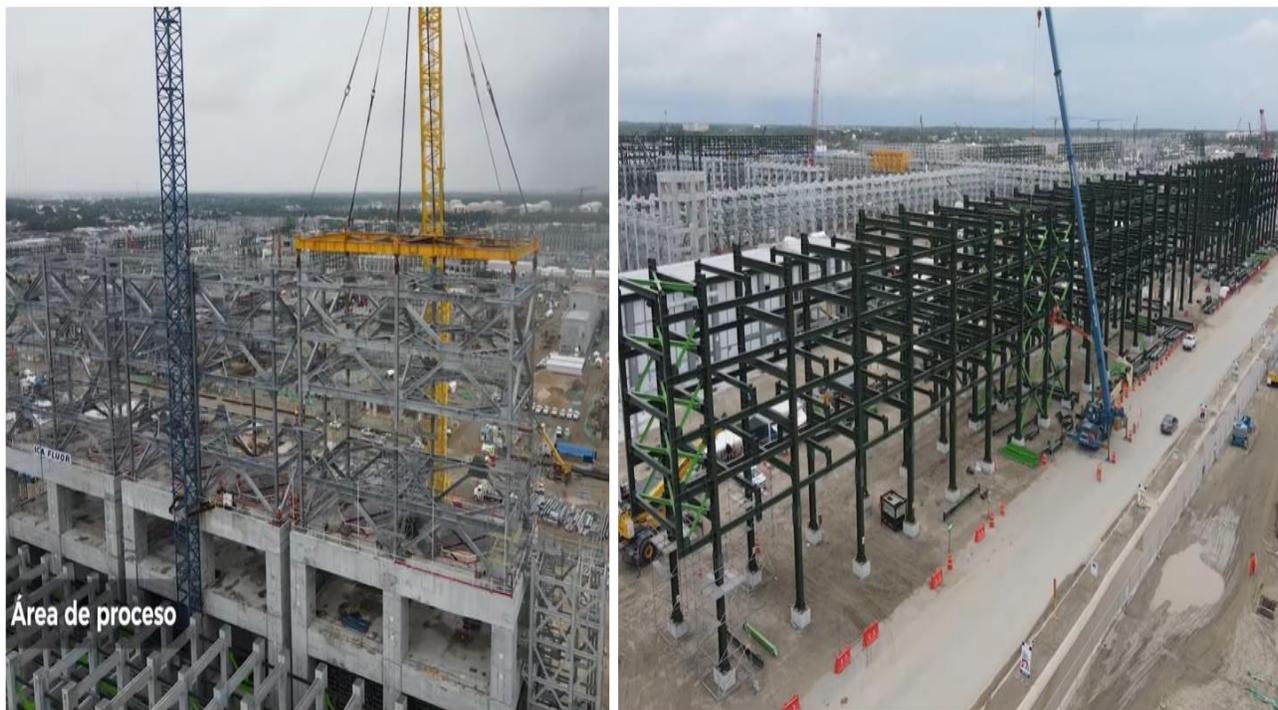


Figura 5.15 Refinería de Dos Bocas en construcción. (SENER, 2021).

Dos Bocas se trata de un suceso histórico para México, tuvieron que pasar 40 años para que PEMEX retomara su “Plan de Construcción Integral en Transformación Industrial”. Estas acciones buscan fortalecer la red del sistema nacional de refinación para lograr en el mediano plazo producir energéticos que son requeridos en nuestro país, así como incrementar la flexibilidad para el transporte y almacenamiento de petrolíferos, para estas últimas actividades también se están llevando a cabo trabajos en las vías férreas aledañas para transportar combustible por medio de Carro-tanques a diversas zonas.



Figura 5.16 Construcción del Área de Almacenamiento en Refinería Olmeca. (SENER, 2021).

