



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Comercialización y logística de
hidrocarburos en México**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Petrolero

P R E S E N T A N

Dora Alejandra Albañil Solis

Diego Mendoza Morales

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Eduardo Dorantes Sevilla



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2026



PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD

Y

HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL

(Titulación con trabajo escrito)



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado **“COMERCIALIZACIÓN Y LOGÍSTICA DE HIDROCARBUROS EN MÉXICO”** que presenté para obtener el título de **INGENIERO PETROLERO** es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

DIEGO MENDOZA MORALES

317065914



PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD

Y

HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL

(Titulación con trabajo escrito)



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado **“COMERCIALIZACIÓN Y LOGÍSTICA DE HIDROCARBUROS EN MÉXICO”** que presenté para obtener el título de **INGENIERO PETROLERO** es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

DORA ALEJANDRA ALBAÑIL SOLIS

420052919

DEDICATORIA

*A la Facultad de ingeniería por su espacio de aprendizaje infinito
A la nación de México; por crear los espacios que permiten que la educación continúe
desarrollándose y por darnos la oportunidad de formar parte del crecimiento de nuestro hermoso
país.*

*Al ingeniero Eduardo Dorantes Sevilla por su apoyo incondicional, su tiempo valioso prestado en
las mentorías en las que hemos formado parte y por su pasión por educar a futuras generaciones
de ingenieros*

*Al ingeniero Julio Eduardo Castillo Ybarra porque nos ayudó a percibir de diferente la industria
petrolera*

#WEARELNG

“Tu actitud, no tu aptitud, determinara tu altitud”

zig zlglar

AGRADECIMIENTOS DORA

A mi familia: Gracias por su soporte incondicional, por su amor y por brindarme siempre las oportunidades necesarias para desarrollar mi potencial y alcanzar mis metas. Su confianza en mí ha sido un pilar fundamental a lo largo de este camino.

De manera muy especial, agradezco a mi mamá, quien ha sido mi mayor inspiración. Gracias por impulsarme siempre a ser mejor, por enseñarme a ser fuerte y a enfrentar cada uno de los retos que se han presentado en mi vida. Reconozco profundamente todo el esfuerzo y sacrificio que has hecho para que yo pudiera contar con las herramientas y oportunidades necesarias para crecer y superarme. Gracias por darme las bases para tomar mis propias decisiones, por permitirme elegir mi camino y confiar en que sabría lo que era mejor para mí. Gracias por estar siempre al pie del cañón, apoyándome para desarrollar mi lado académico, pero también para vivir, disfrutar y construirme como persona libre, siguiendo mis propias decisiones. Todo ello me ha permitido formarme como una buena persona, una buena estudiante y encaminarme hacia el éxito en el camino que yo misma elegí. Este logro también es tuyo.

A mis amigas y amigos: Gracias a quienes siempre me impulsaron a continuar mi camino, a atreverme a elegir nuevos horizontes y a salir de mi zona de confort en busca de mejores oportunidades. Su apoyo y confianza en mí han sido fundamentales en cada paso de este proceso. Gracias a Vania, por recibirme en una nueva ciudad y brindarme no solo un lugar donde llegar, sino también un hogar, una amistad sincera y la oportunidad de ser parte de su familia. Gracias a Itzana, quien a pesar de la distancia siempre ha estado presente, celebrando mis logros como si fueran propios, apoyándome en todo momento y siendo mi más grande confidente; gracias por ser mi mejor amiga y una hermana a lo largo de tantos años.

Gracias a Vanessa, con quien desde la primera semana en la universidad comenzó una amistad que, con el paso del tiempo, se fortaleció al descubrir lo mucho que compartíamos en nuestra forma de pensar. Gracias por estar en mis momentos más difíciles, por apoyarme en cada proyecto y por abrirme las puertas de tu hogar haciéndome sentir parte de él. Agradezco también a mis roomies, quienes fueron mi soporte diario y transformaron un espacio compartido en un verdadero hogar. Gracias por acompañarme en noches de desvelo, en mis mayores preocupaciones, en los momentos felices y en las experiencias más divertidas. Gracias por siempre apoyar mis decisiones y darme

consejo cuando más lo necesitaba. Gracias, Verónica, por enseñarme que las amistades más sinceras pueden llegar de manera inesperada. Gracias, Michelle, por inspirarme a ser fuerte. Gracias, Frida, Day, Kari, Beli y a todas ustedes, por convertirse en mi hogar lejos de casa. Este logro también lleva un pedacito de cada una de ustedes. Gracias a mis amigos de la universidad, por mostrarme una nueva forma de vivir esta etapa, por enseñarme a disfrutarla plenamente y por acompañarme en un camino lleno de aprendizajes. Con ustedes compartí algunas de las conversaciones más profundas y los momentos más increíbles, que sin duda marcaron esta etapa de mi vida.

De manera especial, gracias a Daniel, por siempre estar para mí, por crecer juntos a lo largo de estos años y por motivarnos constantemente a ser mejores. Gracias a Nicol y Eduardo, por brindarme una amistad sincera y un cariño genuino que valoro profundamente. Me llevo de esta etapa no solo conocimientos, sino también amistades que sé que perdurarán.

A mi pareja: Gracias por ser mi lugar de paz durante todo este proceso, por colmarme de amor, apoyo y motivación, y por ser uno de mis mayores soportes. Gracias por sacarme una sonrisa en los momentos más estresantes, por compartir conmigo cada alegría y por impulsarme a alcanzar mis metas y sueños. Gracias también por integrarte a mi vida de manera tan genuina y por formar parte de mi círculo, aportando siempre cariño, confianza y felicidad.

A Diego Mendoza: Quiero expresar un agradecimiento muy especial a mi amigo y mayor apoyo durante todo este camino. Gracias por no dejarme caer, por acompañarme en cada etapa de este proceso formativo y por compartir conmigo ideas, reflexiones y cuestionamientos sobre la industria energética, que han fortalecido no solo este trabajo, sino también mi forma de pensar como ingeniera. Los proyectos realizados en conjunto, las conversaciones constantes y tu respaldo incondicional han sido fundamentales para mantenerme firme y motivada. Tu presencia ha marcado profundamente este proceso, y te agradezco genuinamente todo lo que hemos construido y compartido.

Al Ing. Eduardo Dorantes: Agradezco profundamente al Ingeniero Eduardo Dorantes, asesor de esta tesis, por su guía, confianza y compromiso con mi formación profesional. Su disposición para escuchar, cuestionar y enriquecer mis ideas ha sido clave para desarrollar una visión más analítica, crítica y contextualizada del sector energético y de nuestro país. Su enseñanza ha ido más allá de lo técnico, impulsándome a formarme como una ingeniera con criterio, ética y responsabilidad. Más

allá de su valiosa aportación académica, su calidad humana ha sido un referente constante a lo largo de este proceso. Por todo ello, y por muchas razones que trascienden estas líneas, le expreso mi más profundo agradecimiento.

“Al final de este camino comprendo que nunca caminé sola: cada paso estuvo acompañado, cada caída sostenida y cada logro compartido. Me llevo un pedacito de todos ustedes, y es precisamente eso —junto con mi constancia— lo que me ha convertido en la persona fuerte que soy hoy.”

Dora Alejandra Albañil Solís

AGRADECIMIENTOS DIEGO

A Dani: Gracias por ser la luz que guía mi camino y la fuerza que impulsa cada uno de mis pasos. Gracias por ser mi ancla en medio de la tormenta, mi punto de realidad y equilibrio. Eres la razón por la que cada día despierto con motivación para enfrentar la vida y luchar por mis sueños. Conocerle ha sido, sin duda, la mejor decisión que he tomado, y este logro también te pertenece, porque sin tu apoyo, inspiración y compañía, nada de esto habría sido posible.

A mis padres: Gracias por confiar en mí y brindarme la mejor herencia que un hijo puede recibir: la educación. Gracias por cada sacrificio realizado para mí y mis hermanos, por creer siempre en mi capacidad y por darme la motivación necesaria para salir adelante. Este logro es también suyo.

A la familia de Dani: Gracias por recibirme como a uno más, por abrirme las puertas de su hogar y brindarme un espacio lleno de calidez en los momentos más difíciles. Gracias por ser mi apoyo, mis amigos y, sobre todo, mi familia en esta ciudad.

A mi familia: Por ser la unión que me sostuvo en mis momentos de desesperanza, por representar lo más valioso en mi vida y por acompañarme siempre.

A mi tío Alan: “Gordito”, no existen palabras suficientes para agradecerle todo lo que ha hecho por mí. Ha sido ese padre que necesitaba en mi llegada a la ciudad y, sin duda, mi primer amigo desde que nací. Los momentos compartidos son irrepetibles y únicos. Le agradezco por los chistes, las pláticas y por estar siempre presente en mi vida.

Al Ingeniero Eduardo Dorantes Sevilla: Por confiar en mí aun cuando ni yo mismo lo hacía, por su invaluable mentoría y por las grandes oportunidades que me ha brindado. Gracias por compartir su experiencia y conocimientos, por enseñarme con paciencia y exigencia, y por inspirarme a crecer tanto en lo profesional como en lo personal. Su guía ha sido un pilar fundamental en la construcción de este logro.

A mi amiga y colaboradora de ideas, Dora: Gracias por mostrarme que las segundas oportunidades para conocer a las personas son, sin duda, las mejores. Gracias por ser esa amiga dispuesta a impulsarme cuando mis fuerzas flaqueaban, por los buenos momentos compartidos en la facultad.

“Señor, concédeme serenidad para aceptar todo aquello que no puedo cambiar,

Dame fortaleza para cambiar lo que soy capaz de cambiar,

Y sabiduría para entender la diferencia”

Diego Mendoza Morales

INDICE

AGRADECIMIENTOS DORA.....	4
AGRADECIMIENTOS DIEGO	7
TABLAS	4
TABLA DE FIGURAS	5
TABLA DE ECUACIONES	11
RESUMEN	13
<i>SUMMARY</i>	14
<i>INTRODUCCIÓN</i>	15
<i>RESUMEN</i>	16
<i>Descripción general</i>	17
<i>Objetivo general</i>	17
<i>Objetivos específicos</i>	17
<i>Justificación:</i>	18
<i>Hipótesis</i>	19
Capítulo 1: Panorama conceptual de la logística de hidrocarburos	20
1.1 Definiciones generales del mercado de combustibles	20
1.2 Relevancia de la agenda 2030	23
1.3 Instituciones reguladoras	26
1.4 Transporte y logística de hidrocarburos	29
1.4.1 Modalidades de transporte	29
Capítulo 2: Estructura y comportamiento de los hidrocarburos para el desarrollo de México	31
2.1 Cadena de valor de los hidrocarburos	31
2.1.1 Exploración y extracción	32
2.1.2 Comercialización	34
2.1.3 Transporte	35
2.1.4 Almacenamiento	37
2.1.5 Transformación: Refinación, procesamiento y petroquímica	39
2.1.6 Distribución y Expendio al público	40
2.2 Modalidades de compraventa, mercados y formación de precios	41

2.2.1 Oferta y demanda	42
2.2.2 Factores de oferta y demanda en la determinación del precio del petróleo	43
2.2.3 Factores que afectan en la determinación del precio del gas natural	45
2.2.4 Crudos marcadores.....	48
2.2.5 Mercado de hidrocarburos	50
2.2.6 Determinación de precios del petróleo para la exportación	52
2.3 Tipos de hidrocarburos y usos principales	49
2.3.1 Petróleo crudo	51
2.3.2 Gas natural	57
2.3.3 Combustibles.....	58
Capítulo 3: El impacto de la logística de los hidrocarburos en la economía mexicana: un análisis hacia la transición sostenible.....	66
3.1 Relevancia económica de la logística en México	66
3.2 Desempeño logístico en México.....	70
3.3 Conceptos detallados de logística	73
3.3.1 Evolución de la logística industrial.....	74
3.3.2 Transformación tecnológica y metodológica.....	75
3.3.3 Logística 4.0: digitalización y automatización inteligente.....	76
3.3.4 Logística 5.0: sostenibilidad y resiliencia	77
3.4 Descripción de los sistemas de transportes	80
3.3.1 Características técnicas y diseños de ductos.....	83
3.3.2 Características técnicas y diseños de carrotanques.....	96
3.3.3 Características técnicas y diseños de autotanques	111
3.3.4 Características técnicas y diseño de buques.....	132
Capítulo 4: Desglose operacional de la logística de los hidrocarburos y de los combustibles en México: variables que influyen en la cadena de valor	149
4.1 Almacenamiento mínimo de petrolíferos	150
4.1.1 Inventarios a mínimos de Gasolina.....	155
4.1.2 Inventarios a mínimos de Diesel	160
4.2 Variables para la determinación de tarifas de transporte	166
4.2.1 Transferencia de custodia	167
4.2.2 Margen comercial	170
4.2.3 Incoterms	171

4.3 Modelo trazable en la formulación en el precio al público en combustibles importados	174
Capítulo 5: Caso práctico: Aproximación a una operación logística de hidrocarburos y petrolíferos en México	181
5.1 Caso practico	182
5.1.1 Antecedentes	183
5.2 Variables en los costos operativos en una empresa de petrolíferos	186
5.2.1 Conceptos que conforman la logística en el uso de Autotanques	188
5.3 Costo final de los petrolíferos	190
5.3.1 Descripción operativa del proceso	194
5.4 Propuesta presentada de una empresa de logística	199
5.4.1 Descripción general de la empresa	200
5.4.2 Planteamiento del problema	201
5.4.3 Desarrollo del problema	204
5.5 Solución a la problemática de logística	206
Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones	218
6.1 Conclusiones	218
Anexos	225
Costo de aseguradora	225
Datos necesarios para asegurar una empresa de petrolíferos	226
Cotizaciones de las aseguradoras	229
Glosario	230
Referencias	242

TABLAS

Tabla I.1 Instituciones reguladoras en la cadena de suministro. Elaboración propia.....	28
Tabla II.2 Tipos de Mercados de los hidrocarburos Elaboración propia (Dorantes, 2025)	51
Tabla II.3 Movimientos de crudo al exterior. Elaboración propia (PEMEX 2026).....	48
Tabla II.4 Petroquímicos según la familia de hidrocarburos. Elaboración propia (IMP 2025).....	53
Tabla II.5 comparativa de crudos marcadores y sus principales composiciones. Elaboración propia (CNH 2018)	56
Tabla II.6 comparativa de crudos nacionales y sus principales composiciones. Elaboración propia (CNH 2018)	56
Tabla II.7 Especificaciones internacionales y nacionales en combustibles. Elaboración propia (CRE 2016)	60
Tabla III.8 Normativas internacionales para la construcción de ducto. Elaboración Propia.....	86
Tabla III.9 Normativas nacionales para la construcción de ductos. Elaboración Propia.....	92
Tabla III.10 Normativas internacionales para carrotanques. Elaboración Propia..	100
Tabla III.11 Normativas nacionales para carrotanques. Elaboración Propia.	108
Tabla III.12 Normativas internacionales para autotanques. Elaboración Propia..	119
Tabla III.13 Normativas nacionales para autotanques. Elaboración Propia.....	129
Tabla III.14 Tipos de buque por su capacidad de carga. Elaboración Propia(Oil Tankers Safety.)	134
Tabla III.15 Normativas internacionales para buques. Elaboración Propia.....	137
Tabla III.16 Normativas nacionales para buques. . Elaboración Propia.	143
Tabla IV.17 Tipo de medidores indispensables para la transferencia de custodia. . Elaboración Propia.....	169
Tabla IV.18 Instrumentación secundaria para la transferencia de custodia. . Elaboración Propia.....	170
Tabla IV.19 Principales conceptos de costos en exportaciones por Incoterms . Elaboración Propia.....	173

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Molécula y sus derivados como impulsor de la economía. Elaboración propia.(OpenAI, 2026).....	17
Figura 2 Objetivos de Desarrollo Sostenible (Agenda 2030). (ONU , 2023).....	18
Figura 3 ODS 7: Energía asequible y no contaminante. (ONU , 2023.....	19
Figura 4 ODS 9: Industria, innovación e infraestructura. (ONU , 2023).....	19
Figura 5 ODS 10: Reducción de las desigualdades. (ONU , 2023).....	20
Figura 6 ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles. (ONU , 2023).....	20
Figura 7 Modalidades de transporte de hidrocarburos. Elaboración propia (OpenAI, 2026).....	25
Figura 8 Upstream como eslabón de la cadena de valor. Elaboración propia (OpenAI, 2026).....	27
Figura 9 Estructura de transporte del sector hidrocarburos. Elaboración propia (OpenAI, 2026).....	29
Figura 10 Sistemas de almacenamiento de hidrocarburos. Elaboración propia (OpenAI, 2026).	31
Figura 11 Transformación: refinación, procesamiento y petroquímica. Elaboración propia (OpenAI, 2026).....	32
Figura 12 distribución y expendio al público imagen de elaboración propia (OpenAI, 2026).....	33
Figura 13 Unificacion en la cadena de valor de los hidrocarburos Elaboracion Propia (OpenAI, 2026).....	35
Figura 14 Modelo económico de oferta y demanda aplicado al sector energético. Nota. Adaptado de Krugman, P., & Wells, R. (2018).	36

Figura 15 Equilibrio de mercado y elasticidad en energéticos. Nota adaptada de Krugman, P., & Wells, R. (2018).	39
Figura 16 Estructura del mercado de gas natural en América Latina. Elaboración propia (Dorantes, 2025).	40
Figura 17 Cadena de venta del gas natural. Elaboración propia (Dorantes, 2025).	41
Figura 18 Mercados del gas natural. Elaboración propia (Dorantes, 2025).	42
Figura 19 Características de los crudos marcadores. Elaboración propia (Dorantes, 2025).	43
Figura 20 Tipos de crudos. Elaboración propia (Dorantes, 2025).	46
Figura 21 Composición de la exportación por crudo. Elaboración propia con datos (PEMEX 2024).	52
Figura 22 Destilación fraccionada del Petróleo. Elaboración propia (OpenAI, 2026).	56
Figura 23 Modelo institucional del sector hidrocarburos en México. Elaboración propia (CNH 2018).	57
Figura 24 Principales crudos marcadores. Elaboración propia (Dorantes, 2025).	59
Figura 25 Tipos de crudos en México. Elaboración propia (CNH 2018).	60
Figura 26 Componentes del gas natural. Elaboración propia (Dorantes 2024).	61
Figura 27 Barril de petróleo. Elaboración propia (Dorantes, 2025).	66
Figura 28 Diagrama de ven: Comercialización y transporte de hidrocarburos. Elaboración propia (OpenAI, 2026).	67
Figura 29 Cadena de valor. Elaboración propia (OpenAI, 2026).	69

Figura 30 Cadena de suministro y la logística. Elaboración propia (Ministerio de Transporte de Nueva Zelanda 2010.....	71
Figura 31 Seguimiento logístico de los Hidrocarburos. Elaboración propia (Logistic Perfomance Index (LPI) del Banco mundial)	73
Figura 32 Indicadores LPI. Elaboración propia (Logistic Perfomance Index (LPI) del Banco mundial).....	75
Figura 33 Aplicación de los indicadores LPI a los hidrocarburos. Elaboración propia (Logistic Perfomance Index (LPI) del Banco mundial 2024)	76
Figura 34 Evolución de la logística mundial. Elaboración propia (OpenAI, 2026).....	78
Figura 35 Evolución de la logística mundial. Elaboración propia (OpenAI, 2026).....	78
Figura 36 Los tipos de logística al paso del tiempo. Elaboración propia (OpenAI, 2026).....	79
Figura 37 Pirámide tipo Kelsen jerarquía de leyes. Elaboración propia (Máynez 2002).....	82
Figura 38 Oleoducto submarino en Sudán.	82
Figura 39 Poliductos CRE aprueba a INVEX desarrollo de poliducto Veracruz – Hidalgo.....	83
Figura 40 Gasoducto Transporte de energía por tuberías.....	95
Figura 41 Diagrama de carrotanque, “Transporte, Clasificación y Manejo de Materiales Peligrosos Milagros Fajardo Montiel VSF Industrias SA de CV [Online] Adecuación en la imagen para fines práctico.....	96
Figura 42 Fotografía de carrotanque presurizados, “Transporte, Clasificación y Manejo de Materiales Peligrosos Milagros Fajardo Montiel VSF Industrias SA de CV [Online].....	97

Figura 43 Diagrama de carrotanque presurizados, “Transporte, Clasificación y Manejo de Materiales Peligrosos Milagros Fajardo Montiel VSF Industrias SA de CV [Online].....	98
Figura 44 Fotografía carrotanque para líquidos criogénicos DocPlayer, “Transporte, Clasificación y Manejo de Materiales Peligrosos Milagros Fajardo Montiel VSF Industrias SA de CV,” [Online].....	109
Figura 45 Infraestructura de transporte especializado II.	110
Figura 46 Infraestructura de transporte especializado II. Fuente técnica especializada.....	112
Figura 47 Remolque tipo tanque (tank trailer). Metong (s. f.).....	113
Figura 48 Distribución de gas LP en México. Lomas Gas (s. f.).....	114
Figura 49 Equipo de almacenamiento y transporte de gas CNG. (Alibaba (s. f.)....	115
Figura 50 Transporte criogénico especializado para LNG. (Chart Industries s. f.)..	116
Figura 51 Elaboración propia especificaciones de tipos de autotanques (OpenAI, 2026).....	133
Figura 52 Seguridad Marítima en Buques Tanques Petroleros (Oil Tankers Safety).....	134
Figura 53 Buques utilizados en el LNG. Elaboración propia (OpenAI, 2026).....	148
Figura 54 Línea de tiempo de almacenamiento mínimo de petrolíferos. Elaboración propia (SENER 2025).....	151
Figura 55. Diagrama operativo del cumplimiento del inventario mínimo de petrolíferos en México. Elaboración propia. (CNE 2025).....	153
Figura 56 Comparativa de Producción e importación de gasolinas. (SENER 2026).....	154

Figura 57 Producción de gasolinas vs. Importación de gasolinas (SENER 2026).....	155
Figura 58 Demanda promedio de Gasolina (SENER 2026).....	156
Figura 59 demanda vs importación + producción de gasolina (SENER 2026).....	157
Figura 60 Demanda de Gasolina vs. Inventarios de gasolina (SENER 2026).....	158
Figura 61 Comparativa de la Producción de Diesel y la importación de Diesel (SENER 2026).....	159
Figura 62 Demanda de Diesel (SENER 2026).....	160
Figura 63 Demanda vs producción + importación de Diesel (SENER 2026).....	161
Figura 64 Inventarios de Diesel (SENER 2026).....	163
Figura 65 Producción e importación de Turbosina (SENER 2026).....	164
Figura 66 Producción v.s importación de Diesel (SENER 2026).....	178
Figura 67 Demanda vs Producción + importación de Turbosina (SENER 2026)...	182
Figura 68 Evaluación de precio actual en las gasolinas. Elaboración propia (OpenAI, 2026).....	183
Figura 70 Accidente de la Concordia. (Mendoza, 2025.....	190
Figura 71 Accidente Tlahuelilpan. (BBC News Mundo, 2019).....	191
Figura 72 Relación entre Costos Fijos, Variables y Totales en la Logística. (OpenAI, 2026).....	192
Figura 73 Valores porcentuales de los costos logísticos de los combustibles (OpenAI, 2026).....	194
Figura 74 Impacto en la formulación de precios del combustible (OpenAI, 2026).....	196
Figura 75 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.....	197

Figura 76 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.	197
Figura 77 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.....	197
Figura 78 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.....	197
Figura 79 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.....	198
Figura 80 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.....	198
Figura 81 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.....	198
Figura 82 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.....	199
Figura 83 Autotanques de 20,000.....	199
Figura 84 Rutas optimas de transporte. Elaboración Propia (Google Maps 2026).....	202
Figura 85 Rutas de transporte. Elaboración Propia (Google Maps 2026).....	205
Figura 86 Rutas de transporte. Elaboración Propia (Google Maps 2026).....	206
Figura 87 Rutas optimas de transporte Elaboración Propia. (Google Maps 2026)...	208

TABLA DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1</i>	52
<i>Ecuación 2</i>	53
<i>Ecuación 3</i>	53
<i>Ecuación 4</i>	174
<i>Ecuación 5</i>	175
<i>Ecuación 6</i>	175
<i>Ecuación 7</i>	176
<i>Ecuación 8</i>	177
<i>Ecuación 9</i>	177
<i>Ecuación 10</i>	177
<i>Ecuación 11</i>	178
<i>Ecuación 12</i>	192

Nomenclaturas

°C — grados Celsius

Bcf — billones de pies cúbicos

Bcf/d — billones de pies cúbicos por día

EJ — exajoules

kJ/m³ — kilojoules por metro cubico

km — kilómetros

m — metros

mD — milidarcy

MMcf — millones de pies cúbicos

MMcf/d — millones de pies cúbicos por día

MMMcf — miles de millones de pies cúbicos

PJ — pentajoules

psi — libra de fuerza por pulgada cuadrada

Tcf — trillones de pies cúbicos

USD/MMbtu — dólares por millones de BTU

Φ — porosidad

RESUMEN

La presente tesis aborda un análisis integral de la cadena de valor de los hidrocarburos en México, con énfasis en los eslabones de logística y comercialización, componentes estratégicos que determinan la eficiencia operativa, la competitividad económica y la seguridad energética nacional. El estudio parte de una revisión sistemática de los fundamentos técnicos, económicos y normativos que sustentan la explotación, transformación y distribución de los hidrocarburos, sustentándolo dentro del marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la ONU,

En el ámbito logístico, se describe la infraestructura nacional de transporte, ductos, carrotanques, autotanques y buques, destacando su papel en la resiliencia del sistema energético y su contribución a la seguridad de suministro energético. Asimismo, se evalúa la eficiencia económica del sector mediante el análisis de costos logísticos, márgenes de comercialización y su impacto en la economía nacional.

Finalmente, se propone una visión prospectiva hacia la transición energética mexicana, en la que los hidrocarburos mantendrán un papel relevante en la matriz energética, pero bajo esquemas logísticos más inteligentes, transparentes y sostenibles, capaces de integrar energías limpias, tecnologías de monitoreo digital y políticas públicas orientadas a la eficiencia y la trazabilidad del mercado energético

Palabras clave: Comercialización, logística, transporte, soberanía energética, seguridad energética

SUMMARY

This thesis presents a comprehensive analysis of the hydrocarbon value chain in Mexico, with emphasis on the logistics and commercialization segments strategic components that determine operational efficiency, economic competitiveness, and national energy security. The study begins with a systematic review of the technical, economic, and regulatory foundations that underpin the exploitation, transformation, and distribution of hydrocarbons, framed within the United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development.

In the logistical domain, the national infrastructure for transportation pipelines, rail tank cars, tank trucks, and vessels are described, highlighting its role in the resilience of the energy system and its contribution to energy supply security. Likewise, the economic efficiency of the sector is assessed through the analysis of logistical costs, commercialization margins, and their impact on the Gross Domestic Product.

Finally, a forward-looking vision is proposed for Mexico's energy transition, in which hydrocarbons will continue to play a relevant role in the energy matrix, but under smarter, more transparent, and sustainable logistical frameworks capable of integrating clean energies, digital monitoring technologies, and public policies aimed at efficiency and market traceability.

Keywords: Commercialization, Logistics Transport, Energy sovereignty, Energy security

INTRODUCCIÓN

El sector de los hidrocarburos en México atraviesa una etapa de transformación estructural caracterizada por una mayor apertura operativa, una regulación técnica más robusta y un entorno internacional altamente volátil en precios, costos logísticos y variables macroeconómicas. En este contexto, la logística de petrolíferos se consolida como un factor estratégico que impacta de manera directa la seguridad energética, la estabilidad de precios al consumidor y la sostenibilidad financiera del sistema energético nacional.

En efecto, el precio final de los combustibles no se encuentra determinado exclusivamente por la referencia internacional del crudo o de la molécula importada, sino por una cadena de valor compleja que integra procesos de internación, transporte, almacenamiento, transferencia de custodia, distribución y comercialización, además de una carga fiscal significativa. Cada uno de estos eslabones introduce costos, riesgos y variables técnicas que deben ser cuantificados con rigor metodológico para garantizar trazabilidad, eficiencia y transparencia en la formación del precio expresado en pesos por litro.

Por consiguiente, el objetivo general de la presente investigación consiste en diseñar, estructurar y validar un modelo integral de análisis logístico que permita identificar, y cuantificar los componentes técnicos, regulatorios y económicos que inciden en el costo de transporte y distribución de hidrocarburos en México, así como su impacto en la formación del precio final de los combustibles

La motivación de este trabajo surge de la necesidad de cerrar brechas analíticas existentes entre la ingeniería operativa y la economía energética. En el entorno actual, caracterizado por presiones inflacionarias, volatilidad cambiaria y ajustes fiscales recurrentes, la falta de modelos estandarizados para evaluar costos logísticos limita la toma de decisiones estratégicas tanto en el sector público como en el privado. Así, resulta indispensable contar con herramientas técnicas que permitan comparar modalidades de transporte, optimizar rutas, evaluar economías de escala y fortalecer la planeación de infraestructura.

RESUMEN

The hydrocarbon sector in Mexico is undergoing a structural transformation characterized by regulatory strengthening, operational diversification, and increased exposure to international price volatility, exchange rate fluctuations, and fiscal adjustments. In this context, logistics has become a strategic component within the energy value chain, directly influencing fuel price formation, operational efficiency, and national energy security.

This research develops and validates a comprehensive logistical cost analysis model aimed at identifying, structuring, and quantifying the technical, regulatory, fiscal, and operational variables that impact the transportation and distribution of hydrocarbons in Mexico. The study integrates the main transport modalities pipeline, tanker truck, rail tank car, and maritime vessel under a standardized cost framework expressed in Mexican pesos per liter (MXN/L), enabling traceability and comparability across operational scenarios.

The central hypothesis proposes that a properly structured and quantified logistical cost model allows for an objective explanation of fuel price differentials and constitutes a decisive factor in improving operational efficiency, regulatory transparency, and strategic planning within the energy sector.

Methodologically, the research adopts an analytical-quantitative approach based on regulatory review, technical-operational assessment of transport systems, cost modeling of fixed and variable components, and integration of macroeconomic factors such as inflation, exchange rate, and fiscal burden. The resulting framework provides a structured tool for evaluating logistical performance and supporting decision-making in both public and private energy entities.

Descripción general

Esta tesis tiene como propósito analizar y estructurar los elementos clave que integran la comercialización y la logística de hidrocarburos en México. A través del estudio de los tipos de hidrocarburos, precios de referencia, modalidades de compraventa, infraestructura logística y costos operativos, se busca proporcionar una visión integral de la cadena de valor en el transporte del producto final. Además, se proponen herramientas metodológicas como árboles de decisión y rutas críticas para optimizar los procesos logísticos, contemplando aspectos técnicos, económicos, normativos y estratégicos.

Objetivo general

Analizar y proponer un modelo integral de comercialización y logística de hidrocarburos que permita identificar los factores críticos, optimizar rutas y reducir costos operativos, considerando las condiciones del mercado nacional e internacional, las regulaciones vigentes y la infraestructura disponible.

Objetivos específicos

- Identificar la importancia económica y estratégica de los hidrocarburos en el contexto nacional.
- Clasificar los principales tipos de hidrocarburos y describir sus usos y mercados de destino.
- Evaluar los mecanismos de comercialización, precios de referencia y modalidades contractuales en el comercio de hidrocarburos.
- Describir la infraestructura logística asociada al transporte de hidrocarburos y los servicios que la componen.
- Analizar los costos logísticos y operativos involucrados en las distintas modalidades de transporte.
- Comparar rutas logísticas reales en México y aplicar herramientas metodológicas como árboles de decisión y rutas críticas para su evaluación.

- Proponer lineamientos para una toma de decisiones logística más eficiente.

Justificación:

La industria de los hidrocarburos en México constituye un pilar estratégico para el desarrollo económico, tanto por su contribución directa al PIB como por su papel en la seguridad energética y en el abastecimiento de combustibles para los distintos sectores productivos. Sin embargo, el dinamismo de los mercados internacionales, la creciente competencia global y las exigencias de sostenibilidad derivadas de la Agenda 2030 obligan a replantear los modelos tradicionales de comercialización y logística de hidrocarburos.

En este contexto, la infraestructura nacional presenta retos de modernización y eficiencia operativa. Asimismo, los distintos modos de transporte (buques, trenes, autotanques y ductos) están sujetos a variables críticas como costos, permisos regulatorios, normatividad ambiental y aduanera, debido a la naturaleza de los productos movilizados (crudos, gas natural, y combustibles).

Por ello, resulta necesario analizar y proponer un modelo integral de comercialización y logística de hidrocarburos, que permita identificar los factores críticos que afectan la cadena de valor, optimizar rutas de transporte, reducir costos operativos y fortalecer la seguridad en el suministro energético. Este enfoque no solo contribuirá a incrementar la competitividad del sector, sino que también permitirá alinear las operaciones logísticas con los objetivos de desarrollo sostenible, promoviendo un uso más eficiente de los recursos, una menor huella ambiental y una integración armónica con la economía nacional e internacional.

De esta manera, la presente investigación aporta un marco analítico que busca no únicamente describir la infraestructura y las dinámicas del mercado, sino también ofrecer propuestas que faciliten la toma de decisiones estratégicas, tanto para actores públicos como privados, en un sector que sigue siendo decisivo para el crecimiento económico y la transición energética de México.

Hipótesis

La integración de un enfoque metodológico basado en el análisis de rutas críticas, costos logísticos y herramientas de decisión permite optimizar significativamente la comercialización y logística de hidrocarburos, reduciendo costos operativos y mejorando la eficiencia del sistema en el contexto mexicano.

Capítulo 1: Panorama conceptual de la logística de hidrocarburos

Para comprender el análisis de la comercialización y la logística de hidrocarburos en México es necesario partir de un marco conceptual sólido que defina los elementos fundamentales del sector. La industria energética se caracteriza por su complejidad técnica, regulatoria y económica; por ello, antes de adentrarse en el estudio detallado de rutas comerciales, costos y procesos operativos, resulta indispensable precisar la cadena de valor de los petrolíferos que guían su funcionamiento.

De esta manera, se establecen las bases para interpretar de manera integral los conceptos de upstream, midstream y downstream, en el papel de referencias internacionales como los crudos marcadores, los contratos de compraventa y la soberanía energética. Se ofrece un panorama introductorio que reúne las definiciones esenciales vinculadas al mercado de combustibles, los principales tipos de hidrocarburos y sus derivados, los medios de transporte más utilizados, así como los eslabones de la cadena de valor y las instituciones encargadas de su regulación en México a la par, se incorpora el enfoque de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 como marco rector en la optimización de la comercialización y la logística de hidrocarburos.

1.1 Definiciones generales del mercado de combustibles

Dentro del estudio de la comercialización energética, resulta indispensable comprender conceptos clave que constituyen la base de la industria. Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados principalmente por átomos de carbono e hidrógeno, presentes en la naturaleza en estado sólido, líquido o gaseoso, y representan la fuente primaria de energía fósil a nivel mundial. Entre ellos, el petróleo crudo se define como una mezcla compleja de hidrocarburos líquidos, acompañada de pequeñas cantidades de azufre, oxígeno, nitrógeno y metales, que se extrae directamente de los yacimientos y constituye la materia prima principal para la producción de combustibles líquidos.

Por su parte, el gas natural es una mezcla de hidrocarburos gaseosos, compuesta principalmente por metano, aunque puede contener etano, propano y otros componentes,

utilizado extensamente en la generación eléctrica, calefacción y como materia prima industrial.

En el comercio internacional de hidrocarburos, las referencias de valor se establecen a través de los llamados crudos marcadores o benchmarks, entre los que destacan el West Texas Intermediate (WTI), el Brent del Mar del Norte y el Dubái, los cuales actúan como precios de referencia para determinar transacciones físicas y financieras en los distintos mercados globales. Estos marcadores operan principalmente en el mercado spot, entendido como el espacio en el que las operaciones se realizan para entrega inmediata o en plazos muy cortos, reflejando de manera directa la interacción entre la oferta y la demanda mundial. De igual forma, participan en los mercados de futuros, donde se pactan contratos para la compraventa de crudo o gas a un precio fijado en el presente, pero con entrega en una fecha posterior; dichos instrumentos son utilizados tanto para fines de cobertura de riesgos como para estrategias especulativas que buscan aprovechar la volatilidad de los precios.

En este contexto, México participa activamente en el comercio internacional de crudo mediante la exportación de tres calidades principales que también sirven como referencias dentro del mercado regional: el Maya, el Istmo y el Olmeca. Donde el crudo Maya, con una densidad promedio de 22° API y alto contenido de azufre, es considerado un crudo pesado y amargo, utilizado principalmente por refinerías con alta capacidad de conversión en la costa del Golfo de Estados Unidos y Asia. Por su parte, el crudo Istmo, con alrededor de 33° API y bajo contenido de azufre, se clasifica como ligero y dulce, siendo más demandado en mercados que requieren productos refinados de mayor calidad. Finalmente, el crudo Olmeca, con una densidad cercana a 39° API, es el más ligero y valioso de la mezcla mexicana, comparable en calidad con el Brent o el WTI, por lo que se cotiza a precios más altos y se destina principalmente a exportaciones hacia Europa y Norteamérica. Estas calidades de crudo permiten que México mantenga presencia en los principales mercados spot internacionales, utilizando al Maya como su referente de exportación oficial y como base para la fórmula de precios de Petróleos Mexicanos (PEMEX) en sus operaciones internacionales.

En el ámbito de los derivados, las gasolinas son productos obtenidos de la refinación del petróleo crudo, constituidas por mezclas de hidrocarburos ligeros que sirven como combustible esencial para el transporte de automóviles.

En este marco, también adquiere relevancia la soberanía energética, entendida como la capacidad de un país para garantizar de manera autónoma y sostenible su propio suministro energético, asegurando así estabilidad económica y seguridad nacional.

En la Figura 1 se representa la relación entre la estructura molecular de los hidrocarburos y sus principales derivados comerciales. Esta imagen permite introducir la importancia del petróleo y el gas natural como insumos estratégicos para la economía, debido a que de ellos se obtienen combustibles como gasolina y diésel, así como distintas mezclas de crudo que participan en los procesos de refinación, comercialización y distribución.



Figura 1. Molécula y sus derivados como impulsor de la economía. Elaboración propia. (OpenAI, 2026)

1.2 Relevancia de la agenda 2030

La Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en septiembre de 2015, constituye un plan de acción global que busca erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todos hacia el año 2030. Está integrada por 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas específicas que abarcan dimensiones económicas, sociales y ambientales, planteando un marco común para que los países alineen sus políticas, proyectos y estrategias con una visión sostenible de desarrollo (ONU , 2023)



Figura 2 Objetivos de Desarrollo Sostenible (Agenda 2030). (ONU , 2023).

Su importancia radica en comprender la interdependencia entre el crecimiento económico, la inclusión social y la protección ambiental, promoviendo acciones concretas que permitan el mejoramiento del mundo en términos de equidad, justicia y sostenibilidad. De este modo, la Agenda 2030 no solo constituye un compromiso político internacional, sino también una guía ética y técnica para orientar proyectos que incidan en la transición hacia sociedades más resilientes, responsables y sostenibles.

En este contexto es fundamental mencionar los puntos en los cuales esta tesis se fundamenta respecto a dicha agenda.



Figura 3 ODS 7: Energía asequible y no contaminante. (ONU , 2023).

“El Objetivo 7 pretende garantizar el acceso a una energía limpia y asequible, clave para el desarrollo de la agricultura, las empresas, las comunicaciones, la educación, la sanidad y el transporte” (ONU , 2023).

Lo que se menciona en la Figura 3 se busca garantizar el acceso universal a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna. Por ello se entiende que la energía es el insumo habilitador de la agricultura, la industria, las comunicaciones, la educación, la salud y el transporte que la optimización de rutas, la elección modal entre los diferentes medios de transporte de los hidrocarburos, la mejora del factor de carga y la disminución de viajes vacíos reducen el costo logístico por litro, estabilizando el abasto y mejorando la confiabilidad del suministro en regiones rezagadas. Al mismo tiempo, la adopción de mejores prácticas operativas y tecnológicas disminuye la intensidad energética y las emisiones de la cadena de suministro de combustibles



Figura 4 ODS 9: Industria, innovación e infraestructura. (ONU , 2023).

“El Objetivo 9 pretende construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. (ONU , 2023) “

En la Figura 4 se busca promover infraestructuras resilientes, industrialización sostenible e innovación. El crecimiento económico, el desarrollo social y la acción climática dependen de inversiones en capacidad logística, tecnología y cadenas de suministro eficientes. La evaluación costo-beneficio de alternativas que orientan inversiones eficientes en infraestructura logística y en tecnologías de gestión elevan la productividad del sistema



energético.

Figura 5 ODS 10: Reducción de las desigualdades. (ONU , 2023).

“La desigualdad amenaza el desarrollo social y económico a largo plazo, frena la reducción de la pobreza y destruye el sentido de realización y autoestima de las personas (ONU , 2023).”

Así como se menciona en la Figura 5 la desigualdad socava el desarrollo económico y social, frena la reducción de la pobreza y deteriora el bienestar. En energía, se expresa como brechas en acceso, calidad y precio entre regiones y grupos poblacionales. Al homogeneizar costos logísticos y reducir la dispersión de precios entre regiones mediante rutas y modos más eficientes, se mitigan desigualdades territoriales en el acceso a combustibles necesarios para la movilidad, la producción y los servicios básicos.



Figura 6 ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles. (ONU , 2023).

“El Objetivo 11 pretende lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles (ONU , 2023).”

En el objetivo 11 expresado en la Figura 6 las urbes inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. La logística energética incide en la movilidad, calidad del aire, seguridad vial y gestión de riesgos en entornos urbanos. La racionalización de rutas y frecuencias, el cumplimiento de estándares de emisiones y seguridad en flotas pesadas, la reducción de accidentes y derrames en zonas pobladas mejoran la vida urbana y la salud pública. Además, integrar energía renovable en sitio en terminales y electrificar equipos auxiliares reducen la huella urbana de la operación logística.

1.3 Instituciones reguladoras

En México, la administración del sector energético en el ámbito petrolero se apoya en múltiples organismos que buscan equilibrar la seguridad, la eficiencia, la transparencia y la sustentabilidad en toda la cadena de valor de los hidrocarburos. La Secretaría de Energía (SENER) funge como la autoridad rectora de la política energética nacional, responsable de diseñar y coordinar la planeación estratégica del sector, asegurando el abastecimiento confiable y promoviendo la transición hacia un sistema energético más limpio y competitivo. A su vez, la Comisión Nacional de Energía (CNE) antes (Comisión Reguladora de Energía) regula y supervisa las actividades de transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y petrolíferos, emitiendo permisos y estableciendo metodologías tarifarias que garantizan condiciones de competencia y acceso abierto a la infraestructura.

La Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) es el órgano encargado de vigilar la seguridad industrial, la protección ambiental y la gestión técnica de las instalaciones petroleras, desde la exploración hasta el transporte y almacenamiento, emitiendo regulaciones y realizando inspecciones para reducir riesgos y prevenir accidentes. En materia de transporte, la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF) supervisa las operaciones de los carrotanques y la infraestructura ferroviaria, estableciendo lineamientos de seguridad, eficiencia y competencia en el traslado de petrolíferos por tren.

Dentro del sistema energético interconectado, el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) administra en tiempo real el Sistema Eléctrico Nacional, garantizando el








despacho económico, la confiabilidad y la operación eficiente del mercado eléctrico mayorista. Por su parte, el Centro Nacional de Control del Gas Natural (CENAGAS) actúa como gestor independiente de la red nacional de gasoductos, encargado de planear, operar y garantizar acceso no discriminatorio a la infraestructura de transporte y almacenamiento de gas natural.

La empresa pública del Estado Petróleos Mexicanos (PEMEX) continúa desempeñando un papel estratégico, al encargarse de la exploración, producción, refinación y logística de hidrocarburos, así como de la operación de una amplia red de terminales, ductos y autotanques para el abasto nacional. Desde la perspectiva económica, la Secretaría de Economía (SE) interviene en el fomento a la inversión, la regulación del comercio exterior de hidrocarburos y la coordinación de políticas de contenido nacional. De forma complementaria, el Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo (FMPED) administra los ingresos derivados de las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos, canalizándolos hacia el gasto público, proyectos de desarrollo y el ahorro de largo plazo.

Finalmente, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) supervisa la construcción, operación y seguridad de las vías terrestres y marítimas utilizadas para la logística de hidrocarburos, otorgando concesiones y regulando a los transportistas. En este mismo marco, la Dirección General de Contenido Nacional y Fomento en el Sector Energético, adscrita a la SENER, promueve la participación de empresas mexicanas en la cadena de valor energética, estableciendo lineamientos de contenido nacional y fomentando el desarrollo de proveedores locales.

De este modo, la cadena de valor de los hidrocarburos estructurada en los eslabones de *upstream* (exploración y producción), *midstream* (transporte y almacenamiento) y *downstream* (refinación y comercialización) se articula con un marco regulatorio robusto, como se explica en la *Tabla 1.1* en el que cada institución cumple funciones específicas que, en conjunto, permiten asegurar el suministro, la competitividad y la soberanía energética del país bajo criterios de transparencia, eficiencia y sustentabilidad.

Tabla I.1 Instituciones reguladoras en la cadena de suministro . Elaboración propia

Eslabón	Instituciones clave
Exploración	 <p>Logos of Secretaría de Energía, PEMEX (POR EL RESCATE DE LA SOBERANÍA), ASEA (AGENCIA DE SEGURIDAD, ENERGÍA Y AMBIENTE), and FMP (FONDO MEXICANO DEL PETRÓLEO para la estabilización y el desarrollo).</p>
Transporte	 <p>Logos of Secretaría de Energía, ARTF (AGENCIA REGULADORA DEL TRANSPORTE FERROVIARIO), CNE (Comisión Nacional de Energía), PEMEX (POR EL RESCATE DE LA SOBERANÍA), CENAGAS (CENTRO NACIONAL DE CONTROL DEL GAS NATURAL), and ASEA (AGENCIA DE SEGURIDAD, ENERGÍA Y AMBIENTE).</p>
Almacenamiento	 <p>Logos of Secretaría de Energía, PEMEX (POR EL RESCATE DE LA SOBERANÍA), CNE (Comisión Nacional de Energía), CENAGAS (CENTRO NACIONAL DE CONTROL DEL GAS NATURAL), and ASEA (AGENCIA DE SEGURIDAD, ENERGÍA Y AMBIENTE).</p>
Transformación	 <p>Logos of Secretaría de Energía, PEMEX (POR EL RESCATE DE LA SOBERANÍA), CNE (Comisión Nacional de Energía), and ASEA (AGENCIA DE SEGURIDAD, ENERGÍA Y AMBIENTE).</p>
Distribución	 <p>Logos of PEMEX (POR EL RESCATE DE LA SOBERANÍA), CNE (Comisión Nacional de Energía), Economía (Secretaría de Economía), SAT (Servicio de Administración Tributaria), Comunicaciones (Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes), and ASEA (AGENCIA DE SEGURIDAD, ENERGÍA Y AMBIENTE).</p>
Comercialización	 <p>Logos of Secretaría de Energía, Economía (Secretaría de Economía), CNE (Comisión Nacional de Energía), and PEMEX (POR EL RESCATE DE LA SOBERANÍA).</p>
Transversal (apoyo y control económico)	 <p>Logos of CENACE (CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA), Economía (Secretaría de Economía), Energía (Secretaría de Energía), and FMP (FONDO MEXICANO DEL PETRÓLEO para la estabilización y el desarrollo).</p>

1.4 Transporte y logística de hidrocarburos

La logística de hidrocarburos articula, de extremo a extremo, la planeación, el transporte, el almacenamiento y la distribución de crudo, gas natural y petrolíferos. El movimiento físico se soporta en cuatro modalidades principales ductos, ferrocarril (carrotanques), carretera (autotanques) y buques que se conectan a centros de producción o importación con terminales de almacenamiento y reparto (TAR) y, finalmente, con el mercado. Cada modo tiene implicaciones técnicas, regulatorias, de riesgo y de costo.