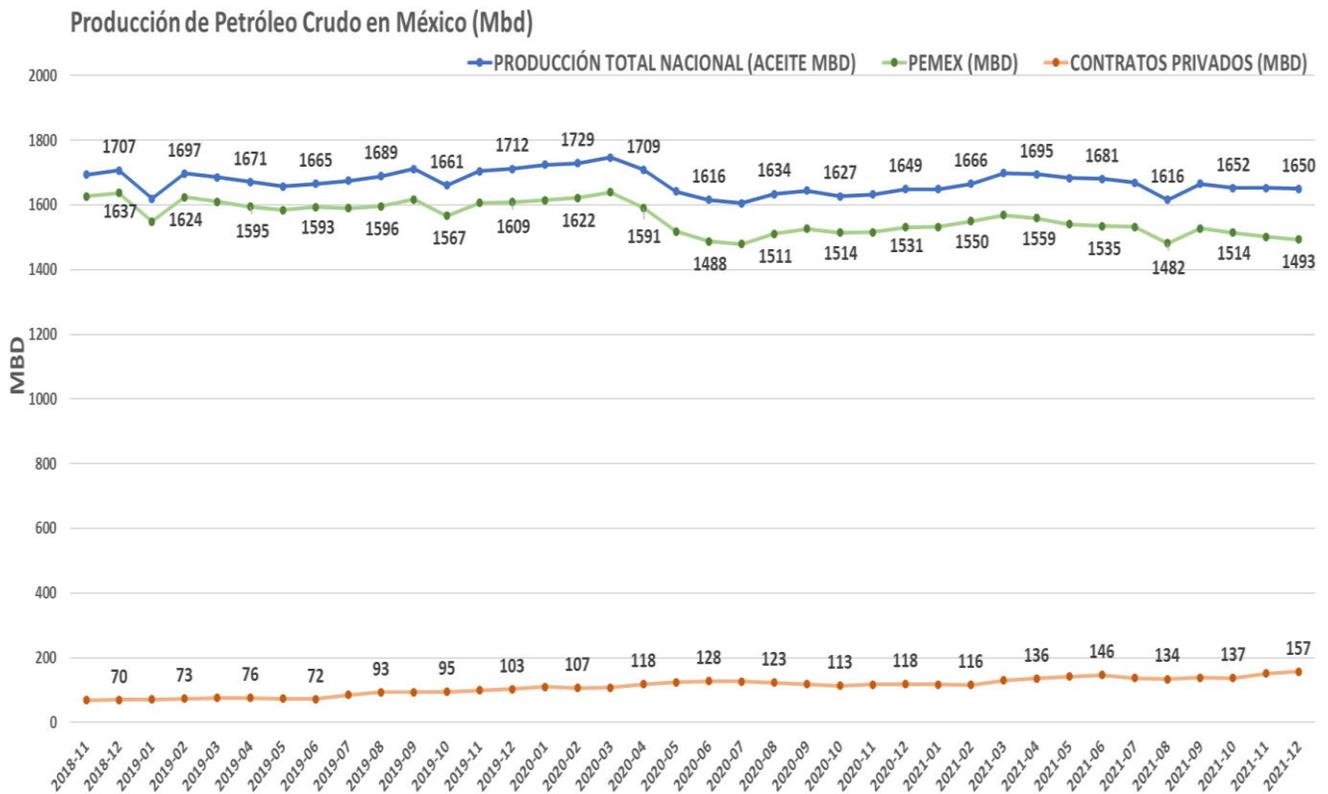
De acuerdo al “PLAN Pemex 2021-2024” Las estrategias de expansión y desarrollo de proyectos de nueva infraestructura logística se han caracterizado por la participación de importadores, comercializadores, entre otros, cuya finalidad ha sido organizarse para ofrecer la capacidad y flexibilidad necesaria para aumentar su participación en el mercado de petrolíferos.

- Este proyecto representa un cambio en el rumbo de la Política Energética.
- Se adquiere un mayor grado de industrialización e innovación tecnológica.
- México pretende abandonar la postura de un país subdesarrollado que solo participa en la exportación de materias primas.

“La construcción de la refinería Olmeca ubicada en Dos Bocas, Tabasco, ya tiene avance físico de 69.2% y un avance financiero de 65.6%, señaló Rocío Nahle, secretaria de Energía, durante su comparecencia en el Senado de la República. Entre los avances de esta obra prioritaria para el Gobierno Federal se encuentran la compra de módulos de plantas, equipos críticos, equipos dinámicos, placas de acero, preparación del sitio, cimentaciones, parte de la integración, pago a especialistas, y todos los permisos concluidos, entre otros aspectos”.⁵¹

- **Expectativas en México para producción de petróleo crudo.**

Para hacer un correcto diagnóstico de lo que implica la oferta futura de turbosina en nuestro país, esta va a depender de lo que se pueda lograr en la exploración y extracción por parte de Pemex y los contratistas privados, debido a que la producción de petróleo crudo será la que aporte la materia prima vital para el funcionamiento del sistema nacional de refinación en México.



Gráfica 5.5 Producción de petróleo crudo en México 2018-2021, (CNH,2022). Elaboración Propia.

Analizando los indicadores de CNH en producción de aceite, se puede observar que México ha conservado una producción de 1.6 – 1.7 millones de barriles diarios por parte de Pemex y privados, la entrada de particulares ha sido un beneficio derivado de la reforma energética ya que pasó de producir 70 mbd a fines de 2018 a 157 mbd para fines del 2021, sumado a esto la exploración de Pemex y contratistas privados han descubierto nuevos yacimientos que garantizan por lo menos mantener la producción estable para los próximos años.



- **Proyecto tren del Istmo de Tehuantepec y Tren Maya.**

El tren del istmo de Tehuantepec y Maya representan una oportunidad para un transporte más eficiente de petrolíferos y mercancías, por lo que se verá beneficiado el mercado de turbosina. La nueva infraestructura refuerza la seguridad energética del país, principalmente por que el Carro-tanque fortalecerá a los puertos ubicados, tanto en el Océano Pacífico como en el Golfo de México. El crecimiento acelerado de la península de Yucatán demandará más turbosina en el área, por lo que el Carro-tanque será una de las mejores alternativas para diversificar las fuentes de energía en la zona geográfica.



Figura 5.17 Sistema ferroviario en Centro-Sur de México. (ARTF, 2021).

El programa para el desarrollo del istmo de Tehuantepec tiene columna vertebral una estrategia para crear un corredor multimodal interoceánico que busca hacer más eficiente el enlace entre los puertos Coatzacoalcos, Veracruz y Salina Cruz, Oaxaca. A través de la modernización de la infraestructura ferrocarrilera, portuaria, aeroportuaria y carretera, el cruce del istmo será rápido y competitivo, de esta manera se puede aprovechar el potencial geoestratégico de la región para mover petrolíferos, entre ellos la turbosina.

- **Antecedentes generales de la región geográfica.**

A inicios del siglo pasado el presidente Porfirio Díaz encomendó la creación del ferrocarril del istmo de Tehuantepec, mismo que cruza los estados de Veracruz y Oaxaca formando un corredor interoceánico. Inicialmente el ferrocarril del Istmo tuvo un gran éxito económico, pero la apertura del canal de Panamá en 1914 cortó de tajo las oportunidades que se habían abierto para el desarrollo de la región. Otra de las causas fue la insuficiencia de inversión pública y privada en esta región, como resultado actualmente es una de las regiones con mayor rezago económico y marginación social de nuestro país. La falta de programas de inversión pública ha originado estancamiento económico, bajo desarrollo y diversificación de la estructura productiva en general. Solamente a través de un programa de desarrollo regional de gran alcance que involucre fuertes inversiones públicas y privadas, se podrá generar el gran impulso que esta región requiere. Sin embargo, ¿En qué consisten las acciones detonadoras del programa de desarrollo?



Figura 5.18 Proyecto del Istmo de Tehuantepec. (Corredor Interoceánico, 2021).⁴⁵

“La modernización del ferrocarril del istmo de Tehuantepec, rehabilitar el transporte ferroviario para que aumente la velocidad de desplazamiento y se reduzca el costo de transporte. Actualmente se está implementando un modernización y fortalecimiento de los puertos comerciales para mejorar su infraestructura para que puedan ofrecer servicios eficientes de carga, transporte almacenaje, embalaje y servicios logísticos de diversos sectores. Fortalecimiento de la red aeroportuaria necesaria para hacer eficiente la movilización de la población y para el traslado

de las mercancías que se producirán en la región. La modernización y complementación de la red de carreteras primarias y secundarias, estas acciones iniciales permitirán ofrecer a los inversionistas una mejor infraestructura de transporte al interior y al exterior de las zonas libres decretadas en Coatzacoalcos y Salina Cruz hacia los puertos de embarque, traslado y acceso a los mercados nacionales e internacionales.”.⁵²

El programa consiste en posicionar a México como parte de la red internacional de sistemas de transporte y participar en la movilización de combustibles, distribuyendo mercancías a escala transcontinental, de esta forma el país se incorporará a una nueva geografía de los flujos económicos y cadenas de suministro. México cuenta con una posición geográfica inigualable a nivel mundial, su ubicación permite el acceso estratégico a muchas de las rutas comerciales, de esta forma en caso de no contar siempre con la venta de petrolíferos por parte de EUA, México puede conectar con otros mercados importantes de la economía global, consciente de la oportunidad que esto representa, el Gobierno de México ha propuesto en marcha el programa para el desarrollo del istmo de Tehuantepec.



Figura 5.19 Visión del Istmo de Tehuantepec. (Corredor Interoceánico, 2021).⁴⁵

Conclusiones

Regulación.

Retos:

- México debe implementar las políticas existentes en materia energética para conseguir una mayor eficiencia en la industria enfocada a los petrolíferos.
- Seguir los requerimientos estipulados en la seguridad y normatividad vigente, para aplicarlos a todos los centros de trabajo donde se maneje turbosina.
- Mejorar las especificaciones de calidad en la NOM 016-CRE, debido a que la tolerancia de azufre permitido en la comercialización de turbosina es muy alta.