1.4.1 Modalidades de transporte

El ducto es un sistema fijo de tubería presurizada para transporte continuo de hidrocarburos líquidos o gaseosos entre nodos definidos. Opera con estaciones de bombeo/compresión, válvulas de seccionamiento y sistemas de supervisión y control. Con costos unitarios mínimo a altos volúmenes y alta confiabilidad.

Carrotanque (vagón de ferrocarril) es un vagón-tanque cilíndrico para transporte por vía férrea. Habilita movimientos masivos a media y larga distancia con eficiencia energética y menor huella vial. Requiere integración a patios/terminales y equipos de carga/descarga.

Autotanque(tanque cisterna) es camión cisterna sencillo o articulado para traslado terrestre de petrolíferos. Provee máxima flexibilidad origen–destino y cobertura de “última milla”.

Buque (transporte marítimo) es una embarcación especializada para envío de lotes de crudo o petrolíferos entre puertos nacionales e internacionales. Permite importaciones/cabotaje a gran escala bajo protocolos estrictos de seguridad.

Como se muestra en la Figura 7, las principales modalidades de transporte de hidrocarburos comprenden ductos, carrotanques, autotanques y buques.



Figura 7 Modalidades de transporte de hidrocarburos. Elaboración propia (OpenAI, 2026).

Capítulo 2: Estructura y comportamiento de los hidrocarburos para el desarrollo de México

En el este capítulo se abordará la estructura económica, técnica y operativa que conforma el sistema de los hidrocarburos en México, analizando su papel como eje de desarrollo nacional y motor del crecimiento industrial. Se explica cómo la cadena de valor desde la exploración y extracción hasta la distribución y expendio al público constituye un sistema integrado que no solo asegura el abastecimiento energético del país, sino que también sostiene la estabilidad fiscal y la competitividad comercial frente a los mercados internacionales.

Asimismo, se examinan las modalidades de compraventa y los mecanismos de formación de precios del petróleo y el gas natural, destacando la influencia de factores de oferta, demanda, geopolítica y regulación internacional en la determinación del valor de los energéticos. En este marco, se describirá la relevancia de los crudos marcadores y la estructura de exportaciones de México, con énfasis en la mezcla Maya como referencia principal del comercio exterior.

De igual manera, el capítulo desarrollará la clasificación de los distintos tipos de hidrocarburos y sus usos principales dentro de la matriz energética nacional petróleo crudo, gas natural, gas licuado de petróleo (LP), gas natural licuado (LNG) y derivados refinados, integrando las especificaciones técnicas y normativas que regulan su calidad, tales como las normas ASTM y la NOM-016-CRE-2016.

Finalmente, se demostrará cómo la comprensión de la estructura y comportamiento de los hidrocarburos permite evaluar de manera integral su impacto en el desarrollo económico, energético y social de México, estableciendo la base analítica que sustenta los capítulos posteriores dedicados a la logística, comercialización y sostenibilidad del sector.

2.1 Cadena de valor de los hidrocarburos

La cadena de valor de los hidrocarburos es el vínculo productivo y logístico que conecta la exploración y extracción con el consumidor final. Cada eslabón de esta cadena no solo

agrega valor económico, sino que también determina la eficiencia, competitividad y sostenibilidad del sector energético. En el caso de México, dicha cadena se encuentra estrechamente vinculada al comercio internacional, dado que la nación participa de manera simultánea como productor, exportador e importador de crudo y combustibles.

El comercio internacional de hidrocarburos refleja por una parte la integración de México en los mercados globales como su dependencia de referentes estratégicos de precio, infraestructura de transporte transfronterizo y acuerdos comerciales. Este intercambio implica la alineación con crudos marcadores, contratos de compraventa y regulaciones internacionales que condicionan la rentabilidad y estabilidad del sector. En este sentido, analizar la cadena de valor junto con las dinámicas del comercio internacional permite comprender las oportunidades y riesgos que enfrenta el país, así como los retos para garantizar la seguridad energética y fortalecer su posición en el escenario global.

2.1.1 Exploración y extracción

La exploración y extracción, también denominada *upstream*, es parte de la primera fase de la cadena de valor de los hidrocarburos. Abarca todas las actividades orientadas a la localización, evaluación de potencial y desarrollo de yacimientos de petróleo y gas natural. En esta etapa se integran procesos de carácter geológico, geofísico y de perforación cuyo propósito es identificar áreas con potencial energético, cuantificar reservas y poner en producción los recursos descubiertos.

En la Figura 8 se representa el upstream como el eslabón inicial de la cadena de valor de los hidrocarburos, asociado principalmente con las actividades de exploración, localización de yacimientos, perforación y extracción de petróleo y gas natural. Esta etapa resulta fundamental porque determina la disponibilidad primaria del recurso energético que posteriormente será transportado, procesado, almacenado, comercializado y distribuido. Por lo tanto, el desempeño del upstream incide directamente en la continuidad operativa, la planeación logística y la seguridad de suministro del sector hidrocarburos.

UPSTREAM: EXPLORACIÓN Y EXTRACCIÓN, TRANSPORTE, COMERCIALIZACIÓN



Figura 8 Upstream como eslabón de la cadena de valor. Elaboración propia (OpenAI, 2026).

- **Sísmica**

Corresponde a los estudios geofísicos iniciales en superficie y subsuelo, mediante ondas sísmicas, que permiten identificar estructuras geológicas con potencial para contener hidrocarburos. Esta fase es clave para reducir la incertidumbre antes de perforar.

- **Perforación**

Consiste en la ejecución de pozos exploratorios con equipos de perforación especializados. El objetivo es atravesar las formaciones identificadas en los estudios sísmicos y obtener información directa del subsuelo (núcleos, registros eléctricos, fluidos).

- **Descubrimiento**

Se da cuando los pozos exploratorios confirman la presencia de hidrocarburos en cantidades comercialmente rentables. En esta etapa se certifican reservas y se determina la factibilidad técnica y económica de su explotación.

- **Desarrollo**

Incluye la perforación de pozos adicionales, construcción de facilidades de superficie e instalación de infraestructura necesaria (oleoductos, estaciones de separación, sistemas de compresión o bombeo). Buscando así maximizar la producción y preparar el campo para una explotación a lo largo de un tiempo.

- **Producción**

Etapas en la que los hidrocarburos son extraídos de manera continua y enviados hacia la batería de separación.

2.1.2 Comercialización

La comercialización es la fase estratégica de la cadena de valor de los hidrocarburos y tiene como objetivo insertar, bajo condiciones de mercado, el petróleo, el gas natural y sus derivados en los canales de consumo nacional e internacional. La principal misión de esta fase es asegurar que la molécula producida y transportada encuentre un destino económico viable, generando valor y sostenibilidad para todo el sector energético. En este sentido es la compraventa de la molécula, fijación de precios y entrega de los productos a terceros con permiso autorizado y vigente. Está regulada por marcos normativos que garantizan la competencia en el mercado, la transparencia en los precios y la protección al consumidor. Además, incluye actividades de importación y exportación que insertan a México en el comercio internacional de hidrocarburos y derivados.

La eficiencia de la comercialización es un factor crítico para maximizar los ingresos del sector, reducir riesgos asociados a la volatilidad internacional y mantener la competitividad frente a otros proveedores de energía. Además, define la capacidad del país para colocar sus hidrocarburos en mercados internacionales bajo criterios de precio, oportunidad, confiabilidad y seguridad energética, al tiempo que garantiza a los consumidores nacionales el acceso a combustibles en condiciones equitativas y seguras.

2.1.3 Transporte



Figura 9 Estructura de transporte del sector hidrocarburos. Elaboración propia (OpenAI, 2026).

En la Figura 9 se presenta la estructura de transporte del sector hidrocarburos, integrada por distintos medios logísticos como buques, ferrocarril, autotanques y ductos. Esta etapa constituye la fase intermedia de la cadena de valor, ya que permite movilizar petróleo, gas natural y petrolíferos desde los puntos de producción, importación o almacenamiento hacia refinerías, centros de procesamiento de gas, terminales de distribución, centros de exportación y puntos de consumo. Por lo tanto, el transporte representa un componente estratégico para garantizar la continuidad del suministro, reducir costos logísticos y fortalecer la eficiencia operativa del sector.

Para cumplir esta función se utilizan diversos medios especializados:

- **Los ductos (oleoductos y gasoductos):**

Posibilitan el traslado permanente de grandes volúmenes a bajo costo unitario, constituyéndose como la columna vertebral del transporte energético nacional e internacional.

- **Los buques:**

Son empleados para el transporte marítimo internacional a gran escala, asegurando la conexión con los principales mercados globales.

- **Los carrotanques:**

Ofrecen la capacidad de movilizar volúmenes significativos en trayectos de mediana y larga distancia, resultando particularmente relevantes en corredores industriales

- **Los autotanques o camiones cisterna:**

Aportan flexibilidad al suministro terrestre, sobre todo en aquellas regiones donde no existen ductos o infraestructura ferroviaria

En conjunto, estos sistemas convierten al transporte en un factor crítico para la continuidad del flujo energético, la reducción de costos logísticos y el sostenimiento de la competitividad del sector. Además, determinan la capacidad del país para insertar sus hidrocarburos en los mercados nacionales e internacionales bajo criterios de seguridad, costo de oportunidad y confiabilidad.

En la Figura 10 se presentan distintos sistemas de almacenamiento de hidrocarburos, los cuales permiten conservar, regular y asegurar la disponibilidad de productos energéticos dentro de la cadena de suministro. Esta infraestructura resulta estratégica para mantener inventarios operativos, atender variaciones de demanda y garantizar continuidad en los procesos de transporte, transformación, distribución y comercialización.

2.1.4 Almacenamiento

El almacenamiento es un eslabón estratégico dentro de la cadena de valor de los hidrocarburos, al garantizar la continuidad operativa y la seguridad energética del país. Su función esencial es resguardar petróleo crudo, gas natural y petrolíferos en infraestructuras especializadas que permiten equilibrar la oferta y la demanda, amortiguar interrupciones logísticas y asegurar la disponibilidad oportuna de producto hacia el mercado.



Figura 10 Sistemas de almacenamiento de hidrocarburos. Elaboración propia (OpenAI, 2026).

Las principales infraestructuras utilizadas son:

- **Terminales de almacenamiento y despacho (TAD):**

Son nodos logísticos estratégicos donde se concentran grandes volúmenes de combustibles para su redistribución regional. Son operadas por Pemex Logística.

- **Tanques de superficie cilíndricos y esféricos:**

Fabricados en acero al carbono o aleaciones especiales, permiten almacenar gasolinas, diésel, turbosina u otros líquidos. Los esféricos suelen destinarse a productos de mayor presión de vapor, como GLP.

- **Almacenamiento subterráneo (cavernas salinas y yacimientos agotados):**

Utiliza cavernas salinas o yacimientos agotados para gas natural, ofreciendo alta seguridad y capacidad de inyección/extracción, con gran valor para la estacionalidad de la demanda.

- **Esferas criogénicas y tanques refrigerados:**

Diseñados para GLP y GNL, operan a temperaturas Ultra bajas y con aislamiento especializado. Que permiten conservar el producto en estado líquido, reduciendo el volumen ocupado hasta en 600 veces respecto a su fase gaseosa.

Por otro lado, el *midstream* es el eslabón que otorga confiabilidad sistémica al sector energético, al articular transporte y almacenamiento bajo criterios de eficiencia, seguridad y continuidad operativa. Mientras el transporte establece la conexión dinámica entre la producción y el consumo, el almacenamiento actúa como un amortiguador estratégico, capaz de responder frente a crisis de abastecimiento, variaciones estacionales o fluctuaciones de precios internacionales. En conjunto, ambos pilares no solo aseguran la integración funcional de los hidrocarburos en los mercados, sino que también potencian la resiliencia energética del país, al permitir que la infraestructura se adapte a entornos de creciente complejidad y volatilidad.

De esta manera, el *midstream* trasciende su papel operativo para convertirse en un factor determinante de la competitividad nacional, al incidir en los costos finales de los combustibles, facilitar la diversificación de mercados y respaldar la transición hacia un sistema energético más seguro, flexible y sostenible.

En la Figura 11 se representa la etapa de transformación dentro de la cadena de valor de los hidrocarburos, la cual integra procesos de refinación, procesamiento y petroquímica. Esta fase permite convertir el petróleo crudo y el gas natural en productos de mayor valor comercial, como combustibles, gas natural licuado, insumos petroquímicos y derivados energéticos. Por ello, constituye un punto estratégico para fortalecer la disponibilidad de productos, optimizar el aprovechamiento de la materia prima y atender la demanda del mercado nacional e internacional.

2.1.5 Transformación: Refinación, procesamiento y petroquímica



Figura 11 Transformación: refinación, procesamiento y petroquímica. Elaboración propia (OpenAI, 2026).

La transformación es la siguiente etapa del *midstream* lo cual se centra en la refinación, procesamiento de petróleo y gas natural. Su función principal es convertir los recursos extraídos en productos con valor agregado que satisfacen la demanda energética e industrial de los mercados nacionales e internacionales.

- **Refinación:**

Consiste en el conjunto de procesos fisicoquímicos que convierten el petróleo crudo en derivados como gasolinas, diésel, turbosina, gas LP, combustóleo, asfalto y otros productos. Este paso es fundamental para obtener combustibles de calidad adecuados al parque vehicular, a la industria y a la generación eléctrica.

- **Procesamiento:**

Implica la separación de hidrocarburos asociados y la eliminación de impurezas. A través de plantas de endulzamiento, fraccionamiento y licuefacción se obtiene gas natural para consumo doméstico e industrial, se obtienen compuestos adicionales como etano, propano y butano que dan vida a otros productos.

- **Petroquímica:**

Transforma los insumos derivados del petróleo y del gas natural (naftas, etano) en materias primas para la industria química. De esta fase se producen plásticos, fertilizantes, fibras sintéticas, solventes y una amplia gama de productos industriales de uso cotidiano.

En términos estratégicos, la transformación representa el mayor valor agregado de la cadena, ya que convierte los hidrocarburos en productos finales que impulsan el consumo, el comercio y la competitividad industrial. Además, determina la balanza comercial de petrolíferos, incidiendo directamente en la seguridad energética y en la autosuficiencia de combustibles.

2.1.6 Distribución y Expendio al público



Figura 12 distribución y expendio al público imagen de elaboración propia (OpenAI, 2026).

La distribución y expendio al público como se muestra en la Figura 12 forma parte de la fase final del *downstream* y tienen como propósito acercar los productos refinados y procesados gasolinas, diésel, turbosina, gas LP, lubricantes, petroquímicos, entre otros al consumidor final. Su función es garantizar que los hidrocarburos transformados lleguen a los mercados de manera oportuna, segura, competitiva y bajo estándares de calidad.

En la distribución, los combustibles se movilizan desde terminales de almacenamiento y reparto (TAR) hasta centros de consumo, estaciones de servicio, aeropuertos, plantas industriales y clientes mayoristas. Para ello, se emplean diversos medios logísticos como autotanques, carrotanques ferroviarios, buques y redes de ductos especializados. Esta etapa requiere un alto grado de coordinación para mantener la continuidad del suministro y responder a la demanda en tiempo real.

En términos estratégicos, la distribución y el expendio al público representan el punto de contacto directo con la economía y la sociedad, ya que de su eficiencia dependen la movilidad de personas y mercancías, la operación de la industria y la seguridad energética nacional. Asimismo, determinan los márgenes de rentabilidad para las empresas y la percepción pública sobre la confiabilidad del sector energético.

En la Figura 13 se presenta la unificación de la cadena de valor de los hidrocarburos, integrada por las etapas upstream, midstream y downstream. Esta representación permite visualizar la continuidad operativa desde la exploración y extracción, hasta el transporte, almacenamiento, refinación, distribución y expendio al público. De esta manera, se evidencia que la eficiencia del sector depende de la coordinación entre cada etapa, ya que cualquier limitación logística, operativa o comercial puede impactar directamente en la disponibilidad del producto, los costos de suministro y el precio final al consumidor.



Figura 13 Unificación en la cadena de valor de los hidrocarburos Elaboración Propia (OpenAI, 2026).

2.2 Modalidades de compraventa, mercados y formación de precios

La comercialización del petróleo está fuertemente condicionada por factores políticos, económicos y ambientales, entre los cuales destaca la ley de la oferta y la demanda, dado que este recurso energético es considerado un *commodity*. En consecuencia, su valor depende directamente de la dinámica del mercado mundial y del grado de necesidad que presenten los consumidores en cada momento.

2.2.1 Oferta y demanda

La oferta se entiende como la cantidad de un bien que un productor está dispuesto a colocar en el mercado a determinado precio. De manera general, la relación es directamente proporcional: a mayor precio, mayor disposición de producción y venta.

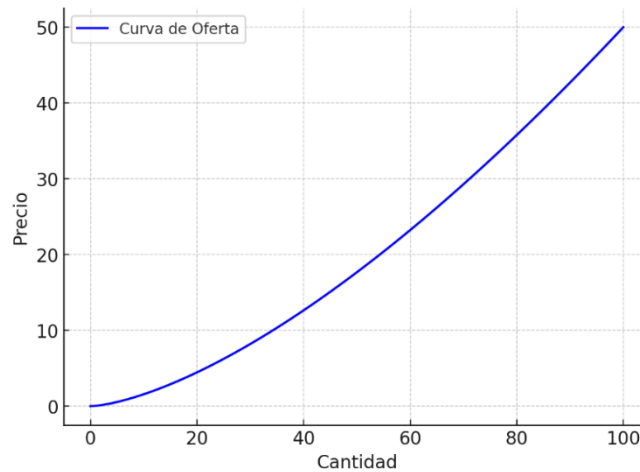


Figura 14 Modelo económico de oferta y demanda aplicado al sector energético. Nota. Adaptado de Krugman, P., & Wells, R. (2018).

En contraste, la demanda reflejada en Figura 15 mostrada en la cantidad de un bien que los compradores están dispuestos a adquirir a un precio dado. Según la ley de la demanda, esta relación es inversamente proporcional: Cuando el precio aumenta, la disposición de compra disminuye, y viceversa. Este principio es clave para explicar la volatilidad característica de los hidrocarburos en los mercados internacionales.

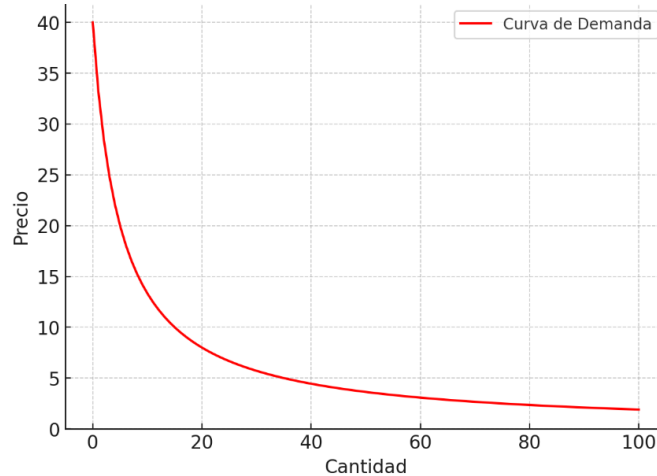


Figura 15 Equilibrio de mercado y elasticidad en energéticos. Nota adaptada de Krugman, P., & Wells, R. (2018).

2.2.2 Factores de oferta y demanda en la determinación del precio del petróleo

La determinación del precio del petróleo en los mercados internacionales responde a una serie de indicadores complejos, donde interactúan fuerzas de oferta y demanda junto con factores geopolíticos, económicos y tecnológicos. Elementos como los inventarios de crudo, la calidad de los hidrocarburos, la estabilidad política de los países productores y las políticas públicas ambientales y energéticas influyen de manera directa en la formación de precios.

A continuación, se describen los principales factores vinculados específicamente con la oferta y la demanda:

- **Inventarios de crudo**

Los inventarios corresponden al almacenamiento físico de petróleo que posee un país, diferenciándose en reservas comerciales (destinadas al consumo inmediato) y reservas estratégicas (utilizadas en situaciones de emergencia). Este indicador incide en la oferta, ya que mayores inventarios representan disponibilidad inmediata de crudo, ejerciendo presión a la baja sobre los precios; en contraste, inventarios reducidos suelen impulsar al alza las cotizaciones.

- **Cortes en el suministro**

Durante la pandemia de COVID-19 se presentaron interrupciones significativas en el flujo de crudo y productos derivados. Los confinamientos globales redujeron la movilidad de personal y complicaron la operación de plataformas, refinerías y terminales, ocasionando retrasos en la extracción y transporte. Al mismo tiempo, algunos países limitaron temporalmente su producción o cerraron instalaciones para ajustar la oferta al desplome de la demanda. Estas disrupciones no solo redujeron la disponibilidad inmediata de crudo en los mercados, sino que también acentuaron la volatilidad de precios, generando episodios de inestabilidad en la cadena de suministro global.

- **Regulación internacional**

Las decisiones gubernamentales y organismos internacionales también impactan la demanda. En 2020, la Organización Marítima Internacional (OMI) implementó regulaciones más estrictas para reducir emisiones de dióxido de azufre en buques, lo que redujo el consumo de combustóleo por su alto contenido de azufre. Estos cambios normativos desplazaron la demanda hacia la búsqueda de combustibles más limpios, y amigables con el medio ambiente afectando así la estructura de precios.

- **Crecimiento económico mundial**

La relación entre el crecimiento económico y la demanda de hidrocarburos es directa: a mayor dinamismo económico, mayor consumo energético. Durante la pandemia de COVID-19 en 2020, la paralización de actividades productivas y de transporte redujo drásticamente el consumo de crudo, provocando una caída histórica de precios. Por el contrario, las fases de expansión económica generan incrementos sostenidos en la demanda y presionan al alza las cotizaciones.

En conclusión, el precio del petróleo se fija en el mercado global. El petróleo se comercializa ampliamente en todo el mundo y puede moverse fácilmente de un mercado a otro por barco, oleoducto o barcaza. Por lo tanto, el mercado es global y el equilibrio entre la oferta y la demanda determina el precio del petróleo crudo en todo el mundo. Si hay escasez de petróleo en una parte del mundo, los precios subirán en ese mercado para atraer suministros de otros mercados hasta que la oferta y la demanda se equilibren. Si hay un excedente en una región y el precio baja, los compradores se sentirán atraídos rápidamente a ese mercado. Esto explica por qué los precios del petróleo crudo son similares en todo el mundo. Los precios varían únicamente para reflejar el costo del transporte del petróleo crudo a ese mercado y las diferencias de calidad entre los distintos tipos de petróleo. La naturaleza global del mercado también explica por qué los eventos en cualquier parte del mundo afectan los precios del petróleo en todos los mercados. Varios factores clave influyen en el precio del petróleo; sin embargo, los cuatro factores principales que ayudan a determinarlo son la oferta, el consumo, los mercados financieros y las políticas gubernamentales.

2.2.3 Factores que afectan en la determinación del precio del gas natural

La determinación del precio del gas natural obedece a una combinación dinámica de factores estructurales que reflejan la interacción entre oferta, demanda e infraestructura. En términos de consumo, el clima y el ciclo económico generan oscilaciones estacionales y variaciones en la actividad industrial que impulsan su utilización; inviernos rigurosos o veranos extremos incrementan el despacho de este energético para cubrir la demanda de calefacción y aire acondicionado, mientras que se elevan de manera sostenida el requerimiento energético de base. En este sentido, el gas natural se consolida como un insumo estratégico, indispensable para la generación eléctrica, los procesos térmicos industriales y la calefacción, lo que le otorga un papel central en la seguridad energética y en la transición hacia sistemas más eficientes y sostenibles.

En la Figura 16 se presenta la demanda del gas natural en América Latina a partir de los principales factores que influyen en su comportamiento, entre ellos las condiciones climáticas, la actividad económica, los sectores de uso estratégico y la infraestructura disponible.

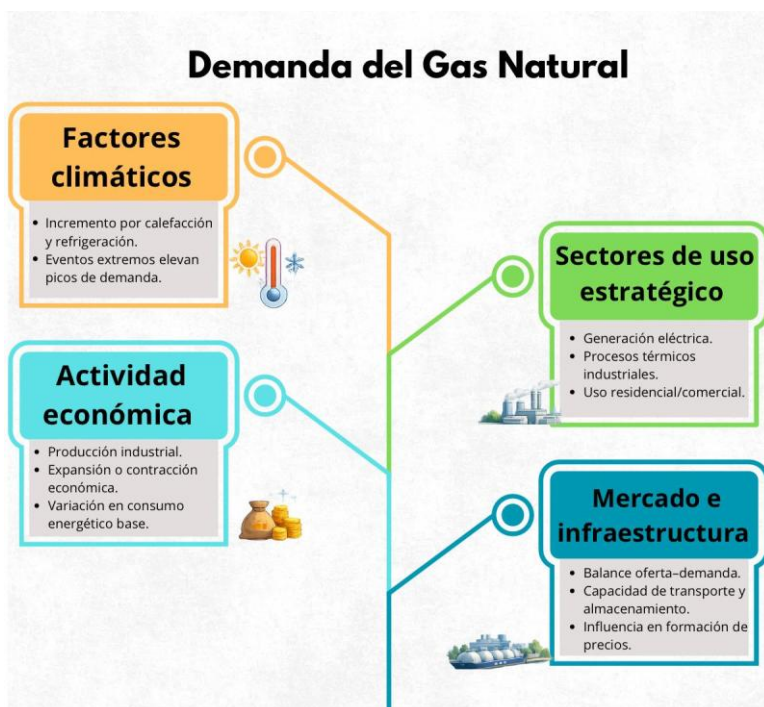


Figura 16 Estructura del mercado de gas natural en América Latina. Elaboración propia (Dorantes, 2025).

Del lado de la oferta, la disponibilidad de reservas, la productividad de cuencas y la rapidez para poner en línea o retirar producción condicionan la respuesta de precio. La infraestructura de transporte y transformación actúa como un facilitador: gasoductos, interconexiones transfronterizas, capacidad de almacenamiento subterráneo y terminales de gas natural licuado determinan si los volúmenes pueden fluir hacia donde se requieren y a qué costo. Cuando la capacidad es limitada o está congestionada, el diferencial entre *hubs* se amplía y aparecen señales de precio locales incluso si el balance global luce holgado; cuando la capacidad se expande o se flexibiliza el acceso, las bases de precio tienden a bajar como se expresa en la siguiente Figura 17.

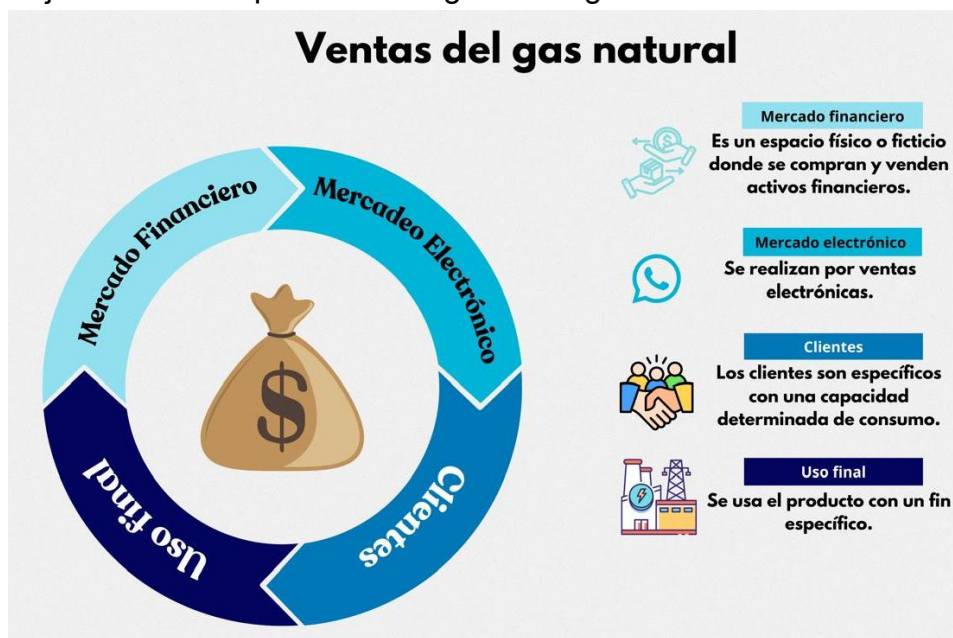


Figura 17 Cadena de venta del gas natural. Elaboración propia (Dorantes, 2025).

Los mecanismos de formación de precios combinan referencias financieras y transacciones físicas. En Norteamérica, Europa y Asia, marcadores como Henry Hub, TTF y JKM anclan contratos spot y de futuros, mientras que en el mercado físico se pactan acuerdos que suavizan la volatilidad y trasladan riesgos mediante fórmulas fundamentadas en el contrato de compraventa. La información operativa cotidiana fluye por boletines electrónicos de transporte, nominaciones y plataformas digitales de compraventa que transparentan disponibilidades, restricciones y costos de capacidad, y esos indicativos se trasladan a diferentes precios que dependen de diferenciales de calidad, localización y servicio.

La geopolítica y la regulación tienen un peso determinante al afectar la seguridad de suministro y el acceso a infraestructura. Conflictos que interrumpen flujos, sanciones comerciales, cambios regulatorios en tarifas de transporte o acceso abierto, políticas climáticas que encarecen emisiones y estándares ambientales sobre metano inciden en costos y en la preferencia de contratos flexibles. En contextos de tensión, el LNG gana protagonismo por su capacidad de redirigir cargamentos y arbitrar entre cuencas, pero su cadena agrega costos de licuefacción, flete y regasificación que elevan el precio marginal y pueden volverlo más volátil cuando la disponibilidad de buques o las ventanas logísticas son limitadas.

En el plano global, el gas natural se ha posicionado como combustible de transición porque es más amigable con el medio ambiente frente a otros hidrocarburos y por su capacidad de respaldar la variabilidad de las energías renovables con centrales de ciclo combinado. Esta característica lo vuelve pieza clave para sostener competitividad industrial y confiabilidad del sistema eléctrico mientras avanza la descarbonización, especialmente en economías emergentes donde la sustitución de combustibles más intensivos en emisiones



Figura 18 Mercados del gas natural Nota. Elaboración propia (Dorantes, 2025).

genera beneficios ambientales inmediatos. Los principales mercados se expresan en la Figura 18.

2.2.4 Crudos marcadores

Se denomina crudo marcador al petróleo cuya cotización sirve como referencia para valorar otras calidades en un mercado determinado. El diferencial es definido por el vendedor o negociado entre las partes ajusta por calidad (densidad API y cantidad de azufre, entre otros aspectos de calidad), ubicación y flete, y condiciones operativas o comerciales. Así, los marcadores operan como precios guía que alinean la valoración de múltiples crudos con el nivel observado en los mercados físicos y financieros de la región de entrega.

Un crudo para ser considerado como marcador debe reunir ciertas condiciones clave: su densidad API, composición (azufre y metales) y factor k (especie de hidrocarburo) tienen que ubicarse dentro de rangos aceptables para la mayoría de las refinerías, garantizando así una calidad comparable a los estándares internacionales. Además, debe poseer alta procesabilidad en la región de influencia, es decir, ser demandado por las refinerías de la región y adaptarse a la mayoría de los diseños en plantas de refinación. Otro aspecto esencial es la liquidez comercial, que permita operaciones ágiles de compraventa, facilitando el arbitraje tanto geográfico como temporal. Igualmente, requiere de un volumen de producción suficiente para asegurar precios estables y confiables en cualquier periodo



Figura 19 Características de los crudos marcadores. Elaboración propia (Dorantes, 2025).

de negociación. Finalmente, debe operar en un mercado transparente, con transacciones abiertas y verificables, respaldadas por una masa crítica de compradores y vendedores que garanticen una formación de precios justa y competitiva conforme a la demanda del producto.

El crudo marcador es, en términos prácticos, el “producto ancla” de la industria petrolera. Su rol central es alinear el precio de decenas de calidades de crudo alrededor de una base objetiva, facilitando la comparación, la negociación y la estabilidad de los flujos comerciales en mercados.

Bajo estos principios, los crudos marcadores permiten que productores, refinadores y comercializadores definan estrategias de compraventa, coberturas y logística con base en señales de precio comparables y oportunas. En las siguientes páginas se presentan los principales marcadores por región de venta y su relevancia operativa en los mercados spot y de futuros, conforme al siguiente mapa donde se muestran los principales crudos marcadores.



Figura 20 Tipos de crudos. Elaboración propia (Dorantes, 2025).

2.2.5 Mercado de hidrocarburos

En este contexto, las modalidades de compraventa son la forma jurídica y operativa en que se ejecuta la comercialización:

- **Mercado spot**



En este esquema las transacciones se realizan con entrega y pago inmediatos. Es común en la compraventa de cargamentos de petróleo crudo, gas natural licuado (GNL) y petrolíferos cuando se busca aprovechar coyunturas de precios atractivos en el corto plazo. Su principal ventaja radica en la flexibilidad y rapidez de respuesta ante cambios súbitos en el mercado. No obstante, la exposición a la volatilidad lo convierte en un mecanismo de alto riesgo, especialmente para países importadores que dependen de la estabilidad del suministro. En México, el mercado spot ha cobrado relevancia en importaciones de gasolina tras la apertura del sector en 2013, pues permitió la entrada de comercializadores privados con esquemas ágiles de compra (SENER, 2023).

- **Contratos de futuros**

Son acuerdos entre productor y comprador que fijan condiciones de precio, volumen y plazo, normalmente vinculados a referencias internacionales como Brent, WTI. Estos contratos son fundamentales para garantizar la certidumbre en la planificación financiera, logística y fiscal. La estabilidad que generan resulta clave para proyectos de inversión intensivos en capital, como infraestructura de refinación o terminales de almacenamiento para blindar el presupuesto público frente a caídas abruptas del precio del crudo (SHCP, 2022).

En la Tabla II.2 se comparan las principales diferencias entre el mercado spot y el mercado de futuros dentro de la comercialización de hidrocarburos. El mercado spot se orienta a la entrega y recepción inmediata o de corto plazo de crudo y gas natural, con precios determinados por las condiciones actuales del mercado. En contraste, el mercado de futuros permite pactar precios para entregas posteriores, funcionando como una herramienta de cobertura ante riesgos de variación en los precios.

Tabla II.2 Tipos de Mercados de los hidrocarburos Elaboración propia (Dorantes, 2025)

	 MERCADO SPOT	 MERCADO DE FUTUROS
PROPÓSITO	ENTREGA Y RECEPCION DE CRUDO Y GAS NATURAL	COBERTURA DE RIESGOS O DE CAMBIO DE PRECIO
ENTREGA DEL PRODUCTO	DE INMEDIATO A CORTO PLAZO	A PLAZO INTERMEDIO O LARGO EN UNA FECHA PACTADA
TIEMPO	CORTO PLAZO	MEDIANO O LARGO PLAZO
PARTICIPANTES	PRODUCTORES E INVERSIONISTAS	PRODUCTORES, TRADERS
PRECIO	PRECIO EN EL MERCADO	PRECIO PACTADO HOY PARA LA ENTREGA

2.2.6 Determinación de precios del petróleo para la exportación

Con base en el BDI de PEMEX se forma la Figura 21, en el periodo 2015–2025 el crudo Maya se mantiene como el grado preponderante de exportación. En promedio de los 10 años en los que se evaluó, México exportó 999.09 Mbd en total, de los cuales Maya aportó 806.74 Mbd 80.75 % del total, Istmo 161.40 Mbd (16.15 %), Olmeca 23.20 Mbd (2.32 %) y Zapoteco 7.75 Mbd (0.78 %).

El Maya alcanzó un máximo de 1,153.31 MMBD (2018) y un mínimo de 265.26 Mbd (2025), con una tasa compuesta de variación 2015-2025 de 13.05 % anual.

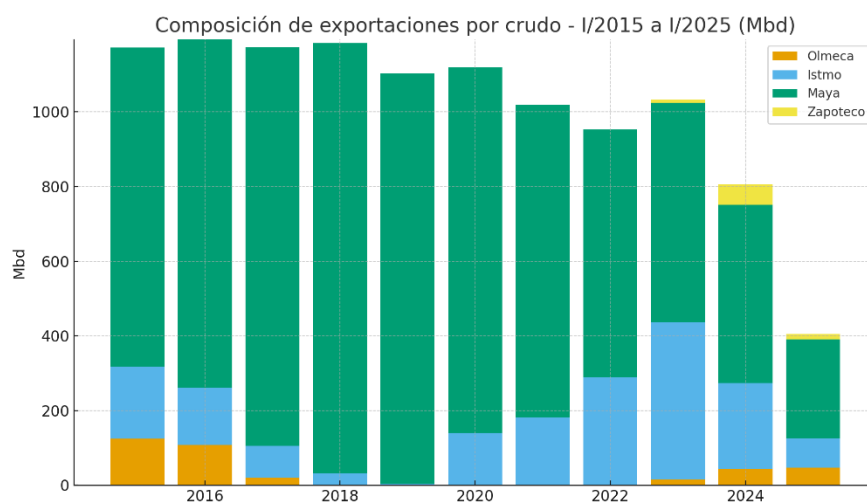


Figura 21 Composición de la exportación por crudo. Elaboración propia con datos (PEMEX 2024).

En México, la formación del precio de exportación se realiza mediante fórmulas oficiales de PMI Comercio Internacional, S.A. de C.V. que anclan el valor a marcadores internacionales y aplican un ajuste K por calidad y condiciones de mercado. Desde diciembre de 2019 se emplean fórmulas diferenciadas por región:

- **América y el Caribe:**

Ecuación 1

$$P_{MAYA} = 0.65(WTI_{HOU}) + 0.35(ICE\ BRENT) + K.$$

- **Europa, India y Medio Oriente:**

Ecuación 2

$$P_{MAYA} = (ICE BRENT) + K.$$

- **Lejano Oriente**

Ecuación 3

$$P_{MAYA} = \frac{(Oman+Dubai)}{2+K}.$$

Donde:

- P_{MAYA} = Precio del crudo Maya (USD/barril).
- WTI_{HOU} = Promedio aritmético de las cotizaciones alta y baja del West Texas Intermediate en Houston, publicadas por Argus Media (USD/barril).
- $(ICE BRENT)$ = Cotización de cierre del contrato de futuros del Brent para el primer mes, publicado por el Intercontinental Exchange (ICE) (USD/barril).
- K = Ajuste por calidad y condiciones del mercado (USD/barril).
- “**Oman**”: Significa el promedio aritmético de las cotizaciones alta y baja publicadas por S&P Global durante el periodo de valoración
- “**Dubai**” : Es promedio aritmético de las cotizaciones alta y baja publicadas por S&P Global durante el periodo de valoración

La elección del Maya como caso único de referencia es pertinente y suficiente, ya que concentra la mayor parte del portafolio exportador y se coloca en las tres regiones principales, validando el uso de dos anclas líquidas (*WTI Houston y Brent*) y del promedio Oman–Dubai en medio oriente.

Tabla II.3 Movimientos de crudo al exterior. Elaboración propia (PEMEX 2026).

Crudo	Region	I/2015	I/2016	I/2017	I/2018	I/2019	I/2020	I/2021	I/2022	I/2023	I/2024	I/2025
Istmo	América	84.015	84.44	13.156	2.678	2.722	124.631	146.626	197.434	284.595	153.482	60.854
	Europa	29.723	17.105	5.499	5.584			8.015	20.473	56.709	53.653	17.549
	Lejano Oriente	80.22	121.12	67.106	22.396	1.365	15.012	26.74	71.555	79.201	24.82	
	Total	193.959	152.665	85.761	30.658	4.087	139.643	181.381	289.461	420.504	231.414	78.403
Maya	América	572.388	343.345	616.586	670.766	606.509	534.934	432.218	440.409	426.724	287.429	178.24
	Europa	142.39	176.671	202.465	193.531	181.794	162.753	133.908	92.505	78.944	94.683	55.457
	Lejano Oriente	138.989	320.63	250.099	289.013	310.944	282.492	270.804	130.754	83.09	95.109	31.559
	Total	854.211	933.646	1069.15	1153.309	1099.247	980.238	836.93	663.749	588.758	471.123	265.256
Olmeca	América	48.07	75.08	7.789						5.468	8.932	2.719
	Europa	76.145	25.381	11.156						4.482	28.399	30.886
	Lejano Oriente		4.515							5.452	5.284	13.487
	Total	124.216	107.975	18.944						15.041	42.615	47.092
Zapoteco	América									5.428	44.914	12.914
	Lejano Oriente									2.715	10.174	1.344
	Total									8.143	55.008	14.258
Total	América	704.917	603.866	637.53	637.444	609.231	659.624	578.843	637.293	719.501	459.838	243.157
	Europa	248.259	257.157	219.119	199.115	181.794	162.753	141.922	112.978	140.134	176.735	103.892
	Lejano Oriente	219.21	328.264	317.205	311.408	312.309	297.504	297.545	202.309	173.172	169.668	57.959
	Total	1172.385	1194.287	1373.855	1183.967	1103.334	1119.881	1018.311	953.21	1032.807	806.284	405.008

2.3 Tipos de hidrocarburos y usos principales

Los hidrocarburos presentes en México aportan la base sobre la cual se articula el funcionamiento del sector energético, pues de ellos se derivan los insumos esenciales para la generación de energía, la movilidad, la industria petroquímica y el transporte marítimo y aéreo. El estudio de los diferentes tipos de hidrocarburos permite comprender no solo sus características químicas y físicas derivadas de su estructura molecular, sino también la forma en que estos recursos se transforman en productos de alto valor agregado dentro de la cadena de valor. Debido a que el petróleo se clasifica como un energético primario no renovable, ya que se obtiene directamente de la naturaleza sin de procesos de conversión previos. Su condición de recurso limitado y su elevada densidad energética lo convierten en uno de los pilares de la matriz energética mundial, siendo indispensable para satisfacer la demanda de electricidad, transporte y manufactura en economías desarrolladas y emergentes.

En el contexto nacional, el petróleo crudo, el gas natural y los condensados representan los tres pilares de la producción primaria. Cada uno posee propiedades específicas que determinan sus aplicaciones: Desde la refinación para producir gasolinas y diésel, hasta su utilización como materia prima para la petroquímica. Este último aspecto hace referencia a la transformación de los hidrocarburos en insumos básicos como etano, propano, butano, que sirven de base para la elaboración de una amplia gama de productos químicos de uso industrial y doméstico. A partir de estos insumos primarios, también se generan los combustibles que abastecen al mercado interno, entre los que destacan la gasolina magna, la gasolina premium, el diésel UBA, el diésel marino (DMA/DMB), el combustóleo marino (HFO), la turbosina (Jet A, Jet A-1) y la gasolina de aviación (Av Gas 100LL), cada uno con especificaciones técnicas que responden a las necesidades del transporte terrestre, marítimo y aéreo. En la Figura 22 se presenta el proceso de destilación fraccionada del petróleo, mediante el cual el crudo se separa en diferentes productos de acuerdo con sus rangos de temperatura y peso molecular. Este proceso permite obtener gases ligeros, gasolina, queroseno, diésel, aceites lubricantes, ceras,

asfalto y residuos pesados, los cuales posteriormente se integran a distintas cadenas de transporte, comercialización y consumo.

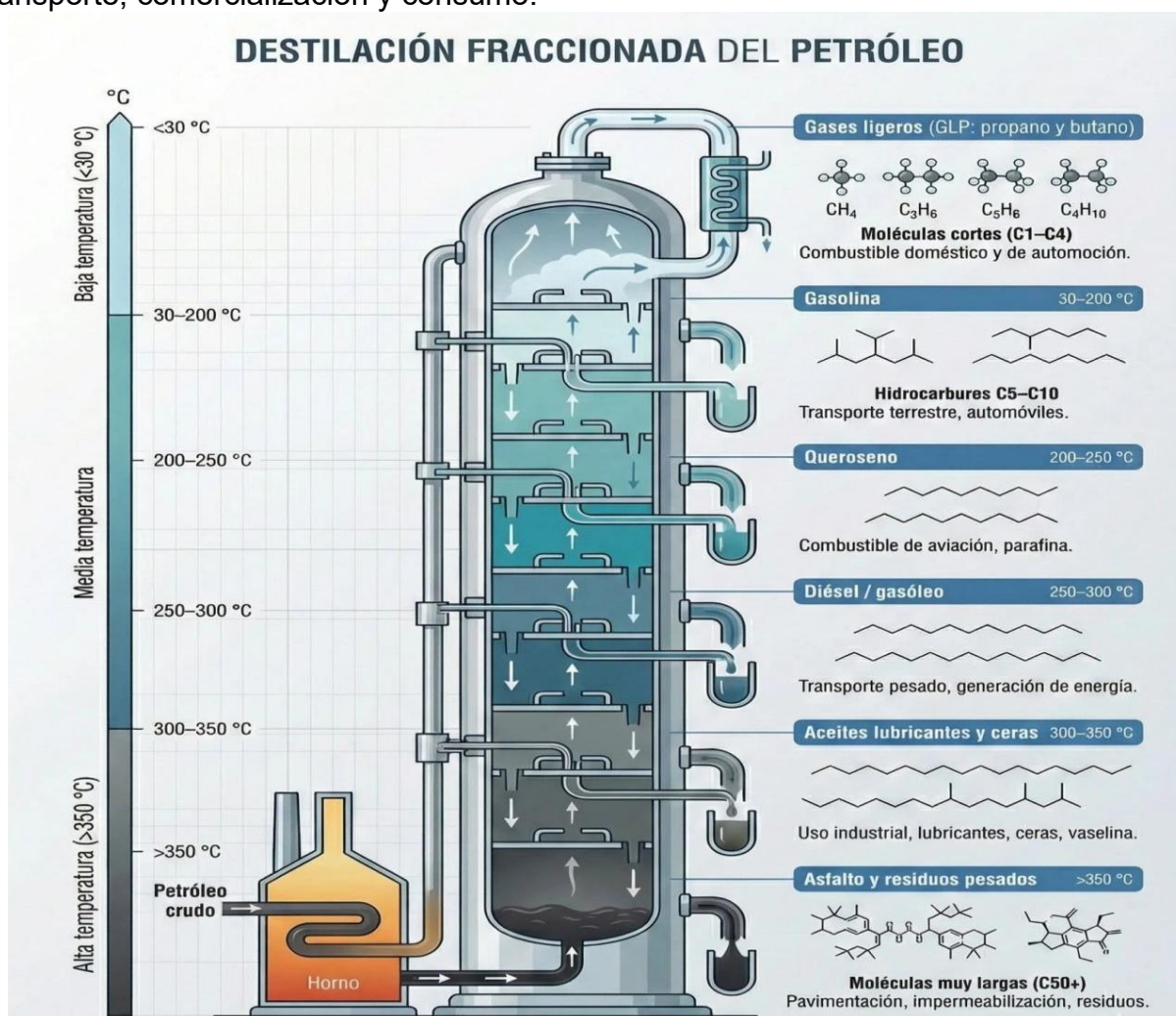


Figura 22 Destilación fraccionada del Petróleo. Elaboración propia (OpenAI, 2026).

De manera paralela, el gas natural conforma otro eje fundamental de la matriz energética. En esta categoría se incluyen: el gas natural licuado (LNG) y el gas natural en estado gaseoso, utilizados para la generación eléctrica y la industria; el gas LP, ampliamente consumido en el sector doméstico y comercial; y el gas natural vehicular, que ha cobrado importancia como alternativa de movilidad más limpia. La diferenciación entre estas modalidades refleja no solo distintas propiedades fisicoquímicas, sino también aplicaciones estratégicas en la industria, el transporte y el consumo final.