Oportunidades:

- A partir de la reforma energética actualmente se están generando nuevas alternativas en el “Sector Energético Mexicano”, para satisfacer la futura demanda de turbosina, aprovechando las oportunidades que se crearon con la “Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos”, donde la regulación debe ir de la mano en la creación de nuevos negocios de almacenamiento, transporte y distribución de turbosina.
- En México ya existen “Políticas de Control y Medición de Turbosina”, implementarlas aumenta la eficiencia para elaborar balances e inventarios en las diversas zonas del país.
- Los órganos de gobierno tienen la función de establecer y ejecutar políticas regulatorias que protejan los intereses del país, que impulsen el desarrollo socio económico y otorguen los permisos necesarios a las compañías prestadoras de servicios para este combustible.
- Pemex y el sector privado en pocos años han creado una competencia en el sector, en conjunto tienen el objetivo de crear condiciones de seguridad energética para la turbosina, un punto anhelado por parte de la administración federal.

Mercado

Retos:

- Debido a un crecimiento moderado, pero a la vez constante, el consumo de turbosina representa condiciones de vulnerabilidad tratándose del mercado interno del país. Satisfacer las necesidades de mercado actuales, requiere que el país importe un gran porcentaje de petrolíferos, esto ha generado que en algunas regiones de México la situación de un suministro continuo de turbosina se agudice, porque implica transportar el volumen necesario a ciertas zonas geográficas.

- A nivel internacional uno de los principales retos a los que se enfrentan los países es implementar políticas de almacenamiento con la finalidad de tener disponibles un mínimo de inventarios comerciales y estratégicos.
- Los posibles escenarios o proyecciones para el mercado de turbosina indican que a largo plazo el transporte de personas y mercancías vía aérea aumentará, con ello la demanda de turbosina crecerá en los próximos años, esto requiere analizar todos los retos implicados en la expansión de este mercado.
- Una política que debilitó la capacidad de refinación, se ve reflejada en que las refinerías para 2018 estaban funcionando al 32% de su capacidad. El resultado es que en 2012 importábamos 1,000 Bld de Turbosina, y para 2019, pasaron a ser 58,000 Bld, sin embargo, a pesar de la construcción de la refinería de Dos bocas y la adquisición de Deer Park, estas apenas serán suficiente para las necesidades de un país con 130 millones de personas con una extensión territorial de casi 2,000,000 de km².

Oportunidades:

- Invertir en la infraestructura de combustible para aviones seguirá siendo esencial para un comercio seguro, confiable y rentable.
- El T-MEC abrió nuevas áreas de oportunidad en América del Norte, un punto importante será la comercialización de combustibles y el intercambio comercial en materia energética, esto en beneficio de los consumidores, al incluir una relación al comercio, donde la competitividad y la administración aduanera serán facilitadas.
- Se respalda la hipótesis de que las refinerías Deer park y Dos Bocas son estratégicas, porque podría aumentar nuestra capacidad de refinación a 790,000 Bd de los cuales alrededor de 55 Mbd son para la turbosina, simplemente para asegurar que las futuras actividades aéreas del país puedan dar continuidad.
- Por medio de la adquisición de “tickets” ASA podrá venderles derechos sobre sus inventarios a las empresas privadas que quieran entrar al mercado de turbosina, cobrando tarifas por el espacio disponible que tengan y con ello fortalecer las operaciones aéreas.
- Desde un punto de vista geopolítico en México, el mercado de petrolíferos representa una oportunidad para la comercialización de turbosina.

Infraestructura

Retos:

- El país tiene un gran reto grande por delante, debe incrementar la cantidad de proyectos de infraestructura que involucren la elaboración, el transporte y distribución de turbosina a sectores estratégicos, clave para aumentar la comercialización.

- Se requiere reducir las pérdidas de producto y los daños a la infraestructura derivadas del mercado ilícito. En coordinación con el gobierno federal se debe reforzar la vigilancia, monitoreo y control de instalaciones para el transporte de turbosina, ya que esta infraestructura estratégica resulta ser importante para la seguridad energética de México.
- Mientras la mayoría de las redes ferroviarias convencionales de hoy para transportar turbosina por carro-tanque se encuentran en Norteamérica, Europa, China, Rusia, y Japón. En México se han mostrado pocos cambios en las últimas décadas, el futuro del ferrocarril dependerá de la respuesta a la creciente demanda de medios de transporte para mover hidrocarburos y petrolíferos. El aumento de la población, generará una fuerte demanda de combustibles para el parque vehicular, por ello es relevante que el transporte de petrolíferos cada vez sea más eficiente, rápido y limpio.

Oportunidades:

- México tiene la oportunidad de aprovechar la infraestructura ferroviaria existente para el transporte de petrolíferos por carro-tanque, actualmente las tendencias indican, que comenzará una nueva etapa para México, donde los trenes se convertirán en una forma de intercomunicación entre los estados de la república. El sector ferroviario tiene oportunidades para competir, pero esto requerirá inversiones estratégicas adicionales en infraestructura ferroviaria, principalmente porque el carro-tanque convencional cubre viajes de larga distancia con una mayor velocidad, menor contaminación, y más capacidad de carga, estos cambios en el transporte son fundamentales para lograr transiciones de energía a nivel mundial.
- El tren del istmo de Tehuantepec y Maya representan una oportunidad para un transporte más eficiente de petrolíferos y mercancías en la región sureste. La nueva infraestructura del corredor del Istmo está en proceso, principalmente por que el Carro-tanque fortalecerá a los puertos ubicados, tanto en el Océano Pacífico como en el Golfo de México.
- Pemex se mantiene posicionado como la empresa con mayor infraestructura en producción, importación y transporte de turbosina. Continuar implementando una estrategia comercial y financiera podrían fortalecer la producción nacional y garantizar por un periodo relativo de tiempo " la soberanía energética".
- México tiene la oportunidad de detonar la inversión pública y privada en infraestructura de almacenamiento y transporte de turbosina a largo plazo, aunque siempre dependerá de la infraestructura existente en cada región y su localización geográfica.
- La exploración y creación de nuevas rutas comerciales a nivel global, abren la oportunidad de transitar mayores distancias en el menor tiempo posible, donde el uso de aviones de carga cada vez será más frecuente.

Glosario

Aeronave: Cualquier vehículo capaz de transitar con autonomía en el espacio aéreo con personas, carga o correo.

Destilación atmosférica: Es el proceso de refinación para la separación de componentes de petróleo crudo a presión atmosférica, calentándolo a temperaturas de 315-400°C (dependiendo de la naturaleza del petróleo crudo y los derivados que se deseen) y la posterior condensación de las fracciones por enfriamiento.

Presión de Vapor Reid: Es la volatilidad o tendencia a evaporarse de un producto derivado del petróleo. Entre más bajo sea el número, más estable será el producto. La presión se mide en términos de libras por pulgada cuadrada (psi).

Emisión: Liberación al ambiente de toda sustancia, en cualquiera de sus estados físicos, o cualquier tipo de energía, proveniente de una fuente.

Seguridad: Es la característica de algo o alguien que es o está seguro.

Seguridad Industrial: La seguridad industrial se preocupa de la prevención y protección de los accidentes en el trabajo evitando, además, daños a la propiedad, proceso y medioambiente de la institución o empresa.

Protección ambiental: La protección ambiental, consiste en el conjunto de medidas que se toman a nivel público y privado para cuidar nuestro hábitat natural, preservándolo del deterioro y la contaminación.

Petrolífero(s): Productos que se obtienen de la refinación del petróleo o del procesamiento del gas natural y que derivan directamente de hidrocarburos, tales como gasolinas, diésel, querosenos, y combustóleo, entre otros.

Aditivos de combustible: Son compuestos que se agregan a los combustibles para transferirles propiedades específicas, tales como: detergencia, antioxidación y antidetonancia, entre otras.

Tratamiento: Comprende los procesos industriales previos a la refinación, a los cuales se somete el Petróleo, para llevar a cabo la separación de agua, sedimentos u otros compuestos con los que se encuentre mezclado.



Refinación: Comprende el conjunto de procesos físicos y químicos a los cuales se somete el petróleo crudo, a efecto de convertirlo en productos refinados de uso final, tales como son: gasolinas, diésel, turbosina, entre otros.

Mercado: Según la RAE, “Conjunto de actividades realizadas libremente por los agentes económicos”, “Conjunto de operaciones comerciales que afectan a un determinado sector de bienes” o “Estado y evolución de la oferta y la demanda en un sector económico dado.”

Importación: Es el ingreso de productos a territorio nacional.

DOF: Diario Oficial de la Federación.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

Marco Jurídico: Es el conjunto de normas vigentes aplicables en el territorio nacional o local, según sea el caso.

Inventario comercial: Inventario que permite comercializar el producto consumido diariamente en el expendio al público, garantizar ventas diarias sin perder calidad de los petrolíferos, ni la propia garantía de suministro.

Inventario estratégico: Inventario cuyo carácter será estratégico y estará a cargo del estado, el inventario estratégico garantiza el abasto al país durante un periodo de tiempo suficiente para que, aun en caso de emergencia en el abasto, pueda obtenerse suministro de una fuente adicional.

Homologar: Confirmar, legitimar y aprobar por medio de una autoridad judicial o administrativa ciertos actos particulares, con el fin de producir los efectos jurídicos que le son propios.

Transporte: Actividad de recibir, entregar y, en su caso, conducir petrolíferos de un lugar a otro a través de ductos u otros medios. Transporta grandes volúmenes a grandes distancias.

Ingeniería Básica: Etapa de la ingeniería que consiste en la definición y especificaciones generales del proyecto, relativos al Diseño y tecnologías que se seleccionarán en las diversas disciplinas de la ingeniería. A partir de esta información, se elaboran planos y memorias técnico-descriptivas, diagramas de flujo y diagramas de tuberías e instrumentación.