Con ello, el análisis de los tipos de hidrocarburos y sus usos principales permite establecer un puente entre la composición molecular de estos recursos, su procesamiento en las fases de la cadena de valor y su papel como motor del desarrollo económico, industrial y social en México.

Los hidrocarburos se distinguen no solo por su estado físico y aplicaciones industriales, sino también por su estructura molecular, la cual determina su densidad, viscosidad, poder calorífico y facilidad de procesamiento.

2.3.1 Petróleo crudo

El petróleo crudo es una mezcla compleja de hidrocarburos compuestos mayoritariamente por átomos de carbono e hidrógeno en estructuras lineales, ramificadas o cíclicas, acompañados en menor proporción de compuestos de azufre, nitrógeno, oxígeno y metales pesados. Según su gravedad API, el crudo puede clasificarse en ligero, mediano o pesado, lo cual determina su valor comercial y su eficiencia en los procesos de refinación. En México, la mayor parte de la producción se concentra en crudos pesados y extrapesados, aunque también existen yacimientos de crudo ligero. Su principal uso es como materia prima para la refinación, de la cual se obtienen gasolinas, diésel, turbosina y petroquímicos básicos. El petróleo crudo es una mezcla altamente compleja de hidrocarburos que incluye tres grandes familias moleculares:

❖ Parafinas:

Son cadenas lineales o ramificadas de átomos de carbono (C_nH_{2n+2}). Su elevado poder calorífico las convierte en un componente esencial en la formulación de gasolinas, donde aportan alto rendimiento energético. También son la base para la producción de ceras, solventes y como materia prima en procesos petroquímicos orientados a plásticos y detergentes.

❖ **Naftenos:**

Corresponden a cadenas cerradas saturadas, comúnmente de cinco o seis carbonos, que otorgan estabilidad al crudo. Tienen un papel relevante en la producción de diésel por su buena capacidad de combustión, además de ser esenciales en la obtención de aceites lubricantes, asfaltos y algunos solventes industriales. En refinación, los naftenos contribuyen al aumento de octanaje mediante procesos de reformado catalítico.

❖ **Aromáticos:**

Son estructuras cíclicas con uno o más anillos bencénicos (C_6H_6). Si bien su combustión genera más emisiones contaminantes y por ello se consideran menos deseables desde el punto de vista ambiental, son altamente valorados como materia prima petroquímica. Los aromáticos (benceno, tolueno, xilenos) son insumos básicos para la fabricación de plásticos, fibras sintéticas, colorantes, resinas, cauchos y solventes de amplio uso en la industria química.

En la Tabla II.4 se presenta la clasificación de los principales petroquímicos de acuerdo con la familia de hidrocarburos de la que provienen. Esta relación permite identificar la importancia industrial de las parafinas, naftenos y aromáticos dentro de la cadena de valor de los hidrocarburos, debido a que sus derivados participan en la producción de combustibles, lubricantes, plásticos, solventes, fibras sintéticas, resinas y otros insumos estratégicos para distintos sectores productivos.

Tabla II.4 Petroquímicos según la familia de hidrocarburos. Elaboración propia (IMP 2025).

Familia de hidrocarburos	Aplicaciones industriales	Imagen de referencia
Parafinas (alcanos)	Producción de gasolinas, ceras, solventes, plásticos y detergentes	
Naftenos (cicloalcanos)	Producción de diésel, lubricantes, asfaltos, solventes y reformado catalítico	
Aromáticos	Producción de plásticos, fibras sintéticas, resinas, colorantes, cauchos y solventes	

En México, los tipos de crudo se clasifican por su gravedad API y contenido de azufre:

- **Condensados**

Generalmente con API >45 y bajo contenido de azufre. Son los de mayor valor comercial porque rinden más gasolinas y destilados ligeros.

- **Crudos ligeros**

API entre 31 y 44, con bajo contenido de azufre. Son valorados por su mayor rendimiento en productos ligeros. Por ejemplo: Istmo (ligero, 33°API, 1% azufre).

- **Crudos medianos**

API entre 22 y 30. Son usados en mezclas de refinación y como insumo flexible para refinerías con complejidad media. Por ejemplo: Altamira (29°API, 1.5% azufre).

- **Crudos pesados**

API entre 11 y 21, con alto azufre. Requieren procesos de conversión profunda como coquización. Por ejemplo: Maya (pesado, 22°API, 3.3% azufre).⁷

- **Crudos extrapesados**

API <11, con alto azufre y alta viscosidad. Su transporte y refinación requieren diluyentes o tecnologías avanzadas. Por ejemplo: Reservas extrapesadas en Chicontepec con crudos de 10°API.

Actualmente, México es reconocido por exportar principalmente crudo Maya (pesado, alto en azufre), mientras que Olmeca e Istmo son más utilizados en el mercado interno y mezclas de exportación (PEMEX, 2023).

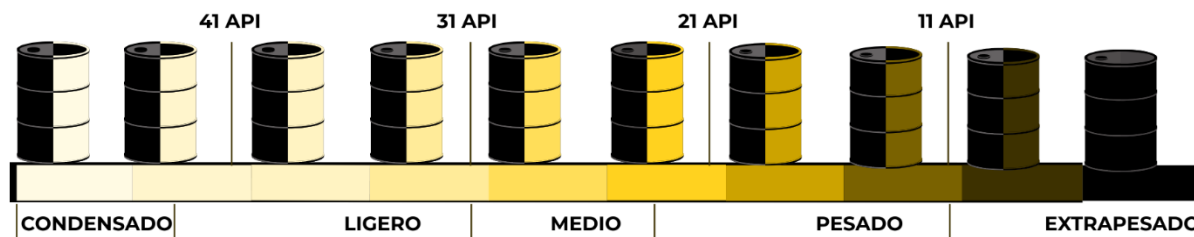


Figura 23 Modelo institucional del sector hidrocarburos en México. Elaboración propia (CNH 2018).

En este contexto existen diferentes clasificaciones de crudos uno de ellos son los crudos marcadores que funcionan como crudos de referencia en los mercados de compraventa. Y su relevancia radica en que actúan como indicadores que determinan las tendencias de

precios. Estos crudos se diferencian por variables como la gravedad API, viscosidad, contenido de azufre, impurezas y componentes pesados, factores que inciden directamente en su cotización.

Algunos de los principales crudos marcadores son:

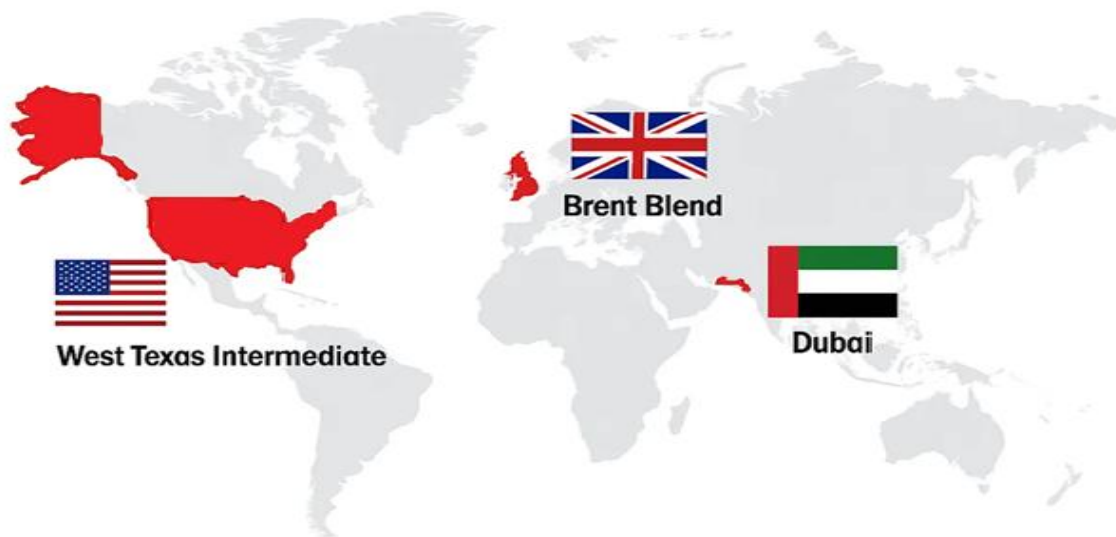


Figura 24 Principales crudos marcadores. Elaboración propia (Dorantes, 2025)

- **West Texas Intermediate (WTI)**

Es un crudo marcador estadounidense de alta liquidez, extraído en la región del Golfo de Texas. Es considerado un crudo ligero y dulce.

- **Brent**

Es un crudo marcador extraído en el Mar del Norte, es la referencia más utilizada en Europa y Asia.

- **Dubái**

Es un crudo medio y agrio. Su importancia radica en que refleja mejor las condiciones de suministro de crudos pesados o con mayor contenido de azufre, comparables al crudo Maya de México.

Tabla II.5 comparativa de crudos marcadores y sus principales composiciones. Elaboración propia (CNH 2018).

Mezcla	Grados API	% De Azufre
Brent	38.3	0.37
WTI	39.6	0.24
Dubai	31.0	2.0

- **MME**

La Mezcla Mexicana de Exportación (MME), aunque técnicamente no se considera un crudo marcador internacional; la MME es un promedio ponderado de las principales mezclas que el país exporta Olmeca, Istmo, Maya y Altamira y por el cual se calculan los ingresos petroleros nacionales.

Tabla II.6 comparativa de crudos nacionales y sus principales composiciones. Elaboración propia (CNH 2018).

Mezcla	Grados API	% De Azufre
Maya	22	3.4
Istmo	33	1.2
Altamira	16.5	2.7
Olmeca	39	0.8

En la Figura 25 se presentan los principales tipos de crudo producidos en México, clasificados de acuerdo con su gravedad API. Esta clasificación permite distinguir crudos ligeros, intermedios y pesados, lo cual resulta fundamental para evaluar su valor comercial, su comportamiento en procesos de refinación y su aprovechamiento dentro de la cadena de suministro.



Figura 25 Tipos de crudos en México. Elaboración propia (CNH 2018).

2.3.2 Gas natural

En los yacimientos de hidrocarburos, el gas natural se presenta en dos configuraciones operativas que condicionan toda la cadena de valor: Gas natural asociado y gas natural no asociado. Esta distinción determina la estrategia del manejo en el yacimiento, también el diseño de facilidades de superficie. A continuación, se presentan las características de las dos configuraciones:

1. Gas natural asociado

El gas natural asociado puede estar disuelto en el petróleo crudo o en forma de gas libre (una "capa" de gas) en la parte superior del yacimiento. Este se separa del petróleo crudo en la boca del pozo y puede ser utilizado en la generación de electricidad, como materia prima petroquímica, o para la producción de combustibles sintéticos.

2. Gas natural no asociado

El gas natural no asociado se extrae de yacimientos de gas. Es denominado gas "seco" (gas no asociado con aceite) que se encuentra en depósitos exclusivamente gasíferos. Es una importante fuente de gas natural, y una gran parte de la producción de gas en algunos países, como Estados Unidos, proviene de gas no asociado.

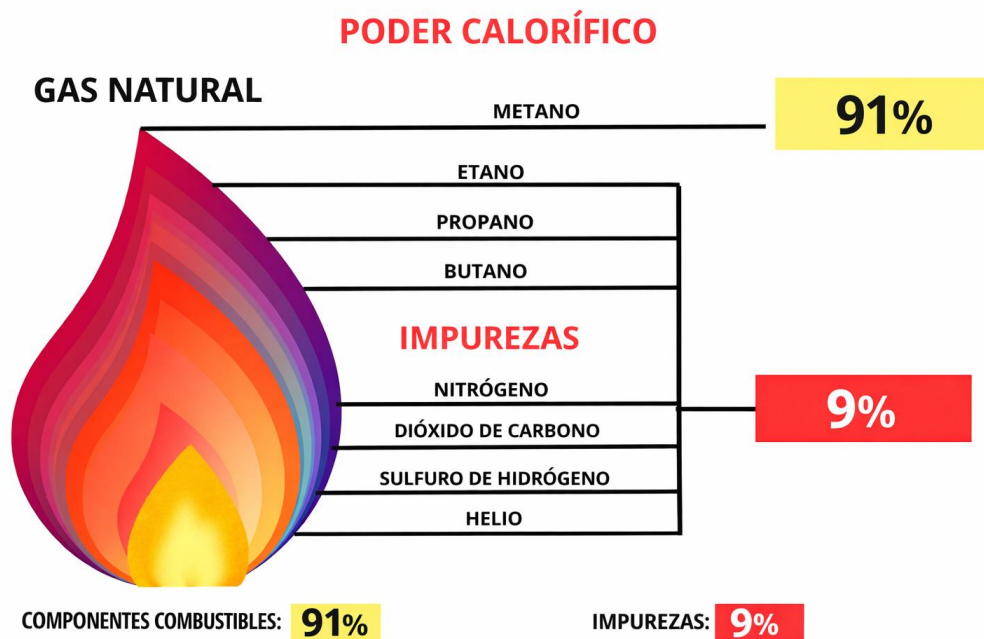


Figura 26 Componentes del gas natural. Elaboración propia (Dorantes 2024).

Como se expresa en la Figura 26, el gas natural está conformado principalmente por componentes combustibles, entre los que destaca el metano, acompañado por etano, propano y butano. Estos componentes representan aproximadamente el 91% de su composición y son los responsables de su poder calorífico. Asimismo, se identifica la presencia de impurezas como nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y helio, las cuales representan cerca del 9% y deben ser controladas para garantizar la calidad, seguridad y eficiencia del gas durante su transporte, procesamiento y comercialización.

2.3.3 Combustibles

Los combustibles marcan el funcionamiento de los transportes terrestres, marítimos y aéreos, así como del funcionamiento de la industria y la generación eléctrica en ciertos sectores. Cada combustible posee una formulación específica que responde a los estándares internacionales de desempeño, seguridad y medio ambiente, lo que permite su uso en aplicaciones concretas y diferenciadas.

En este marco, las normas ASTM operan como lenguaje común de la cadena global de suministro: Definen propiedades críticas y métodos de prueba estandarizados para los combustibles, asegurando comparabilidad de resultados entre laboratorios, interoperabilidad técnica y reducción de riesgos en transacciones internacionales. La propia regulación mexicana remite explícitamente a estos métodos ASTM, delimitando su uso para producción, importación y pruebas de control a lo largo de la logística.

En México, la NOM-016-CRE-2016 funge como el ancla regulatoria: Establece las especificaciones de calidad que deben cumplir los petrolíferos en cada etapa de la cadena de producción y suministro, incluyendo la importación, y determina su campo de aplicación. En consecuencia, el mercado interno puede utilizar nombres comerciales distintos a los de otros países, pero la clasificación efectiva se rige por las familias de producto y métodos ASTM que la NOM incorpora como referencia operativa.

PROCESAMIENTO DE UN BARRIL DE CRUDO





Figura 27 Barril de petróleo. Elaboración propia (Dorantes, 2025)

Tabla II.7 Especificaciones internacionales y nacionales en combustibles. Elaboración propia (CRE 2016).

Combustible	Norma base de calidad ASTM	Anclaje en México (entrada al país / mercado interno)	Imagen de referencia
Gasolina automotriz Regular	Número de octano combustible para motores de encendido por chispa (ASTM D2700) <i>Octanaje</i> 82.0 mínimo	NOM-016-CRE-2016	
Gasolina automotriz Premium	Número de octano combustible para motores de encendido por chispa (ASTM D2699) <i>Octanaje</i> 94.0 mínimo	NOM-016-CRE-2016	
Diésel automotriz UBA (15 ppm S)	Azufre (ppm): Determinación de azufre en productos de petróleo por espectroscopia de rayos X de fluorescencia por dispersión de energía (ASTM D4294) Determinación de azufre total en hidrocarburos ligeros (ASTM D5453, D2622, D7039, D7220)	NOM-016-CRE-2016 (diésel automotriz/ agrícola/marino/industrial)	
Turbosina (Jet A / Jet A-1)	Estabilidad térmica (2.5 h a temperatura controlada de 260 °C, mínimo), ASTM D3241 Estabilidad de la oxidación térmica de combustibles para turbinas de aviación. Partículas contaminantes: ASTM D2276, Partículas contaminantes en combustibles de aviación por muestreo por líneas. -ASTM D5452, Partículas contaminantes en	NOM-016-CRE-2016 (turbosina)	

	combustibles de aviación por filtración en laboratorio.		
Gasavión (Avgas 100LL)	Mezcla natural - Número de octano, MON Número de octano, Número de octano de motor de combustibles, para motores de encendido por chispa (ASTM D2700) – 99.6 adm.	NOM-016-CRE-2016 (gasavión)	
Combustóleo / Fuel Oil (No. 4/5/6)	Viscosidad cinemática mm²/s cSt. Viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos (Cálculo de viscosidad dinámica). (ASTM D445) Viscosidad Saybolt (ASTM D88) Conversión de viscosidad cinemática a viscosidad universal Saybolt o Viscosidad Furol Saybolt (ASTM D2161). <ul style="list-style-type: none"> • IFO 180- Mín. 125, Máx. 180 • IFO 380- Máx. 380 	NOM-016-CRE-2016 (combustóleo e intermedio)	
Diésel marino destilado (DMA/DMB)		Para importación y consumo en México aplica ISO 8217 y verificación de calidad en aduana conforme NOM-016-CRE-2016	

<p>GLP (propano/butano)</p>	<p>Composición (2) : Etano 2.50% vol. máx., Propano 60% mín., n-butano + iso-butano 40% máx., Pentano y más pesados 2.00% máx. Análisis de gases licuados de petróleo (LP) y concentrados de propano por cromatografía de gases (ASTM D2163).</p>	<p>NOM-016-CRE-2016 (GLP)</p>	
<p>Gas Natural Licuado</p>	<p>Componentes(1): Metano, 84% mín.</p> <p>Método de prueba: ASTM D1 945-03 GPA 2261 ISO 6974-4</p> <p>Poder calorífico superior-Max. 43,60 MJ/m³</p>	<p>NOM-001-SECRE-2010</p>	

Por otra parte, el gas natural se ha consolidado como uno de los energéticos más relevantes en la matriz energética mundial y en México, tanto por su disponibilidad como por su eficiencia y menor impacto ambiental frente a otros combustibles fósiles. Su composición básica está dominada por metano (CH₄), acompañado de proporciones variables de etano, propano, butano y trazas de otros hidrocarburos ligeros. Esta composición molecular lo convierte en un energético de alto poder calorífico y bajas emisiones de dióxido de carbono (CO₂), lo que lo posiciona como un insumo clave para la transición hacia un sistema energético más limpio.

1. Gas Natural Licuado (LNG)

El LNG (Liquefied Natural Gas) es gas natural enfriado a temperaturas criogénicas (-162 °C) hasta convertirse en líquido. Su principal ventaja es la reducción de volumen en más del 600%, lo que facilita su transporte en buques metaneros y su almacenamiento en terminales especializadas. El LNG es crucial para mercados lejanos donde no existen gasoductos, y se utiliza tanto para generación eléctrica.

2. Gas Licuado de Petróleo (Gas LP)

Petrolífero obtenido de los procesos de la refinación del petróleo y de las plantas procesadoras de gas natural, compuesto principalmente de gas propano y butano .

En conclusión, el análisis desarrollado en este capítulo confirma que los hidrocarburos constituyen un sistema económico-técnico integrado que articula, de manera secuencial, el upstream, midstream y downstream, donde cada eslabón no solo agrega valor, sino que condiciona la competitividad, la seguridad energética y la estabilidad de suministro en México. En consecuencia, comprender la cadena de valor desde la sísmica, perforación y producción, hasta la refinación, transporte, almacenamiento, distribución y expendio permite identificar con claridad los puntos de control operativo que definen costos logísticos, continuidad del servicio y capacidad de respuesta ante choques externos. Asimismo, la revisión de modalidades de compraventa y de los mecanismos de formación de precios evidencia que el valor del petróleo y del gas natural se determina en entornos globales altamente sensibles a la oferta-demanda, la geopolítica, los inventarios y la regulación, por lo que la toma de decisiones requiere marcos analíticos robustos y referencias de mercado (crudos marcadores y hubs) alineadas con la realidad comercial de México.

De igual manera, la clasificación de hidrocarburos y combustibles petróleo crudo, gas natural, GLP, LNG y petrolíferos refinados, junto con sus especificaciones de calidad, establece el estándar operativo que habilita transacciones confiables y mitiga riesgos en la cadena de suministro. Por tanto, el anclaje normativo mediante ASTM y las disposiciones aplicables en México en particular la NOM-016-CRE-2016 y demás instrumentos técnicos consolida un marco de cumplimiento que soporta la integridad del producto, la trazabilidad y la aceptación comercial. Finalmente, este capítulo deja habilitada la base metodológica para los capítulos posteriores, dado que la logística, la comercialización y la sostenibilidad solo pueden optimizarse cuando se domina la lógica

de la molécula, su transformación, su valorización en el mercado y su gestión bajo criterios de eficiencia, riesgo y continuidad operativa.

COMERCIALIZACIÓN Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS

Integración Sistémica del Sector Energético

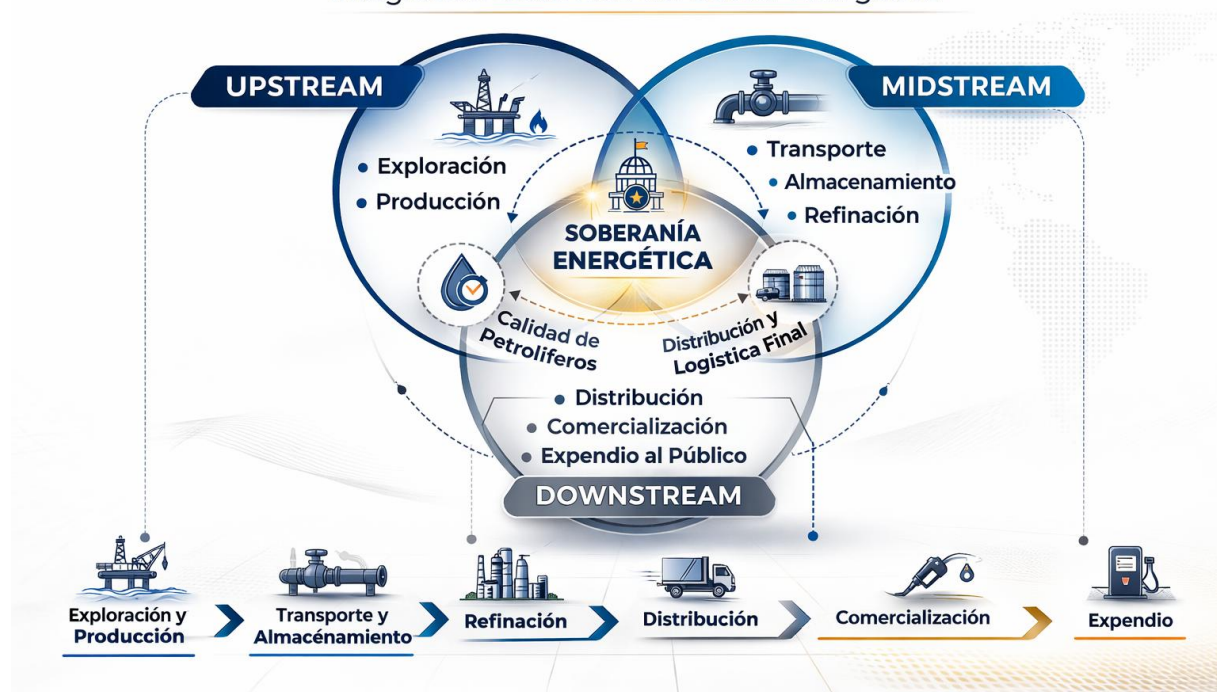


Figura 28 Diagrama de ven: Comercialización y transporte de hidrocarburos. Elaboración propia (OpenAI, 2026).

La Figura 28 presentada sintetiza la arquitectura funcional del sistema energético nacional al integrar las fases upstream, midstream y downstream como un conjunto articulado cuya convergencia estratégica se orienta a garantizar la seguridad y la soberanía energética de México; en efecto, la exploración y producción constituyen la base material del suministro, el transporte, almacenamiento y refinación representan la infraestructura crítica que asegura continuidad operativa, y la distribución, comercialización y expendio al público materializan el valor económico y social del hidrocarburo en el mercado interno; por consiguiente, la intersección central simboliza que la soberanía energética no depende de un solo eslabón, sino de la coordinación eficiente de toda la cadena de valor, donde la calidad de los petrolíferos y la logística final se consolidan como factores determinantes para la estabilidad del suministro, la competitividad nacional y la reducción de

vulnerabilidades externas, configurando así el cierre conceptual del capítulo al demostrar que el desarrollo energético del país exige una visión sistémica, integrada y estratégicamente gestionada.



Figura 29 Cadena de valor. Elaboración propia (OpenAI, 2026).

La Figura 29 sintetiza de manera integral la arquitectura funcional y estratégica de la cadena de valor de los hidrocarburos en México, permitiendo visualizar la interdependencia entre las fases de exploración y producción, transporte y almacenamiento, así como refinación, distribución y comercialización. En términos analíticos, el esquema evidencia que el flujo físico del producto y el flujo financiero-contractual no operan de forma aislada, sino como sistemas paralelos que condicionan costos, eficiencia operativa y seguridad energética. Asimismo, al incorporar el marco regulatorio y de supervisión, se reconoce que la operación del sector no sólo responde a variables técnicas y económicas, sino también a un entorno normativo que estructura responsabilidades, riesgos y cumplimiento.

Capítulo 3: El impacto de la logística de los hidrocarburos en la economía mexicana: un análisis hacia la transición sostenible.

En el este capítulo se abordará el papel estratégico que desempeña la logística dentro del sistema económico y energético de México, destacando su influencia directa en la competitividad, la eficiencia operativa y la sostenibilidad de la industria de los hidrocarburos. Se analizará cómo la gestión logística, entendida como el conjunto de procesos que aseguran el flujo eficiente, seguro y continuo de los energéticos desde su origen hasta el consumidor final, constituye un componente determinante para el desarrollo nacional y la transición hacia modelos energéticos más sostenibles.

Asimismo, se examinará el desempeño logístico de México a partir de indicadores internacionales como el Índice de Desempeño Logístico (LPI) del Banco Mundial, identificando sus avances, limitaciones y retos estructurales frente a economías con infraestructura más desarrollada. El capítulo profundiza en la infraestructura logística nacional como activo económico estratégico: oleoductos, poliductos, terminales de almacenamiento, líneas ferroviarias, carro tanques, autotanques y buques, describiendo su configuración, cobertura y papel dentro del abastecimiento energético.

Finalmente, se establecerá la relación entre la logística energética y su contribución al Producto Interno Bruto, evaluando su incidencia territorial y su vínculo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Con ello, se demostrará que la eficiencia logística no solo repercute en la rentabilidad del sector hidrocarburos, sino también en la capacidad del país para transitar hacia una economía más estable, equitativa y ambientalmente responsable. Abastecimiento continuo, eficiencia operativa, precios equitativos.

3.1 Relevancia económica de la logística en México

El origen de la logística se remonta al término francés *logistique*, empleado en un principio en el ámbito militar para designar las operaciones de transporte, suministro y alojamiento de tropas. Con el paso del tiempo, este concepto trascendió de las actividades bélicas y

se adaptó al mundo empresarial, especialmente en las áreas de *marketing*, distribución y gestión de operaciones (Ballou, 2004).

En la actualidad, la logística se concibe como un proceso integral de gestión que coordina de manera eficiente el flujo de bienes, servicios e información desde el punto de origen hasta el consumidor final. Su alcance abarca todas las etapas de la cadena de suministro: aprovisionamiento de materias primas, procesos de producción, almacenamiento, transporte, distribución, así como actividades de postventa y logística inversa (Christopher, 2016).

En la economía moderna, las actividades productivas se estructuran en cadenas de suministro, entendidas como el conjunto de procesos que abarcan desde el diseño de un producto o servicio hasta su entrega al consumidor final, integrando en su funcionamiento un complejo expresado así en la figura 30 es un entramado de actores cuya coordinación resulta esencial para garantizar el flujo eficiente y oportuno en la entrega de los bienes y



Figura 30 Cadena de suministro y la logística. Elaboración propia (Ministerio de Transporte de Nueva Zelanda 2010).

servicios.

De acuerdo con el Council of Supply Chain Management Professionals, *la logística busca satisfacer las denominadas “5Cs” o los 5 “correctos”*:

1. *Llevar el producto **correcto***
2. *En el modo **correcto***
3. *En la cantidad y calidad **correctas***
4. *En el tiempo y costo **correctos***
5. *Al lugar y consumidor **correctos*** (Mangan, 2020)

En este contexto la relevancia de la logística en el ámbito empresarial radica en su capacidad de asegurar que los productos lleguen al destino indicado en la cantidad adecuada, en el momento preciso y al menor costo posible logrando así la optimización de costos y tiempos. Asimismo, incorpora actividades como la logística de última milla, la cual conecta directamente con el cliente final, y la logística inversa, que atiende devoluciones, reciclaje y servicios postventa, el servicio postventa se entiende como el conjunto de actividades, procesos y compromisos que se ejecutan después de la entrega para asegurar el desempeño del producto/servicio, la satisfacción del cliente y la continuidad comercial.

Las operaciones logísticas pueden clasificarse en diferentes tipos:

- **Aprovisionamiento**, vinculada a la adquisición de materias primas y gestión de inventarios.
- **Producción**, relacionada con la coordinación de insumos en el proceso de fabricación.
- **Distribución**, enfocada en el diseño y ejecución de rutas de entrega; logística inversa, orientada a devoluciones y reciclaje.
- **Logística aduanera**, centrada en el cumplimiento regulatorio en operaciones de comercio exterior.

Estas modalidades conforman un engranaje indispensable para garantizar la continuidad de las cadenas de suministro y elevar la competitividad de las organizaciones mostradas en la Figura 31 (Asociación de Operadores Logísticos de México, 2022)



Figura 31 Seguimiento logístico de los Hidrocarburos. Elaboración propia (Logistic Perfomance Index (LPI) del Banco mundial)

México cuenta con ventajas estructurales que lo posicionan como un hub logístico natural de escala continental, sustentado en su localización geográfica estratégica que lo conecta con los principales mercados de América del Norte, América Latina y Asia-Pacífico. Su frontera con Estados Unidos (mayor mercado de consumo del planeta) el cual es un eje crítico para el comercio y la movilidad de mercancías, favoreciendo la integración económica y logística de ambos países bajo un esquema de interdependencia funcional. En este sentido, existe una dependencia mutua entre ambas economías: por una parte, México funge como proveedor esencial de insumos, manufacturas intermedias, hidrocarburos y productos agrícolas hacia el mercado estadounidense; mientras que Estados Unidos abastece al país de productos terminados, combustibles refinados, gas natural, maquinaria e insumos tecnológicos, lo que genera una relación asimétrica pero complementaria dentro de las cadenas de suministro regionales. De acuerdo con la (Asociación de Operadores Logísticos de México, 2022) “el sector logístico representa entre el 8 % y el 15 % del Producto Interno Bruto (PIB), moviliza alrededor del 80 % del

comercio exterior y genera millones de empleos directos e indirectos”. Estas cifras evidencian su papel como pilar de la economía nacional, así como la necesidad de consolidar su desarrollo a través de programas de gran alcance.

En este sentido, el Programa Nacional de Infraestructura y la estrategia Visión México 2030 plantean la meta de convertir al país en una plataforma logística integral, mediante la ejecución de proyectos estratégicos en cada entidad federativa y el fortalecimiento de la interconexión multimodal (Gobierno de México , 2020).

En el plano internacional, el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial (2023) ubica a México en el lugar 47 de 155 naciones, con una calificación de 3.05 sobre 5. Este indicador mide la eficiencia de los sistemas logísticos a partir de factores como la fiabilidad de las cadenas de suministro, la calidad de los servicios disponibles y la facilidad de acceso a los mercados globales. Aunque esta posición refleja avances, también evidencia áreas de oportunidad para mejorar la confiabilidad y la competitividad del sistema logístico nacional.

En conclusión, la logística representa un eje estructural del desarrollo económico nacional, al integrar los flujos de bienes, servicios e información que sustentan la competitividad del aparato productivo. La consolidación de cadenas de suministro eficientes, respaldadas por infraestructura adecuada y procesos de gestión modernos, contribuye directamente al cumplimiento del ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), al fomentar la industrialización sostenible, la innovación tecnológica y el fortalecimiento de la infraestructura productiva. Asimismo, incide en el ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), al generar empleos especializados y dinamizar sectores vinculados al transporte, almacenamiento y distribución.

3.2 Desempeño logístico en México

Según el banco mundial existe seis componentes para el índice de desempeño logístico por sus siglas en inglés (LPI) que consiste

1. La eficiencia del despacho y gestión de tiempos operativos
2. La calidad de la infraestructura del transporte

3. La facilidad de organizar envíos a precios competitivos
4. La competencia y calidad de los servicios logísticos
5. La capacidad de rastrear los envíos
6. La frecuencia con la que los envíos llegan a los destinatarios dentro del tiempo programado o esperado



Figura 32 Indicadores LPI. Elaboración propia (Logistic Performance Index (LPI) del Banco mundial).

La Figura 32 ilustra cómo las condiciones estructurales y regulatorias (entrada) influyen en el desempeño operativo (resultados) dentro de la cadena de suministro, mostrando que la logística eficiente depende tanto de infraestructura y servicios de calidad como de regulaciones que permitan reducir costos y aumentar la fiabilidad.

En el caso específico de los hidrocarburos, la logística se define como el conjunto de actividades destinadas a planificar, gestionar y controlar el flujo de combustibles hasta el consumidor final. Este proceso debe realizarse de manera segura, eficiente y rentable, atendiendo a las particularidades técnicas, regulatorias y ambientales del sector.

El objetivo fundamental de la logística de hidrocarburos es asegurar la continuidad del suministro energético bajo condiciones de eficiencia económica y sostenibilidad. Esto

implica optimizar la infraestructura de transporte (ductos, buques, autotanques y carrotanques), fortalecer la capacidad de almacenamiento estratégico en terminales y centros de distribución, y garantizar que los sistemas de monitoreo y rastreo aseguren transparencia en cada etapa del proceso.

Asimismo, la operación logística en hidrocarburos se rige por principios que trascienden a los de la logística general:

- Seguridad industrial y ambiental.
- Transparencia.
- Eficiencia operativa.
- Confiabilidad del suministro.



Figura 33 Aplicación de los indicadores LPI a los hidrocarburos. Elaboración propia (Logistic Performance Index (LPI) del Banco mundial 2024)

En síntesis, el desempeño logístico de México refleja tanto avances en conectividad e integración, como de áreas críticas de mejora en materia de eficiencia y confiabilidad. La optimización de rutas, la reducción de costos operativos y la modernización de servicios

logísticos son determinantes para incrementar la competitividad del país y fortalecer su posición dentro de las cadenas globales de valor.

Estas acciones se alinean

- ODS 7: Energía asequible y no contaminante. (Al propiciar una distribución energética más eficiente y menos intensas en emisiones de CO_2),
- ODS 9: Industria innovación e infraestructura. (Al impulsar el desarrollo de infraestructura logística sostenible y tecnológica).

3.3 Conceptos detallados de logística

La logística industrial ha experimentado una transformación profunda a lo largo del tiempo, evolucionando de un conjunto de funciones operativas enfocadas únicamente en el movimiento físico de bienes hacia un sistema estratégico integral que combina tecnología, sostenibilidad y capital humano. Este proceso refleja la capacidad de adaptación del sector productivo frente a los cambios tecnológicos, económicos y sociales que han redefinido las dinámicas del comercio y la producción global.

En sus primeras etapas, la logística se basó en tres funciones esenciales: almacenamiento, transporte y control de inventarios. Estos pilares sostuvieron la industrialización y el desarrollo de las primeras cadenas productivas. Con el tiempo, la incorporación de nuevas metodologías, como el Just-in-Time (JIT), y el avance de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), transformaron su naturaleza, otorgándole un papel estratégico en la gestión de la cadena de suministro.

En la figura 34 se presenta la evolución de la logística mundial desde un enfoque tradicional, centrado principalmente en actividades operativas como transporte, almacenamiento e inventarios, hacia modelos más avanzados e integrados. Esta evolución muestra cómo la logística ha incrementado su nivel estratégico mediante la coordinación, la digitalización, la automatización, el uso de información en tiempo real y, más recientemente, la incorporación de criterios de sostenibilidad y responsabilidad social.



Figura 34 Evolución de la logística mundial. Elaboración propia (OpenAI, 2026).

En la actualidad, la Logística 4.0 y su evolución hacia la Logística 5.0 marcan un punto de inflexión al integrar digitalización avanzada, automatización inteligente y sostenibilidad como ejes fundamentales. Este tránsito evidencia que la eficiencia logística no depende únicamente de la tecnología, sino también del compromiso social, ambiental y humano que las organizaciones asumen dentro de sus operaciones.

Los apartados siguientes abordan esta evolución de manera cronológica y conceptual, desde los fundamentos clásicos de la logística hasta su integración con los principios contemporáneos de sostenibilidad, sentando las bases para comprender su papel estratégico dentro de la cadena de valor energética.

3.3.1 Evolución de la logística industrial

En sus orígenes, la logística se estructuró en torno a funciones básicas orientadas a garantizar la disponibilidad de recursos: almacenamiento, transporte y control de

inventarios. Estas actividades sustentaron las primeras cadenas productivas y consolidaron la logística como una disciplina orientada a la eficiencia del movimiento físico de mercancías.

Con la industrialización surgió la producción en masa, impulsada por el modelo fordista, basado en la estandarización de bienes y la búsqueda de economías de escala. A mediados del siglo XX, la estandarización de contenedores revolucionó el comercio internacional al permitir un transbordo más eficiente entre barcos, trenes y camiones. Este avance, sumado a la globalización de las décadas de 1950 a 1970, expandió las redes logísticas a nivel mundial, generando sistemas cada vez más complejos, sincronizados y competitivos.

De esta manera, la logística pasó de ser una actividad operativa enfocada en mover bienes a convertirse en un componente esencial de la economía global, base de la logística moderna que hoy sustenta la movilidad de productos y energía a gran escala.

3.3.2 Transformación tecnológica y metodológica

A partir de la segunda mitad del siglo XX, la introducción de metodologías como Just-in-Time (JIT) y el desarrollo de las TIC impulsaron un cambio estructural en la logística. Las empresas comenzaron a integrar la gestión de información, recursos financieros y relaciones comerciales en un sistema único, capaz de sincronizar compras, producción, transporte y almacenamiento con los flujos financieros y de datos.

Durante las décadas de 1970 y 1980, la digitalización y la automatización redefinieron la gestión logística. El uso de sistemas informáticos permitió mejorar el control de inventarios, la trazabilidad de envíos y la coordinación de operaciones en tiempo real. En los años noventa, la incorporación de Sistemas de Gestión de Almacenes (WMS) y Sistemas de Gestión del Transporte (TMS), junto con tecnologías como los códigos de barras y la identificación por radiofrecuencia (RFID), consolidó un modelo de trazabilidad continua.

Estos avances permitieron optimizar rutas, reducir errores y mantener un flujo de información constante a lo largo de la cadena de suministro, fortaleciendo la capacidad de respuesta ante la demanda del mercado

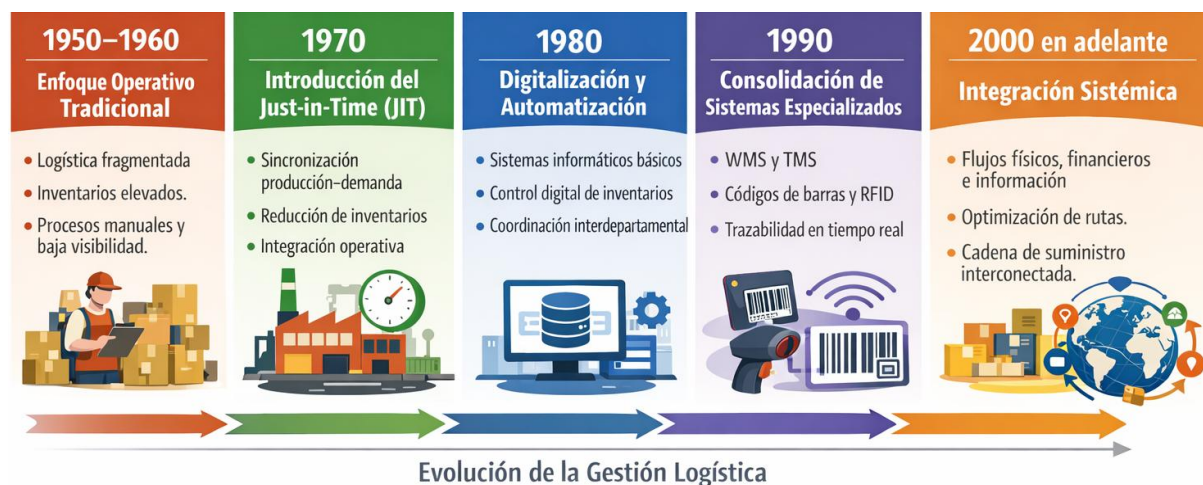


Figura 35 Evolución de la logística mundial. Elaboración propia (OpenAI, 2026).

Como se expuso en la Figura 35, la logística mundial ha evolucionado desde un enfoque operativo tradicional, caracterizado por procesos fragmentados e inventarios elevados, hacia modelos integrados apoyados en digitalización, automatización y trazabilidad en tiempo real. Esta transformación ha permitido que la gestión logística deje de ser únicamente una actividad de traslado y almacenamiento, para convertirse en un componente estratégico dentro de la cadena de suministro.

3.3.3 Logística 4.0: digitalización y automatización inteligente

La Logística 4.0 surgió en el año 2000 como consecuencia directa de la revolución digital y la convergencia tecnológica. Este modelo integra herramientas como la Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA) y la automatización robótica de procesos (RPA) para crear sistemas interconectados e inteligentes capaces de operar en tiempo real.

El IoT permite equipar vehículos, almacenes y productos con sensores que recopilan información sobre ubicación y estado de la mercancía. La IA, a su vez, analiza grandes volúmenes de datos para predecir la demanda, optimizar rutas y reducir tiempos de entrega. Estas innovaciones hacen posible la operación de almacenes robotizados, vehículos autónomos y monitoreo remoto, disminuyendo la intervención humana y elevando la eficiencia operativa.

En el sector energético, estas tecnologías se aplican para gestionar redes complejas de ductos, terminales, refinerías y centros de distribución. La posibilidad de monitorear el flujo de hidrocarburos en tiempo real y anticipar variaciones de la demanda fortalece la seguridad y la continuidad del suministro, consolidando una logística predictiva, segura y eficiente.

3.3.4 Logística 5.0: sostenibilidad y resiliencia

La Logística 5.0 incorpora de manera explícita las dimensiones humana y ambiental en la cadena de suministro, pasando de un enfoque exclusivamente etnocéntrico a uno que articula la sostenibilidad, la resiliencia operativa y el bienestar de las personas como ejes estratégicos de valor. Este enfoque emergente reconoce que, Bajo esta visión, la eficiencia logística deja de evaluarse solo en términos de costo y nivel de servicio, para incluir también el impacto social y ambiental de las operaciones, lo que resulta especialmente relevante en cadenas intensivas en energía y emisiones, como la de los hidrocarburos.

Sus principales pilares incluyen:

Sostenibilidad:

Se promueven prácticas responsables con el medio ambiente mediante la economía circular, el transporte verde y la optimización de rutas para reducir emisiones. La adopción de energías limpias, vehículos eléctricos y tecnologías de bajo consumo energético refuerzan este objetivo. Además, la sostenibilidad incluye el compromiso social de las empresas hacia sus trabajadores y comunidades, integrando la rentabilidad con la responsabilidad ambiental y social.

Resiliencia:

Las cadenas de suministro modernas deben ser capaces de resistir y recuperarse frente a interrupciones imprevistas. Para ello, se impulsa la diversificación de proveedores, la flexibilidad operativa y la gestión predictiva de riesgos mediante tecnologías de análisis avanzado y aprendizaje automático. Estos mecanismos permiten anticipar contingencias y asegurar la continuidad del servicio incluso ante crisis globales o fenómenos naturales.

Bienestar humano y colaboración:

Este enfoque coloca a las personas como agentes del cambio logístico. Se priorizan condiciones laborales seguras, la capacitación continua y la integración de nuevas competencias digitales. A su vez, se fomenta la colaboración entre empresas, gobiernos y comunidades, entendiendo que la eficiencia logística es el resultado de una gestión colectiva e inclusiva.

En conjunto, la Logística 5.0 configura un marco conceptual idóneo para la transición de las cadenas de suministro de hidrocarburos hacia esquemas más sostenibles, estables y centrados en las personas, integrando tecnología avanzada con responsabilidad social y ambiental como elementos clave del desarrollo industrial sostenible.

En la línea del tiempo presentada en la Figura 36 permite comprender, de manera sintética y estructurada, la evolución estratégica de la logística desde un enfoque meramente operativo hasta un modelo integral orientado a la sostenibilidad y la resiliencia. La trayectoria expuesta no solo refleja un avance tecnológico, sino una transformación estructural del pensamiento logístico, que transita de la eficiencia operativa hacia la creación de valor sostenible en entornos cada vez más complejos y competitivos.



Figura 35 Los tipos de logística al paso del tiempo. Elaboración propia (OpenAI, 2026).

3.4 Descripción de los sistemas de transportes

En el presente apartado se analizará el marco normativo que regula la operación, movilidad, mantenimiento y seguridad de los distintos medios de transporte utilizados en la cadena logística de hidrocarburos y petrolíferos, así como las principales características técnicas de dichos medios. Para ello, primero, se explicará de manera sintética el funcionamiento jerárquico del orden jurídico mexicano desde la Constitución Política, las

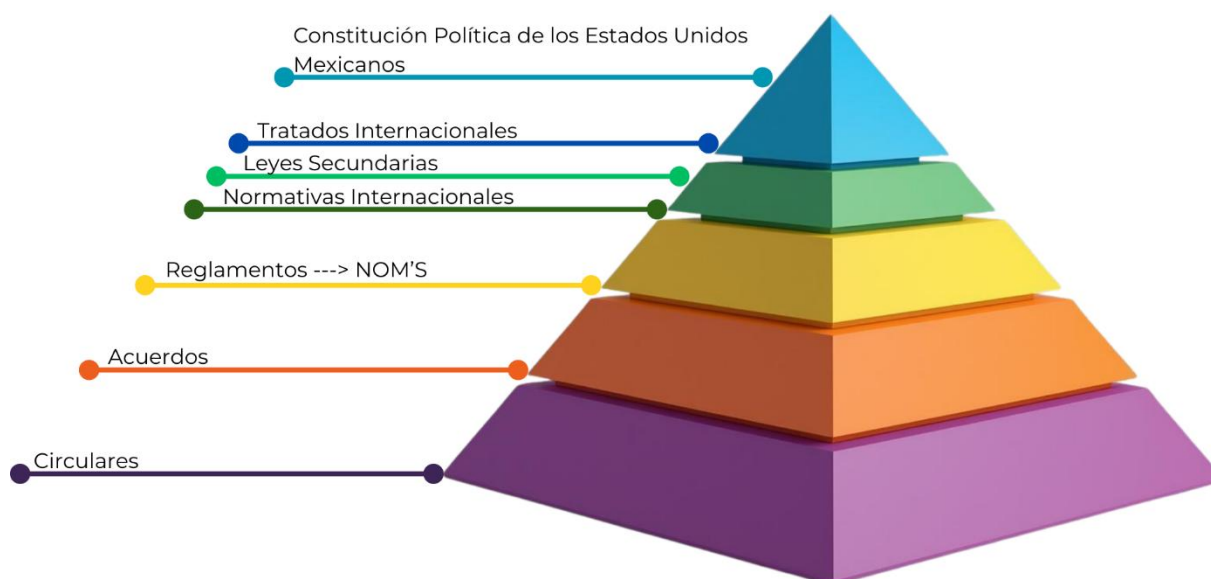


Figura 36 Pirámide tipo Kelsen jerarquía de leyes. Elaboración propia (Máñez 2002)

leyes secundarias y sus reglamentos, hasta las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones administrativas con el fin de precisar el nivel de obligatoriedad y el alcance de cada instrumento. Sobre esta base, se justificará la selección de las normatividades incluidas en el apartado, destacando cómo cada una de ellas da sustento legal y técnico a los criterios de diseño, operación, inspección y gestión de riesgos que se emplean en los métodos expuestos, asegurando que el análisis de la logística de transporte se encuentre alineado con las exigencias regulatorias vigentes y con los estándares mínimos de seguridad industrial y protección ambiental.