Ingeniería de Detalle: Etapa de la ingeniería que consiste en el Diseño definitivo y especificaciones detalladas para cada componente del Sistema de Almacenamiento con base en la Ingeniería Básica. Incluye la información definitiva sobre diagramas de flujo, diagramas de tuberías e instrumentación, y planos de construcción y memorias técnico descriptivas de los sistemas.

Monoboya: Boya anclada en profundidad suficiente en la que se amarran embarcaciones que pueden o no anclarse, para cargar o descargar productos Petrolíferos.

Muelle: Instalación construida a la orilla del mar, río o lago (muelle marginal) o avanzada en el mar, utilizada para efectuar operaciones de carga o descarga. Instalación a la que se atracan las embarcaciones.

Sistema de Medición: Conjunto de elementos físicos, equipos, instrumentos e instalaciones, así como también los principios metrológicos y normas y estándares a través de los cuales se cuantifican las cantidades o volúmenes de hidrocarburos que son producidos, consumidos, transportados o transferidos en custodia o en punto de venta, de petróleo crudo o petrolíferos.

TAD: Terminal de almacenamiento y despacho.

TAR: Terminal de almacenamiento y reparto.

Transferencia de custodia: Cambio de responsabilidad en el manejo de petrolíferos entre actividades permitidas.

Almacenamiento: Esta actividad comprende la recepción de petrolíferos propiedad de terceros, en los puntos de recepción de su instalación o sistema, conservarlos en depósito, resguardarlos y devolverlos al depositante o a quien éste designe.

Trasvase: Operación que consiste en pasar Hidrocarburos o Petrolíferos de un recipiente a otro, por medio de sistemas o equipos diseñados y especificados para tal fin. En términos de esta definición, también se entenderán por trasvase, las operaciones de transferencia, trasiego, carga, descarga, recibo o entrega de Hidrocarburos o Petrolíferos.

Distribución: Actividad logística que comprende adquisición, recepción y guarda, incluyendo el traslado de un determinado volumen de petrolíferos, desde una ubicación determinada hacia uno o varios destinos previamente asignados, para su expendio al público o consumo final.

Buque-tanque: La embarcación con uno o varios Recipientes no desmontables que se utiliza para el Transporte marítimo o fluvial de Hidrocarburos y Petrolíferos.

Carro-tanque: El vehículo con uno o varios Recipientes no desmontables que se utiliza para el Transporte por vía férrea de Hidrocarburos y Petrolíferos.

Auto-tanque: El vehículo automotor que en su chasis tiene instalado en forma permanente uno o más Recipientes No Desmontables para el Transporte o la Distribución de Hidrocarburos y Petrolíferos en función del tipo de permiso otorgado.

Comercialización: Se entiende como la actividad de ofertar a usuarios o usuarios finales, en conjunto o por separado lo siguiente:

- i. La compraventa de petrolíferos;
- ii. La gestión o contratación de los servicios de transporte, almacenamiento o distribución de dichos productos, y
- iii. La prestación o intermediación de servicios de valor agregado en beneficio de los usuarios o usuarios finales.

Aeropuerto: Aeródromo Civil de servicio público, que cuenta con las instalaciones y servicios adecuados para la recepción y despacho de Aeronaves, pasajeros, carga y correo del servicio de transporte aéreo regular, así como del transporte privado comercial y privado no comercial.

Almacenista: Prestador del Servicio de Almacenamiento en los Sistemas objeto de los Permisos de Almacenamiento de Petrolíferos otorgados por la Comisión correspondiente.

TCPS: Términos y Condiciones para la Prestación del Servicio de Almacenamiento, aprobados por la Comisión de conformidad con las DACG de Acceso Abierto, y que forman parte integral de los Contratos que el Almacenista suscriba con los Usuarios.

Expendio al público: Es la venta al menudeo directa al consumidor de petrolíferos en instalaciones con fin específico o multimodal, incluyendo estaciones de servicio.

Permisionario: El titular de un permiso de transporte de acceso abierto, almacenamiento o distribución expedido por la Comisión Reguladora de Energía.

Bibliografía:

- ¹ Salas Ramírez Ricardo I. (2016). *El empleo de las espumas contra incendio en el área de almacenamiento de turbosina de un aeropuerto*. México: UNAM.
- ² Repsol Aviación. (2021). *Composición del Jet A-1*. Repsol Comercial de Productos Petrolíferos S.A. Sitio web: https://www.repsol.com/imagenes/global/es/composicion-jet-a1_tcm13-160200.pdf
- ³ Ramírez Pérez Jorge F. (2011). *Evaluación del poder de inhibición de la corrosión y estudio químico de una formulación para el tratamiento de turbosina en plantas de hidrodesulfuración*. México: UNAM.
- ⁴ González Trujano Arturo y Aguilar Rodríguez Enrique. (2019). *El IMP, clave en los procesos de hidrotratamiento de las refinerías*. México: IMP. Sitio web: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/487985/Gaceta-224-3.pdf>
- ⁵ Repsol. (2021). *Jet A-1 combustible que impulsa a la gran mayoría de las aeronaves modernas*. Repsol sitio web: https://www.repsol.com/comunes/archivos/cap6mod_71243.pdf
- ⁶ Repsol Aviación. (2021). *¿Cuáles son las propiedades del JET A-1?* Repsol Comercial de Productos Petrolíferos S.A. Sitio web: https://www.repsol.com/imagenes/global/es/propiedades-jet-a1_tcm13-160201.pdf
- ⁷ Learn Engineering. (2015). *Jet Engine, How it works ?* Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=KjiUUJdPGX0&t=49s>
- ⁸ Mundo de aviación. (2019). *¿Cómo funciona un turborreactor? ¿Qué es un turbofan, y postcombustión?* Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=XDkqcTQTCr4&t=575s>
- ⁹ Pemex. (2020). *Gasaviación, características y elaboración*. Pemex comercialización. Sitio web: <https://www.pemex.com/comercializacion/productos/Paginas/refinados/gasavion.aspx>
- ¹⁰ Airlines for America. (2016). *Jet Fuel: From Well to Wing*. Sitio web: <https://www.airlines.org/wp-content/uploads/2018/01/jet-fuel-1.pdf>
- ¹¹ Daniel Yergin (2020). *The new map, energy, climate and the clash of nations*. Penguin Press. New york.
- ¹² Secretaría de Economía. (2020). *Reporte T-MEC*. Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/577189/COMPILADO_T-MEC-acercamiento_sept-.pdf
- ¹³ SENER. (2018/2019). *Diagnóstico de la Industria de Petrolíferos en México, parte 1*. Sitios web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/416899/Parte_1_vf.pdf
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/536539/Prontuario_Petrol_feros_diciembre_2019_accessible_vf.pdf
- ¹⁴ Secretaría de Gobernación. (2020). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Sitio web: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/articulos/28.pdf>
- ¹⁵ Gobierno de la Republica. (2014). *Resumen ejecutivo de la Reforma Energética*. Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164370/Resumen_de_la_explicacion_de_la_Reforma_Energetica11_1_.pdf

- ¹⁶ Secretaría de Energía. (2021). *¿Qué hacemos?*, Sitio web: <https://www.gob.mx/sener/que-hacemos>
- ¹⁷ CRE. (2017). *Reglamento interno de la Comisión Reguladora de Energía*. Sitio web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n120.pdf>
- ¹⁸ Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente. (2021). *¿Qué es ASEA y qué regula?*, Sitio web: <https://www.gob.mx/asea/es/articulos/que-es-asea-y-que-regula?idiom=es>
- ¹⁹ Cámara de diputados del h. congreso de la unión. (2021). *Ley de Hidrocarburos*. Sitio web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LHidro_200521.pdf
- ²⁰ Diario Oficial de la Federación. (2014). *Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética*. Sitio web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lorcme/LORCME_orig_11ago14.pdf
- ²¹ Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE). (2021). *¿Qué Hacemos?* Sitio web: <https://www.cofece.mx/que-hacemos-en-la-cofece/>
- ²² Diario Oficial de la Federación. (2017). *Acuerdo por el que se emite la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos*. Sitio web: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5507473&fecha=12/12/2017
- ²³ ASA. (2021). *Términos y Condiciones para la Prestación del Servicio de Almacenamiento de Petrolíferos en Aeródromos*. Sitio web: https://www.asa.gob.mx/work/models/ASA/Resource/2594/1/images/TCPS_ASA.pdf
- ²⁴ Diario Oficial de la Federación. (2018). *Acuerdo que modifica al diverso por el que se emite la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos*. Sitio web: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5545158&fecha=29/11/2018
- ²⁵ Diario Oficial de la Federación. (2019). *Acuerdo que modifica al diverso por el que se emite la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos*. Sitio web: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5581171&fecha=06/12/2019
- ²⁶ Secretaría de Energía. (2021). *Blog: Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos*. Sitio web: <https://www.gob.mx/sener/articulos/politica-publica-de-almacenamiento-minimo-de-petroliferos-247326?idiom=es>
- ²⁷ Alejandro López Vázquez. (2015). *La calidad como un valor agregado para la logística en México*. México: UNAM.
- ²⁸ Definición De. (2021). *Definición de logística*. Sitio web: <https://definicion.de/logistica/>
- ²⁹ Strafford publications. (2018). *Midstream and upstream joint ventures in oil & gas: Structure options, transferability, tax and other considerations*. USA.
- ³⁰ Secretaría de Energía. (2021). *Infraestructura nacional de petrolíferos*. Sitio web: <https://www.gob.mx/sener/articulos/mapa-infraestructura-nacional-de-petroliferos-31065>
- ³¹ Diario Oficial de la Federación. (2016). *NOM-EM-003-ASEA-2016*. Sitio web: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5462374&fecha=24/11/2016&print=true
- ³² Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF). (2021). *Atlas del Sistema Ferroviario Mexicano*. Sitio web: <https://www.gob.mx/artf/documentos/mapas-del-sistema-ferroviario-mexicano>