- i. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos: En el primer nivel se establece el marco jurídico fundamental que homologa los principios, derechos y obligaciones que rigen a la sociedad y al Estado mexicano, de modo que toda actuación pública y privada se sujete a un*

conjunto coherente de valores superiores. Así, la Constitución fija las bases mínimas e inderogables sobre las cuales se organizan los poderes, se garantizan las libertades y se ordena el funcionamiento de la economía y de los mercados en el país.

- ii. **Tratados internacionales:** Mediante los tratados internacionales se alinean las normas internas con estándares y compromisos aceptados con otros Países, a fin de armonizar reglas sobre comercio, inversión, medio ambiente, derechos humanos y demás materias estratégicas. De esta forma, se generan condiciones de certidumbre jurídica y compatibilidad regulatoria que facilitan la inserción de México en la economía global y permiten que bienes, servicios y procesos sean reconocidos y aceptados en otros países.*
- iii. **Leyes en sentido formal:** En este nivel, las leyes generales, federales, locales, orgánicas y las leyes reglamentarias de la Constitución convierten los principios constitucionales en reglas específicas y exigibles para sectores, actividades y mercados determinados. Su función es homogeneizar criterios de actuación para autoridades y particulares, definiendo derechos, obligaciones, procedimientos y sanciones que aseguren un campo de juego claro y uniforme en todo el territorio nacional, reduciendo incertidumbre jurídica y riesgos operativos.*
- iv. **Reglamentos:** Los reglamentos se expiden para detallar la forma en que las leyes deben aplicarse en la práctica, precisando requisitos, procesos administrativos y parámetros técnicos mínimos que deben observar autoridades y regulados. De este modo, los reglamentos buscan estandarizar la ejecución cotidiana de las leyes, evitando discrecionalidad en la gestión pública y asegurando que los mismos supuestos generen las mismas consecuencias jurídicas en cualquier región o dependencia competente.*
- v. **Normas Oficiales Mexicanas:** En este nivel, las Normas Oficiales Mexicanas se crean para homologar productos, servicios, calidades y procesos, estableciendo especificaciones técnicas obligatorias que los bienes y las operaciones deben cumplir. De esta manera, las NOMs garantizan que los productos sean seguros, funcionales y confiables, y que respondan a parámetros medibles que permiten su aceptación, trazabilidad y comercialización tanto en el mercado interno como en el ámbito internacional, facilitando la competitividad y la integración en cadenas globales de valor.*
- vi. **Acuerdos, lineamientos y disposiciones administrativas de carácter general:** Los acuerdos, lineamientos y disposiciones administrativas de carácter general se diseñan para operacionalizar*

y actualizar la aplicación de leyes, reglamentos y NOMs en ámbitos concretos de política pública o de supervisión sectorial. Su propósito es unificar criterios de interpretación y de actuación entre autoridades, así como definir reglas específicas de trámite, control y vigilancia, de manera que la implementación de la normativa superior sea uniforme, predecible y alineada con los objetivos estratégicos del gobierno y a las instituciones que competan en el sector.

- vii. Circulares, oficios y manuales internos:** *En la base de la pirámide, las circulares, oficios y manuales internos se emiten para estandarizar la actuación cotidiana de los servidores públicos dentro de cada institución, precisando criterios operativos, flujos de trabajo y responsabilidades. Con ello se busca que los procesos internos se ejecuten de forma consistente y coordinada, reduciendo interpretaciones divergentes y asegurando que la aplicación de las normas superiores se traduzca en procedimientos administrativos claros y replicables en todas las unidades administrativas involucradas. (Máynez, 2002, págs. 4,5,6,7,8).*

3.3.1 Características técnicas y diseños de ductos

Los ductos representan el método más eficiente y a menor costo de operación para la movilización terrestre de hidrocarburos y derivados en el mundo. Su capacidad de operación continua, automatizada y segura, aunada a la cobertura, los convierte en la columna vertebral de la logística energética de cualquier país. Este sistema es especialmente adecuado para grandes volúmenes y distancias extensas, conectando refinерías y Terminales de Almacenamiento y Despacho (TAD) (PEMEX, 2025).

Los ductos se organizan en tres categorías principales según el producto: oleoductos, poliductos y gasoductos. Cada una presenta especificaciones propias de diámetro, presión y material, de acuerdo con el fluido y las condiciones de servicio.

1) Oleoductos

Los oleoductos constituyen la columna vertebral del transporte de crudo, operando como sistemas continuos de alta capacidad diseñados para mover volúmenes masivos desde campos productores hacia terminales marítimas, refinерías o centros de almacenamiento. Su función esencial radica en garantizar un flujo estable y seguro.



Figura 37 Oleoducto submarino en Sudán.

2) Poliductos

Los poliductos que transportan combustibles refinados (gasolina, diésel, turbosina) se conciben como sistemas continuos de alta capacidad orientados a abastecer de manera segura, confiable y competitiva a terminales de almacenamiento, aeropuertos, centros de distribución. Su operación integra tecnologías de bombeo, control automatizado con el fin de garantizar un flujo estable, una secuencia de bacheo controlada y trazabilidad en tiempo real de los lotes de producto. En la Figura 39 se muestra infraestructura asociada al transporte de petrolíferos mediante poliductos, sistema que permite movilizar grandes volúmenes de producto de forma continua entre zonas de producción, almacenamiento y consumo. Este tipo de infraestructura resulta estratégica para reducir la dependencia del autotransporte, disminuir costos logísticos por litro y fortalecer la seguridad de suministro en corredores energéticos de alta demanda. En este contexto, el desarrollo de proyectos como el poliducto Veracruz–Hidalgo representa una alternativa relevante para mejorar la conectividad logística y ampliar la capacidad de distribución de combustibles en México.



Figura 38 Poliductos CRE aprueba a INVEX desarrollo de poliducto Veracruz – Hidalgo

3) Gasoductos

A nivel internacional, los gasoductos de gas natural se conciben como infraestructuras de transporte continuo a alta presión, orientadas a movilizar volúmenes significativos desde campos productores, centros de procesamiento de gas o interconexiones internacionales hacia centros de consumo, complejos industriales. Su función es garantizar un flujo

seguro, confiable y competitivo, integrando sistemas de compresión, control automatizado y monitoreo en tiempo real del estado de la tubería, de manera alineada con estándares globales de seguridad de proceso, integridad mecánica y gestión de riesgos.

En la Ilustración 40 se muestra un gasoducto como infraestructura clave para el transporte de energía por tuberías. Este medio permite movilizar gas natural de manera continua,



Ilustración 39 Gasoducto Transporte de energía por tuberías

segura y eficiente desde los puntos de producción, procesamiento o importación hasta los centros de consumo industrial, comercial y residencial. Debido a su capacidad de operación permanente y a su menor costo relativo frente a otros modos de transporte, los gasoductos representan un componente estratégico dentro de la logística energética y la seguridad de suministro.

En este sentido el transporte por ductos no puede entenderse sin el sustento de la normatividad internacional que lo respalda. En la práctica, la viabilidad técnica, económica y operativa de oleoductos, poliductos y gasoductos depende del cumplimiento estricto de estándares emitidos por organismos como API, ASME, ASTM, ISO, NACE o NFPA, entre otros, que establecen criterios para el diseño mecánico, selección de materiales, procedimientos de soldadura, pruebas de presión, protección anticorrosiva, sistemas de seguridad, operación, mantenimiento y gestión de la integridad a lo largo de todo el ciclo de vida del activo.

En este contexto, la siguiente tabla III.8 integra y sistematiza las principales normativas internacionales aplicables a la construcción y operación de ductos, clasificándolas por organismo emisor, código o norma y en qué tipo de ducto a la que resultan aplicables.

Esta estructuración permite identificar de manera clara qué estándares soportan cada decisión de ingeniería y de operación, facilitando la alineación con mejores prácticas globales, la mitigación de riesgos operacionales y ambientales, así como la transición hacia sistemas de transporte de hidrocarburos más seguros, eficientes y sostenibles.

Tabla III.8 Normativas internacionales para la construcción de ducto. Elaboración Propia.

DUCTOS			
NORMAS INTERNACIONALES	POLIDUCTOS	OLEODUCTOS	GASODUCTOS
ASTM A 381-1993 “Especificación estándar para tuberías de acero soldadas por arco metálico para su uso en sistemas de transmisión de alta presión”	◆	▼	●
ASTM D2513-1999 “Especificación estándar para tubería, tubos y accesorios de polietileno (PE) para gas a presión”			●
ASTM A333(2005) “Especificación estándar para tubería de acero sin costura y soldada para servicio a baja temperatura”			●
ASME B31.8 “Sistemas de tuberías para transmisión y distribución de gas”			●
ASME B31.8 S (2018) “Gestión de la integridad de gasoductos”			●
ASME B31.4 (2024) “Sistemas de transporte por tuberías para líquidos y lodos”	◆	▼	
API 5L 46th Ed “Especificación para tubería de conducción (line pipe)”	◆	▼	●
API 1160 3rd Ed	◆	▼	

DUCTOS			
NORMAS INTERNACIONALES	POLIDUCTOS	OLEODUCTOS	GASODUCTOS
"Gestión de la integridad de sistemas de ductos para líquidos peligrosos"			
API Standard 1104 "Soldadura de ductos y facilidades relacionadas"	◆	▼	●
NFPA 59A (2004) "Norma para la producción, almacenamiento y manejo de gas natural licuado (GNL)"			●
NFPA 54 (2021) "Código nacional de gas combustible"			●
NFPA 30 (2003) "Código de líquidos inflamables y combustibles"	◆	▼	
MSS SP-44-1996 "Bridas de acero para tuberías de conducción"	◆	▼	●
MSS SP-75-1998 "Accesorios forjados de alta resistencia para soldadura a tope"	◆	▼	●
NACE SP0169-2013 "Control de la corrosión externa en sistemas de tuberías metálicas enterradas o sumergidas"	◆	▼	●
NACE SP0102-2010 "Inspección interna (inline) de ductos"	◆	▼	●
NACE MR0175 / ISO 15156 "Industrias del petróleo y del gas natural Materiales para uso en ambientes con H ₂ S en la producción de petróleo y gas"	◆	▼	●

DUCTOS			
NORMAS INTERNACIONALES	POLIDUCTOS	OLEODUCTOS	GASODUCTOS
ISO 13623 "Industrias del petróleo y del gas natural Sistemas de transporte por ductos"	◆	▼	●
ISO 3183 "Industrias del petróleo y del gas natural Tubería de acero para sistemas de transporte por ductos"	◆	▼	●
ISO 15589-1 "Industrias del petróleo y del gas natural Protección catódica de sistemas de tuberías Parte 1: Ductos terrestres"	◆	▼	●

◆ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de ducto.*

▼ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de ducto*

● *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de ducto.*

1. **ASTM A381-1993 "Standard Specification for Metal-Arc-Welded Steel Pipe (16 in. and Over) for High-Pressure Transmission Systems"**

Establece los requisitos de fabricación, propiedades mecánicas, ensayos y criterios de aceptación para tubería de acero soldada por arco metálico de gran diámetro, utilizada en sistemas de transmisión de alta presión para hidrocarburos líquidos y gas natural. Es aplicable a oleoductos y gasoductos troncales que operan a presiones elevadas.

2. **ASTM D2513-1999 "Standard Specification for Polyethylene (PE) Gas Pressure Pipe, Tubing, and Fittings"**

Cubre los requisitos de diseño, materiales, clasificación de presión, métodos de unión y ensayos para tubería y conexiones de polietileno usadas en distribución de gas a presión, aplicable a ramales de gasoductos urbanos y redes de distribución secundarias.

3. **ASTM A333/A333M-05 "Standard Specification for Seamless and Welded Steel Pipe for Low-Temperature Service"**

Define clases de acero, límites de composición química, propiedades de impacto y pruebas obligatorias para tubería sin costura y soldada destinada a servicio a baja temperatura, relevante en gasoductos y ductos de condensados ubicados en regiones frías o sometidos a bajas temperaturas de operación.

4. **ASME B31.8 “Gas Transmission and Distribution Piping Systems”**

Establece los criterios de esfuerzo admisible, factores de diseño, clases de localización, pruebas de presión, operación y mantenimiento para sistemas de transporte y distribución de gas natural y otros gases, aplicable a gasoductos y redes de distribución.

5. **ASME B31.8S-2018 “Managing System Integrity of Gas Pipelines”**

Complementa a B31.8 definiendo un marco de gestión de integridad para gasoductos, incluyendo evaluación de amenazas, análisis de riesgo, programas de inspección, monitoreo y mitigación orientados a reducir la probabilidad de fallas en gasoductos existentes.

6. **ASME B31.4 “Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries” (ASME,2024).**

Código de diseño, construcción, pruebas, operación y mantenimiento para sistemas de transporte por ductos de hidrocarburos líquidos (crudo, refinados) y otros líquidos. Cubre oleoductos y poliductos terrestres, así como las instalaciones asociadas (estaciones de bombeo, terminales).

7. **API Specification 5L “Specification for Line Pipe” (46th ed.)**

Especifica requisitos de fabricación, grados de acero, propiedades mecánicas, tolerancias dimensionales, ensayos y documentación para tubería de acero al carbono, sin costura y soldada, utilizada en sistemas de transporte por ductos de hidrocarburos líquidos y gas. Es aplicable de forma general a oleoductos, poliductos y gasoductos, y constituye la referencia principal para “tubería en línea”.

8. **API 1160 “Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines” (3rd ed.)**

Establece lineamientos para desarrollar programas de gestión de integridad en oleoductos y poliductos que transportan líquidos peligrosos, incluyendo identificación de amenazas, evaluación de riesgo, inspección, mitigación y documentación.

9. **API Standard 1104 “Welding of Pipelines and Related Facilities”**

Define los requisitos para procedimientos de soldadura, calificación de soldadores, calidad de juntas y criterios de aceptación/rechazo en soldadura de tuberías y componentes de ductos.

Es fundamental en la fase de construcción y reparación de oleoductos, poliductos y gasoductos.

10. **NFPA 59A “Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)” (NFPA, 2004)**

Regula el diseño, construcción y operación de plantas y terminales de GNL, donde existen sistemas criogénicos de tuberías que alimentan o reciben gasoductos. Define distancias de seguridad, contención, protección contra incendios y requisitos de instrumentación.

11. **NFPA 54 “National Fuel Gas Code” (NFPA, 2021)**

Establece requisitos de diseño, instalación, pruebas y operación segura de sistemas de gas combustible en edificaciones y redes de distribución, incluyendo acometidas conectadas a gasoductos. Regula presiones, materiales, ventilación, dispositivos de seguridad y protección contra fugas.

12. **NFPA 30 “Flammable and Combustible Liquids Code” (NFPA, 2003)**

Cubre el manejo, almacenamiento y transferencia de líquidos inflamables y combustibles, incluyendo tanques y sistemas de tuberías asociados a oleoductos y poliductos en terminales, estaciones de bombeo y TAD, enfocándose en prevención de incendios y control de derrames.

13. **MSS SP-44-1996 “Steel Pipeline Flanges”**

Define los tipos, dimensiones, materiales, clases de presión, acabados de caras y requisitos de diseño para bridas de acero empleadas en ductos de transmisión. Es clave para la selección de bridas en oleoductos, poliductos y gasoductos de media y alta presión.

14. **MSS SP-75-1998 “High-Test, Wrought, Butt-Welding Fittings”**

Especifica codos, tees, reductores y otros accesorios de acero de alta resistencia para soldadura a tope, destinados a sistemas de tuberías de alta presión, típicos de ductos de transmisión y estaciones de bombeo/compresión.

15. **NACE SP0169-2013 “Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems”**

Proporciona criterios de diseño, operación y monitoreo de sistemas de protección catódica, recubrimientos y control de corrosión externa en tuberías enterradas o sumergidas. Es central para la integridad de oleoductos, poliductos y gasoductos.

16. NACE SP0102-2010 “Inline Inspection of Pipelines”

Establece lineamientos para la planificación, ejecución e interpretación de inspecciones internas con herramientas instrumentadas (ILI o “pigs inteligentes”) en ductos, abarcando calibración, evaluación de defectos y uso de resultados en programas de integridad.

17. NACE MR0175/ISO 15156 “Petroleum and natural gas industries Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production”

Define criterios para selección de materiales resistentes a ambientes que contienen sulfuro de hidrógeno (H₂S), evitando agrietamiento inducido por hidrógeno y otros mecanismos de falla en tuberías y componentes de ductos que transportan crudos ácidos o gas agrio.

18. ISO 13623 “Petroleum and natural gas industries Pipeline transportation systems”

Establece los requisitos globales de diseño, construcción, pruebas, operación, mantenimiento e integridad para sistemas de transporte por ductos de petróleo, gas natural y otros fluidos asociados. Funciona como marco general aplicable a oleoductos, poliductos y gasoductos, tanto onshore como offshore.

19. ISO 3183 “Petroleum and natural gas industries Steel pipe for pipeline transportation systems”

Especifica los requisitos técnicos para tubería de acero utilizada en sistemas de transporte por ductos, armonizada en gran medida con API 5L. Cubre grados de acero, propiedades mecánicas, tolerancias y ensayos, siendo aplicable a todos los tipos de ductos de hidrocarburos.

20. ISO 15589-1 “Petroleum and natural gas industries Cathodic protection of pipeline systems Part 1: On-land pipelines”

Define criterios de diseño y operación de sistemas de protección catódica para ductos terrestres, incluyendo niveles de potencial, configuraciones de ánodos, monitoreo y documentación.

En el caso de México, el transporte de hidrocarburos por ductos opera bajo un marco jurídico y regulatorio propio, que articula disposiciones constitucionales, leyes sectoriales y normas oficiales específicas emitidas por diversas autoridades (SENER, ASEA, CENAGAS, STPS, SCT, entre otras). Este sustento normativo define requisitos obligatorios para el diseño, construcción, pruebas, operación, mantenimiento, seguridad

industrial, protección ambiental y atención a emergencias en oleoductos, poliductos y gasoductos que integran la red nacional de transporte y distribución.

En ese contexto, la siguiente tabla III.9 presenta de manera estructurada las principales disposiciones nacionales aplicables a la construcción y operación de ductos en México, organizadas por tipo de instrumento (NOM). Este esquema facilita identificar qué norma respalda cada decisión técnica y operativa en el contexto mexicano, asegurando el cumplimiento regulatorio, la gestión de riesgos y la alineación con los objetivos de seguridad energética y desarrollo sostenible del país.

Tabla III.9 Normativas nacionales para la construcción de ductos. Elaboración Propia.

DUCTOS			
NORMAS NACIONALES	POLIDUCTOS	OLEODUCTOS	GASODUCTOS
NOM-001-SECRE-2010 "Especificaciones del gas natural"			•
NOM-003-SECRE-2011 "Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos"			•
NOM-015-SECRE-2013 "Diseño, construcción, seguridad, operación y mantenimiento de sistemas de almacenamiento de gas LP vinculados a sistemas de transporte o distribución por ducto"	◆		
NOM-003-ASEA-2016 "Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos"			•
NOM-009-ASEA-2017 "Administración de la integridad de ductos de recolección, transporte y distribución de hidrocarburos, petrolíferos y petroquímicos"	◆	▼	•
NOM-EM-005-ASEA-2017	◆	▼	•

DUCTOS			
NORMAS NACIONALES	POLIDUCTOS	OLEODUCTOS	GASODUCTOS
“Criterios para clasificar a los residuos de manejo especial del sector hidrocarburos”			
NOM-020-ASEA-2024 “Transporte de gas natural por medio de ductos terrestres”			•
NOM-014-CRE-2016 “Especificaciones de calidad de los petroquímicos”	◆		
NOM-016-CRE-2016 “Especificaciones de calidad de los petrolíferos”	◆		
NMX-E-043-SCFI-2002 “Industria del plástico–Tubos de polietileno (PE) para la conducción de gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP) Especificaciones”			•
NMX-X-021-SCFI-2014 “Industria del gas–Tubos multicapa a base de polietileno y aluminio para la conducción de gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP) Especificaciones y métodos de ensayo”			•

◆ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de ducto.*

▼ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de ducto*

• *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de ducto.*

1. NOM-001-SECRE-2010 “Especificaciones del gas natural”

Establece las especificaciones de calidad (composición, poder calorífico, contenidos máximos de contaminantes y condiciones de entrega) que debe cumplir el gas natural para su transporte, distribución y uso en territorio nacional, constituyendo la referencia básica para el diseño y operación de gasoductos y redes asociadas.

2. NOM-003-SECRE-2011 “Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos”

Define los requisitos técnicos y de seguridad para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y medición en sistemas de distribución de gas natural y gas LP por ductos, a fin de garantizar un suministro seguro y confiable a los usuarios finales.

3. NOM-015-SECRE-2013 “Diseño, construcción, seguridad, operación y mantenimiento de sistemas de almacenamiento de gas LP vinculados a sistemas de transporte o distribución por ducto”

Establece los criterios de ingeniería, protección a instalaciones y salvaguarda de la población para tanques y plantas de almacenamiento de gas LP que forman parte de terminales o sistemas conectados a ductos, asegurando su integración segura con la red de transporte y distribución.

4. NOM-003-ASEA-2016 “Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos”

Fija las especificaciones y criterios de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y protección al medio ambiente para el diseño, construcción, pre-arranque, operación, mantenimiento, cierre y desmantelamiento de sistemas de distribución de gas natural y gas LP por ductos, incluyendo estaciones, ramales y equipos asociados.

5. NOM-009-ASEA-2017 “Administración de la integridad de ductos de recolección, transporte y distribución de hidrocarburos, petrolíferos y petroquímicos”

Establece los requisitos para implementar sistemas de administración de integridad en ductos terrestres y marinos de recolección, transporte y distribución, abarcando identificación de amenazas, evaluación de riesgos, inspección, mitigación y monitoreo a lo largo del ciclo de vida de oleoductos, poliductos y gasoductos.

6. NOM-EM-005-ASEA-2017 “Criterios para clasificar a los residuos de manejo especial del sector hidrocarburos”

Determina los criterios para clasificar los residuos de manejo especial generados en el sector hidrocarburos, identificar cuáles requieren Plan de Manejo y definir los elementos y procedimientos para su formulación, incidiendo en la gestión de residuos asociados a la construcción, operación y mantenimiento de ductos.

7. NOM-020-ASEA-2024 “Transporte de gas natural por medio de ductos terrestres”

Regula el diseño, construcción, pruebas, operación, mantenimiento, cierre y abandono de sistemas de transporte de gas natural por ductos terrestres, con énfasis en la prevención de riesgos y la protección ambiental, y sustituye a la NOM-007-ASEA-2016 en esta materia.

8. NOM-014-CRE-2016 “Especificaciones de calidad de los petroquímicos”

Define las especificaciones de calidad que deben cumplir petroquímicos como etano, propano y mezclas de butanos en cada etapa de la cadena de producción y suministro en territorio nacional, condicionando los parámetros de producto que pueden ser manejados y transportados por ductos y demás infraestructura logística.

9. NOM-016-CRE-2016 “Especificaciones de calidad de los petrolíferos”

Establece las características y especificaciones de calidad para gasolinas, diésel, turbosina, combustóleos, gas avión, GLP y otros petrolíferos a lo largo de la cadena de suministro, sirviendo como referencia obligatoria para los productos que se transportan por oleoductos, poliductos y otros medios.

10. NMX-E-043-SCFI-2002 “Industria del plástico–Tubos de polietileno (PE) para la conducción de gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP)–Especificaciones”

Establece las especificaciones técnicas, dimensiones, clasificación, coloración y métodos de prueba para tubos de polietileno de alta y media densidad usados en canalizaciones subterráneas de gas natural y gas LP, complementando el marco regulatorio de las redes de distribución por ductos plásticos.

11. NMX-X-021-SCFI-2014 “Industria del gas–Tubos multicapa a base de polietileno y aluminio para la conducción de gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP)–Especificaciones y métodos de ensayo”

Define los requisitos de diseño, materiales, desempeño mecánico e hidráulico, así como los métodos de ensayo y marcado para tubos multicapa PE-AL-PE y sus conexiones utilizados en sistemas de conducción de gas natural y gas LP, asegurando su idoneidad y seguridad en redes de distribución a presión regulada.

En síntesis, al comparar el marco normativo mexicano aplicable al transporte de hidrocarburos por ductos con los referentes internacionales más utilizados en la industria

tales como API, ASME, ISO o NFPA, se observa que, si bien se cuenta con un cuerpo relevante de NOMs y disposiciones nacionales que regulan el diseño, construcción, operación y mantenimiento de oleoductos, poliductos y gasoductos, dicho sistema aún se mantiene en un nivel general y con un grado de actualización limitado frente a las mejores prácticas vigentes a escala global.

De manera general, se identifica que a México le falta una actualización más sistemática y oportuna de sus normas, así como una mayor armonización con estándares técnicos internacionales en temas clave como gestión de integridad de ductos basada en riesgo. En consecuencia, se concluye que el marco regulatorio nacional, aunque suficiente para establecer obligaciones básicas de seguridad industrial y protección ambiental, todavía presenta áreas de oportunidad para evolucionar hacia un esquema más moderno, preventivo y alineado con los objetivos de seguridad energética y desarrollo sostenible, reduciendo brechas técnicas y regulatorias frente a los países líderes en la materia.

3.3.2 Características técnicas y diseños de carrotanques

Los carrotanques consisten en un tanque de acero de forma cilíndrica montado sobre un chasis ferroviario, con cierres herméticos y válvulas especiales para prevenir fugas durante el traslado. Este tipo de vagones es crucial para movilizar mercancías peligrosas como combustibles y productos petrolíferos (gasolina, diésel, crudo, GLP, etc.) de forma segura y eficiente.

Características técnicas de los carrotanques

Un carrotanque típico mostrado en la Figura 41 tiene un casco cilíndrico de acero al carbono con extremos elípticos soldados, formando un recipiente resistente a la presión. Puede tener un chaquetón externo con aislamiento térmico cuando es necesario proteger el producto (en caso de contenido criogénico). En la parte superior suelen ubicarse pasas hombre para acceso de inspección y válvulas superiores (para alivio de presión, ventilación y carga y descarga superior). En la parte inferior, muchos diseños incorporan una válvula de descarga inferior de fondo, protegida por una caja o placa de refuerzo que evita su rotura en caso de descarrilamiento. Todo el conjunto va montado sobre ruedas y cuenta con sistemas de frenado y elementos de rodaje estándares del ferrocarril.

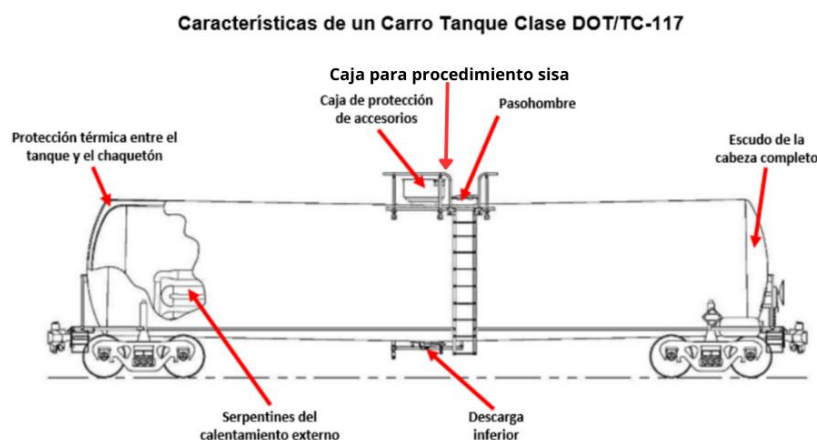


Figura 40 Diagrama de carrotanque, “Transporte, Clasificación y Manejo de Materiales Peligrosos Milagros Fajardo Montiel VSF Industrias SA de CV [Online] Adecuación en la imagen para fines prácticos

Varia en tamaño según el producto a transportar. Por ejemplo, fabricantes en México ofrecen modelos desde aproximadamente de 121,133 litros de capacidad teniendo en cuenta que para la regulación sobre llenado de combustible y por la expansión de los productos que estos sistemas transportan se debe de llenar al 90% de su capacidad es decir que el llenado final tendría una capacidad de 109,019 litros . La longitud típica del vagón oscila entre 15 y 18 metros, con pesos en vacío alrededor de 30 a 40 toneladas y

diseño para cargas máximas peso bruto de aproximadamente de 130 toneladas. El diámetro del tanque y su longitud determinan el volumen; por seguridad, no se llena al 100% de su capacidad, dejando espacio para la expansión térmica del líquido. Los aceros usados son de alto espesor y resistencia para soportar esfuerzos en movimiento y, en algunos casos, presiones internas significativas. (KCSM Servicios, 2017)

Tipos de carrotanques

Existen tres categorías principales de carrotanques, según su presurización y servicio

- **Carrotanques no presurizados (servicio general):**

Son vagones de baja presión diseñados para líquidos a presión atmosférica o levemente presurizados. Transportan una amplia variedad de productos líquidos (incluyendo combustibles, inflamables, ácidos, aceites, alcoholes, etc.) y algunos sólidos licuados. Aunque se les denomina “no presurizados”, pueden llevar válvulas de alivio ajustadas entre los 75 y 165 psi, lo que implica que durante el viaje podrían acumular cierta presión interna. Su diseño suele incluir válvulas de alivio de presión de resorte en la parte superior y accesorios de carga/descarga que pueden ser superiores e inferiores. (KCSM Servicios, 2017)

- **Carrotanques presurizados:**



Figura 41 Fotografía de carrotanque presurizados, “Transporte, Clasificación y Manejo de Materiales Peligrosos Milagros Fajardo Montiel VSF Industrias SA de CV [Online]

Construidos con acero de mayor espesor y reforzamiento, capaces de soportar alta presión interna. Se usan típicamente para gases comprimidos licuados (cloro, propano-butano) y ciertos químicos tóxicos inhalables que requieren un confinamiento especialmente robusto. Carecen de accesorios expuestos en la parte superior (todo está contenido en una cúpula de protección) y normalmente la carga/descarga se realiza por la parte superior mediante válvulas sifón internas, o por conexiones inferiores especializadas. Al estar diseñados para presiones de trabajo elevadas, sus cascos pueden ser de acero normalizado con tratamiento, y llevan válvulas de alivio de presión calibradas según la presión de diseño. (KCSM Servicios, 2017)

- **Carrotanques criogénicos:**

en la Figura 44 vagones para transporte de gases licuados a muy baja temperatura (criogénicos), como nitrógeno, argón, hidrógeno líquido, etileno, GNL, etc. Tienen un diseño de termos con doble pared: un tanque interno de acero inoxidable que contiene el producto a temperaturas criogénicas, y una coraza externa de acero al carbono, con un vacío de alto vacío y material aislante en el espacio intersticial. Esta construcción de pared



Figura 42 Fotografía carrotanque para líquidos criogénicos DocPlayer, “Transporte, Clasificación y Manejo de Materiales Peligrosos Milagros Fajardo Montiel VSF Industrias SA de CV,” [Online]

doble minimiza la transferencia de calor. Suelen integrar válvulas de alivio duales (principal y de respaldo) debido a la continua evaporación (boil-off) del producto. Estos carros criogénicos (en EE. UU. clasificados como clase DOT-113)

El transporte ferroviario de hidrocarburos mediante carrotanques se posiciona como un eslabón estratégico dentro de las cadenas logísticas multimodales, especialmente en corredores de media y larga distancia donde se requiere mover volúmenes significativos con niveles elevados de seguridad y trazabilidad. A diferencia de los ductos, cuya operación se basa en sistemas fijos e integrados, los carrotanques combinan la movilidad propia del ferrocarril con la flexibilidad de configuración de trenes unitarios o mixtos, lo que exige un marco normativo internacional robusto que armonice requisitos de diseño, fabricación, operación, inspección y respuesta a emergencias.

Bajo esta lógica, la siguiente tabla III.10 consolida las principales normatividades internacionales aplicables a carrotanques ferroviarios utilizados en el transporte de crudo, petrolíferos, GLP, GNL y otros productos peligrosos. Las normas se organizan por organismo emisor, alcance técnico (materiales, recipientes a presión, dispositivos de protección, equipos de carga y descarga, señalización y manejo de productos peligrosos) y etapa del ciclo de vida en la que resultan críticas (diseño y construcción, pruebas e inspección periódica, operación en ruta, gestión de seguridad y control de riesgos). Esta estructuración permite vincular cada requisito normativo con decisiones concretas de ingeniería y operación ferroviaria, habilitando una gestión integral de la seguridad, la confiabilidad y el desempeño logístico de los carrotanques.

Tabla III.10 Normativas internacionales para carrotanques. Elaboración Propia.

CARROTANQUES			
NORMAS INTERNACIONALES	CARROTANQUES NO PRESURIZADOS (combustibles, ácidos, alcoholes)	CARROTANQUES PRESURIZADOS (cloro, propano-butano)	CARROTANQUES CRIOGÉNICOS (hidrógeno líquido, etileno, GNL)
ASTM A333 (2005)			•

CARROTANQUES			
NORMAS INTERNACIONALES	CARROTANQUES NO PRESURIZADOS (combustibles, ácidos, alcoholes)	CARROTANQUES PRESURIZADOS (cloro, propano-butano)	CARROTANQUES CRIOGÉNICOS (hidrógeno líquido, etileno, GNL)
"Especificación estándar para tubería de acero sin costura y soldada para servicio a bajas temperaturas"			
ASTM A516 (2000) "Especificación estándar para placas de acero al carbono para recipientes a presión, para servicio a temperaturas moderadas y bajas"	◆	▼	
ASTM A537 (1991) "Especificación estándar para placas para recipientes a presión de acero al carbono-manganeso-silicio tratado térmicamente".	◆	▼	
ASME Sección VIII, División 1 (ASME, 2019) "Código de calderas y recipientes a presión Reglas para la construcción de recipientes a presión"	◆	▼	●
ASME Sección II "Materiales"	◆	▼	●
API 2510 (2001) "Diseño y construcción de instalaciones de GLP"		▼	
API RP 3000 (2010) "Clasificación de ubicaciones para operaciones de carga y descarga de líquidos a granel"			●

CARROTANQUES

NORMAS INTERNACIONALES	CARROTANQUES NO PRESURIZADOS (combustibles, ácidos, alcoholes)	CARROTANQUES PRESURIZADOS (cloro, propano-butano)	CARROTANQUES CRIOGÉNICOS (hidrógeno líquido, etileno, GNL)
API 650 (1998) "Tanques soldados para almacenamiento de petróleo"	◆		
NFPA 55 (2019) "Código de gases comprimidos y fluidos criogénicos"			●
NFPA 58 (2001) "Código de gas licuado de petróleo (GLP)"		▼	
NFPA 30 (2003) "Código de Líquidos inflamables y combustibles"	◆		●
ISO 11120 (2015) "Cilindros de gas Tubos recargables sin costura de acero, de capacidad de agua entre 150 L y 3000 L Diseño, construcción y ensayo"	◆	▼	
ISO 9809 (serie) "Cilindros de gas Cilindros recargables sin costura de acero para gas Diseño, construcción y ensayo"		▼	
ISO 10297(2014) "Cilindros de gas Válvulas para cilindros Especificación y ensayos de tipo"		▼	
49 CFR Part 179 "Especificaciones para carros tanque (vagones tanque)"	◆	▼	●
	◆	▼	●

CARROTANQUES			
NORMAS INTERNACIONALES	CARROTANQUES NO PRESURIZADOS (combustibles, ácidos, alcoholes)	CARROTANQUES PRESURIZADOS (cloro, propano-butano)	CARROTANQUES CRIOGÉNICOS (hidrógeno líquido, etileno, GNL)
49 CFR Parts 171–174 y 180 "Reglamento sobre materiales peligrosos"			
AAR Manual of Standards and Recommended Practices, Section C-III	◆	▼	●

◆ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de carrotanque*

▼ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de carrotanque*

● *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de carrotanque.*

1. ASTM A516/A516M-00 “Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate- and Lower-Temperature Service”

Establece los requisitos de composición química, propiedades mecánicas, tratamientos térmicos y ensayos para placas de acero al carbono usadas en recipientes a presión. En carrotanques, esta especificación se aplica al material del casco y cabezales de tanques para combustibles líquidos y GLP a presión moderada, asegurando tenacidad adecuada y resistencia frente a esfuerzos de operación y carga ferroviaria.

2. ASTM A537-91 “Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Heat-Treated, Carbon-Manganese-Silicon Steel”

Define placas de acero para recipientes a presión que requieren mayor resistencia mecánica, obtenida mediante tratamiento térmico (templado y revenido). Es relevante en carrotanques presurizados para GLP y gases licuados donde se demandan mayores esfuerzos admisibles y mejor comportamiento frente a cargas dinámicas y de impacto.

3. **ASTM A333/A333M-05 “Standard Specification for Seamless and Welded Steel Pipe for Low-Temperature Service”**

Cubre tubería de acero, sin costura y soldada, para servicio a baja temperatura, con requisitos estrictos de impacto. En el contexto de carrotanques, se aplica a líneas de transferencia, boquillas y conexiones expuestas a bajas temperaturas (por ejemplo, GNL o GLP criogénico), garantizando integridad en condiciones de operación frías.

4. **ASME Sección VIII, División 1 “Boiler and Pressure Vessel Code – Rules for Construction of Pressure Vessels” (ASME, 2019)**

Establece los criterios de diseño, cálculo de espesores, esfuerzos admisibles, selección de materiales, requisitos de fabricación, inspección y pruebas de recipientes a presión. En carrotanques, sirve como referencia principal para el diseño estructural del tanque (cuerpo y cabezales), válvulas de seguridad y boquillas, asegurando que el carro tanque opere dentro de márgenes de seguridad aceptables.

5. **ASME Sección II “Materials”**

Compila especificaciones de materiales aceptables para recipientes y tuberías (incluyendo las series SA-516, SA-537, SA-333, etc.). Para carrotanques, constituye el catálogo normativo que vincula los aceros de placas y tuberías con las reglas de diseño de la Sección VIII, asegurando trazabilidad y cumplimiento de propiedades mecánicas.

6. **API 2510 “Design and Construction of LPG Installations” (API, 2001)**

Establece criterios para diseño y construcción de instalaciones de GLP, incluyendo tanques esféricos u horizontales, sistemas de bombeo, tuberías y equipos de seguridad. Para carrotanques, se aplica a las terminales y patios donde se llenan y vacían carros tanque de GLP, determinando distancias de seguridad, dispositivos de alivio y sistemas de protección.

7. **API 650 “Welded Tanks for Oil Storage” (API, 1998)**

Define requisitos para diseño, materiales, fabricación, inspección y pruebas de tanques atmosféricos soldados para almacenamiento de crudo y refinados. En la cadena logística de carrotanques, regula los tanques verticales de las terminales que reciben o despachan producto hacia/desde los carros tanque, asegurando integridad en la interfaz almacenamiento–ferrocarril.

8. **API RP 3000 “Classifying Locations for Bulk Liquid Loading and Unloading Operations” (API, 2010)**

Proporciona lineamientos para clasificar áreas peligrosas en operaciones de carga y descarga de líquidos a granel, incluyendo racks y estaciones donde se atienden carrotanques. Define zonas de riesgo por presencia de vapores inflamables, lo que condiciona el tipo de equipos eléctricos, sistemas de ventilación, detección y protección contra incendios.

9. **NFPA 58 “Liquefied Petroleum Gas Code” (NFPA, 2001)**

Regula el diseño, instalación, operación y mantenimiento de sistemas de GLP, incluyendo llenaderas, estaciones de transferencia y equipos de transporte. Para carrotanques presurizados de GLP, establece requisitos sobre válvulas, conexiones, protección contra sobrellenado, distancias de seguridad y manejo de emergencias en patios ferroviarios.

10. **NFPA 30 “Flammable and Combustible Liquids Code” (NFPA, 2003)**

Cubre el almacenamiento, manipulación y transferencia de líquidos inflamables y combustibles. En la logística con carrotanques que movilizan gasolinas, diésel o combustibles pesados, guía el diseño de terminales, sistemas de drenaje, contención secundaria, ventilación, y protección contra incendios en áreas de carga/descarga y almacenamiento asociado.

11. **NFPA 55 “Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code” (NFPA, 2019)**

Establece requisitos para almacenaje, uso y manipulación de gases comprimidos y fluidos criogénicos, incluyendo contenedores estacionarios y sistemas de transferencia. Es aplicable a carrotanques que transportan gases comprimidos o criogénicos (por ejemplo, GNL) al definir umbrales de cantidades, distancias de separación, señalización, ventilación y medidas de control de fugas.

12. **ISO 9809 (serie) “Gas cylinders Refillable seamless steel gas cylinders Design, construction and testing”**

Establece requisitos de diseño, construcción y pruebas para cilindros de acero sin costura recargables destinados a gases comprimidos. Aunque se orienta a cilindros, los principios de diseño, ensayos de presión, fatiga y resistencia al impacto se utilizan como referencia en el diseño de paquetes de cilindros y equipos auxiliares montados sobre plataformas ferroviarias asociadas a carrotanques.

13. ISO 10297:2014 “Gas cylinders Cylinder valves Specification and type testing”

Define los requisitos de diseño, materiales, desempeño y ensayos de tipo para válvulas de cilindros de gas. Para carrotanques que utilizan sistemas auxiliares de cilindros, esta norma asegura que las válvulas de aislamiento, llenado y alivio cumplan requisitos de estanqueidad, resistencia mecánica y maniobrabilidad bajo condiciones de transporte.

14. ISO 11120:2015 “Gas cylinders Refillable seamless steel tubes of water capacity between 150 L and 3000 L Design, construction and testing”

Regula tubos de acero sin costura de gran capacidad para almacenamiento y transporte de gases a alta presión. Es particularmente relevante en unidades modulares de gas comprimido montadas sobre plataformas ferroviarias o como equipos complementarios de carrotanques, asegurando integridad estructural y desempeño en servicio severo.

15. 49 CFR Part 179 “Specifications for Tank Cars” (USA)

Define las especificaciones de diseño, materiales, presión de diseño, accesorios, pruebas, inspecciones y marcados de los carros tanque utilizados para transporte terrestre de mercancías peligrosas por ferrocarril. Es la norma troncal que establece los tipos de carro (DOT-111, DOT-117, etc.), espesores mínimos, protección de cabezales, escudos de impacto y requisitos para válvulas de alivio.

16. 49 CFR Parts 171–174 y 180 “Hazardous Materials Regulations” (USA)

Conjunto de regulaciones que gobiernan clasificación de materiales peligrosos, requisitos de embalaje, documentación, operación en vía férrea (carga, estiba, segregación) y recertificación/reevaluación periódica de los carrotanques. Complementa a la Parte 179 definiendo cómo deben operar y mantenerse los carros tanque en servicio.

17. AAR Manual of Standards and Recommended Practices, Section C-III / C-V / Specification M-1002 (Association of American Railroads)

Establece requisitos adicionales de diseño, pruebas, calificación de fabricantes y mantenimiento para carros tanque, incluyendo normas de soldadura, ensayos no destructivos, criterios de reparación y mejora de protección contra impacto. Es el estándar de la industria ferroviaria norteamericana para la aprobación de carrotanques.

Dado el manejo de materiales peligrosos y las exigencias mecánicas vibraciones, estrés cíclico, corrosión, los carrotanques están sujetos a estrictos programas de mantenimiento e inspección periódica. Estas actividades son reguladas por normas y por la Association of American Railroads (AAR) a través de programas de calificación y recertificación. En Norteamérica, la normativa exige que cada carrotanque sea inspeccionados y probados al menos cada 10 años como máximo. Este intervalo puede ser menor según el servicio: por ejemplo, ciertos equipos de servicio válvulas de alivio, válvulas de cierre deben inspeccionarse o renovarse cada 5 años. Si las condiciones operativas son severas o el producto es muy corrosivo, se pueden aplicar intervalos más cortos. Todas las inspecciones y mantenimientos quedan registrados en el historial del carrotanque, incluyendo certificados de pruebas y materiales. (AMF , 2025)

En el contexto mexicano, la movilización de petrolíferos mediante carrotanques se encuentra sujeta al cumplimiento estricto de la normatividad nacional aplicable, particularmente de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) En este marco, los concesionarios, permisionarios y propietarios de vías férreas, así como los titulares de permisos para el transporte de hidrocarburos y petrolíferos por medio de carrotanques, deben garantizar que el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de los mismos se deben de realizar bajo criterios de seguridad industrial, protección ambiental y gestión de riesgos acordes con dichas disposiciones.

Por lo anterior, la siguiente tabla III.11 integra y sistematiza las NOM aplicables al uso de carrotanques en México para el transporte de gasolinas, diésel, turbosina, combustóleo y otros petrolíferos, permitiendo visualizar de manera sintética el marco regulatorio mínimo que los sujetos obligados deben observar para asegurar una operación segura, confiable y conforme a la legislación vigente.

Tabla III.11 Normativas nacionales para carrotaques. Elaboración Propia.

CARROTANQUES			
NORMAS NACIONALES	CARROTANQUES NO PRESURIZADOS (combustibles, ácidos, alcoholes)	CARROTANQUES PRESURIZADOS (cloro, propano-butano)	CARROTANQUES CRIOGÉNICOS (hidrógeno líquido, etileno, GNL)
NOM-EM-006-ASEA-2025 "Transporte de Gas Licuado de Petróleo"		▼	
Disposición CNE: balizado y GPS para unidades vehiculares de petrolíferos y GLP	◆	▼	
NOM-014-SCT2-2006 "Disposiciones para efectuar la inspección de carrotaque ferroviarios asignados al transporte de materiales y residuos peligrosos"	◆	▼	●
NOM-004-SCT/2008 "Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos"	◆	▼	●
Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario	◆	▼	●
NOM-017-SCT2/2003 "Disposiciones de seguridad para el equipo de arrastre ferroviario al servicio de carga"	◆	▼	●

◆ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de carrotaque*

▼ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de carrotaque*

● *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de carrotaque.*

1. **NOM-EM-006-ASEA-2025, Transporte de Gas Licuado de Petróleo**

Establece las especificaciones técnicas y los requisitos de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y protección al medio ambiente que deben cumplir los regulados que realizan el transporte de Gas LP mediante autotanque y semirremolque, incluyendo condiciones de diseño, operación, capacitación y respuesta a emergencias. En la cadena logística vinculada a carrotanques, sirve como referencia para homologar criterios de seguridad del Gas LP en las interfaces carretera–ferrocarril y en las terminales que transfieren producto hacia o desde carrotanque.