- ³³ Revista digital T21. (2019). *Turbosina aborda el tren; Hipergas, primer importador en riel*. Sitio web: <http://t21.com.mx/ferroviario/2019/08/21/turbosina-aborda-tren-hipergas-primer-importador-riel>
- ³⁴ Diario Oficial de la Federación. (2017). *NOM-006-ASEA-2017*. Sitio web: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5533266&fecha=27/07/2018
- ³⁵ ASA. (2021). *Servicios de Combustibles*. Sitio web: <https://www.gob.mx/asa/acciones-y-programas/combustibles-32853>
- ³⁶ SENER. (2018). *Diagnóstico de la Industria de Petrolíferos en México, parte 2*. Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/417437/Parte_2_vf.pdf
- ³⁷ Diario Oficial de la Federación. (2011). *Estatuto Orgánico de Aeropuertos y Servicios Auxiliares*. Sitio web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n321.pdf>
- ³⁸ AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES. (2021). *Términos y Condiciones para la Prestación del Servicio de Almacenamiento de Petrolíferos en Aeródromos*. Sitio web: https://www.asa.gob.mx/work/models/ASA/Resource/2594/1/images/TCPS_ASA.pdf
- ³⁹ CRE. (2015). *Disposiciones Administrativas de Carácter General en Materia de Medición Aplicable al Servicio de Almacenamiento de Petrolíferos y Petroquímicos*. Sitio web: <https://www.cre.gob.mx//estudios/7parte1DACGenmateriaademedi%C3%B3n%20aplicable%20al%20servicio%20de%20almacenamiento%20de%20petr%C3%B3leo%20y%20petroqu%C3%ADmicos.pdf>
- ⁴⁰ AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES. (2021). *Calidad y seguridad con estándares internacionales en el suministro de combustibles de aviación: compromisos de ASA*. Sitio Web: <https://www.gob.mx/asa/prensa/calidad-y-seguridad-con-estandares-internacionales-en-el-suministro-de-combustibles-de-aviacion-compromisos-de-asa-195108>
- ⁴¹ PEMEX. (2021). *Plan de Negocios PEMEX 2021-2025 (Versión Pública)*. Sitio web: https://www.pemex.com/acerca/plan-de-negocios/Documents/pn_2021-2025-completo.pdf
- ⁴² Congreso Nacional de Bioturbosina. (2018). *Clúster Bioturbosina*. Sitio web: <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/centrosconacyt/wp-content/uploads/2018/08/documento-bioturbosina.pdf>
- ⁴³ Air BP. (2021). *What is sustainable aviation fuel (SAF)?* Sitio web: <https://www.bp.com/en/global/air-bp/news-and-views/what-is-sustainable-aviation-fuel-saf-and-why-is-it-important.html>
- ⁴⁴ Office of ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY. (2022). *Sustainable Aviation Fuel Grand Challenge*. Sitio web: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/sustainable-aviation-fuel-grand-challenge>
- ⁴⁵ SENER. (2017). *Mapa de ruta tecnológica bioturbosina*. Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/324219/MRT_Bioturbosina_Final.pdf
- ⁴⁶ Instituto Mexicano del Petróleo. (2016). *Combustibles avanzados de aviación*. México, CONACYT.
- ⁴⁷ AIFA. (2021). *Proyecto Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles*. Sitio web: <https://www.gob.mx/aifa/es/articulos/proyecto-198120?idiom=es>



⁴⁸ El País. (2021). *Pemex termina de comprar una refinería de petróleo en Texas por 600 millones de dólares*. Sitio web: <https://elpais.com/mexico/2021-05-24/pemex-termina-de-comprar-una-refineria-de-petroleo-en-texas-por-600-millones-de-dolares.html>

⁴⁹ GOB SENER. (2021). *Refinería Dos Bocas*. Sitio web: <https://www.gob.mx/refineriadosbocas>

⁵⁰ SENER. (2019). *Boletín de Prensa 16 “Dos Bocas”*. Sitio web: <https://dosbocas.energia.gob.mx/Documentos/5.%2002%20junio%202019.pdf>

⁵¹ El Financiero. (2021). *Avance Refinería Dos Bocas*. Sitio web: <https://www.elfinanciero.com.mx/nacional/2021/12/06/la-refineria-de-dos-bocas-registra-un-avance-de-692-rocio-nahle/>

⁵² GOB. (2021). *Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec*. Sitio Web: <https://www.youtube.com/watch?v=GM2foNBSCz4&t=134s>