2. **Acuerdo de la CNE sobre Lineamientos de balizado y GPS para unidades vehiculares**

Emite disposiciones administrativas de carácter general que fijan los lineamientos de balizado (marcado exterior, códigos QR) y los requerimientos técnicos y de interoperabilidad de los sistemas de posicionamiento global (GPS) en unidades vehiculares registradas en permisos de transporte y distribución por medios distintos a ductos de petrolíferos, Gas LP y petroquímicos, obligando al monitoreo en tiempo real y a la conservación de registros. En el contexto de la logística de carrotanques, fortalece la trazabilidad y supervisión de las unidades carreteras que alimentan o desahogan terminales ferroviarias, habilitando una gestión integrada de seguridad y seguimiento en esquemas multimodales carretera–ferrocarril.

3. **NOM-014-SCT2-2006, Disposiciones para efectuar la inspección de carrotanque ferroviarios asignados al transporte de materiales y residuos peligrosos**

Define los procedimientos, criterios técnicos, alcances y periodicidad de la inspección de carros tanque ferroviarios, abarcando la revisión estructural del tanque, dispositivos de seguridad, válvulas, accesorios, sistemas de cierre y documentación, con el objetivo de preservar la seguridad operativa y prevenir fugas o liberaciones de producto durante el servicio. En la cadena logística de carrotanques, constituye la norma central para la gestión de integridad e inspección sistemática de los carros tanque que movilizan hidrocarburos, petrolíferos y otros materiales peligrosos por ferrocarril.

4. **NOM-004-SCT/2008, Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos**

Establece el sistema de identificación de unidades de transporte de mercancías peligrosas mediante placas, rótulos, números ONU, leyendas y códigos de riesgo, así como sus características, dimensiones, materiales y forma de colocación, asegurando una comunicación clara y uniforme del peligro para autoridades, operadores y servicios de emergencia. En la operación de carrotanques, unifica el marcado exterior de los carros tanque y demás unidades ferroviarias asociadas, permitiendo la identificación inmediata del producto y del riesgo durante maniobras de patio, formación de trenes, circulación en ruta y atención de incidentes.

5. Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario

Regula la prestación del servicio público ferroviario en México al definir el régimen de concesiones, los derechos y obligaciones de concesionarios y asignatarios, las condiciones de acceso y uso de la infraestructura, las bases de seguridad operativa y las facultades de supervisión y sanción de la autoridad. Para los carrotanques, configura el marco jurídico dentro del cual deben operar los concesionarios que emplean carros tanque para transportar hidrocarburos y petrolíferos, articulando obligaciones de conservación de vías, operación segura y coordinación con la normatividad técnica específica que rige el equipo de arrastre y los carros tanque (NOM-014, NOM-017, entre otras).

6. NOM-017-SCT2/2003, Disposiciones de seguridad para el equipo de arrastre ferroviario al servicio de carga

Establece los requerimientos básicos mínimos relativos a parámetros, tolerancias, límites de desgaste y causas de reposición de equipos y componentes del equipo de arrastre ferroviario al servicio de carga, así como los esquemas de verificación periódica, con el propósito de incrementar los índices de seguridad en la operación ferroviaria. En el caso de los carrotanques, complementa a la NOM-014 al fijar los criterios de seguridad aplicables al equipo de arrastre donde se integran los carros tanque, asegurando que los trenes que movilizan hidrocarburos y petrolíferos mantengan una confiabilidad mecánica acorde con el nivel de riesgo asociado a la carga.

3.3.3 Características técnicas y diseños de autotanques

Los autotanques, constituyen uno de los medios más utilizados en la distribución terrestre de hidrocarburos líquidos en México como se muestran en la figura 45. Este tipo de transporte resulta especialmente eficiente en distancias cortas y medias, particularmente en regiones donde no existe infraestructura de ductos o acceso ferroviario. Su flexibilidad operativa los convierte en una solución estratégica dentro de la última milla logística, garantizando el suministro oportuno de combustibles hacia estaciones de servicio, centros de almacenamiento, aeropuertos, instalaciones industriales y consumidores finales.

1. Autotanques para gasolinas y diésel

El autotanque para gasolinas y diésel se entiende como un vehículo cisterna de carretera diseñado para el transporte de líquidos inflamables de baja viscosidad (gasolina, diésel) a presiones cercanas a la atmosférica, constituyendo a nivel internacional la flota más numerosa dentro del transporte de petrolíferos, al ser el medio estándar para el abastecimiento de estaciones de servicio y consumidores industriales. En términos constructivos, estos equipos se fabrican típicamente en acero al carbono o aleaciones de aluminio, con espesores determinados conforme a criterios de diseño de recipientes y equipos sometidos a presión, e integran entre dos y cinco compartimentos independientes que permiten transportar simultáneamente distintos productos después de una rigurosa limpieza. El casco incorpora recubrimientos internos seleccionados según la especificación del combustible para mitigar corrosión, sistemas de carga inferior que reducen emisiones de vapores, válvulas de fondo tipo API, respiraderos de emergencia y válvulas de alivio, así como rompeolas internos que

limitan el movimiento del líquido durante la marcha, complementándose con sistemas de puesta a tierra y unión equipotencial para controlar la acumulación de cargas estáticas.



Figura 43 Infraestructura de transporte especializado II.

- **Autotanque para turbosina y jet fuel:**

En la figura 46 muestra un autotanque para turbosina y jet fuel se define como el vehículo cisterna especializado para el transporte de combustibles de aviación (Jet A, Jet A-1 y similares), caracterizado por requerimientos superiores de limpieza, hermeticidad y control de contaminación. A diferencia de otros combustibles, la turbosina debe cumplir especificaciones muy estrictas para evitar la presencia de agua libre, partículas o contaminantes que puedan afectar el desempeño de los motores aeronáuticos.

Estos autotanques integran compartimentos lisos de fácil limpieza, recubrimientos internos compatibles con turbosina, sistemas de filtración y drenado de puntos bajos, mangueras y válvulas dedicadas para evitar contaminación cruzada, así como conexiones normalizadas para operación en aeropuertos. Se utilizan principalmente

para abastecer estaciones de combustible de aeródromos, aeropuertos comerciales y bases aéreas.



Figura 44 Infraestructura de transporte especializado II. Fuente técnica especializada.

- **Autotanque para combustóleo y destilados pesados:**

El autotanque mostrado en la figura 47 combustóleo y destilados pesados se define como el vehículo cisterna destinado al transporte de productos de alta viscosidad y baja gravedad API, tales como combustóleo, fuel oil intermedio, asfaltos y otros destilados pesados utilizados en generación eléctrica, procesos industriales y pavimentación. A diferencia de los autotanques para gasolinas o diésel, este tipo de unidad se diseña para operar con productos que requieren manejo térmico para conservar su bombeabilidad y facilitar las operaciones de carga y descarga.

Estos autotanques cuentan con paredes reforzadas y, en muchos casos, con sistemas de serpentines de calefacción a vapor, fluido térmico o resistencias eléctricas y/o aislamiento térmico externo que permiten mantener el producto a temperaturas adecuadas para asegurar su fluidez, esto resulta indispensable debido a la alta viscosidad de estos combustibles, que en condiciones ambientales tienden a solidificarse o presentar resistencia elevada al flujo. Adicionalmente, se integran válvulas, líneas de proceso y

puntos de descarga acondicionados para trabajar con producto caliente, recubrimientos internos compatibles con altas temperaturas y sistemas de bombeo de desplazamiento positivo, lo que garantiza una operación segura y eficiente durante el transporte y las maniobras en terminales y frentes de obra.



Figura 45 Remolque tipo tanque (tank trailer). Metong (s. f.).

- **Autotanque para GLP:**

El autotanque para Gas Licuado de Petróleo (GLP) se define como el vehículo cisterna de carretera diseñado para transportar mezclas de propano, butano y sus combinaciones en fase líquida a presión, estas unidades operan como recipientes a presión móviles, por lo que requieren espesores, dispositivos de seguridad y criterios de diseño más exigentes, orientados a contener el producto en condiciones controladas de presión y temperatura durante todo el ciclo operativo.

Son cisternas cilíndricas u ojivales de acero al carbono como se muestra en la Figura 48 diseñadas para resistir presiones internas típicas del orden de 8 a 18 kg/cm², construidas



Figura 46 Distribución de gas LP en México. Lomas Gas (s. f.).

bajo los lineamientos del Código ASME Sección VIII para recipientes a presión. Incorporan válvulas de alivio de presión calibradas, manómetros, válvulas de exceso de flujo, válvulas internas accionadas a distancia, recubrimientos térmicos o pintura reflectiva para minimizar el calentamiento por radiación solar y sistemas de protección contra impactos en domos y accesorios. Adicionalmente, estos autotanques integran conexiones normalizadas para carga y descarga, sistemas de puesta a tierra y, en muchos casos, dispositivos de paro de emergencia y control de fugas, lo que permite ejecutar las maniobras de operación con altos estándares de seguridad en terminales de almacenamiento, plantas de distribución y centros de consumo.

Autotanque para gas natural comprimido (GNC):

El autotanque para gas natural comprimido (GNC) mostrado en la Figura 49 se define como el vehículo especializado de carretera configurado con módulos de cilindros de alta presión destinados al transporte de gas natural en fase gaseosa comprimida. Su función principal es abastecer estaciones de servicio de gas natural vehicular (GNV) y usuarios industriales ubicados en zonas sin acceso directo a gasoductos extendiendo así la cobertura del sistema de transporte sin necesidad de infraestructura fija de ductos. Estos autotanques están compuestos por bancos o “racks” de cilindros de acero o materiales compuestos capaces de soportar presiones de operación típicas del orden de 200 a 250 bar. Los cilindros se diseñan y certifican bajo normas de recipientes a presión para servicios cíclicos, integrando válvulas de bloqueo, dispositivos de alivio por sobrepresión y protección térmica contra incendio. El sistema incluye colectores y tuberías de alta presión, manómetros, válvulas de seccionamiento y, en muchos casos, sistemas de monitoreo remoto de presión y temperatura. La estructura del chasis se refuerza para soportar el peso y las cargas dinámicas, incorporando protecciones contra impacto, sistemas de puesta a tierra y conexiones normalizadas para la operación segura en estaciones de compresión, plantas satélites de regasificación y puntos de consumo industrial, garantizando la continuidad del suministro con altos estándares de seguridad operativa.



Figura 47 Equipo de almacenamiento y transporte de gas CNG. (Alibaba (s. f).

Autotanques criogénicos para GNL:

El autotanque de Gas Natural Licuado (GNL) se define como el vehículo cisterna criogénico diseñado para transportar gas natural en fase líquida a temperaturas del orden de -162 °C y presiones relativamente bajas. A diferencia de los autotanques presurizados para GLP o GNC, cuya contención se basa principalmente en la resistencia mecánica a alta presión, en el caso del GNL el criterio dominante es el aislamiento térmico extremo para minimizar la tasa de ebullición (boil-off) y conservar el producto en estado líquido durante el transporte. Estos equipos permiten el suministro desde terminales de licuefacción o regasificación hacia usuarios industriales, centrales eléctricas, estaciones satélite y estaciones de servicio de GNL/GNV.

Como se muestra en la Figura 50 los tanques de tipo doble pared (*inner tank* y *outer tank*), donde el tanque interno suele fabricarse en acero inoxidable austenítico o materiales criogénicos compatibles, diseñado para contener el GNL, mientras que el tanque externo, generalmente en acero al carbono, proporciona resistencia estructural y protección mecánica. Entre ambas paredes se dispone un sistema de aislamiento al vacío (*vacuum insulated*) combinado con materiales aislantes (perlita expandida, aerogeles u otros aislantes criogénicos) que reducen al mínimo la transferencia de calor. El autotanque integra, además, válvulas de alivio de presión y dispositivos de seguridad criogénicos, líneas de proceso para carga y descarga, medidores de nivel y presión, sistemas de ventilación controlada de boil-off, así como soportes y anclajes diseñados para absorber esfuerzos térmicos y dinámicos. Todo ello permite realizar operaciones de transporte,



Figura 50 Transporte criogénico especializado para LNG. (Chart Industries s. f.).

trasiego y alimentación a tanques intermedios o vaporizadores en condiciones seguras, garantizando la continuidad del suministro de gas natural en cadenas logísticas basadas en GNL.

El transporte carretero de petrolíferos y gases, mediante autotanques expresado en la Figura 51 constituye uno de los eslabones críticos de la cadena logística en México, por lo que su operación se encuentra condicionada al cumplimiento de un sistema normativo robusto, integrado principalmente por Normas Oficiales Mexicanas, leyes sectoriales y disposiciones administrativas emitidas por distintas autoridades federales. En dicho marco, los permisionarios de transporte por autotanques, así como los propietarios y operadores de estas unidades, están obligados a asegurar que el diseño, fabricación, acondicionamiento, operación, mantenimiento, inspección y gestión de la seguridad se realicen bajo criterios de seguridad industrial, a cargo de un tercero certificado por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) quien es la encargada de dar



Figura 51 Elaboración propia especificaciones de tipos de autotanques (OpenAI, 2026)

protección al medio ambiente y su administración de riesgos alineados con la regulación mexicana aplicable.

En este contexto, la tabla III.12 que se presenta a continuación consolida y contrasta el marco regulatorio mínimo que rige el uso de autotanques para el transporte de gasolinas, diésel, turbosina, combustóleo y otros petrolíferos, articulando tanto las disposiciones nacionales, como los estándares y referencias técnicas de carácter internacional. Esta comparación permite identificar convergencias y brechas entre las exigencias internas y las mejores prácticas globales, brindando a los sujetos obligados a una visión sintética y operativa de los requerimientos que deben observar para garantizar una movilización segura, confiable y jurídicamente sustentada de los productos petrolíferos en territorio nacional.

Tabla III.12 Normativas internacionales para autotanques. Elaboración Propia.

AUTOTANQUES						
NORMAS INTERNACIONALES	GASOLINAS Y DIESEL	TURBOSINA	COMBUSTOLEO	GLP	LNG	GNC
API RP 1007 "Carga y descarga de vehículos motorizados con tanque de carga MC306/DOT 406"	◆	▼	●			
API RP 1637 "Uso del sistema de símbolos de color del API para marcar equipos y vehículos para la identificación de productos"	◆	▼	●			
API RP 1004 "Carga inferior y recuperación de vapores para vehículos motorizados con carro tanque MC/TC"	◆	▼	●			

AUTOTANQUES

NORMAS INTERNACIONALES	GASOLINAS Y DIESEL	TURBOSINA	COMBUSTOLEO	GLP	LNG	GNC
ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section XII “Reglas para la construcción y el servicio continuo de tanques de transporte”				■	◆	●
ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII Division 1 “Reglas para la construcción de recipientes a presión”				■		●
ASME B31.5 “Tuberías de refrigeración y componentes de transferencia de calor”						●
ASTM D4814 “Especificación estándar para combustibles para motores automotrices de encendido por chispa”.	◆					
ASTM D975 “Especificación estándar para combustibles diésel”	◆		●			
ASTM D1835 “Especificación estándar para gases licuados de petróleo (GLP)”				■		

AUTOTANQUES

NORMAS INTERNACIONALES	GASOLINAS Y DIESEL	TURBOSINA	COMBUSTOLEO	GLP	LNG	GNC
ASTM D1655 “Especificación estándar para combustibles de turbina de aviación (Jet A, Jet A-1)”		▼				
ASTM D396 “Especificación estándar para aceites combustibles”			●			
ANSI/CSA NGV2 “Recipientes para combustible de gas natural comprimido (GNC) para vehículos (NGV)”					◆	
ANSI/CSA NGV1 “Dispositivos de conexión para abastecimiento de gas natural comprimido (GNC)”					◆	
ANSI/CSA PRD-1 “Dispositivos de alivio de presión para recipientes de combustible de vehículos a gas natural (NGV)”					◆	
ISO 2929:2021 “Mangueras de caucho y conjuntos de mangueras para entrega de combustibles a granel por camión Especificación”	◆	▼	●			
ISO 16923:2016					◆	

AUTOTANQUES

NORMAS INTERNACIONALES	GASOLINAS Y DIESEL	TURBOSINA	COMBUSTOLEO	GLP	LNG	GNC
“Estaciones de abastecimiento de gas natural Estaciones de GNC para abastecimiento de vehículos”						
ISO 16924:2016 “Estaciones de abastecimiento de gas natural Estaciones de GNL para abastecimiento de vehículos”						●
ISO 14469 “Vehículos de carretera Conector de recarga de GNC”					◆	
NFPA 385 “Norma para vehículos tanque para líquidos inflamables y combustibles”	◆	▼	●			
NFPA 58 “Código de gas licuado de petróleo (GLP)”				■		
NFPA 52 “Código de sistemas de combustible de gas natural vehicular”					◆	●
UL 87 “Dispositivos de despacho accionados por energía para productos petrolíferos”	◆	▼	●			

AUTOTANQUES						
NORMAS INTERNACIONALES	GASOLINAS Y DIESEL	TURBOSINA	COMBUSTOLEO	GLP	LNG	GNC
UL 2586 "Válvulas de boquilla de manguera para líquidos inflamables y combustibles"	◆	▼	●			
UL 2085 "Tanques aéreos protegidos para líquidos inflamables y combustibles"	◆	▼	●			
UL 2080 "Tanques resistentes al fuego para líquidos inflamables y combustibles"	◆	▼	●			

◆ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de autotanque.*

▼ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de autotanque*

● *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de autotanque.*

■ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de autotanque.*

◆ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de autotanque.*

◎ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de autotanque.*

1. API RP 1004 "Bottom Loading and Vapor Recovery for MC/TC Tank Motor Vehicles"

Establece los requisitos de diseño y operación para los sistemas de carga inferior y recuperación de vapores en autotanques tipo MC/TC, definiendo geometría de acoplamientos, interlocks, secuencia de conexión y desconexión, conexión a tierra y dispositivos de seguridad en los racks de carga. Es directamente aplicable al diseño y operación de islas de llenado de gasolinas, diésel y turbosina para autotanques en terminales de almacenamiento y reparto.

2. API RP 1007 "Loading and Unloading of MC306/DOT 406 Cargo Tank Motor Vehicles"

Proporciona lineamientos operativos para las maniobras seguras de carga y descarga de autotankers MC-306/DOT 406, incluyendo inspecciones previas, posicionamiento del vehículo, conexión de mangueras, secuencia de válvulas y respuesta ante derrames. Se utiliza como referencia para estandarizar procedimientos de operación y capacitación de conductores en la distribución carretera de gasolinas y diésel.

3. API RP 1637 “Using the API Color-Symbol System to Mark Equipment and Vehicles for Product Identification”

Define el sistema de colores y símbolos API para identificar de forma uniforme productos petrolíferos en equipos, tuberías, bocas de carga y vehículos, reduciendo errores de conexión y contaminación cruzada. En autotankers, se aplica al marcado de domos, tapas, conexiones de carga y válvulas según el tipo de combustible transportado.

4. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section XII “Rules for Construction and Continued Service of Transport Tanks”

Establece los requisitos de diseño, construcción, inspección, pruebas y servicio continuo de recipientes a presión destinados al transporte de mercancías peligrosas por carretera, ferrocarril, aire o agua. Para autotankers presurizados (GLP, algunos combustibles especiales) sirve como código base para espesores, materiales, soldaduras, pruebas de presión e integridad estructural del casco.

5. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII Division 1 “Rules for Construction of Pressure Vessels”

Proporciona las reglas generales para el diseño, fabricación, inspección y certificación de recipientes a presión que operan por encima de 15 psig, incluyendo criterios de esfuerzos admisibles, uniones soldadas, pruebas hidrostáticas y documentación de calidad. En el contexto de autotankers criogénicos y equipos asociados (tanques internos de GNL, cabezales, recipientes auxiliares) se emplea como norma de referencia para garantizar la integridad mecánica.

6. ASME B31.5 “Refrigeration Piping and Heat-Transfer Components”

Es el código para diseño, materiales, fabricación, montaje y pruebas de tuberías de refrigeración y componentes de transferencia de calor, incluyendo sistemas que operan hasta $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. En autotankers criogénicos de GNL se utiliza para el dimensionamiento y criterios

de seguridad de líneas de producto frío, sistemas de recirculación, vaporización y transferencia térmica en estaciones de carga y descarga.

7. ASTM D4814 “Standard Specification for Automotive Spark-Ignition Engine Fuel”

Define los requisitos de calidad para las gasolinas automotrices y sus mezclas con oxigenantes (alcoholes, éteres), especificando propiedades como volatilidad, destilación, presión de vapor, estabilidad y contenido de azufre. Estas especificaciones condicionan la segregación de productos, limpieza de compartimentos y compatibilidad de materiales en autotanques que transportan gasolinas para motores de encendido por chispa.

8. ASTM D975 “Standard Specification for Diesel Fuel Oils”

Establece los grados de combustible diésel para distintos tipos de motores, definiendo parámetros de viscosidad, contenido de azufre, cetano, destilación y otras propiedades críticas. Para la logística en autotanques, la norma soporta la correcta clasificación de productos, el control de mezclas y la trazabilidad de calidades de diésel en la cadena de suministro.

9. ASTM D1835 “Standard Specification for Liquefied Petroleum (LP) Gases”

Especifica los requisitos de calidad para gases LP (propano, propileno, butano y sus mezclas), incluyendo composición, presión de vapor y límites de contaminantes. Su aplicación en autotanques de GLP asegura que las condiciones de diseño del tanque, válvulas de alivio y dispositivos de protección sean coherentes con las presiones y características del producto transportado.

10. ASTM D1655 “Standard Specification for Aviation Turbine Fuels (Jet A, Jet A-1)”

Define las propiedades mínimas de los combustibles de turbina de aviación (Jet A, Jet A-1) como punto de congelación, estabilidad térmica, contenido de aromáticos y aditivos permitidos. En autotanques dedicados a turbosina y jet fuel, esta norma respalda los requisitos de limpieza, segregación, materiales y procedimientos de control de contaminación en el transporte hacia aeropuertos y aeródromos.

11. ASTM D396 “Standard Specification for Fuel Oils”

Cubre diversos grados de combustóleo y fuel oils para equipos de combustión, definiendo viscosidad, punto de inflamación, contenido de azufre y otras propiedades. Se utiliza como referencia para especificar y controlar la calidad de combustóleo y destilados pesados

transportados en autotanques, impactando el diseño de sistemas de calentamiento, aislamiento y limpieza de cisternas.

12. ANSI/CSA NGV2 “Compressed Natural Gas Vehicle (NGV) Fuel Containers”

Establece los requisitos de material, diseño, fabricación y pruebas de cilindros para almacenamiento de gas natural comprimido instalados permanentemente en vehículos a gas natural. Para autotanques de GNC (gasoductos virtuales), esta norma se utiliza como referencia para módulos de cilindros, criterios de resistencia a presión, fatiga y seguridad frente a corrosión y daños mecánicos.

13. ANSI/CSA NGV1 “Compressed Natural Gas Fueling Connection Devices”

Define los requisitos para los dispositivos de conexión de carga de vehículos a GNC (boquillas, receptáculos, tapas protectoras y válvulas de los dispensers). Asegura interoperabilidad, presiones de diseño y seguridad en las conexiones entre autotanques de GNC o estaciones satélite y los vehículos que abastecen.

14. ANSI/CSA PRD-1 “Pressure Relief Devices for NGV Fuel Containers”

Establece los requisitos mínimos de diseño, desempeño y ensayo para dispositivos de alivio de presión instalados en contenedores de GNC para vehículos. Su aplicación en módulos de autotanques de GNC garantiza una despresurización controlada en condiciones anormales (incendio, sobrepresión), reduciendo el riesgo de ruptura catastrófica.

15. ISO 2929:2021 “Rubber Hoses and Hose Assemblies for Bulk Fuel Delivery by Truck Specification”

Especifica los requisitos de diseño, materiales, presión de trabajo y desempeño para mangueras y conjuntos de mangueras de caucho utilizadas en la carga y descarga de combustibles líquidos por camión, hasta 10 bar de presión. Es directamente aplicable a las mangueras de los autotanques de gasolinas, diésel y turbosina en terminales y estaciones de servicio.

16. ISO 16923:2016 “Natural Gas Fuelling Stations CNG Stations for Fuelling Vehicles”

Cubre el diseño, construcción, operación, inspección y mantenimiento de estaciones de carga de gas natural comprimido, incluyendo equipos, dispositivos de seguridad y control. Para autotanques de GNC, esta norma establece el marco de referencia para las estaciones donde se cargan o descargan, incluyendo compresores, almacenamiento y dispensadores.

17. ISO 16924:2016 “Natural Gas Fuelling Stations LNG Stations for Fuelling Vehicles”

Define los requisitos de diseño, construcción, operación y mantenimiento de estaciones que suministran gas natural licuado (GNL) a vehículos y a estaciones LNG, incluyendo equipos criogénicos y sistemas de seguridad. Es clave para el diseño de instalaciones de carga de autotanques criogénicos de GNL y de su descarga en estaciones satélite.

18. ISO 14469 “Road Vehicles CNG Refuelling Connector”

Especifica las características de diseño y requisitos de desempeño de las boquillas y receptáculos de conexión para el repostaje de vehículos a GNC, estableciendo dimensiones y condiciones de compatibilidad. Se utiliza junto con NGV1 para asegurar conexiones seguras entre dispensadores, autotanques de GNC y vehículos, evitando errores de presión y acoplamiento.

19. NFPA 385 “Standard for Tank Vehicles for Flammable and Combustible Liquids”

Proporciona los requisitos de diseño, construcción y operación segura de vehículos tanque que transportan líquidos inflamables y combustibles, incluyendo estructura del tanque, válvulas, sistemas de respiración y protección contra incendios. Es el estándar de referencia para la configuración de autotanques de gasolinas, diésel, turbosina y combustóleo desde la perspectiva de seguridad contra incendios.

20. NFPA 58 “Liquefied Petroleum Gas Code”

Es el código de seguridad para instalaciones y manejo de gas LP, que cubre almacenamiento, transporte, recarga y protección contra incendios de sistemas de GLP. Para autotanques de GLP define criterios de ubicación, válvulas, protección contra impactos, dispositivos de alivio y procedimientos de operación seguros en patios y terminales.

21. NFPA 52 “Vehicular Natural Gas Fuel Systems Code”

Establece los requisitos de seguridad para sistemas de combustible a gas natural (CNG, LNG) en vehículos y estaciones de abastecimiento, abordando riesgos de incendio y explosión. Es aplicable a autotanques de GNC y GNL en cuanto a diseño de sistemas de almacenamiento, tuberías, accesorios, ventilación y procedimientos de mantenimiento.

22. UL 87 “Power-Operated Dispensing Devices for Petroleum Products”

Cubre los requisitos de seguridad para dispensadores motorizados de combustibles como gasolina y diésel, incluyendo elementos eléctricos, controles, bombas y dispositivos de corte

de emergencia. Se aplica a las bombas y dispensadores con los que interactúan los autotanques durante las operaciones de descarga en estaciones de servicio y terminales.

23. UL 2586 “Hose Nozzle Valves for Flammable and Combustible Liquids”

Especifica los requisitos para válvulas tipo pistola (boquillas de manguera) utilizadas para controlar el flujo de líquidos inflamables y combustibles en dispensadores de combustible, incluyendo rangos de temperatura y presión de operación. Estas boquillas son el punto de interfaz entre autotanques, dispensadores y tanques de almacenamiento en descarga y carga de productos.

24. UL 2085 “Protected Aboveground Tanks for Flammable and Combustible Liquids”

Define los requisitos para tanques superficiales “protegidos” de doble pared y con aislamiento, diseñados para almacenamiento de combustibles con resistencia mejorada al fuego, contención secundaria e impacto. En sistemas donde los autotanques abastecen tanques UL-2085 (terminales, aeropuertos, estaciones críticas), esta norma fija los criterios de diseño y protección que condicionan las operaciones de carga y descarga.

25. UL 2080 “Fire Resistant Tanks for Flammable and Combustible Liquids”

Establece los requisitos para tanques superficiales resistentes al fuego destinados al almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, diseñados para limitar la transferencia de calor al tanque primario durante incendios prolongados. Se emplea en instalaciones donde los autotanques entregan combustible a tanques UL-2080, reforzando la protección pasiva en escenarios de alto riesgo

La tabla III.13 que se presenta a continuación organiza y compara de manera estructurada el conjunto de normas mexicanas con los principales instrumentos internacionales que regulan la operación de autotanques dedicados al transporte de petróleo, gas natural y productos refinados. Esta sistematización permite identificar el marco regulatorio mínimo que los sujetos obligados deben observar, así como las correspondencias y complementariedades entre las disposiciones internas y externas

Tabla III.13 Normativas nacionales para autotanques. Elaboración Propia.

AUTOTANQUES						
NORMAS NACIONALES	GASOLINAS Y DIESEL	TURBOSINA	COMBUSTOLEO	GLP	LNG	GNC
NOM-057-SCT2/2003, Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de gases comprimidos, especificación SCT 331				■		●
NOM-006-SCT2-2023 Aspectos básicos para la revisión ocular de la unidad destinada al transporte de mercancías peligrosas	◆	▼	●	■	◆	●
NOM-020-SCT2-2022 Disposiciones para la señalización y documentación del transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos	◆	▼	●			
Disposición CNE: balizado y GPS para unidades vehiculares de petrolíferos y GLP	◆	▼	●	■		
NOM-004-SCT/2008 Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos	◆	▼	●	■	◆	●

◆ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de autotanque.*

▼ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de autotanque*

● *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de autotanque.*

- *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de autotanque.*
- ◆ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de autotanque.*
- ◎ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de autotanque.*

1. **NOM-057-SCT2/2003, Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de gases comprimidos, especificación SCT 331**

Establece los criterios mínimos de diseño, materiales, espesores, dispositivos de alivio de presión y procedimientos de fabricación para autotanques tipo SCT-331 destinados al transporte de gases comprimidos. Su aplicación asegura que los recipientes montados en los vehículos cuenten con la resistencia mecánica y la seguridad requerida frente a presiones internas elevadas, impactos y esfuerzos cíclicos propios de la operación carretera.

2. **NOM-006-SCT-2-2023, Aspectos básicos para la revisión ocular de la unidad destinada al transporte de mercancías peligrosas**

Define los lineamientos para la inspección visual previa a la operación de unidades que transportan materiales y residuos peligrosos, incluyendo autotanques. Establece los puntos críticos a verificar (estado general del tanque, conexiones, válvulas, sistema de rodamiento, rotulación y equipo de emergencia) a fin de detectar condiciones inseguras antes de la carga, traslado o descarga, reduciendo el riesgo de fugas, derrames o siniestros en ruta.

3. **NOM-020-SCT-2-2022, Disposiciones para la señalización y documentación del transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos**

Regula los requisitos de marcado, rotulado, cartas de porte y documentación asociada al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos en unidades como autotanques. Su cumplimiento garantiza la trazabilidad de la carga, la identificación rápida del riesgo por parte de autoridades y cuerpos de emergencia y la correcta gestión de la información durante incidentes, inspecciones y operaciones de carga/descarga.

4. **Disposiciones administrativas de carácter general para el balizado y requerimientos técnicos e interoperabilidad del sistema de posicionamiento global en unidades vehiculares que transportan y distribuyen petrolíferos, gas LP y petroquímicos**

Establecen los criterios que deben cumplir los sistemas GPS instalados en unidades dedicadas al transporte y distribución de petrolíferos, gas LP y petroquímicos por medios distintos a ductos, incluyendo autotankers. Definen requerimientos de balizado, transmisión de datos, integridad e interoperabilidad de la señal para permitir el monitoreo continuo de la flota, la trazabilidad de las rutas y el reforzamiento de la seguridad física y operativa en la cadena logística de hidrocarburos.

5. **NOM-004-SCT/2008, Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos**

Establece el sistema de placas, números de identificación de la ONU, etiquetas de riesgo y rótulos que deben portar las unidades que movilizan materiales peligrosos, entre ellas los autotankers. Su aplicación permite identificar de forma inmediata el tipo de sustancia transportada y su nivel de riesgo, facilitando las labores de inspección, respuesta a emergencias y gestión del riesgo en carreteras, terminales y puntos de carga y descarga.

En el caso del transporte por carretera en Estados Unidos de América la regulación aplicable a los autotankers y carotankers que movilizan petrolíferos y petróleo crudo recae en el Department of Transportation (DOT), a través de la Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA) y la American Association Railroad (AAR). En particular, en el Título 49 del Code of Federal Regulations (CFR), parte 180, se establecen los requisitos de seguridad para el diseño, construcción, operación, inspección y mantenimiento de los *cargos tanks* y los *cars tanks* destinados al transporte de líquidos inflamables. De forma específica, en CFR 180 Subparte E se determina que, al igual que ocurre con los carotankers, *“En el marco de la normatividad del Department of Transportation (DOT), ninguna terminal de despacho de petrolíferos está facultada para recibir, cargar o liberar un autotanker que presente indicios de fuga, daño estructural, fallas en válvulas o dispositivos de alivio, vencimiento de inspecciones o pruebas reglamentarias, o cualquier otra condición que incremente el riesgo para su entorno.”* En virtud de ello, se establecen procedimientos obligatorios de inspección previa, criterios de inmovilización y plazos definidos para la corrección de anomalías, de manera que únicamente se autorice la entrada y salida de unidades que acrediten condiciones óptimas

de operación y un nivel de riesgo aceptable para las personas, las instalaciones y el medio ambiente.

3.3.4 Características técnicas y diseño de buques

Los buques constituyen un componente esencial dentro del sistema logístico marítimo para el transporte de hidrocarburos. Su utilización resulta especialmente adecuada para el traslado de grandes volúmenes de combustibles líquidos como gasolina, diésel, turbosina o gas natural licuado (GNL) a lo largo de rutas nacionales e internacionales, particularmente en los trayectos que conectan refinerías, terminales marítimas y centros de almacenamiento costeros.

Los buques utilizados para el transporte de hidrocarburos se clasifican en tres categorías principales:

1) Buques petroleros o *Crude Oil Tankers*:

Son buques diseñados para transportar combustibles líquidos como gasolina, turbosina, diésel y combustóleo.

Existen diferentes tipos de buques generalmente se clasifican en:

a) Buques petroleros de productos “sucios”:

Un buque petrolero de productos “sucios” típico se configura como un buque de casco doble, con un conjunto de entre 8 y 12 tanques de carga dispuestos a lo largo de la eslora, subdivididos por mamparos longitudinales y transversales, y separados de los costados mediante espacios de doble casco que funcionan como tanques de lastre segregado. Estos tanques, diseñados para transportar crudo y combustibles pesados (fuel oil, residuales), incorporan serpentines de calefacción en el fondo para mantener la viscosidad del producto dentro de rangos bombeables, así como recubrimientos internos seleccionados según la agresividad del crudo. El sistema de bombeo se concentra normalmente en una o dos salas de bombas de carga ubicadas a popa del block de tanques, desde donde se alimentan líneas de descarga de gran diámetro hacia manifolds laterales. El buque integra sistemas de gas inerte para evitar atmósferas

explosivas en los tanques, tanques de slop para aguas residuales, sistemas de detección y lucha contra incendios, y equipos de seguridad estructural que responden a los requisitos de MARPOL para cascos dobles en buques de más de 120 m de eslora

b) Buques petroleros de productos “limpios” también conocidos como *Product Tankers*:

El buque petrolero de productos “limpios” se concibe como una variante especializada del petrolero, optimizada para combustibles refinados como gasolina, diésel y turbosina. Su casco también es, en la práctica moderna, de doble pared, con tanques de carga de menor volumen relativo pero mayor número, a fin de permitir la segregación de distintos cortes refinados y minimizar el riesgo de contaminación cruzada. Los tanques se recubren con sistemas de pintura epóxica o acero inoxidable para facilitar la limpieza y preservar la calidad de productos sensibles como la turbosina y las gasolinas de alto octanaje. El sistema de bombeo suele utilizar bombas tipo deepwell instaladas directamente en cada tanque, con líneas de carga y descarga segregadas, manifolds de cubierta configurables y capacidad de calefacción limitada o nula, dado que se trata de productos menos viscosos que los combustibles pesados.

En este contexto existen diferentes formas de clasificar los buques otra de ella es por su capacidad de carga el cual se puede clasificar por DTW(Deadweight Tonnage) o TPM (tonelaje de peso muerto)

En la siguiente Tabla III.14 se presenta la clasificación de los buques tanque de acuerdo con su capacidad de carga y alcance operativo. Esta clasificación permite identificar la función logística de cada embarcación dentro del transporte marítimo de hidrocarburos, desde buques de menor porte utilizados en rutas regionales o de cabotaje, hasta unidades de gran escala destinadas al traslado intercontinental de crudo. En este sentido, la capacidad de carga, el calado permitido y la infraestructura portuaria disponible son factores determinantes para seleccionar el tipo de buque adecuado en una operación de suministro.

Tabla III.14 Tipos de buque por su capacidad de carga. Elaboración Propia(Oil Tankers Safety).)

Categoría de buque	Equivalente en escala	Rango típico de capacidad	Descripción operativa sintética
Cisterna de producto (uso general)	Cisterna de uso general	10,000–24,999	Buque cisterna de menor porte, utilizado principalmente para productos refinados en rutas de corto y medio alcance (cabotaje y tráfico regional).
PANAMAX	Cisterna de alcance medio	55,000- 80,000	Buques diseñados para transitar por el Canal de Panamá “clásico”; se emplean para crudo y productos, en rutas regionales e interoceánicas de mediano alcance.
AFRAMAX	LR1 (Largo Alcance 1)	75,000-120,000	Buques tanque de tamaño medio-alto, estandarizados para numerosos puertos; se usan en rutas de mediano alcance para crudo y productos, donde no se permite mayor calado.
Suezmax	LR2 (Largo Alcance 2)	120,000-200,000	Buques diseñados para aprovechar al máximo la capacidad económica del Canal de Suez; se utilizan intensivamente en el transporte de crudo en rutas intercontinentales.
V.L.C.C. (Very Large Crude Carrier)	VLCC (Very Large Crude Carrier)	200,000-319,999	Petroleros de gran porte, dedicados casi exclusivamente al transporte de crudo en rutas de largo recorrido (por ejemplo, Medio Oriente–Asia y Medio Oriente–Europa).
U.L.C.C. (Ultra Large Crude Carrier)	ULCC (Ultra Large Crude Carrier)	320,000-420,000	Buques de máxima capacidad, orientados al transporte masivo de crudo en rutas específicas, con acceso restringido a puertos y terminales especializados.

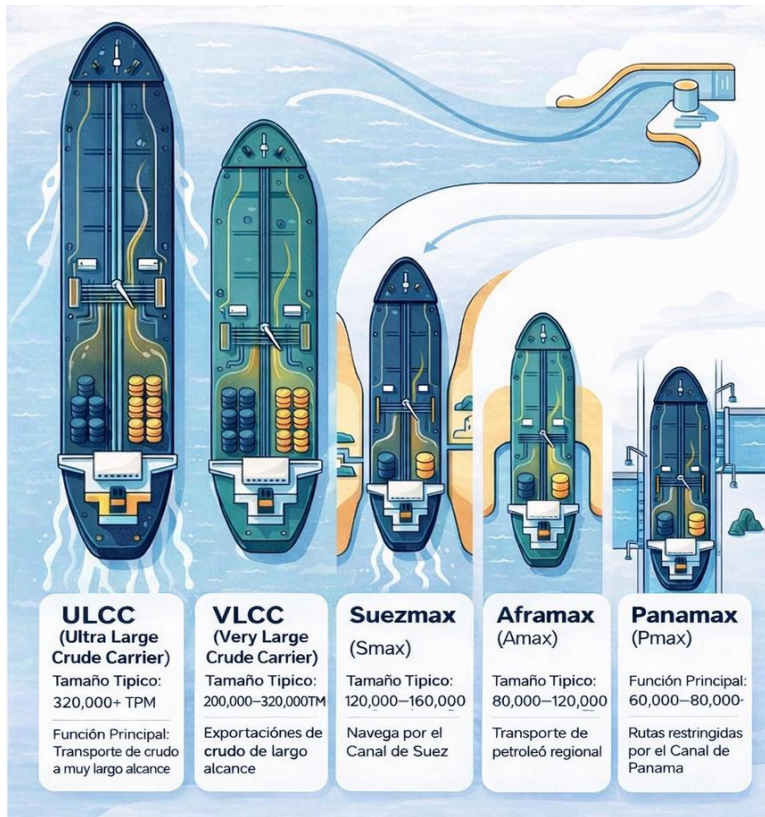


Figura 52 Seguridad Marítima en Buques Tanques Petroleros (Oil Tankers Safety).

2) Buques de gases licuados:

Son utilizados para el transporte de gases licuados del petróleo (GLP) o gas natural licuado (LNG). Estas embarcaciones están equipadas con tanques presurizados o criogénicos capaces de mantener el producto a bajas temperaturas o bajo presión constante. Presentan diseños específicos para soportar las propiedades únicas de los gases licuados y garantizar las condiciones óptimas que mantengan el producto en estado líquido durante todo su traslado.

Los buques de gases licuados se clasifican principalmente en:

a) Buques metaneros. (LNG)

El buque metanero es un buque altamente especializado, diseñado para transportar gas natural licuado (GNL) a temperaturas criogénicas cercanas a $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$, a presión

próxima a la atmosférica. La arquitectura integra un casco doble robusto, que aloja tanques de carga de gran volumen con sistemas de contención tipo esfera autoportante (diseños Moss) o membrana prismática (GTT), rodeados por aislamiento térmico de alta eficiencia para limitar la ebullición (*boil-off*).

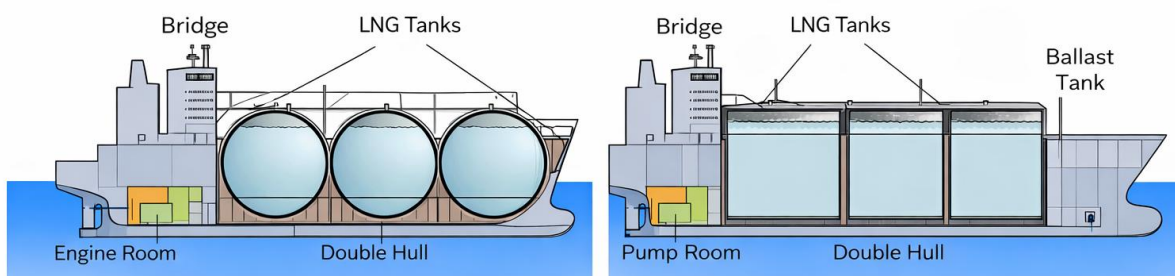


Figura 53 Buques utilizados en el LNG. Elaboración propia (OpenAI, 2026).

Los espacios de doble casco y de entre tanques se utilizan como barrera de seguridad adicional y como tanques de lastre, mientras que los sistemas de control incluyen detección de gas, ventilación forzada, sistemas de inertización y licuefacción o aprovechamiento del *boil-off* gas como combustible para la propulsión. El diseño de tuberías y bombas criogénicas se orienta a minimizar puntos calientes, esfuerzos por contracción térmica y riesgos de fugas, cumpliendo códigos específicos de la OMI para transporte de gases licuados.

b) Buques transportadores de gas licuado de petróleo (GLP).

El buque transportador de GLP se diseña para manejar mezclas de propano, butano u otros gases licuados del petróleo en estado líquido, típicamente mediante una combinación de presión y/o refrigeración. El casco es igualmente de doble pared, con tanques de contención cilíndricos, esféricos o prismáticos instalados dentro del casco estructural. La configuración más extendida distingue entre buques presurizados (tanques de acero de alta resistencia a presiones elevadas), buques semi-refrigerados y buques totalmente refrigerados, cada uno con diferentes combinaciones de temperatura de operación y nivel de presión. Los sistemas incluyen aislamiento térmico

selectivo, circuitos de refrigeración mecánica, válvulas de alivio de presión, sistemas de detección de fugas y gas, y equipos de emergencia para control de incendios con agentes compatibles con atmósferas de gas inflamable.

En congruencia con lo expuesto al inicio de este apartado, se reconoce que las normativas internacionales constituyen el marco de referencia que rige los procesos operativos, de seguridad y de protección ambiental en los buques. Ello obedece a que, desde la perspectiva del derecho internacional público, un buque se considera una extensión territorial del Estado cuya bandera enarbola, por lo que se encuentra obligado a cumplir tanto con disposiciones generales aplicables a cualquier tipo de embarcación como con requisitos específicos determinados por su diseño, su servicio y el tipo de carga que transporta, particularmente cuando se trata de hidrocarburos y petrolíferos. En la siguiente Tabla III.15 se expresa las normativas que contribuyen en dicha regulación

Tabla III.15 Normativas internacionales para buques. Elaboración Propia.

BUQUES			
NORMAS INTERNACIONALES	PETROLEROS	METANEROS	PRODUCTOS REFINADOS
MARPOL 73/78 <i>“Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques”</i>	◆	▼	●
SOLAS 1974 <i>“Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar”</i>	◆	▼	●
IMO, 1995 <i>“Código internacional de gestión de la seguridad”</i>	◆	▼	●
STCW 1978 <i>“Convenio internacional sobre normas de formación, titulación y guardia para la gente de mar”</i>	◆	▼	●
ISM Code (IMO, 1995)	◆	▼	●

BUQUES			
NORMAS INTERNACIONALES	PETROLEROS	METANEROS	PRODUCTOS REFINADOS
<i>“Código internacional de gestión de la seguridad.”</i>			
OPRC 1990 <i>“Convenio internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos.”</i>	◆	▼	●
IGC Code <i>“Código internacional para la construcción y el equipo de los buques que transportan gases licuados a granel”</i>		▼	
IBC Code <i>“Código internacional para la construcción y el equipo de los buques que transportan productos químicos peligrosos a granel”</i>			●
ASME Sección VIII “Boiler and Pressure Vessel Code <i>Reglas para la construcción de recipientes a presión”</i>	◆	▼	●
NFPA 30 <i>“Código de líquidos inflamables y combustibles”</i>	◆	▼	●
NFPA 59A <i>“Norma para la producción, almacenamiento y manejo de gas natural licuado (GNL)”</i>	◆	▼	●
NFPA 306 <i>“Norma para el control de riesgos de gas en buques”</i>	◆	▼	●
NFPA 307	◆	▼	●

BUQUES			
NORMAS INTERNACIONALES	PETROLEROS	METANEROS	PRODUCTOS REFINADOS
<i>"Norma para la construcción y la protección contra incendios de terminales marítimas, muelles y embarcaderos"</i>			
ASTM D1835 <i>"Especificación estándar para gases licuados de petróleo (GLP)"</i>		▼	
ASTM D396 <i>"Especificación estándar para aceites combustibles"</i>	◆		
ASTM D4057 <i>Práctica estándar para el muestreo manual de petróleo y productos petrolíferos"</i>	◆	▼	●
ASTM D1298 <i>"Método de ensayo estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica) o gravedad API del petróleo crudo y productos petrolíferos líquidos mediante el método del hidrómetro"</i>	◆		
ISO 8217 <i>"Productos petrolíferos Combustibles (clase F) Especificaciones de los combustibles marinos"</i>			●
ISO 28460 <i>"Industrias del petróleo y del gas natural Instalación y equipo para gas natural licuado Interfaz buque-tierra y operaciones portuarias"</i>		▼	

◆ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de buques.*

▼ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de buques*

● *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de buques.*

1. **MARPOL 73/78 International Convention for the Prevention of Pollution from Ships**

Establece los requisitos para prevenir la contaminación marina originada por los buques, a través de sus Anexos I a VI. Para petroleros y buques de productos regula descargas de hidrocarburos (Anexo I), sustancias nocivas líquidas (Anexo II), residuos y emisiones atmosféricas, condicionando diseño de tanques, segregación de carga, sistemas de lastre limpio y procedimientos de operación.

2. **SOLAS 1974 International Convention for the Safety of Life at Sea**

Define los requisitos mínimos de seguridad en el diseño, construcción, equipamiento y operación de buques, incluyendo estabilidad, protección contra incendios, medios de salvamento y sistemas de navegación. En buques determina criterios de protección de espacios de bombas, ventilación de tanques, detección de gases y sistemas de combate de incendios.

3. **STCW 1978 International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers**

Establece los estándares de formación, certificación y guardias de la tripulación. Para petroleros, metaneros y buques de productos introduce requisitos específicos de capacitación para la manipulación segura de cargas peligrosas y la respuesta ante emergencias.

4. **ISM Code (IMO, 1995) International Safety Management Code**

Código adoptado por la OMI que exige a navieras y buques la implementación de un Sistema de Gestión de la Seguridad (SMS), enfocado en la operación segura del buque y la prevención de la contaminación. Para buques formaliza procedimientos escritos, gestión de riesgos y auditorías periódicas.

5. **OPRC 1990 – International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation**

Establece obligaciones para contar con planes de emergencia, medios de respuesta y cooperación internacional ante derrames de hidrocarburos. Aplica tanto a los buques como a los puertos y terminales que operan petroleros y buques de productos.

6. IGC Code – International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk

Define requisitos de diseño de casco, tanques de carga, sistemas de contención, tuberías criogénicas, ventilación y seguridad para buques que transportan GNL, GLP y otros gases licuados a granel (metaneros). Es la referencia principal para buques de GNL.

7. IBC Code – International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk

Establece requisitos de diseño y equipamiento para buques que transportan sustancias químicas peligrosas y algunos productos refinados a granel, definiendo tipos de buque, segregación, materiales y sistemas de seguridad.

8. ASME Sección VIII “Boiler and Pressure Vessel Code Rules for Construction of Pressure Vessels”

Establece criterios de diseño, materiales, esfuerzos admisibles, pruebas e inspección de recipientes a presión. En buques y terminales se aplica a tanques de servicio, recipientes de gas inerte, acumuladores y equipos presurizados vinculados a los sistemas de carga.

9. NFPA 30 “Flammable and Combustible Liquids Code”

Regula almacenamiento, manejo y transferencia de líquidos inflamables y combustibles en tierra. En terminales que atienden petroleros y buques de productos establece requisitos de tanques, diques de contención, equipos de bombeo y sistemas de drenaje para escenarios de derrame e incendio.

10. NFPA 59A “Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)”

Establece criterios de diseño, construcción y protección contra incendios de plantas y terminales de GNL, incluyendo instalaciones de carga y descarga de metaneros:

sistemas de contención, distancias de seguridad, detección de fugas y protección contra incendios.

11. NFPA 306 “Standard for the Control of Gas Hazards on Vessels”

Establece procedimientos de inspección y pruebas de atmósferas en espacios de buques, determinando condiciones de entrada segura y trabajos en caliente en tanques de carga y espacios confinados.

12. NFPA 307 “Standard for the Construction and Fire Protection of Marine Terminals, Piers, and Wharves”

Define requisitos de diseño, construcción, sistemas contra incendio y evacuación para muelles y terminales marinas que manejan cargas peligrosas, incluyendo petroleros y buques de productos.

13. ASTM D1835 “Standard Specification for Liquefied Petroleum (LP) Gases”

Define especificaciones de calidad para GLP (propano, butano y mezclas), incluyendo pureza, presión de vapor, contaminantes y métodos de ensayo. Aplica a cargas de GLP transportadas en buques gaseros y a la aceptación/rechazo de lotes en terminales.

14. ASTM D396 “Standard Specification for Fuel Oils”

Establece clases y requisitos de calidad para combustibles tipo fuel oil (No. 1 a No. 6), relevantes como carga de buques de productos y como combustible marino pesado.

15. ASTM D4057 “Standard Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products”

Fija procedimientos para muestreo manual de hidrocarburos líquidos, asegurando representatividad de las muestras en buques y terminales.

16. ASTM D1298 “Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method”

Define el método de determinación de densidad y gravedad API mediante hidrómetro, fundamental para el cálculo de volúmenes a 15 °C en operaciones de carga y descarga de buques.

17. ISO 8217 “Petroleum products Fuels (class F) Specifications of marine fuels”

Define las especificaciones de calidad para combustibles marinos (residuales y

destilados), incluyendo límites de azufre, contenido de agua, sedimentos, metales y estabilidad. Es la referencia principal para bunkers de buques, aunque también se utiliza para la evaluación de cargas de fuel oil marino.

18. ISO 28460 “Petroleum and natural gas industries Installation and equipment for liquefied natural gas Ship-to-shore interface and port operations”

Establece requisitos para el diseño y operación de terminales de GNL en la interfaz buque–tierra, incluyendo brazos de carga, sistemas de emergencia de desconexión (ESD), procedimientos operativos, comunicaciones y seguridad.

En este contexto, se presenta a continuación una tabla III.16 que muestra de manera sintética cómo la normatividad nacional se alinea y adapta a las exigencias establecidas en instrumentos internacionales que garantizan la armonización de criterios técnicos, de seguridad industrial y de protección ambiental en el transporte marítimo de hidrocarburos y petrolíferos.

Tabla III.16 Normativas nacionales para buques. . Elaboración Propia.

BUQUES			
NORMAS NACIONALES	PETROLEROS	METANEROS	PRODUCTOS REFINADOS
NOM-002-SCT4-2013 “Terminología marítima portuaria”	◆	▼	●
NOM-005-SCT4-2006 “Especificaciones técnicas que deben cumplir los aros salvavidas”	◆	▼	●
NOM-007-SCT4-2010 “Prueba de inclinación para embarcaciones Método”	◆	▼	●
NOM-012-SCT4-2007 “Lineamientos para la elaboración del plan de contingencias para embarcaciones que transportan mercancías peligrosas”	◆	▼	●
NOM-020-SCT4-1995	◆	▼	●

BUQUES			
NORMAS NACIONALES	PETROLEROS	METANEROS	PRODUCTOS REFINADOS
“Frecuencia de inspecciones en seco para embarcaciones y artefactos navales”			
NOM-021-SCT4-1995 “Condiciones que deben cumplir las embarcaciones para el transporte de productos petroquímicos”			•
NOM-023-SCT4-1995 “Condiciones para el manejo y almacenamiento de mercancías peligrosas en puertos, terminales y unidades mar adentro”	◆	▼	•
NOM-025-SCT4-1995 “Detección, identificación, prevención y sistemas contra incendio para embarcaciones que transportan hidrocarburos, químicos y petroquímicos de alto riesgo”	◆	▼	•
NOM-033-SCT4-2013 “Lineamientos para el ingreso de mercancías peligrosas a instalaciones portuarias”	◆	▼	•
NOM-035-SCT4-1999 “Equipo de protección personal y de seguridad para la atención de incendios, accidentes e incidentes que involucren mercancías peligrosas en embarcaciones y artefactos navales”	◆	▼	•
NOM-038-SCT4-2009 “Especificaciones técnicas que deben cumplir las canastillas para embarque y desembarque”	◆	▼	•

◆ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de buques.*

▼ *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de buques*

• *Aplicación directa y principal de la norma en el tipo de buques.*

1. **NOM-002-SCT4-2013: Terminología marítima portuaria**

Define el conjunto básico de términos, definiciones y conceptos utilizados en el ámbito marítimo y portuario nacional, proporcionando un lenguaje técnico unificado para autoridades, navieras, terminales y prestadores de servicios. Su aplicación en operaciones con buques petroleros, metaneros y de productos refinados evita ambigüedades en manuales, planes de emergencia y documentación operativa, lo que favorece la coordinación segura de maniobras de carga, descarga y atraque de embarcaciones que transportan hidrocarburos y petrolíferos.

2. **NOM-005-SCT4-2006: Especificaciones técnicas que deben cumplir los aros salvavidas**

Establece los requisitos de diseño, construcción, flotabilidad, resistencia y marcado de los aros salvavidas que deben portar las embarcaciones y artefactos navales. En el contexto de buques petroleros y metaneros, garantiza que el equipo de salvamento mínimo cuente con características adecuadas para apoyar la evacuación y recuperación de tripulantes durante emergencias en maniobras de carga de crudo, petrolíferos o gas natural licuado, contribuyendo a la reducción del riesgo a la vida humana en la mar.

3. **NOM-007-SCT4-2010: Prueba de inclinación para embarcaciones: Método**

Define el procedimiento para realizar la prueba de inclinación y determinar con precisión las características de estabilidad de las embarcaciones, tales como centro de gravedad y metacentro. En buques petroleros y de productos refinados, su cumplimiento permite validar que la embarcación mantiene márgenes de estabilidad adecuados ante cambios de carga, variaciones de lastre y condiciones de mar, reduciendo el riesgo de escora excesiva, vuelco o pérdidas de control durante operaciones con hidrocarburos.

4. **NOM-012-SCT4-2007: Lineamientos para la elaboración del plan de contingencias para embarcaciones que transportan mercancías peligrosas**

Establece los requisitos mínimos para diseñar, documentar e implementar planes de contingencia a bordo de embarcaciones que transportan mercancías peligrosas, incluyendo hidrocarburos, químicos y gas natural licuado. Para buques petroleros, metaneros y buques de productos refinados, la norma exige procedimientos de respuesta ante derrames, incendios, explosiones y

liberación de vapores tóxicos, así como la coordinación con autoridades portuarias y marítimas, fortaleciendo la gestión de riesgos en la cadena logística marina.

5. **NOM-020-SCT4-1995: Frecuencia de inspecciones en seco para embarcaciones y artefactos navales**

Define los intervalos y criterios para la realización de inspecciones en dique seco, así como los alcances de revisión estructural, de cascos, hélices, timones y sistemas asociados. En el caso de buques petroleros y metaneros, esta norma constituye un componente clave de la integridad estructural, al asegurar que la embarcación se somete periódicamente a mantenimiento mayor y verificaciones que reducen la probabilidad de fallas de casco, fugas en tanques o daños en estructuras críticas que pudieran derivar en siniestros con hidrocarburos en el mar.

6. **NOM-021-SCT4-1995: Condiciones que deben cumplir las embarcaciones para el transporte de productos petroquímicos**

Establece las condiciones técnicas y operativas de diseño, equipamiento, sistemas de bombeo, ventilación y contención que deben cumplir las embarcaciones dedicadas al transporte de productos petroquímicos. Aunque su foco es petroquímico, sus criterios se utilizan como referencia para buques de productos refinados al definir exigencias sobre compatibilidad de materiales, segregación de tanques, prevención de mezclas peligrosas y control de emisiones de vapores, coadyuvando a un transporte marítimo más seguro de cargas líquidas derivadas de hidrocarburos.

7. **NOM-023-SCT4-1995: Condiciones para el manejo y almacenamiento de mercancías peligrosas en puertos, terminales y unidades mar adentro**

Regula las condiciones de seguridad para la recepción, almacenamiento, manipulación y transferencia de mercancías peligrosas en recintos portuarios, terminales marítimas y plataformas costa fuera. Para la logística con buques petroleros, metaneros y de productos refinados, define requisitos sobre segregación de áreas, señalización, equipos de protección, distancias de seguridad y sistemas de contención de derrames, asegurando que las operaciones barco–muelle se desarrollen bajo criterios que mitiguen riesgos de incendios, explosiones y contaminación marina.

8. **NOM-025-SCT4-1995: Detección, identificación, prevención y sistemas contra incendio para embarcaciones que transportan hidrocarburos, químicos y petroquímicos de alto riesgo**

Establece las características mínimas que deben cumplir los sistemas de detección de gases y fuego, equipos de extinción, redes fijas y portátiles, así como los procedimientos de prevención de incendios a bordo de embarcaciones que transportan hidrocarburos, químicos y petroquímicos. En buques petroleros y metaneros, esta norma obliga a contar con equipamiento especializado (espuma, CO₂, agua nebulizada, detección en tanques y espacios de máquinas) y planes de respuesta que reduzcan la probabilidad y severidad de incendios en operaciones de carga/descarga y navegación.

9. **NOM-033-SCT4-2013: Lineamientos para el ingreso de mercancías peligrosas a instalaciones portuarias**

Define los requisitos documentales, operativos y de seguridad que deben cumplirse para autorizar el ingreso, permanencia y salida de mercancías peligrosas a instalaciones portuarias bajo jurisdicción nacional. En el contexto de buques petroleros y buques de productos refinados, la norma regula la coordinación entre capitán, agente naviero, autoridad portuaria y terminal para la programación de arribo, asignación de posiciones de atraque, control de accesos y verificación de medidas de seguridad antes y durante las maniobras con hidrocarburos y petrolíferos.

10. **NOM-035-SCT4-1999: Equipo de protección personal y de seguridad para la atención de incendios, accidentes e incidentes que involucren mercancías peligrosas en embarcaciones y artefactos navales**

Establece las características, tipos y niveles de desempeño del equipo de protección personal (EPP) y equipo de seguridad que debe disponer la tripulación para atender incendios, explosiones, fugas o derrames de mercancías peligrosas a bordo. Para buques petroleros y metaneros, exige dotaciones mínimas de trajes resistentes al fuego, equipos de respiración autónoma, cascos, guantes, botas y herramientas especializadas, asegurando que el personal pueda intervenir de manera segura y efectiva en incidentes asociados con la carga de hidrocarburos y gas natural licuado.

11. NOM-038-SCT4-2009: Especificaciones técnicas que deben cumplir las canastillas para embarque y desembarque

Define los requisitos de diseño, materiales, resistencia estructural, pruebas y dispositivos de seguridad que deben cumplir las canastillas utilizadas para el traslado de personal, herramientas y equipo entre embarcaciones, muelles y artefactos navales. En operaciones offshore vinculadas al transporte de hidrocarburos (buques tanque que abastecen plataformas o reciben producción), esta norma garantiza que las transferencias de personal se realicen con equipos certificados, disminuyendo el riesgo de caídas, atrapamientos o fallas estructurales durante maniobras en condiciones marítimas adversas.

Para concluir, este análisis permite poner en perspectiva las distintas normatividades a nivel nacional e internacional, evidenciando que, para que un sistema logístico y operativo funcione adecuadamente, se debe fundamentar y operar conforme a la normatividad vigente. En este sentido, se observa que los requisitos técnicos, de seguridad industrial, protección ambiental y gestión de riesgos están estipulados por diversos organismos internacionales, y que, si un país pretende incorporarse de manera efectiva al comercio internacional y de las operaciones especializadas, se ve obligado a adaptar su infraestructura física y su propio marco regulatorio a dichos estándares.

De este modo, se reconoce que la alineación entre normas nacionales e internacionales no solo permite cumplir formalmente con disposiciones técnicas y legales, sino que también contribuye a brindar servicios con mayor calidad, confiabilidad y eficiencia, tanto en el ámbito operativo como en el plano logístico y comercial.

Capítulo 4: Desglose operacional de la logística de los hidrocarburos y de los combustibles en México: variables que influyen en la cadena de valor

Este capítulo se orienta al análisis detallado de la estructura de costos que conforman el precio por litro de los combustibles en México. El objetivo central es desagregar, de manera sistemática y cuantitativa, los componentes logísticos, operativos, regulatorios y de mercado que intervienen las actividades permitidas hasta el usuario final, con el fin de identificar con precisión las erogaciones que inciden en la rentabilidad del negocio de petrolíferos.

La metodología se plantea bajo una lógica unitaria, es decir, se calcula y examina el costo por litro, lo que permite evaluar con rigor la eficiencia de cada eslabón de la cadena de suministro. Para ello, se consideran los costos de transporte por (ductos, autotanques, carrotanques y buques), así como las cargas regulatorias, fiscales y los márgenes comerciales y costos administrativos asociados al mercado. Este enfoque posibilita construir un marco de referencia robusto que integra la dimensión técnico-operativa con la dimensión económico-financiera del negocio.

El desglose unitario por litro se constituye como una herramienta clave para comprender las dinámicas económicas y logísticas del sector hidrocarburos, al permitir dimensionar de manera objetiva la estructura de costos que soporta cada litro comercializado. A partir de esta radiografía de costos, los distintos actores del sector pueden definir márgenes de utilidad razonables, evaluar su posición competitiva frente a referentes internacionales y diseñar estrategias de optimización logística orientadas a la reducción de costos, la mejora de la eficiencia operativa y el incremento de la productividad. Este nivel en el análisis está directamente vinculado con la competitividad, la transparencia y la rentabilidad del sector. Al exponer de forma clara los costos y márgenes involucrados, se fortalece la confianza entre consumidores, reguladores y operadores, y se generan bases sólidas para la toma de decisiones empresariales en un entorno caracterizado por la volatilidad de los precios regionales y por compromisos internacionales. De esta manera, el enfoque unitario del

costo por litro se convierte en un instrumento estratégico para garantizar la estabilidad, la viabilidad económica y la sostenibilidad de la cadena logística de petrolíferos en México en el mediano y largo plazo.

4.1 Almacenamiento mínimo de petrolíferos

La Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos fue implementada por la Secretaría de Energía (SENER) para que México cuente con reservas estratégicas de combustibles (gasolina, diésel y turbosina) que garanticen el suministro a la población en situaciones de emergencia. Esta política busca reforzar la seguridad energética nacional mediante el aumento de la infraestructura de almacenamiento de petrolíferos y asegurar que existan inventarios suficientes para atender la demanda si se interrumpe el suministro regular. En diciembre de 2017 se publicó la primera versión esta política, misma que fue modificada en 2019-2020 para ajustarse a las condiciones del mercado y fomentar un cumplimiento efectivo por parte de la industria.



Figura 53 Línea de tiempo de almacenamiento mínimo de petrolíferos. Elaboración propia (SENER 2025)

La Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos mostrada en la Figura 53 actualmente estructurada bajo un enfoque de viabilidad operativa, realismo logístico y neutralidad competitiva, resultado de la experiencia acumulada durante su implementación y de la evaluación de las condiciones reales del mercado mexicano de combustibles. En

su configuración vigente, la política establece que los permisionarios deben mantener un inventario mínimo equivalente a un número determinado de días de ventas promedio, criterio que permite vincular directamente la obligación regulatoria con el tamaño real de la operación comercial, evitando distorsiones entre agentes de distinta escala.

Bajo este esquema unificado a nivel nacional, las obligaciones se fijaron en cinco días de ventas promedio para gasolinas y diésel, y en tres días de consumo total para turbosina, desglosados en 1.5 días almacenados directamente en aeropuertos y aeródromos, más 1.5 días como promedio mensual en otras terminales dentro del territorio nacional. Esta diferenciación responde a la naturaleza crítica del suministro aeronáutico, así como a la necesidad de garantizar continuidad operativa en nodos logísticos altamente especializados, donde la interrupción del abasto tiene impactos inmediatos en la conectividad y la actividad económica.

La decisión de reducir las metas originalmente planteadas que preveían incrementos graduales hasta alcanzar niveles de entre 11 y 13 días de inventario hacia 2025 obedeció a una revisión integral de la capacidad real del sistema logístico nacional, tanto en términos de infraestructura disponible como de condiciones financieras y operativas de los participantes del mercado. En la práctica, el diseño original implicaba requerimientos de inversión acelerados y concentrados, incompatibles con el ritmo de desarrollo de nuevas terminales de almacenamiento, los plazos de maduración de proyectos y las restricciones de financiamiento enfrentadas por múltiples permisionarios, particularmente en un contexto de alta dependencia de importaciones y volatilidad en los flujos de suministro.

Desde la perspectiva de política pública, mantener metas elevadas sin capacidad material de cumplimiento habría generado riesgos contraproducentes, tales como: incumplimientos generalizados, salida de agentes del mercado, concentración excesiva, encarecimiento artificial de costos logísticos y posibles afectaciones al abasto cotidiano. En este sentido, la homologación de la obligación en cinco días para gasolinas y diésel durante el periodo 2020-2025 representó una decisión de estabilización regulatoria, orientada a asegurar un nivel mínimo efectivo de inventarios sin comprometer la continuidad del mercado ni desalentar la inversión privada.

Asimismo, la política incorporó un criterio logístico explícito de localización del inventario, estableciendo que al menos 50% del volumen obligatorio debe ubicarse en las terminales que normalmente abastecen, vía autotanques, a las estaciones de servicio del permisionario, con base en la demanda observada en la primera quincena de diciembre del año previo. Este requisito responde a la necesidad de que los inventarios no solo existan en términos contables, sino que se encuentren físicamente disponibles en los puntos donde pueden ser movilizados de forma inmediata, garantizando capacidad de respuesta local ante eventos de interrupción del suministro.

El 50% restante del inventario mínimo puede almacenarse en cualquier otra terminal dentro del territorio nacional, otorgando flexibilidad operativa y permitiendo optimizar costos logísticos, contratos de almacenamiento y esquemas de respaldo regional. Adicionalmente, la política reconoce restricciones estructurales de capacidad en ciertas regiones, permitiendo que, cuando un permisionario demuestre que la terminal que habitualmente abastece a su mercado no cuenta con espacio suficiente para alojar el volumen requerido, el porcentaje faltante pueda cumplirse en otras terminales del país. Esta disposición evita cuellos de botella regulatorios y privilegia el cumplimiento funcional sobre una rigidez territorial improductiva.

En conjunto, la configuración vigente de la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos refleja un equilibrio deliberado entre seguridad energética, factibilidad logística y eficiencia de mercado. Lejos de constituir un retroceso, la reducción de metas y su estandarización responden a la necesidad de consolidar un piso mínimo realista de inventarios, capaz de mejorar la resiliencia del sistema frente a choques de suministro, sin imponer cargas desproporcionadas que afecten la competencia, el abasto o la sostenibilidad financiera de los operadores. En este contexto, el esquema actual mostrado en la siguiente Figura 54 debe entenderse como una etapa de consolidación, susceptible de revisión futura conforme se amplíe la capacidad instalada de almacenamiento y madure la estructura logística del país.

Cadena logística del transporte y almacenamiento de petrolíferos

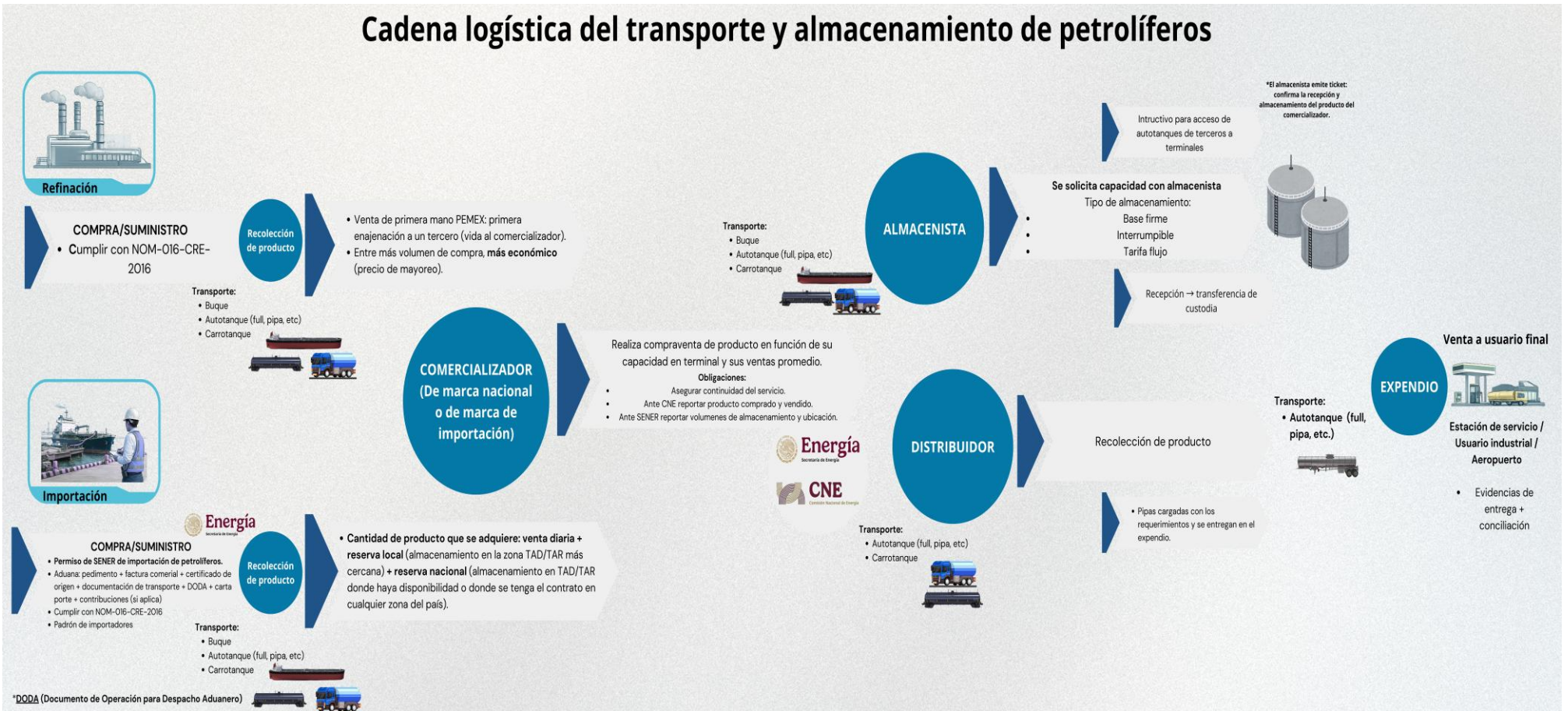


Figura 54 Diagrama operativo del cumplimiento del inventario mínimo de petrolíferos en México. Elaboración propia. (CNE 2025)

El cumplimiento del inventario mínimo de petrolíferos se estructura mediante una articulación funcional entre componentes técnicos y regulatorios, cuyo objetivo es traducir los lineamientos de política pública en procesos logísticos verificables y operativamente ejecutables. En este sentido, el esquema vigente no debe interpretarse únicamente como una obligación volumétrica, sino como un mecanismo de gestión del riesgo de suministro, integrado a la operación cotidiana de los agentes del mercado.

Desde la perspectiva técnica, el modelo de cumplimiento se apoya en variables observables y medibles, como el promedio diario de ventas y la capacidad de almacenamiento disponible lo que permite que la obligación se incorpore a los sistemas de planeación operativa, programación de inventarios y logística de distribución. Este enfoque facilita la trazabilidad del cumplimiento y la generación de evidencia documental asociada a volúmenes, ubicación física del inventario y periodos de referencia, elementos indispensables para los procesos de supervisión y evaluación regulatoria.

La incorporación de criterios de localización del inventario introduce una dimensión logística adicional, al vincular la obligación no solo con la existencia del volumen almacenado, sino con su capacidad real de movilización ante contingencias. En la práctica, este diseño obliga a los permisionarios a coordinar decisiones sobre contratación de capacidad en terminales de almacenamiento, de servicios de transporte y disponibilidad de distribución por autotankers, integrando el inventario mínimo dentro de la red de abasto habitual y no como un stock aislado o pasivo.

Asimismo, los esquemas transitorios de cumplimiento aplicables a proyectos de infraestructura en desarrollo reflejan una colaboración flexible entre los participantes del estado, que permite ajustar retrasos en la entrada en operación de nuevas terminales sin romper la coherencia del sistema. Estos mecanismos contribuyen a mantener la continuidad del mercado durante etapas de expansión de la capacidad instalada, al tiempo que preservan la continuidad hacia los niveles de inventario definidos a nivel nacional.

4.1.1 Inventarios a mínimos de Gasolina

La gasolina constituye un petrolífero estratégico para el sistema energético nacional, al fungir como insumo fundamental de la movilidad de personas, la logística de mercancías y el transporte público, con efectos directos sobre el desempeño económico agregado. En este contexto, la gestión de inventarios trasciende su carácter operativo y se convierte en una variable crítica de resiliencia, vinculada a la seguridad de suministro y a la estabilidad del mercado interno.

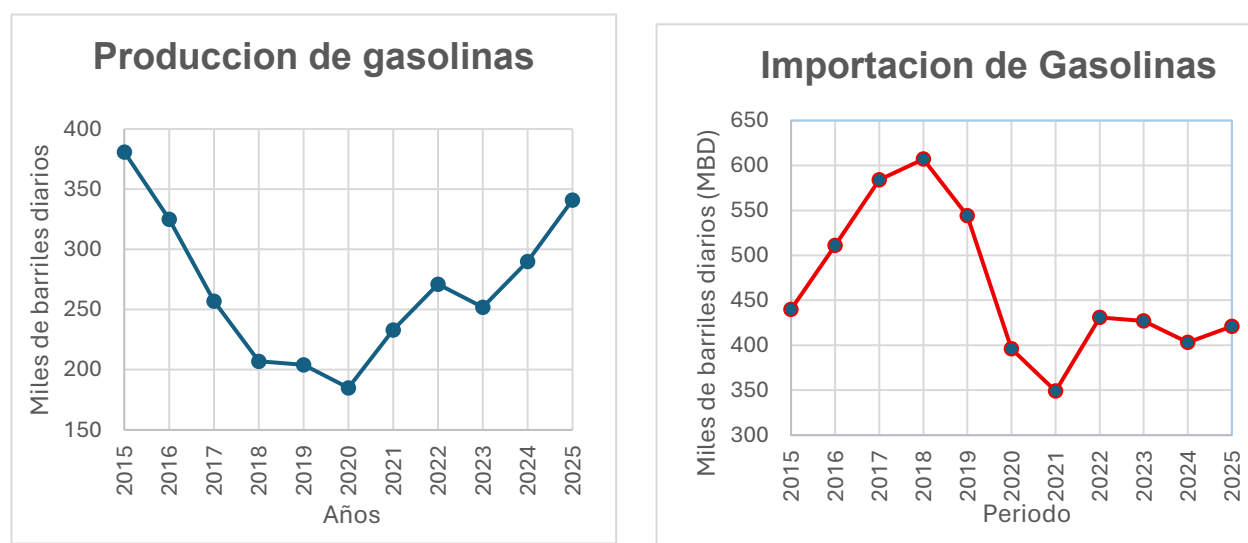


Figura 56 Comparativa de Producción e importación de gasolinas. (SENER 2026)

El análisis de la figura 56 muestra una tendencia decreciente en la producción de gasolinas, explicada principalmente por la reducción en los niveles de procesamiento de crudo en las refinerías nacionales, derivada de paros programados y no programados por mantenimiento, restricciones operativas y, de manera relevante, por el impacto de la pandemia de COVID-19. Durante dicho periodo, la caída en la demanda de combustibles y las limitaciones operativas obligaron a disminuir las cargas de refinación, afectando directamente la oferta interna de gasolinas.

La evolución de la producción nacional de gasolinas muestra una tendencia decreciente durante el periodo 2015–2020, asociada a limitaciones estructurales del Sistema Nacional de Refinación, paros por mantenimiento, restricciones operativas y, de manera relevante, al impacto de la pandemia de COVID-19. Estas condiciones redujeron las cargas de

procesamiento de crudo y afectaron directamente la oferta interna. A partir de 2021 se observa una recuperación gradual de la producción; sin embargo, los niveles alcanzados hacia 2025 continúan siendo insuficientes para cubrir la demanda nacional.

De forma complementaria, la importación de gasolinas se consolidó como el principal mecanismo de ajuste del sistema de abasto. Durante todo el periodo analizado, las importaciones superan a la producción nacional, evidenciando una dependencia estructural del suministro externo. Esta situación se acentúa entre 2016 y 2018, cuando la caída productiva interna coincide con un aumento significativo de las importaciones, y aunque la brecha se reduce parcialmente después de 2021, no se elimina. Adicionalmente, el reducido número de permisos vigentes para la importación siendo Pemex el principal importador esto implica una alta concentración del suministro y dependencia de rutas logísticas específicas.

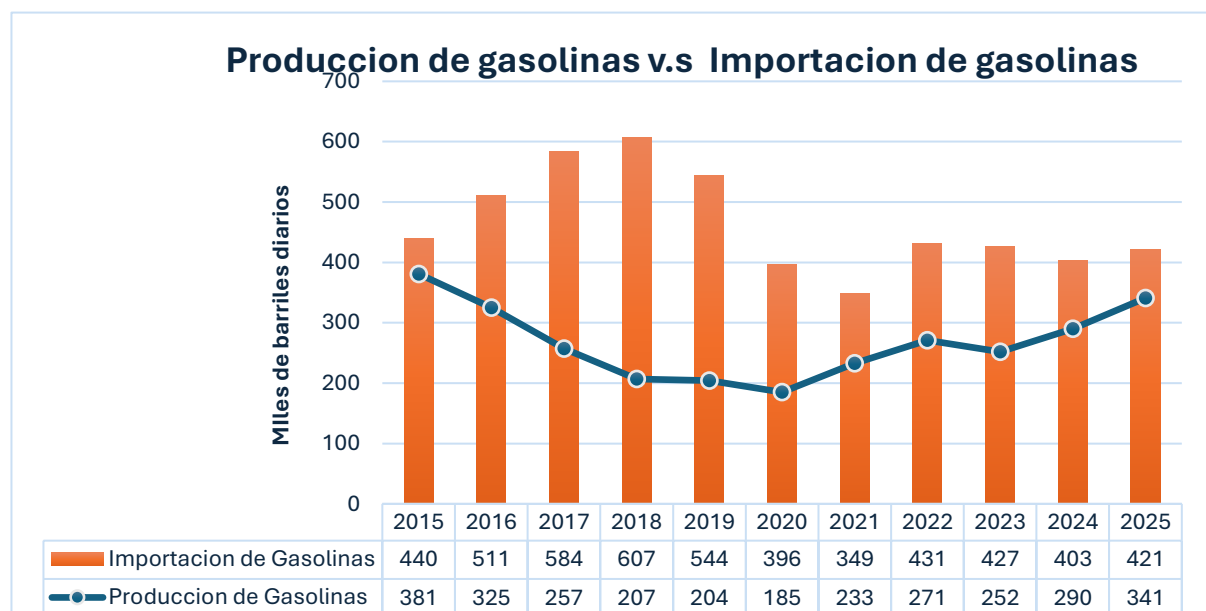


Figura 57 Producción de gasolinas vs. Importación de gasolinas (SENER 2026)

La gráfica 57 muestra que, durante todo el periodo 2015–2025, el balance de abasto de gasolinas en México se caracteriza por una dependencia estructural de las importaciones, las cuales superan de manera sistemática a la producción nacional. Entre 2015 y 2018, las importaciones aumentan de forma sostenida, alcanzando un máximo cercano a 607

mbd en 2018, en paralelo a una caída acelerada de la producción nacional, que se reduce de 381 mbd a poco más de 200 mbd.

A partir de 2019 se observa una contracción simultánea de ambas variables, acentuada en 2020 como resultado de la reducción en la demanda y de las restricciones operativas asociadas a la pandemia. No obstante, desde 2021 la producción inicia una recuperación gradual, alcanzando 341 mbd en 2025; sin embargo, este repunte no es suficiente para cerrar la brecha estructural, ya que las importaciones continúan ubicándose por encima de los 400 mbd.

El diferencial persistente entre producción e importaciones confirma que el equilibrio del mercado de gasolinas no deriva de la autosuficiencia productiva, sino de la capacidad logística para importar volúmenes significativos. En consecuencia, el sistema de abasto permanece altamente expuesto a disrupciones externas, lo que refuerza la relevancia del almacenamiento mínimo como mecanismo de amortiguamiento ante choques en la oferta y como elemento clave de la seguridad energética nacional.

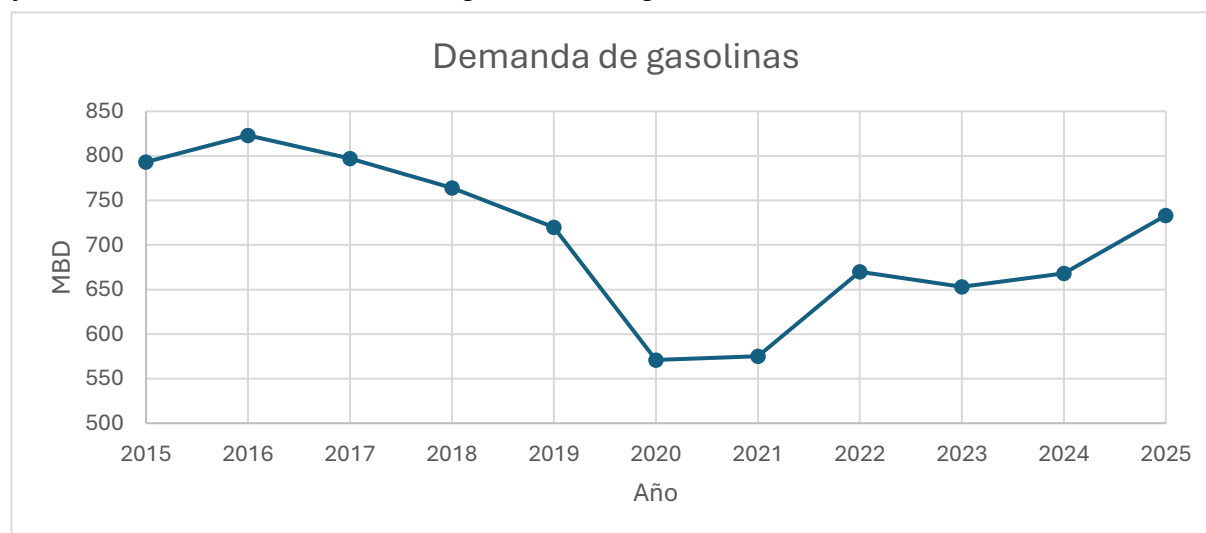


Figura 58 Demanda promedio de Gasolina (SENER 2026)

La evolución de la demanda muestra un comportamiento estructuralmente elevado entre 2015 y 2018, con valores máximos cercanos a 820 MBD, reflejando un contexto de alta movilidad y fuerte dependencia del transporte motorizado. En 2020 se presenta una ruptura abrupta, con una caída hasta aproximadamente 570 MBD, asociada a las restricciones de movilidad y a la contracción de la actividad económica por restricciones

sanitarias. A partir de 2021, la demanda se recupera de manera gradual y se estabiliza en un rango intermedio durante 2023–2024, retomando gradualmente los consumos promedios a la pandemia.

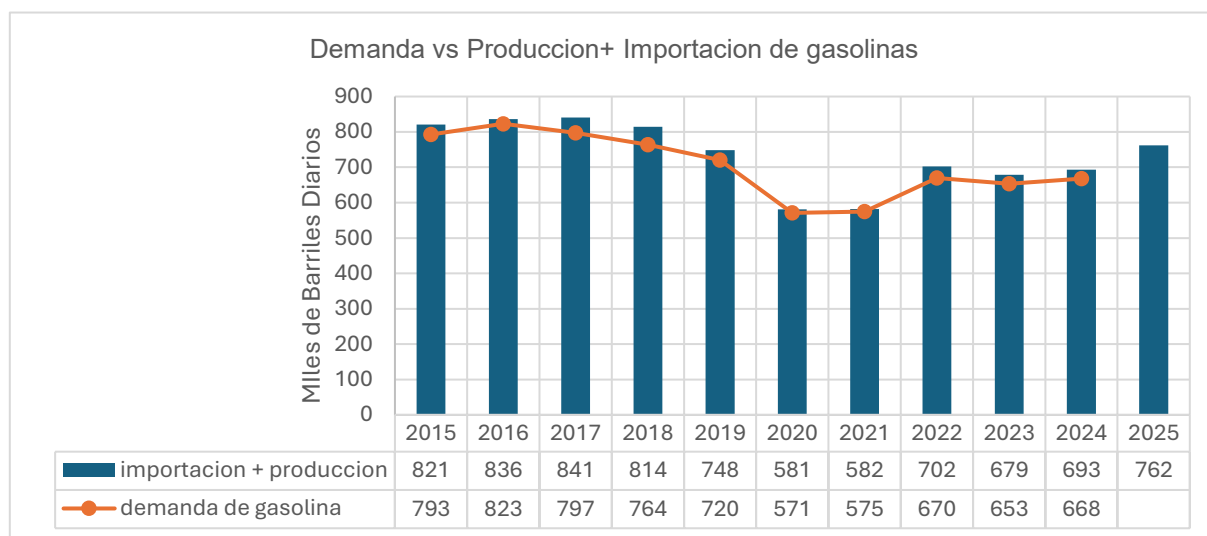


Figura 59 demanda vs importación + producción de gasolina (SENER 2026)

La comparación entre la demanda y la oferta total disponible evidenciada en la Figura 59 que el equilibrio del mercado de gasolinas no se sostiene en la producción nacional, sino en la capacidad de complementar el abasto mediante importaciones. La producción interna resulta insuficiente para cubrir de forma autónoma el consumo, por lo que la continuidad del suministro depende de la operación logística de importación, almacenamiento y distribución, reforzando la relevancia estratégica de esta infraestructura para la estabilidad del mercado interno.

El comportamiento de los inventarios muestra una dinámica variable y predominantemente reactiva, sensible a cambios en la demanda, en la producción y en los flujos de importación. Los niveles observados no responden a una acumulación estructural, sino a ajustes operativos del mercado, lo que pone de manifiesto la ausencia histórica de un esquema robusto de planeación de inventarios orientado a la seguridad de suministro.

La relación entre demanda e inventarios de gasolina indica que las existencias promedio tienen un nivel inferior a los estándares internacionales para economías con alta dependencia de importaciones. En este contexto, la seguridad de suministro descansa

más en la continuidad logística de los flujos externos que en una capacidad interna de amortiguamiento, lo que incrementa la exposición del sistema ante interrupciones en la cadena de suministro.

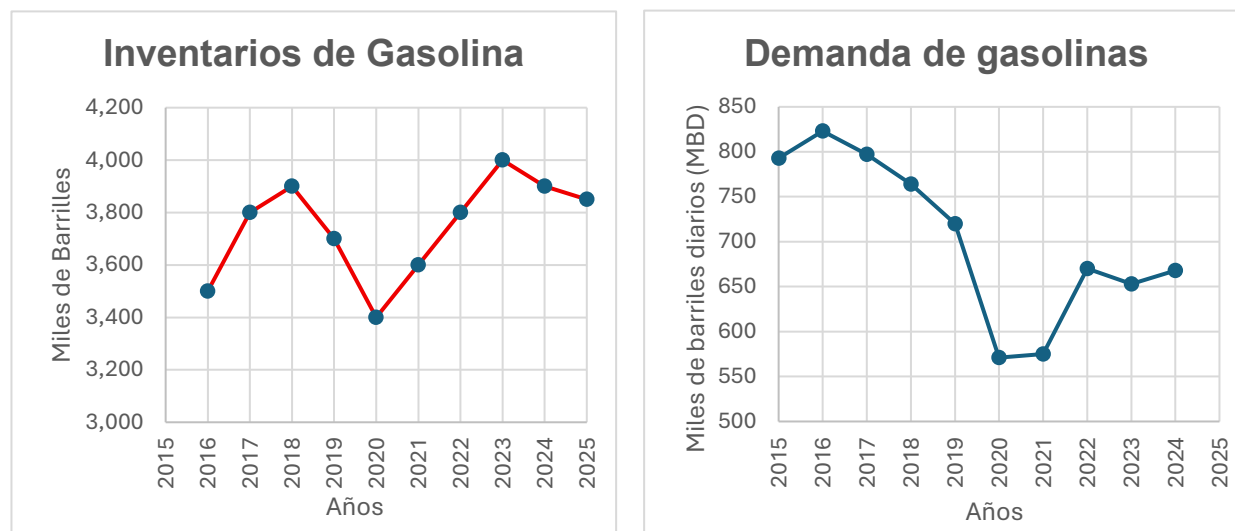


Figura 60 Demanda de Gasolina vs. Inventarios de gasolina (SENER 2026)

El análisis conjunto de demanda e inventarios confirma que el sistema de abasto de gasolinas en México opera con márgenes reducidos de cobertura, en un contexto de dependencia estructural de importaciones. En promedio, la producción interna se mantiene en niveles cercanos a 300 mil barriles diarios, mientras que la demanda oscila entre 750 y 850 mil barriles diarios. Bajo este esquema, los inventarios disponibles no constituyen una reserva estratégica de largo plazo, sino un colchón logístico limitado, cuyo desempeño depende de la continuidad de los flujos externos y de la capacidad operativa de las terminales de almacenamiento y despacho. En este sentido, el almacenamiento mínimo debe evaluarse como una herramienta de mitigación de riesgos de corto y mediano plazo, orientada a sostener la operación del diaria ante interrupciones logísticas, más que como un mecanismo de autosuficiencia energética.

Desde una perspectiva de política pública y de planeación logística, se recomienda a diseñar e implementar estrategias de mediano y largo plazo orientadas a:

- i. Fortalecer y expandir la infraestructura de almacenamiento y transporte, incrementando los días de inventario efectivo;

- ii. Diversificar las fuentes de suministro y las rutas logísticas, reduciendo riesgos asociados a la concentración de importaciones; y
- iii. Evaluar opciones para incrementar la capacidad de producción, con el objetivo de reducir gradualmente la exposición del sistema energético nacional y mitigar la volatilidad del mercado internacional de combustibles.
- iv. El cumplimiento de los permisionarios

4.1.2 Inventarios a mínimos de Diesel

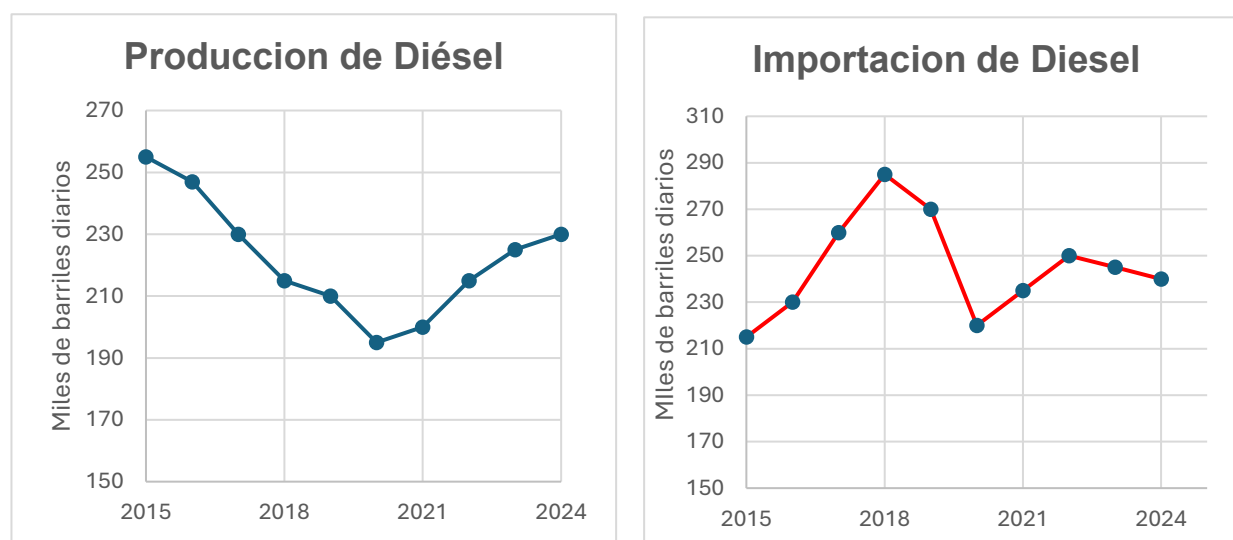


Figura 61 Comparativa de la Producción de Diesel y la importación de Diesel (SENER 2026)

El diésel constituye un petrolífero estratégico para la economía nacional, al ser el principal insumo energético del transporte de carga, la logística de mercancías, la actividad industrial y el transporte público. En consecuencia, la gestión de sus inventarios se asocia directamente con la continuidad de las cadenas productivas y la estabilidad económica, ya que interrupciones en su suministro generan efectos inmediatos y transversales sobre la movilidad de bienes y servicios.

La evolución de la producción nacional de diésel muestra una tendencia descendente sostenida entre 2015 y 2020, al pasar de aproximadamente 255 MBD a niveles cercanos a 195 MBD, reflejando limitaciones estructurales y alta variabilidad operativa del sistema de refinación. A partir de 2021 se observa una recuperación gradual; sin embargo, los

volúmenes alcanzados hacia 2024 no resultan suficientes para cubrir la demanda interna, confirmando la insuficiencia estructural de la oferta nacional.

En este contexto, la importación de diésel se consolida como el principal mecanismo de ajuste del sistema de abasto. La dependencia del suministro externo incrementa la exposición del mercado a riesgos logísticos, comerciales y geopolíticos, y hace que las importaciones incidan directamente en los costos logísticos, la formación de precios y la gestión de inventarios. Esta dinámica refuerza la relevancia del almacenamiento mínimo como herramienta para amortiguar disrupciones en los flujos internacionales y reducir la vulnerabilidad operativa del sistema.

El análisis de la demanda nacional de diésel evidencia una caída puntual en 2020 y una recuperación posterior hacia niveles cercanos a los observados antes de la pandemia. Al contrastar esta demanda con la producción nacional, se confirma que la oferta interna no actúa como un mecanismo de ajuste frente a incrementos del consumo, lo que obliga al mercado a recurrir de manera sistemática a las importaciones para cerrar la brecha de abasto.

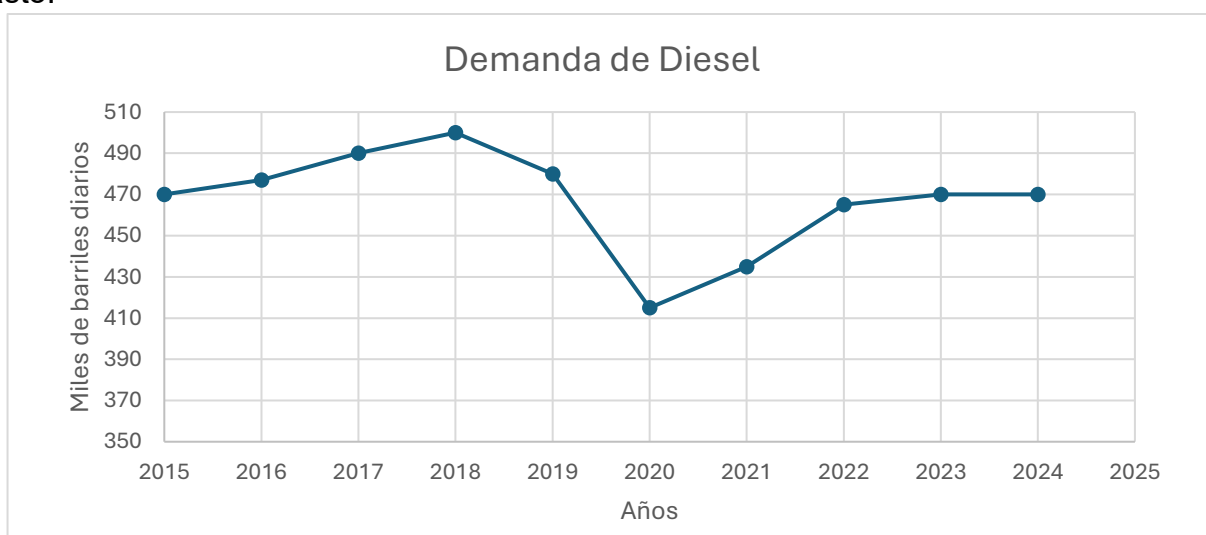


Figura 62 Demanda de Diesel (SENER 2026)

La comparación entre la demanda y la oferta total expuesta en la figura 62 disponible (producción más importaciones) muestra que el sistema de abastecimiento de diésel opera sin holguras significativas, presentando una alta sensibilidad ante choques externos, tales

como interrupciones logísticas, restricciones operativas o variaciones en el comercio internacional.

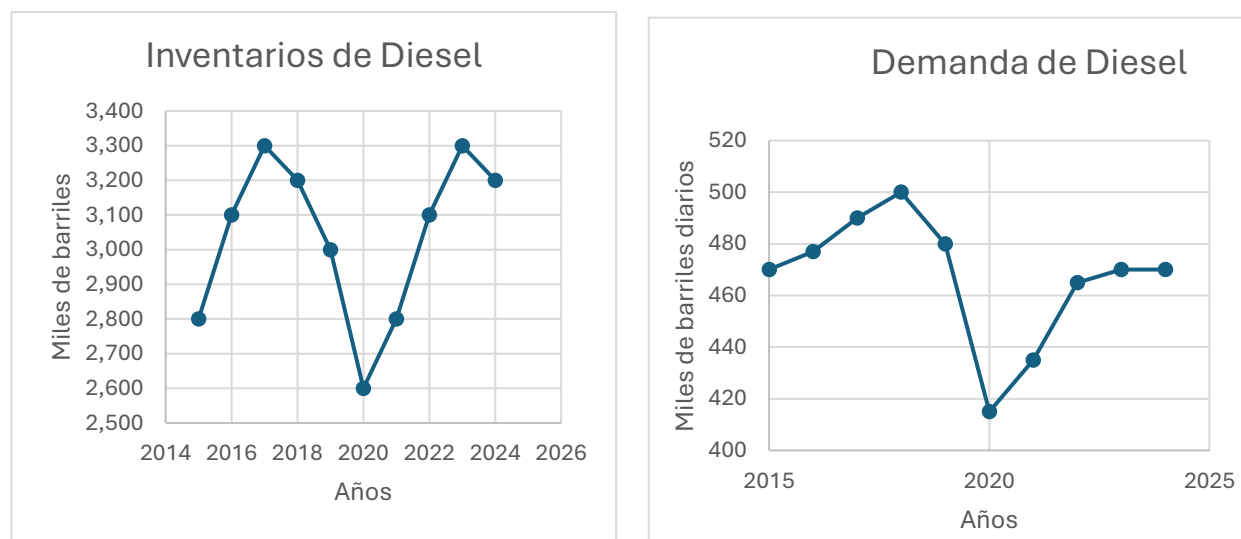


Figura 63 Demanda vs producción + importación de Diesel (SENER 2026).

El comportamiento de los inventarios nacionales de diésel mostrando así de la figura 63 una dinámica variable y no acumulativa, lo que indica que su gestión responde principalmente a ajustes operativos del mercado, más que a un esquema estructural de almacenamiento de largo plazo.

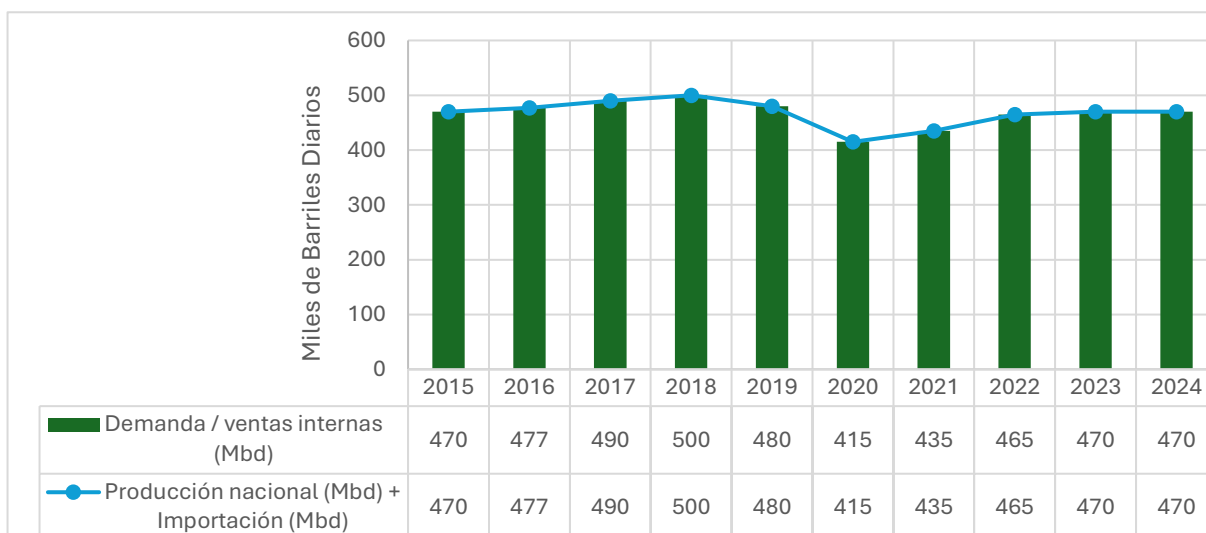


Figura 64 Inventarios de Diesel (SENER 2026).

La interacción entre demanda e inventarios expuesto en la Figura 64 pone de manifiesto una asimetría estructural: mientras el consumo es estable, la oferta se encuentra

condicionada por factores externos, tales como la dependencia de importaciones, los tiempos de tránsito internacional y la confiabilidad del sistema de refinación, por mencionar algunos factores. Bajo este contexto, el riesgo operativo no proviene del lado de la demanda, sino de la incertidumbre en el suministro.

4.1.3 Inventarios a mínimos de Turbosina

La turbosina es un insumo crítico para la operación del transporte aéreo, tanto de carga como de pasajeros, y su disponibilidad condiciona directamente la continuidad operativa del sistema aeroportuario y la conectividad regional e internacional. A diferencia de otros petrolíferos, una interrupción en su suministro genera impactos inmediatos sobre aerolíneas, aeropuertos y servicios asociados, por lo que la gestión de inventarios adquiere un carácter estrictamente operativo.

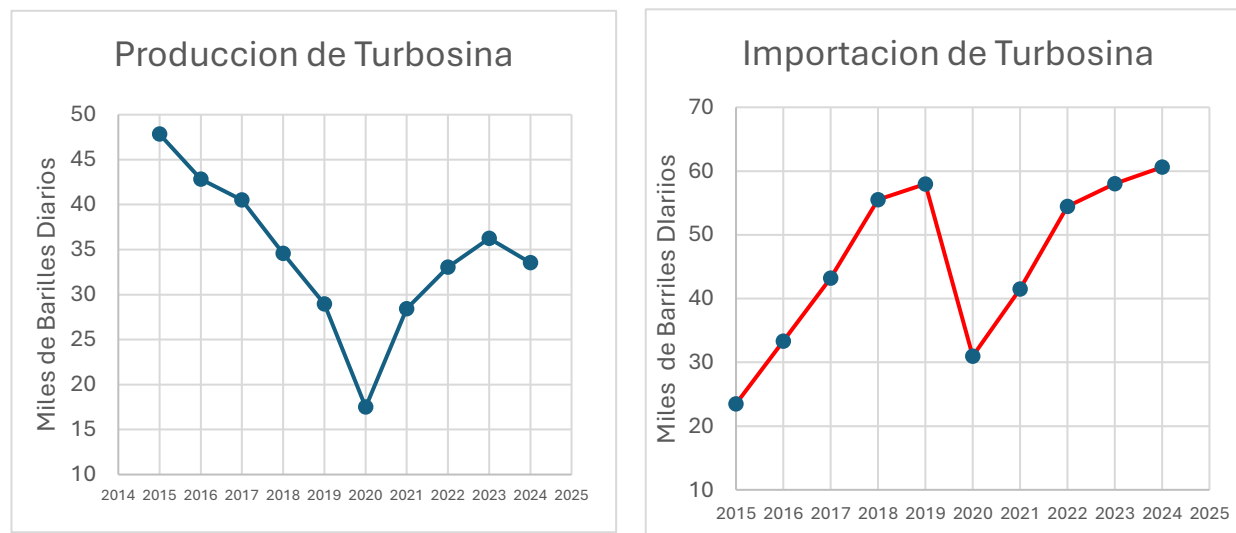


Figura 65 Producción e importación de Turbosina (SENER 2026).

La producción nacional de turbosina mostrada en la Figura 65 una elevada sensibilidad a restricciones operativas del sistema de refinación, con variaciones relevantes a lo largo del periodo analizado. Esta volatilidad limita la capacidad de la oferta interna para responder de manera autónoma a incrementos en la demanda, particularmente en etapas de recuperación del tráfico aéreo, lo que reduce el margen de maniobra del sistema energético vinculado al sector aeronáutico.

En este contexto, la importación de turbosina se consolida como el principal mecanismo de ajuste del mercado, al compensar la insuficiencia estructural de la producción nacional. Más allá de su dimensión comercial, las importaciones cumplen una función de seguridad operativa, al garantizar la continuidad del tráfico aéreo y el flujo de mercancías de alto valor. Esta dependencia expone al sistema a riesgos asociados a la volatilidad internacional y a interrupciones en las cadenas globales de suministro.

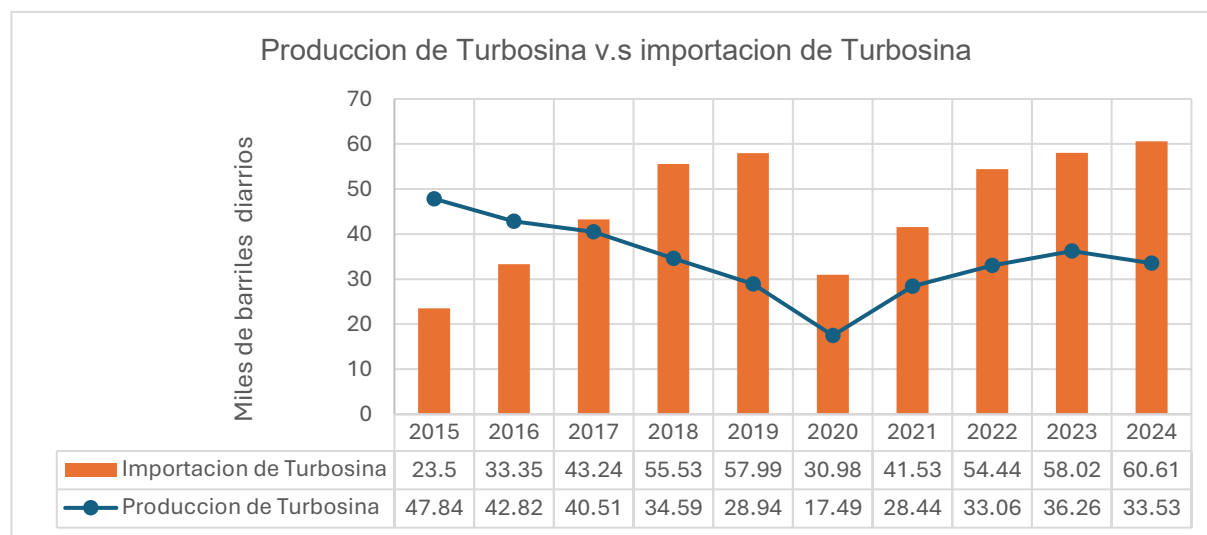


Figura 66 Producción v.s importación de Diesel (SENER 2026).

La Figura 66 confirma que el equilibrio entre oferta y consumo de turbosina no se alcanza mediante incrementos proporcionales de la producción interna, sino a través de una mayor utilización del suministro externo, lo que condiciona la planeación logística y la gestión de inventarios del sistema aeroportuario.

La evolución de la demanda de turbosina muestra un comportamiento creciente durante el periodo 2015–2019, reflejando la expansión sostenida del tráfico aéreo. En 2020 se observa una contracción abrupta, asociada a la reducción de operaciones aeronáuticas por el COVID, seguida de una recuperación continua a partir de 2021, que conduce a niveles cercanos a los máximos históricos hacia 2024–2025.

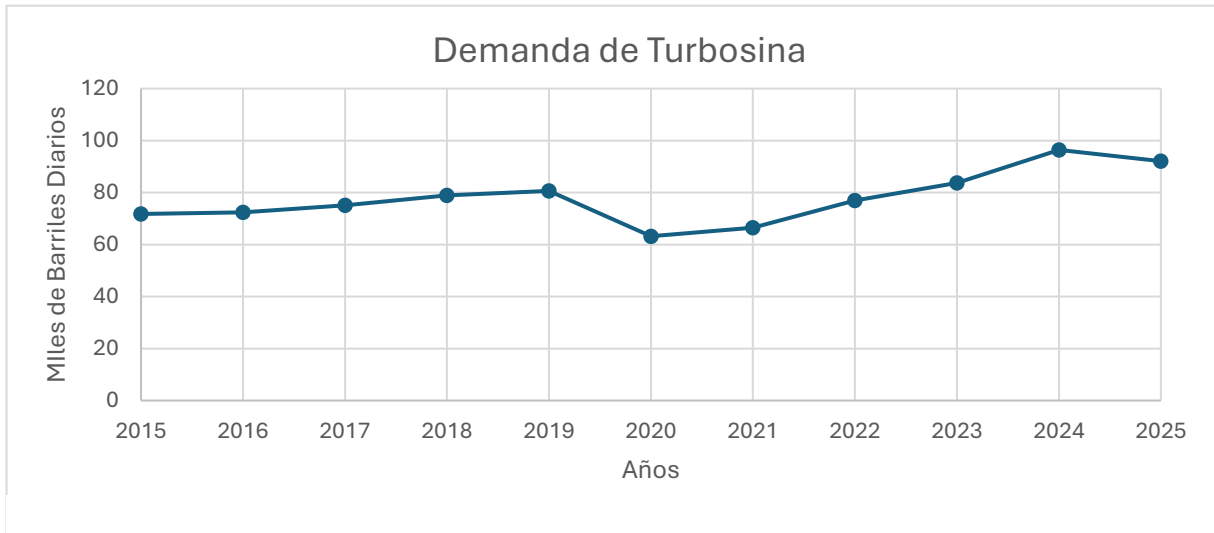
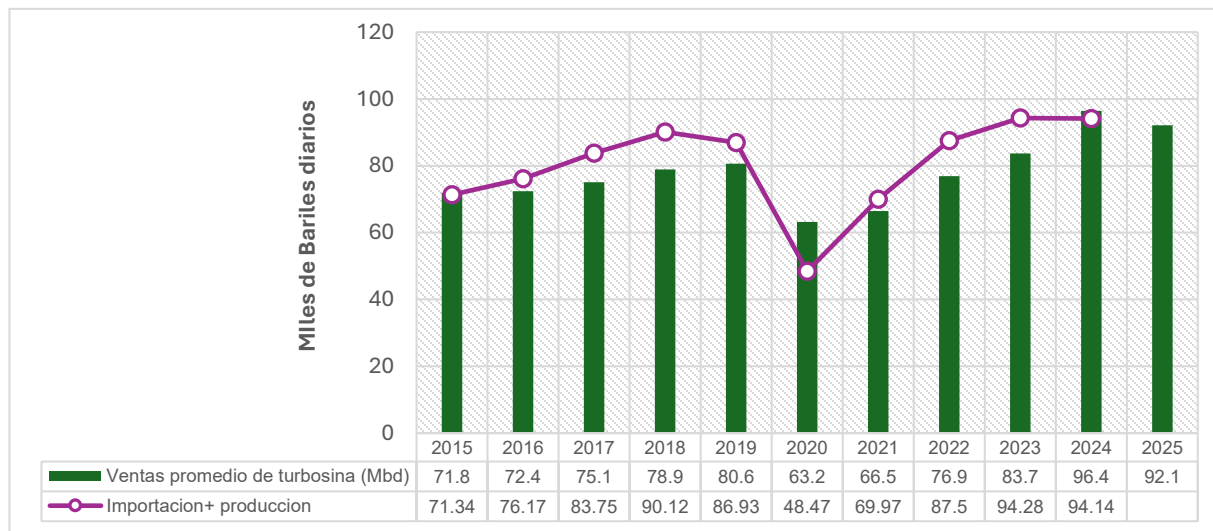


Figura 67 Demanda de Turbosina (SENER 2026)

La comparación de la Figura 67 entre la demanda de turbosina y la oferta total disponible (producción nacional más importaciones) muestra que el mercado opera sin holguras estructurales durante todo el periodo 2015–2025. Si bien la oferta total logra acompañar la recuperación de la demanda a partir de 2021, este ajuste no se sustenta en incrementos de la producción nacional, sino en una mayor participación del suministro externo.

La proximidad recurrente entre los niveles de consumo y la oferta disponible indica que cualquier interrupción en los flujos de importación o en la infraestructura de recepción y despacho puede traducirse en riesgos inmediatos de abasto, particularmente en terminales aeroportuarias con alta concentración de operaciones.



4.2 Variables para la determinación de tarifas de transporte

El análisis de las tarifas de transporte y almacenamiento constituye un eje estratégico dentro de la logística de los hidrocarburos, en la medida en que dichos costos inciden de forma directa en la formación del precio final de los combustibles y en la eficiencia económica del sistema energético en su conjunto. En un entorno caracterizado por alta intensidad de capital, marcos regulatorios complejos y riesgos operativos significativos, la correcta estructuración de precios logísticos resulta determinante para garantizar el acceso abierto a la infraestructura, la continuidad del suministro y la viabilidad financiera de los permisionarios que participan en la cadena de valor.

Desde esta perspectiva, el presente apartado aborda de manera integral los mecanismos que gobiernan la determinación de tarifas y costos asociados al transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos en México. En primer término, se analiza la transferencia de custodia como el punto crítico donde convergen los aspectos técnicos, metrológicos, regulatorios y financieros, al constituir la base de la facturación, la liquidación económica y el cumplimiento fiscal. Posteriormente, se examina el régimen de tarifas máximas aplicable a las actividades consideradas monopolios naturales, destacando su fundamento legal, las metodologías de actualización y los incentivos económicos que buscan equilibrar eficiencia operativa y protección al usuario.

Asimismo, se desarrolla el análisis de las tarifas por flete en medios distintos a ductos, bajo un enfoque comparativo que permite homologar costos entre distintos modos de transporte mediante indicadores comunes, incorporando variables macroeconómicas como inflación y tipo de cambio. De manera complementaria, se estudia el margen comercial mayorista y minorista como un componente relevante del precio final, determinado principalmente por condiciones de mercado, pero sujeto a mecanismos indirectos de supervisión y competencia económica.

Finalmente, se introducen los Incoterms como instrumentos contractuales esenciales para la asignación de riesgos, costos y responsabilidades en las operaciones de comercio de hidrocarburos, integrando la dimensión logística con la jurídica y financiera. En conjunto, este apartado proporciona un marco analítico que permite comprender cómo la regulación

tarifaria, los costos de transporte, los márgenes comerciales y los esquemas contractuales interactúan para configurar la estructura económica de la logística de hidrocarburos en México, ofreciendo insumos clave para la toma de decisiones regulatorias, operativas, de inversión y de certidumbre jurídica.

4.2.1 Transferencia de custodia

La transferencia de custodia se refiere al momento en que un producto hidrocarburo (ya sea líquido como el petróleo crudo, refinado, o gaseoso como el gas natural) cambia de manos entre dos partes. En términos simples, ocurre cuando hay un cambio de propietario o responsable de dicho producto. Es el punto físico donde se entrega el producto por parte del vendedor y lo recibe el comprador, lo que implica que a partir de ese instante cambia la custodia (la propiedad y responsabilidad) del hidrocarburo. De hecho, las empresas del sector definen la transferencia de custodia como *“el acto de trasladar a un tercero el deber del cuidado y conservación del hidrocarburo mediante una entrega y recibo, ya sea a título de tenencia o de propiedad.”* Independientemente de que se transfiera la propiedad legal del petrolífero o únicamente la responsabilidad temporal sobre el mismo, queda establecido un punto de entrega–recepción claramente definida, en el cual una parte cede el control operativo del fluido y la otra lo acepta de manera formal. En todos los casos, dicha transferencia se respalda con una medición oficial del volumen traspasado, la cual constituye el insumo trazable para efectuar ajustes de inventario y, de forma prioritaria, para sustentar y validar la transacción comercial correspondiente.

En el sector de los hidrocarburos, la transferencia de custodia tiene un carácter eminentemente financiero. La cantidad medida en el punto de transferencia constituye la base para la facturación, la liquidación económica entre las partes y el cálculo de contribuciones fiscales asociadas. Por esta razón, la medición realizada en estos puntos es comúnmente referida como medición fiscal o medición con fines comerciales, dado que cualquier desviación o incertidumbre impacta directamente en los flujos financieros, los registros contables y las obligaciones tributarias. En operaciones vinculadas a comercio exterior, la trazabilidad documental y la consistencia de volumen expresado en el documento que se alinean con los Anexos 21, 22 y 23 de las Reglas Generales de

Comercio Exterior aduanas exclusivas por tipo de mercancía, instructivo de llenado del pedimento y listado de mercancías peligrosas o con requerimientos especiales, respectivamente. De forma complementaria, para el componente estrictamente fiscal de controles y avisos aplicables a hidrocarburos y petrolíferos ante el Servicio de Administración Tributaria, resulta pertinente referenciar la ficha 107/CFF “Avisos de controles volumétricos” contenida en el Anexo 2 de la Resolución Miscelánea Fiscal para 2026, como soporte normativo operativo de dichos avisos

En congruencia con lo anterior, la transferencia de custodia se fundamenta en la exigencia de mediciones trazables, verificables y comparables, sustentadas en marcos normativos reconocidos a nivel internacional. Dichos marcos establecen los principios metrológicos, metodologías de cálculo, criterios de corrección y control de incertidumbre que deben cumplir los sistemas de medición utilizados en operaciones de compraventa de hidrocarburos. Entre los estándares de referencia se encuentran los desarrollados por organismos como el *American Petroleum Institute (API)*, la *International Organization for Standardization (ISO)*, la *International Organization of Legal Metrology (OIML)* y la *American Gas Association (AGA)*, los cuales definen prácticas aceptadas internacionalmente para la medición de líquidos y gas natural con fines de transferencia de custodia.

Estos estándares internacionales no solo regulan los métodos de medición, sino que también establecen lineamientos para la instalación, operación, verificación y mantenimiento de los sistemas de medición, asegurando que los resultados obtenidos sean consistentes y comparables entre distintos operadores, mercados y jurisdicciones. De esta manera, la normatividad internacional funciona como un lenguaje técnico común que reduce disputas comerciales y fortalece la confianza entre las partes involucradas.

Para que el procedimiento de transferencia de custodia cuente con rigor técnico y de respaldo comercial, el sistema de medición debe sustentarse en medidores primarios claramente identificados, los cuales se seleccionan en función del tipo de hidrocarburo y de las condiciones operativas. En este sentido, En la Tabla IV.17 se presentan los principales tipos de medidores utilizados en procesos de transferencia de custodia para

hidrocarburos líquidos y gas natural. Esta medición resulta indispensable para garantizar la trazabilidad volumétrica, la confiabilidad comercial y el control operativo durante la entrega, recepción y comercialización de los productos energéticos. La selección del medidor depende del tipo de fluido, las condiciones de operación, el caudal, la presión y el nivel de precisión requerido en la operación. Los tipos de medidores se clasifican de la siguiente manera:

Tabla IV.17 Tipo de medidores indispensables para la transferencia de custodia. . Elaboración Propia.

Hidrocarburos	Gas natural
Medidores de desplazamiento positivo.	Medidores de orificio.
Medidores de turbina.	Medidores ultrasónicos.
Medidores ultrasónicos	Medidores de tipo turbina
Medidores de efecto Coriolis.	

Estos dispositivos se seleccionan por su capacidad de ofrecer bajos niveles de incertidumbre, lo que resulta indispensable en esquemas de transferencia de custodia donde la medición constituye la base de la facturación y de la liquidación. De manera complementaria, los sistemas deben de incorporar instrumentación secundaria, cuya función es medir las variables físicas que influyen directamente en la cuantificación del producto.

De esta manera, la transferencia de custodia requiere sistemas de medición confiables que permitan cuantificar con precisión el volumen o flujo transferido, reducir diferencias operativas y fortalecer la transparencia en las transacciones dentro de la cadena de suministro de hidrocarburos.

En la Tabla IV.18 se presenta la instrumentación secundaria asociada a los sistemas de medición para transferencia de custodia. Estos instrumentos permiten complementar la medición principal mediante el registro de variables críticas como presión, temperatura, densidad y composición del fluido. Su integración resulta fundamental para corregir condiciones de operación, mejorar la exactitud de los volúmenes transferidos y garantizar mayor confiabilidad en las operaciones comerciales de hidrocarburos.

Tabla IV.18 Instrumentación secundaria para la transferencia de custodia. . Elaboración Propia.

Instrumentación secundaria asociada a la medición
Sensores de presión
Sensores de temperatura.
Medidores de densidad.
Analizadores de composición (aplicables principalmente al gas natural)

La información generada por estos instrumentos permite aplicar las correcciones necesarias para convertir la medición a condiciones estándar, lo cual resulta indispensable para asegurar la comparabilidad y validez comercial del volumen o energía transferida. Asimismo, los sistemas de transferencia de custodia incorporan mecanismos de corrección y normalización, dado que los hidrocarburos presentan variaciones significativas de volumen y densidad en función de las condiciones de operación.

En conjunto, estos medidores, instrumentos y mecanismos de corrección conforman la arquitectura técnica que garantiza que la transferencia de custodia se realice con precisión metrológica, validez y certidumbre, alineando la medición física del hidrocarburo con los requerimientos económicos y regulatorios del sector.

4.2.2 Margen comercial

- **El margen comercial mayorista**

Es la remuneración que obtiene el comercializador mayorista por sus servicios de suministro a los puntos de venta. Incluye los costos y beneficios asociados a la logística de gran escala: transporte desde refinería o puntos de importación, almacenamiento en terminales, seguros, y un rendimiento comercial. En términos simples, es la diferencia entre el precio de adquisición de la “molécula” (refinados de petróleo o producto importado, más los impuestos aduanales en el ingreso a México) y el precio de venta del comercializador hacia el distribuidor.

- **El margen comercial minorista**

Se refiere al beneficio o ganancia que obtienen los propietarios de las estaciones de servicio por cada litro de combustible vendida al público. Es la diferencia entre el precio al que la gasolinera compra el combustible al comercializador (incluido traslado e impuestos locales) y el precio final de bomba cobrado al consumidor. Este margen minorista debe cubrir los costos operativos de la estación (sueldos, renta, electricidad, aditivos, merma, seguros etc.), así como proporcionar una utilidad al permisionario.

En un entorno de mercado libre como el de combustibles en México (tras la reforma energética que eliminó controles de precios finales gradualmente entre 2016 y 2018), ambos márgenes (mayorista y minorista) son determinados principalmente por condiciones de mercado, dentro de ciertos marcos normativos generales. A diferencia de las tarifas máximas de transporte/almacenamiento, no existe un tope regulatorio directo para los márgenes comerciales de petrolíferos (gasolinas, diésel, turbosina) en circunstancias normales. Es decir, la CNE y la Secretaría de Hacienda fijan actualmente el costo máximo por litro que puede ganar un gasolinero; los márgenes de ganancia fluctúan según la competencia, la oferta y demanda regional, y estrategias comerciales. Sin embargo, sí operan mecanismos normativos indirectos, por un lado, las leyes antimonopólicas prohíben acuerdos colusorios o manipulación coordinada de márgenes entre empresas, por ejemplo, gasolinerías de una misma zona pactando mantener cierto nivel de precio/margen, lo cual es ilegal.

En el caso de gasolinas y diésel, hasta ahora la política ha sido de vigilancia y transparencia en lugar de control de precios: la Profeco (Procuraduría Federal del Consumidor) publica semanalmente el “Quién es Quién en los Precios de los Combustibles”, exhibiendo cuáles marcas y estaciones manejan los márgenes más altos, incentivando así la autorregulación vía reputación y la elección informada del consumidor.

4.2.3 Incoterms

Para que todas las operaciones mencionadas al inicio de este apartado se desarrollen de manera segura para ambas partes, se establece la coexistencia de actividades reguladas

de carácter operativo y actividades de naturaleza financiera. En este contexto, resulta indispensable la aplicación de instrumentos estandarizados que otorguen certidumbre jurídica, operativa y económica a las transacciones comerciales.

Dentro de dichos instrumentos destacan los Términos Internacionales de Comercio (Incoterms), en la compraventa de mercancías incluidos los hidrocarburos y sus derivados se realicen bajo esquemas transparentes y predecibles, tanto en el comercio transfronterizo como entre entes comerciales dentro de una misma jurisdicción.

En consecuencia, los Incoterms se consolidan como un mecanismo clave para mitigar riesgos logísticos, financieros y legales, al delimitar puntos de transferencia de custodia, responsabilidades de transporte, seguros y cumplimiento normativo. De esta manera, se fortalece la seguridad operativa y la eficiencia económica de las operaciones comerciales, alineándolas con las mejores prácticas internacionales y con los principios de gobernanza y control propios del comercio energético moderno.

La siguiente Tabla IV.19 presenta una síntesis comparativa de los principales conceptos de costo asociados a las operaciones de exportación, en función del Incoterm aplicable. Su objetivo es identificar, de manera clara, qué funciones operativas son asumidas por el vendedor o por el comprador en cada modalidad. De este modo, la tabla IV.19 constituye una herramienta de referencia para el análisis de la asignación de responsabilidades económicas, la gestión de riesgos y la toma de decisiones en operaciones de comercio internacional.

Tabla IV.20 Principales conceptos de costos en exportaciones por Incoterms . Elaboración Propia.

INCOTERM	Valor de la mercancía	Maniobras en planta	Flete local país exportador	Impuestos y derechos de exportador	Maniobras en punto de exportador	Flete internacional	Seguro internacional	Maniobras en punto de importador	Impuestos y tributos de importador	Flete local para importador
EXW	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	No
FCA	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No
FAS	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No
FOB	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No
DAF	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No
CFR	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No
CIF	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
CPT	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No
CIP	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
DES	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No
DEQ	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	No
DDU	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	Sí
DDP	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí

- *Ex Works* → En fábrica (**EXW**)
- *Free Carrier* → Franco transportista (**FCA**)
- *Carriage Paid To* → Transporte pagado hasta (**CPT**)
- *Carriage and Insurance Paid To* → Transporte y seguro pagados hasta (**CIP**)
- *Delivered at Place Unloaded* → Entregado en lugar descargado (**DPU**)
- *Delivered at Place* → Entregado en lugar (**DAP**)
- *Delivered Duty Paid* → Entregado con derechos pagados (**DDP**)
- *Free Alongside Ship* → Franco al costado del buque (**FAS**)
- *Free On Board* → Franco a Bordo (**FOB**)
- *Cost and Freight* → Costo y flete (**CFR**)
- *Cost, Insurance and Freight* → Costo, seguro y flete (**CIF**)

4.3 Modelo trazable en la formulación en el precio al público en combustibles importados

A partir de la secuencia lógica desarrollada en los puntos anteriores se define que para la formulación de precio en una manera sintética se podría expresar:

referencia internacional → internación → impuestos → logística interna → márgenes

Concluyendo que el precio al público puede cerrarse mediante una ecuación trazable en expresada en pesos sobre litros (MXN/L), con separación explícita entre: precio de molécula, costo de puesta en territorio nacional, costo de distribución interna, márgenes comerciales y carga fiscal. La trazabilidad se logra porque cada bloque corresponde a un conjunto de variables controlables expresados en cada contrato, tipo de cambio, costos logísticos y eficiencia operativa o determinadas por norma en impuestos y derechos.

Bajo este enfoque, el precio publicado queda definido como:

Ecuación 4

$$P_{pub} = P_{mol} + C_{int} + C_{log,int} + M_{may} + M_{min} + T_{fisc}$$

1. P_{pub} = Precio publicado .
2. P_{mol} = Referencia + tipo de cambio + conversion.
3. C_{int} = Costo de Internacion (incluye DTA, maniobras, etc.)
4. $C_{log,int}$ = Logística interna.
5. $M_{may} + M_{min}$ = margenes comerciales .
6. T_{fisc} = IEPS, IVA y otros aplicables .

Donde la formulación permite auditar y gobernar el resultado por componente, y facilita comparar alternativas de suministro y distribución en una unidad común. Desde la perspectiva de control financiero, esta estructura habilita la presupuestación por bloques, análisis de variaciones y gestión de riesgos como lo son los efectos cambiarios, logísticos, fiscales y comerciales.

4.3.1 Precio de molécula

El precio de molécula se consolida como el ancla del modelo presentado, dado que captura la realidad del mercado internacional y se aterriza dicha referencia al contexto nacional mediante el tipo de cambio y una conversión de unidades para homogeneizar el concepto a litros. En términos operativos, se define como:

Ecuación 5

$$P_{mol} = (P_{ref}^{USD/unidad}) \cdot FX \cdot k_{conv}$$

1. P_{mol} : precio de la molécula.
2. P_{ref} : precio de referencia internacional (spot/índice según contrato).
3. FX : tipo de cambio aplicable (MXN/USD).
4. k_{conv} : factor de conversión a litros (según unidad de cotización y, si aplica, densidad/calidad).

4.3.2 Costo de internación en el territorio mexicano

El costo de internación representa el costo integral de poner el combustible en territorio nacional y dejarlo listo para su continuidad logística, incorporando tanto el frente físico flete, seguro, maniobras, almacenaje de entrada como el frente administrativo documentación y gestión aduanera. Su forma homologada en MXN/L se expresa como:

Ecuación 6

$$C_{int} = \frac{C_{flete,int} + C_{seg,int} + C_{maniobras} + C_{alm,entrada} + C_{doc/gest} + C_{DTA}}{V_L}$$

1. C_{int} : costo por internación al territorio mexicano.
2. $C_{flete,int}$: costo de flete interno.
3. $C_{seg,int}$: costo de seguridad interna.
4. $C_{maniobras}$: costo de maniobras nacionales.
5. $C_{alm,entrada}$: costo de almacenamiento.
6. $C_{doc/gest}$: costo de documentación y gestión interno.

7. C_{DTA} : *costo del Derecho de Trámite Aduanero.*

8. V_L : *volumen (litros).*

Este bloque concentra el cierre operativo del punto de entrada porque integra costos que, en ejecución real, se activan alrededor del despacho y su documentación soporte. En particular, el Derecho de Trámite Aduanero (DTA) se causa por operaciones aduaneras realizadas utilizando pedimento o documento aduanero, lo que lo convierte en un componente estructural del costo de internación cuando aplica el régimen correspondiente; por tanto, su inclusión en C_{int} es coherente con un modelo que pretende capturar el costo total de cumplimiento y operación de la importación, no solo el costo físico de transporte.

4.3.3 Logística interna

La logística interna expresada como ($C_{log,int}$) consolida el costo de mover y recibir el producto desde el punto de internación hasta terminales de almacenamiento, incluyendo transporte, costo de terminales, seguridad operativa y el efecto económico de la merma. Donde en términos homologados se expresa de la siguiente manera:

Ecuación 7

$$C_{log,int} = \frac{C_{trans} + C_{term} + C_{seg,op} + C_{merma}}{V_{L,ent}}$$

1. $C_{log,int}$: *Costo logístico interno*
2. C_{trans} : *Costo de transporte*
3. C_{term} : *Costo de terminal*
4. $C_{seg,op}$: *Costo de seguridad y operación*
5. C_{merma} : *Costo de merma*
6. $V_{L,ent}$: *Litros entregados (netos)*

Donde se considera como denominador los litros netos entregados $V_{L,ent}$ para que la merma no distorsione el costo unitario y para asegurar que el costo por litro refleje el volumen realmente disponible para comercialización en este sentido la merma se expresa con factores típicos de pérdida volumétrica.

Y en este bloque, el costo de transporte se vuelve completamente gestionable por lo que el diseño logístico, al poder expresarse como función de distancia y costos fijos operativos:

Ecuación 8

$$C_{\text{trans}} = (C_{\text{km}} \cdot D) + C_{\text{viaje}}$$

1. C_{km} : Costo por km (fijo y variable) del modo de transporte aplicable).
2. D : Distancia recorrida (km).
3. C_{viaje} : Costos fijos por viaje

4.3.4 Impuestos

En este bloque la carga fiscal T_{fisc} se reconoce como el componente regulatorio del precio donde el IEPS, IVA y otros impuestos aplicables, son determinados conforme al marco fiscal y a reglas de causación vigentes. En términos de gobernanza, este bloque no es objeto de negociación comercial ya que su cuantía y forma de cálculo derivan de disposiciones legales y del cumplimiento asociado a la importación y comercialización. En particular, el IEPS grava la importación de ciertos bienes, incluyendo combustibles, y el IVA recae sobre la importación de bienes, por lo que ambos forman parte del piso regulatorio del precio.

Ecuación 9

$$T_{\text{fisc}} = \text{IEPS} + \text{IVA} + \text{otros impuestos aplicables.}$$

1. T_{fisc} : Total fiscalizable.
2. **IEPS**: Impuesto Especial de Producción y Servicios .
3. **IVA**: Impuesto de Valor Agregado.

4.3.5 Márgenes (mayorista y minorista)

Ecuación 10

$$M_{\text{may}} + M_{\text{min}}$$

1. M_{may} : Margen mayorista.
2. M_{min} : Margen minorista .

Que se representan como la remuneración por la gestión comercial, cobertura operativa, riesgo precio, tipo de cambio, inventario, servicio y capilaridad de distribución. En esta lógica, en la ecuación no “impone” un margen, sino que lo posiciona como el componente donde se expresa la estrategia competitiva (precio, cobertura regional, propuesta de valor, eficiencia comercial) y donde se evalúa rentabilidad real por litro, una vez segregados con precisión los componentes de molécula, internación, distribución y fiscalidad.

En este sentido el flete internacional e interno deja de tratarse como “gasto operativo” aislado y conciliándose, así como una palanca de competitividad comercial, porque desplaza el punto de indiferencia entre suministros alternativos y amplifica la sensibilidad al tipo de cambio monetario explicado como FX , capacidad logística y las restricciones operativas. Asimismo, esta formulación que habilita así el control financiero al segmentar explícitamente:

- (i) **molécula,**
- (ii) **internación,**
- (iii) **distribución,**
- (iv) **fiscalidad y**
- (v) **márgenes**

lo cual permite comparar rutas y modos de movimiento en una misma unidad de medida de pesos

Ecuación 11

$$P_{\text{pub}}^{\frac{MXN}{L}} = [(P_{\text{ref}} \cdot FX \cdot k_{\text{conv}}) + C_{\text{int}} + C_{\text{log,int}}] + (M_{\text{may}} + M_{\text{min}}) + T_{\text{fisc}}$$

1. $P_{\text{pub}}^{\frac{MXN}{L}}$: Precio publicado (en pesos por litro).
2. P_{ref} : precio de referencia internacional (spot/índice según contrato).
3. FX : tipo de cambio aplicable (MXN/USD).
4. k_{conv} : factor de conversión a litros (según unidad de cotización y, si aplica, densidad/calidad).

5. C_{int} : *costo por internación al territorio mexicano .*
6. $C_{\text{log,int}}$: *Costo logístico interno.*
7. M_{may} : *Margen mayorista.*
8. M_{min} : *Margen minorista.*
9. T_{fisc} : *Total, fiscalizable.*

Resulta crítico precisar que la formulación del precio del combustible no debe mezclar, de forma directa, los términos de comercio internacional (Incoterms), debido a que éstos redistribuyen costos, riesgos y responsabilidades logísticas (flete, seguro, maniobras y entrega) a lo largo de la cadena. Y en este sentido, si el mercado doméstico ya se ubica entre los niveles de precio más altos a escala internacional, de acuerdo con cifras difundidas por Trading Economics, incorporar esquemas de compraventa internacional sin un aterrizaje metodológico presionaría al alza el costo puesto en territorio, elevando el costo total de suministro y, por extensión, el precio final al consumidor

En virtud del desarrollo analítico expuesto a lo largo de este capítulo, el precio final al público puede comprenderse como la expresión consolidada de una estructura técnica, logística, comercial y fiscal claramente delimitada. La siguiente ilustración sintetiza dicha distribución mediante la integración secuencial de cinco bloques fundamentales: precio base, logística, margen comercial, IEPS e IVA. Cada componente responde a variables específicas, regulaciones diferenciadas y agentes económicos distintos, lo que permite identificar con precisión el origen de cada peso incorporado al valor por litro.

En la Figura 69 se presenta la estructura general que interviene en la evaluación del precio actual de las gasolinas, considerando los componentes de precio base, logística, margen comercial, IEPS e IVA. La figura permite visualizar cómo cada concepto incide en la formación del precio final, así como la regulación aplicable en cada etapa del proceso. De esta manera, se evidencia que el precio al consumidor no depende únicamente del valor internacional de referencia, sino también de costos operativos, fiscales, logísticos y comerciales asociados a la cadena de suministro.






 PRECIO BASE	 LOGÍSTICA	 MARGEN COMERCIAL	 IEPS	 IVA
<ul style="list-style-type: none"> • Precio internacional de referencia (USGC gasolina regular / premium). • Ajustes de calidad (octanaje, especificaciones NOM). • Costos de internación (aduanas). • Producción de Pemex Refinación (precio planta). <p>REGULACIÓN APLICABLE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SENER – Prospectiva de Petrolíferos. • NOM-016-CRE-2016 (calidad de petrolíferos). • Lineamientos de comercialización – CNE. 	<p>TRANSPORTE + ALMACENAMIENTO + DISTRIBUCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transporte por ducto. • Transporte por autotanques. • Uso de TAR (Terminales de Almacenamiento y Reparto). • Mermas y manéjo. • Servicios de importación y traslado puerto-terminal. <p>REGULACIÓN APLICABLE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologías tarifarias CNE. • Términos y condiciones para ductos y TAR. • Permisos de transporte y almacenamiento – CNE. 	<p>GASOLINERAS / MAYORISTAS / DISTRIBUIDORES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costos operativos (energía, nómina, arrendamiento). • Recuperación de inversión (OPEX + CAPEX). • Utilidad empresarial. • Costos administrativos y de servicio. <p>REGULACIÓN APLICABLE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lineamientos de venta al público – CNE (2018). • Ley de Hidrocarburos. • Supervision Profeco. 	<p>IMPUESTO ESPECIAL SOBRE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuota fija por litro (SHCP). • Estimulos fiscales semanales. • Aplicación diferenciada Regular / Premium / Diésel. <p>REGULACIÓN APLICABLE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ley del IEPS. • Acuerdos semanales SHCP. • Código Fiscal de la Federación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impuesto aplicado sobre el subtotal: <i>(Precio Base + Logística + Margen + IEPS)</i>. <p>REGULACIÓN APLICABLE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ley del IVA.

Figura 69 Evaluación de precio actual en las gasolinas. Elaboración propia (OpenAI, 2026)

Capítulo 5: Caso práctico: Aproximación a una operación logística de hidrocarburos y petrolíferos en México

La logística de hidrocarburos y petrolíferos ha constituido, a lo largo de la historia económica moderna, un elemento estructural para el funcionamiento de los sistemas productivos y comerciales a escala global. Desde la consolidación de los primeros esquemas industriales de transporte y distribución de combustibles, la capacidad de movilizar grandes volúmenes de energía de manera continua, segura y eficiente ha sido un factor determinante para el crecimiento económico, la industrialización y la integración de los mercados nacionales e internacionales.

En este contexto histórico, la articulación temprana entre producción, transporte y comercialización de combustibles marcó un punto de inflexión en la organización de las cadenas logísticas. La incorporación del ferrocarril como medio dominante para el movimiento de mercancías energéticas permitió escalar operaciones, reducir costos unitarios y ampliar el alcance geográfico del suministro, sentando las bases de los sistemas logísticos modernos. A partir de entonces, la logística dejó de ser una actividad auxiliar para convertirse en un componente estratégico del negocio energético y, por extensión, del desarrollo económico de los países.

Hasta el momento de la elaboración del presente trabajo, los combustibles fósiles continúan desempeñando un papel sustancial en el funcionamiento de las economías, tanto por su participación directa en la matriz energética como por su incidencia transversal en los sectores industrial, comercial y de transporte. Bajo esta premisa, la logística de petrolíferos no solo responde a una necesidad operativa, sino que constituye un eje crítico para garantizar la continuidad del suministro, la estabilidad de los mercados y la seguridad energética nacional.

Con base en lo anterior, este capítulo tiene como propósito trasladar el marco teórico desarrollado en los capítulos precedentes hacia un ejercicio aplicado, mediante la aproximación a una operación logística de petrolíferos en México. A través de un caso práctico, se analizan los elementos técnicos, operativos y organizacionales que

intervienen en la logística real del sector, permitiendo identificar cómo los principios históricos y conceptuales de la logística energética se materializan en el contexto actual del mercado mexicano

5.1 Caso practico

El objetivo de trasladar los conceptos teóricos, normativos y económicos abordados en los capítulos anteriores hacia un escenario operativo real. El análisis se enfoca en identificar, evaluar y explicar las principales variables que inciden en la rentabilidad, seguridad y viabilidad de una operación logística de petrolíferos en México.

En particular, el caso práctico se construye a partir de una problemática recurrente en empresas transportistas de hidrocarburos, donde convergen factores técnicos, regulatorios, financieros y operativos que condicionan el desempeño del negocio. Entre dichos factores destacan los costos de flete, las primas y restricciones impuestas por las aseguradoras, la vida útil certificable de las unidades cisterna, los costos asociados a permisos y cumplimiento normativo, así como las condiciones reales de operación en la red carretera nacional.

El análisis se apoya en eventos relevantes del sector como incidentes asociados al transporte que han modificado los criterios de riesgo, aseguramiento y supervisión operativa, obligando a las empresas a replantear sus esquemas de mantenimiento, circulación, horarios de operación y estructura de costos. Bajo este contexto, se evidencia que la comercialización de hidrocarburos no puede evaluarse únicamente desde una perspectiva de volumen o precio del producto, sino como un sistema integral donde la logística representa un componente estratégico y altamente sensible al entorno regulatorio y operativo.

En consecuencia, este caso práctico permite dimensionar cómo las decisiones logísticas impactan directamente en la competitividad y sostenibilidad de una empresa transportista, sirviendo como base para el análisis de la problemática identificada y, posteriormente,

para la formulación de una propuesta de solución técnicamente viable y económicamente sustentable.

5.1.1 Antecedentes

La operación logística de hidrocarburos y petrolíferos se desenvuelve en un entorno de riesgo inherente, en el cual la seguridad operativa, la integridad de los activos y la gestión del riesgo adquieren un carácter estratégico para cualquier empresa dedicada al transporte de energéticos. En este contexto, los eventos críticos asociados al traslado de petrolíferos han evidenciado, de manera contundente, las consecuencias técnicas, económicas y sociales derivadas de fallas en la gestión integral de las unidades logísticas y de sus condiciones de operación.

Un antecedente relevante fue el evento ocurrido el día 10 de septiembre de 2025, en el puente de la Concordia, relacionado con el transporte terrestre de Gas LP, el cual puso de manifiesto la vulnerabilidad de las operaciones cuando convergen factores como el desgaste estructural de las cisternas, la antigüedad de las unidades, las condiciones adversas de la infraestructura carretera y la ausencia de criterios homogéneos en la validación de la vida útil de los equipos, una falta de vigilancia de la autoridad hacia las unidades dictaminadoras de las normas oficiales mexicanas y no se respetan los horarios para la circulación de transporte de carga conforme a sus dimensiones y producto transportado.

Donde se presentó un accidente mayor durante la circulación de una unidad cisterna en la vía pública, el cual derivó en una liberación no controlada del producto y su posterior ignición. El incidente se originó en un contexto operativo adverso, caracterizado por el tránsito de la unidad en infraestructura carretera deteriorada, presencia de baches y condiciones geométricas que favorecieron esfuerzos mecánicos anómalos sobre el tanque y el sistema de rodamiento.

El accidente ocasionó la suspensión inmediata de operaciones, pérdidas económicas directas por la unidad siniestrada, incremento en las primas de seguro y una revisión exhaustiva de las pólizas vigentes por parte de las aseguradoras. Asimismo, replanteo la eficiencia de la normativa vigente de las autoridades regulatorias sobre las condiciones de circulación de autotanques, los programas de mantenimiento y la vida útil certificable de las cisternas destinadas al transporte de hidrocarburos.



Figura 70 Accidente de la Concordia. (Mendoza, 2025)

Otro antecedente crítico fue el evento ocurrido el 18 de enero de 2019 en Tlahuelilpan, asociado al transporte por ducto de gasolina, el cual evidenció de manera contundente la fragilidad del sistema cuando confluyen intervenciones ilícitas en infraestructura estratégica, liberación no controlada de producto y exposición directa de población civil. Dicho suceso rebasó el ámbito operativo al derivar en una emergencia de alto impacto humano, con al menos 137 personas fallecidas y decenas de lesionados, además de efectos severos en la continuidad del suministro y en la percepción pública del riesgo inherente a la logística de hidrocarburos.

En términos operativos, el incidente se originó a partir de una toma clandestina que provocó una fuga masiva de gasolina en un poliducto. La acumulación de vapores

inflamables, aunada a la presencia de multitud de civiles recolectando el producto derramado, generó un escenario de ignición que culminó en una explosión de gran magnitud. La liberación súbita de energía térmica y la propagación del fuego se produjeron en un entorno sin controles de seguridad, sin perímetros de exclusión efectivos y sin protocolos de contención aplicables a infraestructura presurizada.

Las consecuencias del evento incluyeron la suspensión inmediata de operaciones del sistema afectado, pérdidas económicas relevantes por producto y activos, interrupciones logísticas regionales. Asimismo, el siniestro detonó revisiones profundas en políticas de aseguramiento, criterios de exposición al riesgo y mecanismos de coordinación entre operadores, autoridades y cuerpos de protección civil.

El caso de Tlahuelilpan demostró que la seguridad del transporte por ducto no depende exclusivamente de la ingeniería del activo, sino de un enfoque integral de gobernanza, control operativo, prevención social y respuesta interinstitucional, elementos cuya ausencia o debilidad incrementa de forma exponencial la probabilidad y severidad de accidentes mayores.



Figura 71 Accidente Tlahuelilpan. (BBC News Mundo, 2019)

5.2 Variables en los costos operativos en una empresa de petrolíferos

En este contexto para comprender la estructura de un costo operativo en una empresa resulta esencial definir la palabra “costo” ya que esto resulta complicado puesto que no se encuentra una verdadera acepción de la palabra, y con frecuencia se interpreta a los costos como un conjunto de valores gastados por una empresa o persona física para llegar a la venta de un producto, de una mercancía, de un trabajo, de un servicio según la escuela italiana dice “*que un costo es un conjunto de gastos efectivamente soportados y variadamente reunidos de un variado grupo o conjunto.*” y a la palabra costo usualmente se le sustituye con frecuencia con la palabra “gasto”

Para este modelo es preciso dar los siguientes conceptos:

- **Costo activo:** Es cuando la empresa incurre en un costo que posiblemente generará ingresos en un determinado periodo.
- **Costo gasto:** Es una erogación o desembolso de capital que contribuye a generar ingresos para la empresa y que como resultado se obtiene utilidades para un determinado periodo
- **Costo perdido:** Es la suma de erogaciones o desembolsos de efectivo que efectúa la empresa pero que no generan ingresos estimados por lo que no existe un ingreso o una ganancia equiparable o sustancial con la inversión inicial

Esta clasificación permite evaluar el margen de utilidad, la rentabilidad y la eficiencia operativa. En el análisis logístico, esta evaluación se vuelve aún más crítica, ya que los costos asociados al transporte representan una parte significativa del presupuesto operativo.

Dentro de este marco, resulta imprescindible diferenciar entre costos fijos y costos variables aplicados específicamente a la logística:

- Los costos fijos logísticos son aquellos que no fluctúan con el volumen de productos transportados o almacenados. Por ejemplo, se incluyen la renta de almacenes, salarios del personal permanente, amortización de flota propia y mantenimiento de sistemas logísticos.

- Los costos variables logísticos dependen directamente del nivel de actividad. Los cuales se Incluyen en el combustible utilizado, peajes, fletes, embalajes, consumibles de distribución y mano de obra contratada por evento o volumen.

La suma de estos elementos da origen al costo logístico total, y su adecuada gestión permite calcular indicadores fundamentales como el punto de equilibrio o punto muerto, que determina el volumen mínimo de operación necesario para cubrir todos los costos sin incurrir en pérdidas.

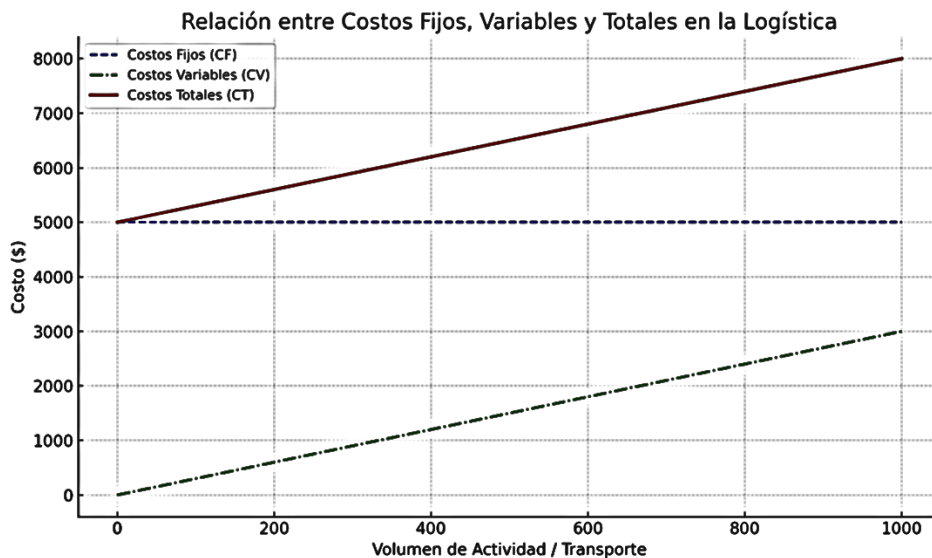


Figura 72 Relación entre Costos Fijos, Variables y Totales en la Logística. (OpenAI, 2026).

Como se aprecia en la Figura 72, tenemos los Costos Fijos (CF) que no fluctúan con el volumen de ventas mientras que los Costos Variables (CV). Evidentemente la suma de ambos nos da el Costo Total (CT).

Esta distinción entre Fijo y Variable es fundamental para hallar indicadores como el “Punto Muerto de la operación” (Miguel Romero Melero, 2025).

Como se menciona en los apartados anteriores, los diferentes medios de transporte utilizados en la industria de los hidrocarburos tales como autotanques, carrotanques, buques y ductos requieren de una estructura operativa específica que implica distintos tipos de costos logísticos. Cada uno de estos medios presenta características técnicas y económicas particulares que deben ser consideradas para asegurar su correcto funcionamiento y una operación eficiente.

Estos costos, tanto fijos como variables, influyen directamente en la rentabilidad del producto final, por lo que su análisis detallado resulta fundamental para optimizar la cadena de suministro y reducir pérdidas económicas. En las siguientes secciones se desarrollará el desglose de costos correspondientes a los autotanques, con el fin de identificar áreas de mejora y toma de decisiones estratégicas basadas en información real y cuantificable.

5.2.1 Conceptos que conforman la logística en el uso de Autotanques

El análisis unitario del costo por litro en los petrolíferos constituye una herramienta fundamental para comprender con precisión las dinámicas económicas y logísticas de este sector hidrocarburos. A través de dicho desglose, es posible identificar los componentes que inciden directamente en el precio final, tales como transporte, almacenamiento, distribución y márgenes comerciales, lo cual permite dimensionar con objetividad la estructura de costos que soporta cada litro comercializado. Este nivel de detalle cobra relevancia en la competitividad y eficiencia del sector, ya que brinda a las empresas y autoridades una base objetiva para diseñar estrategias de optimización operativa, establecer políticas de precios acordes a la realidad del mercado y fomentar un uso más racional de los recursos. Asimismo, permite visualizar los factores que representan oportunidades de mejora, tanto en la infraestructura como en la gestión de la cadena de suministro. Finalmente, el análisis unitario por litro está directamente vinculado con la transparencia y la rentabilidad. Al exponer de manera clara los costos y márgenes involucrados, se fortalece la confianza entre consumidores, reguladores y operadores, además de que se sientan las bases para decisiones empresariales más sólidas y sostenibles. En un entorno energético caracterizado por la volatilidad internacional y la presión por mantener precios competitivos, este enfoque se convierte en un elemento indispensable para garantizar la estabilidad y la viabilidad del sector petrolífero en México. El costo unitario por litro de gasolina se define como la suma de todas las erogaciones directas e indirectas que intervienen en la cadena de valor desde la producción o importación hasta la entrega al consumidor final. Este indicador permite cuantificar, en términos absolutos y comparables, el esfuerzo económico requerido para poner un litro de combustible a disposición del mercado. A su vez, constituye la base de análisis para la

evaluación de márgenes de comercialización, eficiencia operativa y competitividad dentro del sistema logístico energético. Para su determinación, deben considerarse tanto los costos de producción o adquisición del producto (en el caso de importaciones), como los costos asociados a la infraestructura logística, la regulación y los servicios complementarios que garantizan su disponibilidad en los puntos de venta. Entre los principales factores que inciden en la estructura del costo unitario se encuentran los siguientes:

1. Costo de infraestructura utilizada:

Comprende las tarifas y depreciaciones derivadas del uso de medios de transporte y almacenamiento, tales como ductos, carrotanques, autotanques y buques. Cada modalidad logística implica costos diferenciados según distancia, capacidad, mantenimiento y tipo de producto transportado, los cuales son determinados conforme a la normativa aplicable.

2. Permisos y regulaciones emitidos por la Comisión Nacional de Energía

(CNE):

Incluye las tarifas y derechos asociados a los permisos de transporte, almacenamiento, distribución y expendio al público, los cuales son indispensables para la operación dentro del marco legal vigente. La CNE establece requisitos técnicos y de seguridad que representan costos administrativos y de cumplimiento para los permisionarios, conforme a la Ley del sector de Hidrocarburos y sus disposiciones administrativas.

3. Costo de adquisición o producción:

En el caso del abastecimiento de petrolíferos, el costo puede originarse bajo dos modalidades principales: la importación de productos provenientes del mercado internacional o la adquisición de productos derivados de la producción nacional. En ambos casos, el costo se determina considerando el precio de referencia del mercado, los costos asociados a la internación o producción, así como los gastos logísticos necesarios para su disponibilidad en el punto de comercialización

.4. Costos de almacenamiento y manejo:

Incluyen las tarifas de Terminales de Almacenamiento y Reparto (TAR), costos de operación de terminales marítimas o terrestres, así como los servicios de carga, descarga y manejo de productos.

5. Costos de transporte:

Consideran los gastos por traslado entre terminales o hacia estaciones de servicio mediante poliductos, ferrocarril o autotanques, dependiendo de la infraestructura disponible y de la distancia al punto de destino.

6. Costos financieros, administrativos y fiscales:

Contemplan los gastos de gestión empresarial, financiamiento de inventarios, seguros, así como los impuestos aplicables (IVA, IEPS y derechos sobre hidrocarburos).

7. Márgenes de comercialización:

Finalmente, el precio final incorpora los márgenes establecidos por el comercializador o distribuidor, que reflejan los costos de operación y el rendimiento esperado de la actividad.

5.3 Costo final de los petrolíferos

El transporte de hidrocarburos dentro del sistema energético nacional constituye un componente crítico del costo final de los petrolíferos, ya que introduce un diferencial logístico que se manifiesta de manera directa en el precio por litro entregado al consumidor; con independencia del medio utilizado Autotanque, Carrotanque o Buque, el costo de flete puede analizarse bajo un esquema homogéneo en términos de pesos por kilómetro-litro, lo que habilita la comparación y optimización de decisiones logísticas desde una perspectiva técnica y financiera. En este marco, y como se mencionó en el punto 4.3, el costo de los petrolíferos por importación no se genera en México, por lo que queda indexado al comercio internacional y condicionado por variables externas; en consecuencia, la formación del precio interno se explica mejor como una arquitectura de

componentes expresados en términos relativos (porcentajes) y no como un costo “endógeno”. Con base en un *benchmark* expuesto en esta tesis para los combustibles, donde se expresa que el precio de venta al público es entendido como el 100% y se desglosa, de la siguiente manera estructural, en cuatro bloques teniendo en cuenta que se expresa en rangos de aproximación de $\pm 2\%$ a $\pm 3\%$, con el propósito de reflejar variaciones reales del mercado:

1. **53 % – 59%** Asociado a precios al mayoreo que es donde se concentra el precio base de la molécula y
2. **32 % – 37%** Correspondiente a los impuestos,
3. **5 % – 10%** Atribuible a logística de última milla (distribución al abasto local, incluidos costos de transporte y operación en las terminales)
4. **1 % – 4 %** Vinculados al margen de la estación de servicio

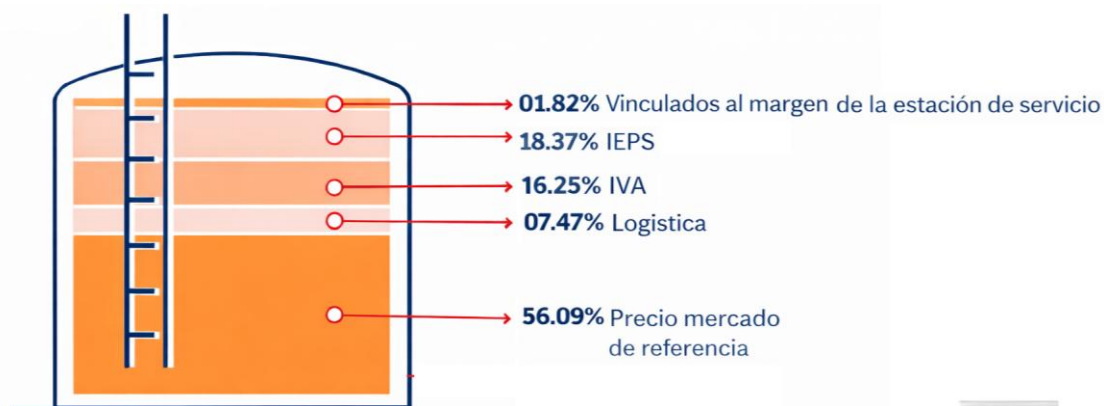


Figura 73 Valores porcentuales de los costos logísticos de los combustibles (OpenAI, 2026)

En la Figura 73 se presenta la participación porcentual de los principales componentes que intervienen en la estructura del precio de los combustibles. El precio de mercado de referencia representa el mayor peso con 56.09%, seguido del IEPS con 18.37%, el IVA con 16.25%, la logística con 7.47% y el margen de la estación de servicio con 1.82%. Estos valores permiten identificar la incidencia de cada componente en la formación del precio final.

Este análisis permite afirmar que, aproximadamente un tercio del precio final corresponde a la fiscalidad y alrededor de una décima parte a logística y margen minorista. En términos fiscales, el bloque de los impuestos incorpora:

1. el IEPS un impuesto específico aplicable a gasolinas y diésel mediante cuotas por litro conforme a la Ley del IEPS y,
2. el IVA, que se calcula aplicando la tasa general del 16% conforme a su propia Ley.

Ecuación 12

$$P_{pub} = P_{may} + C_{logult} + M_{ES} + Imp.$$

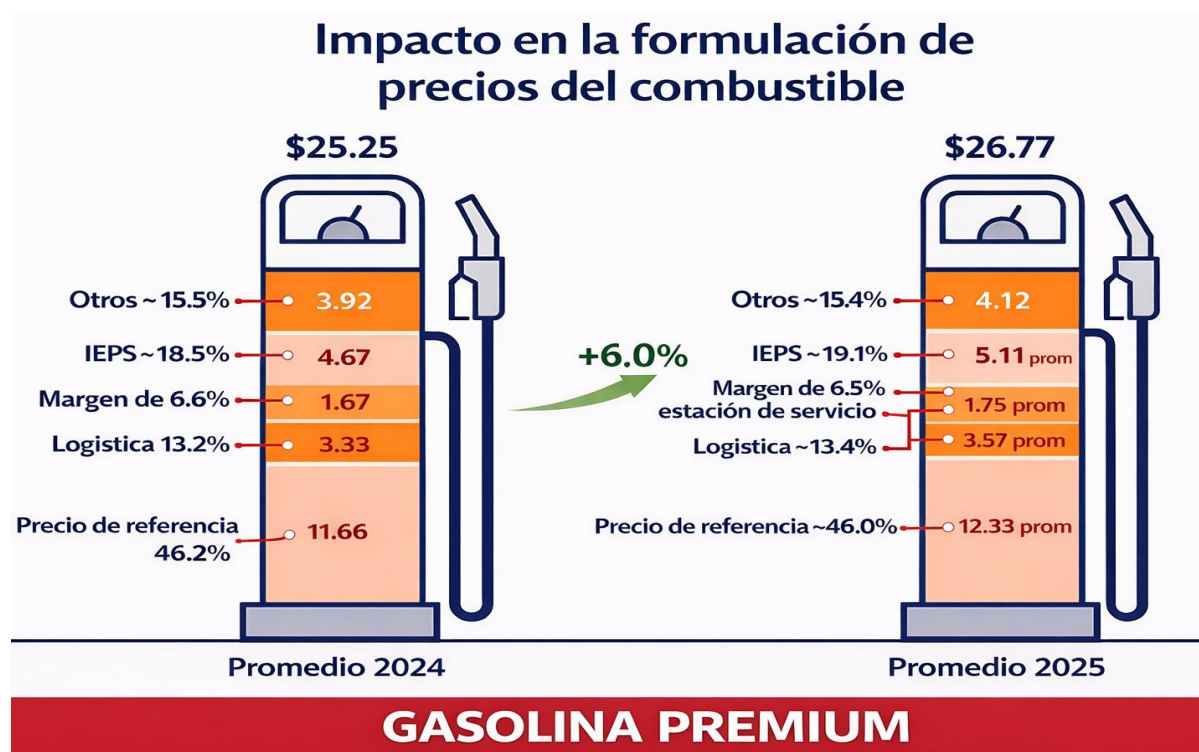


Figura 74 Impacto en la formulación de precios del combustible (OpenAI, 2026)

De forma que la determinación del precio al público puede expresarse como una suma de componentes entendidos de la siguiente manera: En la Figura 74 se muestra el impacto de los principales componentes en la formulación del precio de la gasolina premium,

comparando el promedio de 2024 y 2025. Se observa un incremento general de 6.0%, asociado principalmente al aumento del precio de referencia, IEPS, logística y margen de estación de servicio.

en otras palabras, el “precio publicado” y su indexación al mercado internacional se reflejan operativamente dentro del precio mayorista, mientras que el IEPS e IVA materializan la política tributaria y el flete se captura de manera visible en la logística de distribución. Bajo esta lógica, para poder llevar el costo de adquisición del petrolífero por parte una comercializadora particularmente es en esquemas de suministro nacional, dado que la gestión de tarifas debe tratar el transporte como un centro de costo con variables controlables insumos de operación, rutas, rendimiento y hábitos de manejo, considerando además que, de acuerdo con metodologías de costos del transporte terrestre, la seguridad en las carreteras, la depreciación constituye un factor de alta incidencia en el costo total de operación, por lo que su subestimación distorsiona el costo unitario y, en cascada, compromete márgenes y competitividad.

la generación de tarifas en los petrolíferos es gran importancia que los costos finales ya que están directamente vinculados a diversos cambios como lo es el costo de:

- Los insumos que requiere a el transporte.
- Conocer las rutas más comunes para llegar al destino final.
- Conocer el rendimiento del vehículo durante el trayecto.
- La seguridad e integridad de las carreteras

De acuerdo con un estudio realizado por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) para desarrollar una metodología que permita calcular los costos del transporte terrestre, es uno de los elementos más influyentes en los costos es la depreciación de las mercancías. Es decir, cada vehículo tiene un costo diferente debido a este concepto y esto afectará directamente el costo del transporte de dicha mercancía.

5.3.1 Descripción operativa del proceso

El proceso de distribución terrestre de petrolíferos se compone de una secuencia estructurada de etapas que permiten garantizar la integridad del producto, la trazabilidad de la operación y la validación comercial del energético.

1. Programación del servicio

El proceso inicia con la generación de la orden de suministro, en la cual se establecen las condiciones del servicio: volumen requerido, punto de entrega, ventana de recepción, tipo de producto y asignación de unidad.

En esta etapa se realiza la planificación de la ruta, considerando distancia, condiciones de tráfico, seguridad y tiempos estimados de operación. Asimismo, se asigna el operador y la unidad disponible conforme a criterios de disponibilidad y eficiencia operativa.

R.F.C. : PME380607P35 AVENIDA MARINA NACIONAL No. 329 C3 VERÓNICA ANZURES Delg. MIGUEL HIDALGO MÉXICO, CIUDAD DE MÉXICO C.P. 11300			Lugar de embarque del producto		
			TAD POZA RICA, VER. BULEVARD GONZALEZ ORTEGA SN. POZA RICA VERACRUZ 93340 TEL DCAS (55)6300-4125		
			Centro Facturador		
R.F.C. Del Cliente			OFICINAS CENTRALES CTRO.ADMVO. MARINA NACIONAL NO.329, COLONIA VERONICA ANZURES, C.P. 11300, CIUDAD DE MEXICO		
Datos del Cliente					
[Redacted]					
DIA	MES	AÑO	Clave del Cliente	Lugar de Entrega	
03	03	2026	[Redacted]	DOATZINTLA, VERACRUZ	
L.A.B.		Condiciones de Pago		Lugar de Cobro	
DESTINO		CREDITO A 30 DIAS FECHA FACTURA		999-MULTIBANCO	
Unidad Medida	Cantidad	Clave de Producto	Concepto	Precio Unitario	Importe
LT.	9930.000	H/9857/COM/201 5-66330247- 32011	PEMEX MAGNA	18.48338	183,539.92
			IVA PRODUCTO	2.86	28,426.79
			FLETE PEMEX MAGNA	0.09773	970.42
			IVA FLETE	0.02	155.27
			IVA RETENIDO FLETE	0.00	38.82

Figura 75 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.

Una vez realizada la programación del servicio, el proceso logístico avanza hacia su ejecución física y posterior consolidación comercial, en donde cada etapa genera información crítica que se refleja en los documentos transaccionales finales, como lo es la factura del producto.

En este sentido, la orden de suministro previamente generada no solo funge como un instrumento operativo, sino también como el punto de partida para la trazabilidad volumétrica, financiera y regulatoria de la operación.

2. Posicionamiento y acceso a terminal

La unidad se traslada a la Terminal de Almacenamiento y Despacho (TAD), donde se lleva a cabo el proceso de acceso controlado. En esta fase se valida la documentación operativa, incluyendo:

- orden de carga,
- identificación del operador,
- condiciones de la unidad,
- cumplimiento de requisitos de seguridad.

Mercancías	
Peso Bruto Total	7315.000
Unidad Peso	KGM
Peso Neto Total	7315.000
No. Total Mercancías	1
Mercancía	
Bienes Transporte	15101514
Descripción	GASOLINA REGULAR MENOR A 91 OCTANOS
Cantidad	9930
Clave Unidad	LTR
Material Peligroso	Si
Clave Material Peligroso	1203
Embalaje	1A1
Descripción Embalaje	Bidones (Tambores) de Acero 1 de tapa no desmontable
Peso En Kg	7315.000
Autotransporte Federal	
No. Permiso SCT	0919PLO
Permiso SCT	TPAF
Identificación Vehicular	
Configuración Vehicular	C3
Peso Bruto Vehicular	73.58
Placa VM	79FA i
Año Modelo VM	2023
Seguros	
Aseguradora Resp Civil	Qualitas Compania de Seguros S.A. de C.V.
Póliza Resp Civil	
Aseguradora Medio Ambiente	Qualitas Compania de Seguros S.A. de C.V.
Póliza Medio Ambiente	
Aseguradora Carga	MAPFRE
Póliza Carga	
Prima Seguro	653137489.02
Tipos Figura	
Tipo Figura	
RFC Figura	
No. Licencia	
Nombre Figura	

Figura 76 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.

3. Carga del petrolífero

Una vez autorizada la entrada, se realiza la carga del producto mediante sistemas de despacho controlado. Durante esta etapa se registra el volumen cargado, el cual debe cumplir con parámetros metrológicos establecidos.

Se documenta el volumen inicial, generando el primer punto de control para la trazabilidad del producto. Este registro es fundamental para la posterior conciliación volumétrica.

Sellos		Temp. C	Cantidad al Natural			Cantidad a 20°C	Compañía Transportista
2139518-21395 [REDACTED]		25.50	9998.000			9930.000	PETROLEOS MEXICANOS
Vehículo	Placas	Certificado	De Fecha			No. 3-218	Nombre del Operador
PMX2 [REDACTED]	79FA5 [REDACTED]	GAT050 [REDACTED]	DIA	MES	AÑO	[REDACTED]	[REDACTED]
			30	06	2023		
No. Orden	DIA	MES	AÑO	Boleta de Aforo		Datos Operativos	
3 [REDACTED]	02	03	2026			03/03/2026 00:06 - 03/03/2026 00:14 PC: 3 FP: 1297 FM: 1.0243	

Figura 77 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.

10. Medición y registro volumétrico en origen

Previo a la salida de la terminal, se realiza la validación del volumen cargado mediante sistemas de medición. Se genera la documentación correspondiente que ampara la cantidad de producto transportado.

Este punto constituye la base para la comparación contra el volumen entregado en destino, permitiendo identificar desviaciones o mermas.

ANTECEDENTES / OBSERVACIONES
CALIDAD: AZUFRE:22 mg/kg (ppm) I. OCT.:87.3 COLOR VIS.:VERDE CLARO IMPUESTO RETENIDO DE CONFORMIDAD CON LA LEY DEL IMPUESTO AL VALOR AGREGADO Placas tonel: 79F [REDACTED] RP-678-68750-03/03/2026-612784 EMITIDA POR 9.930 M3 FECHA DE INICIO DE CREDITO: 03/03/2026

Figura 78 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.

11. Transporte en ruta (traslado cargado)

La unidad inicia el traslado hacia la estación de servicio. Durante este trayecto se consideran variables como:

- consumo de combustible,

- condiciones de la vía,
- tiempos de tránsito,
- riesgos de seguridad.

El monitoreo de la unidad puede realizarse mediante sistemas GPS, lo que permite dar seguimiento en tiempo real al viaje.

12. Arribo a estación de servicio

Complemento Carta Porte v3.1	
IdCCP	CCCf6760-169d-11f1-bb30-e [REDACTED]
Transporte Internacional	No
Total Distancia Recorrida	31.00
Ubicaciones	
Destino	Origen
DF021995 [REDACTED] 2026-03-03T00:52:47 31.00 [REDACTED] VER MEX 93160	OR000678 PME380607P35 PETROLEOS MEXICANOS 2026-03-03T00:12:47 BOULEVARD GONZÁ LEZ ORTEGA S/N, PRIMER TRAMO CARRETERA A COATZINTLA 5955 14 131 VER MEX 93340

Figura 79 Carta Porte de logística de Hidrocarburos. (Pemex 2026)

Al llegar al punto de destino, la unidad se posiciona para iniciar el proceso de descarga. En esta etapa pueden presentarse tiempos de espera derivados de la disponibilidad de infraestructura o coordinación operativa en la estación.

Lugar de embarque del producto
TAD POZA RICA, VER. BULEVARD GONZALEZ ORTEGA SN. POZA RICA VERACRUZ 93340 TEL DCAS (55)6300-4125
Centro Facturador
OFICINAS CENTRALES CTRO.ADMVO. MARINA NACIONAL NO.329, COLONIA VERONICA ANZURES, C.P. 11300, CIUDAD DE MEXICO

Figura 80 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.

13. Descarga del producto

Se realiza la transferencia del petrolífero desde el autotanque hacia los tanques de almacenamiento de la estación de servicio. Este proceso debe ejecutarse bajo condiciones controladas para evitar pérdidas, contaminación o riesgos operativos.

14. Medición y conciliación volumétrica en destino

Una vez finalizada la descarga, se lleva a cabo la medición del volumen entregado. Este valor se compara contra el volumen registrado en origen, con el fin de determinar:

- diferencias volumétricas,
- mermas operativas,
- posibles desviaciones en medición.

La conciliación volumétrica permite validar la integridad del producto durante el transporte y constituye un elemento clave para la facturación y cierre comercial.

Mercancía	
Bienes Transporte	15101514
Descripción	GASOLINA REGULAR MENOR A 91 OCTANOS
Cantidad	9930
Clave Unidad	LTR
Material Peligroso	Si
Clave Material Peligroso	1203
Embalaje	1A1
Descripción Embalaje	Bidones (Tambores) de Acero 1 de tapa no desmontable
Peso En Kg	7315.000
Autotransporte Federal	
No. Permiso SCT	0919PLO ■■■
Permiso SCT	TPAF03
Identificación Vehicular	
Configuración Vehicular	C3
Peso Bruto Vehicular	73.58
Placa VM	79FA ■■■
Año Modelo VM	2023

Figura 81 Carta Porte de logística de Hidrocarburos.

15. Cierre del servicio y documentación

Se formaliza la entrega mediante la validación documental correspondiente, la cual incluye:

- comprobante de entrega,

- volumen recibido,
- firma de conformidad,
- registro de incidencias (en caso de existir).

Esta etapa cierra el ciclo comercial del producto transportado.

DIA	MES	AÑO	Clave del Cliente	Lugar de Entrega	
03	03	2026			COATZINTLA, VERACRUZ
L. A. B.		Condiciones de Pago		Lugar de Cobro	
DESTINO		CREDITO A 30 DIAS FECHA FACTURA		999-MULTIBANCO	
Unidad Medida	Cantidad	Clave de Producto	Concepto	Precio Unitario	Importe
LT.	9930.000	H/9857/COM/201 5-66330247- 32011	PEMEX MAGNA	18.48338	183,539.92
			IVA PRODUCTO	2.86	28,426.79
			FLETE PEMEX MAGNA	0.09773	970.42
			IVA FLETE	0.02	155.27
			IVA RETENIDO FLETE	0.00	38.82

Figura 82 Carta Porte de logística de Hidrocarburos. (Pemex 2026)

10. Retorno de la unidad

Finalmente, la unidad realiza el trayecto de retorno (vacío) hacia la terminal o base operativa, completando el ciclo logístico. Este recorrido también genera costos operativos que deben ser considerados dentro del modelo de costeo.

5.4 Propuesta presentada de una empresa de logística

En el contexto actual del sector energético en México, caracterizado por una creciente liberalización del mercado de petrolíferos y una mayor participación de agentes privados en las actividades de transporte, almacenamiento y comercialización, la eficiencia logística se posiciona como un factor estratégico para garantizar la competitividad operativa y la rentabilidad de las empresas del sector. En este sentido, las actividades de distribución terrestre mediante autotantques representan un eslabón crítico dentro de la cadena de valor downstream, particularmente en el abastecimiento de estaciones de servicio.

Bajo este panorama, una empresa dedicada al transporte de petrolíferos enfrenta el reto de movilizar producto desde un punto de origen (terminal de almacenamiento y reparto) hacia un punto de destino (estación de servicio), en donde no solo se materializa la entrega

física del producto, sino también se consolidan procesos clave asociados a la transferencia de custodia, la medición volumétrica y la validación comercial del energético.

En virtud de lo anterior, la presente propuesta logística tiene como objetivo diseñar un esquema optimizado de transporte de petrolíferos desde el punto A hasta el punto B, incorporando variables críticas como la eficiencia en rutas, control volumétrico, tiempos de operación, costos logísticos y cumplimiento normativo. Asimismo, se busca establecer un modelo que permita maximizar el margen operativo mediante la correcta identificación, clasificación y gestión de los costos logísticos involucrados, diferenciándolos de los gastos administrativos, a fin de generar una base sólida para la toma de decisiones estratégicas.

5.4.1 Descripción general de la empresa

Se plantea una empresa denominada **“Logística DDD, S.A. de C.V.”**, dedicada al transporte terrestre de petrolíferos mediante autotanques, con operaciones en la región centro del país. Su modelo de negocio se enfoca en la distribución de gasolina regular y diésel desde terminales de almacenamiento y despacho (TAD) hacia estaciones de servicio bajo contratos de suministro.

En la Figura 83 se muestra un autotanque con capacidad aproximada de 20,000 L, utilizado para el transporte terrestre de hidrocarburos desde terminales de almacenamiento hacia estaciones de servicio o centros de consumo. Este tipo de unidad constituye un elemento estratégico dentro de la logística de distribución, debido a que permite movilizar volúmenes significativos de producto en operaciones de corta y media distancia. Su capacidad, disponibilidad operativa, rendimiento, condiciones mecánicas y frecuencia de uso inciden directamente en el costo por viaje y, por consecuencia, en el costo logístico unitario expresado en MXN/L.

La empresa cuenta con una flota de 25 autotanques con capacidades promedio de 30,000 litros por unidad, operando bajo esquemas de rutas fijas y servicios bajo demanda.



Figura 83 Autotanques de 20,000. (Transportes Canacar 2026)

En este sentido, el análisis se orienta a estimar el costo logístico unitario por litro transportado, así como a determinar su impacto directo en la formación del precio final del combustible y en el margen operativo de la empresa distribuidora. Para ello, se integran variables técnicas, operativas, económicas y regulatorias que inciden en la ejecución del servicio de transporte.

Asimismo, el caso tiene como finalidad demostrar que la rentabilidad en la distribución de petrolíferos no depende exclusivamente del precio de adquisición del producto, sino de la capacidad de la empresa para identificar, clasificar y gestionar eficientemente los costos logísticos, particularmente aquellos asociados al consumo de insumos, tiempos de operación, rendimiento de la unidad, mermas volumétricas y cumplimiento normativo.

5.4.2 Planteamiento del problema

Actualmente, la empresa presenta desviaciones en su margen operativo derivadas de ineficiencias estructurales en la gestión logística, las cuales impactan directamente en el costo unitario por litro transportado y, en consecuencia, en la rentabilidad del servicio.

Dichas desviaciones se originan principalmente en una planeación deficiente de rutas, caracterizada por recorridos mal diseñados y tiempos muertos; variabilidad en los tiempos de carga y descarga; pérdidas volumétricas asociadas a mermas operativas, diferencias en medición y estadías; falta de estandarización en la identificación y asignación de costos logísticos; así como posibles incumplimientos en materia de control volumétrico y metrología.

En este contexto, se plantea el desarrollo que, para efectos del análisis, se establece un escenario. En la Tabla V.20 se presentan las variables consideradas para la construcción del escenario base de una operación logística de transporte de hidrocarburos. Dichas variables permiten establecer las condiciones iniciales del análisis, considerando el tipo de producto, el origen del suministro, el precio mayorista, la distancia de traslado, las características de la unidad de transporte y la frecuencia operativa. A partir de esta información, se genera una base técnica para estimar los costos por viaje y evaluar su incidencia en el costo logístico unitario expresado en MXN/L.

Tabla V.20 Variable de los costos en una operación logística . Elaboración Propia.

PRODUCTO		
Concepto	Valor	Unidad
Tipo	Gasolina regular (Magna)	
Origen	Suministro nacional	
Precio mayorista	18.48338	MXN/L
RUTA		
Concepto	Valor	Unidad
Origen	TAD	
Destino	Estación de servicio	
Distancia ida	30	km
Distancia retorno	30	km
Distancia total	60	km
UNIDAD		
Concepto	Valor	Unidad
Tipo	Autotanque	
Capacidad	10000	L
Volumen útil	9930	L
Rendimiento	2.5	km/L
Antigüedad	5	años
FRECUENCIA		
Concepto	Valor	Unidad
Viajes/día	1	
Viajes/mes	12	

TIEMPOS		
Concepto	Valor	Unidad
Carga	1.5	H
Traslado ida	2.5	H
Espera	0.8	H
Descarga	1.2	H
Retorno	2.5	H
Total	8.5	H
COMBUSTIBLE		
Concepto	Valor	Unidad
Distancia	60	Km
Rendimiento	2.5	km/L
Consumo	96	L
Precio diésel	29.9	MXN/L
Costo	1794	MXN
COSTOS		
Concepto	Valor	Unidad
Combustible	260	MXN
Casetas	180	MXN
Operador	150	MXN
Mantenimiento	90	MXN
Llantas	40	MXN
Seguro	50	MXN
Depreciación	200	MXN
Total	970	MXN

UNITARIO		
Concepto	Valor	Unidad
Volumen	9,930	L
Costo por litro	21. 680	MXN/L
VOLUMETRICO		
Concepto	Valor	Unidad
Merma %	0.003	
Volumen perdido	88.2	L
Impacto económico	17.20	MXN
RIESGO		
Concepto	Valor	
Tiempos muertos	+15%	
Rendimiento	±10%	
Costos	±5%	

A partir de estos datos, en el siguiente apartado se desarrollará el modelo de cálculo del costo logístico, integrando las variables operativas, económicas y volumétricas, con el fin de obtener indicadores clave como costo por viaje, costo por kilómetro, costo por litro transportado y margen operativo.

5.4.3 Desarrollo del problema

La empresa contempla la movilización de gasolina regular desde un punto de origen hasta un punto de destino, donde se materializa la entrega comercial del producto. Este flujo logístico se analiza bajo condiciones controladas que permiten evaluar el desempeño operativo y económico del sistema de transporte.

Definición del sistema:

- **Punto A (Origen):** TAD POZA RICA, VER.

BULEVARD GONZALEZ ORTEGA SN. POZA RICA VERACRUZ 93340

- **Punto B (Destino):**

CARRT. POZA RICA-SAN ANDRES KM 5.6,S/C,COATZINTLA,VERACRUZ

De los cuales se representa la siguiente información:

- Distancia promedio: 30 km
- Volumen por viaje: 10,000 litros
- Frecuencia: 3 viajes semanales por unidad

Descripción operativa del proceso

En el presente caso de estudio, la adquisición de la gasolina regular no se realiza de manera directa con el productor, sino a través de un tercero, específicamente una empresa comercializadora. Dicha entidad cuenta con la capacidad contractual para negociar volúmenes consolidados de producto bajo esquemas de suministro anual, superando los

50 millones de litros, lo cual le permite acceder a condiciones comerciales preferenciales dentro del mercado.

En este sentido, a partir de la actual administración del sector energético, se ha consolidado un esquema de ajuste comercial basado en el volumen adquirido, comúnmente denominado factor incremental por volumen. Este mecanismo establece que el precio unitario del combustible se modifica en función de la cantidad contratada, generando variaciones positivas o negativas sobre el precio base de referencia.

De manera operativa, este esquema implica que, conforme aumenta el volumen de compra, el precio por litro tiende a disminuir, reflejando economías de escala y condiciones preferenciales de negociación. Por el contrario, volúmenes menores pueden estar sujetos a cargos adicionales que incrementan el costo unitario del producto.

se presenta la tabla correspondiente al esquema de incrementales por volumen aplicado al producto en análisis:

Tabla V.21 Principales costos logísticos. Elaboración Propia.

Volumen mensual (m³)	Incremental vs precio base	Tipo de cliente
0 – 1,000	+0.30 a +0.50 MXN/L	Spot / ocasional
1,000 – 5,000	+0.10 a +0.20 MXN/L	Bajo consumo
5,000 – 20,000	Precio base	Comercial estándar
20,000 – 50,000	-0.10 a -0.25 MXN/L	Mayorista
>50,000	-0.30 a -0.60 MXN/L	Alto volumen / contratos

En la Tabla V.21 se presenta la relación, los clientes spot u ocasionales, con volúmenes menores a 1,000 m³ mensuales, enfrentan incrementos de entre \$0.30 y \$0.50 MXN/L, debido a una menor capacidad de negociación, menor frecuencia operativa y menor aprovechamiento de economías de escala. Por el contrario, los clientes de alto volumen, superiores a 50,000 m³ mensuales, pueden obtener descuentos de entre \$0.30 y \$0.60 MXN/L, lo que refleja una operación logística más eficiente, mayor certidumbre en la

demanda y mejores condiciones comerciales. Es debido a esta opción de compra que las estaciones de servicio que no cuentan con la capacidad de compra de estos volúmenes al año deben de recurrir a estos modelos de mercado por consiguiente la empresa se dedica a transportar este producto de manera íntegra y sin complicaciones.

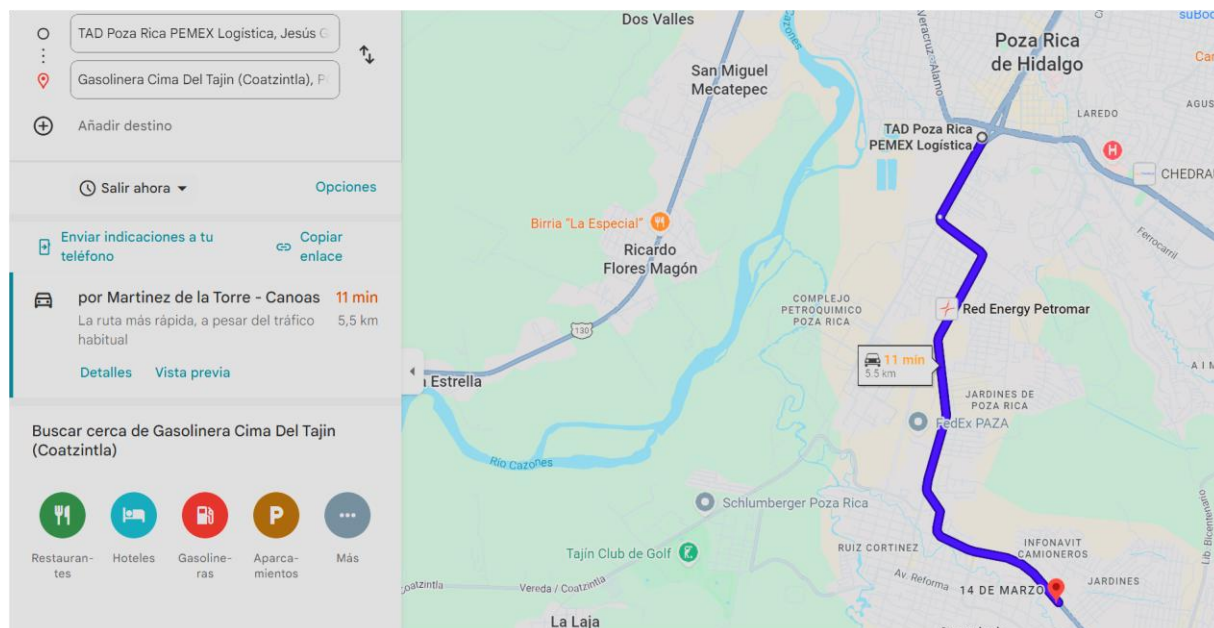


Figura 84 Rutas óptimas de transporte. (Elaboración 2026)

5.5 Solución a la problemática de logística

En atención al diagnóstico previamente establecido, se propone un modelo integral de optimización logística enfocado en maximizar el margen operativo mediante la estandarización de procesos, la eficiencia en la planeación de rutas, el control volumétrico riguroso y la correcta gestión de los costos logísticos. Dicho modelo se estructura bajo un enfoque sistémico que integra variables operativas, económicas y regulatorias, alineadas a las mejores prácticas del sector CNE.

En este sentido, si bien la política de almacenamiento mínimo establecida en la Ley de Hidrocarburos establece como principio operativo la obtención del petrolífero desde la

terminal de almacenamiento más cercana al punto de consumo, en la práctica este lineamiento no siempre conduce a una solución óptima desde el punto de vista económico.

Por consiguiente, se identifica un escenario operativo en el cual la terminal de Poza Rica representa la alternativa más cercana en términos de distancia logística hacia el punto de destino; sin embargo, esta opción puede resultar subóptima debido a condiciones de mercado que afectan el precio de adquisición del producto. En contraste, terminales como Pajaritos o Xalapa pueden ofrecer mejores condiciones comerciales, aun cuando implican mayores distancias de transporte.

Derivado de lo anterior, la toma de decisiones logísticas debe sustentarse en un modelo de optimización que evalúe de manera integral el costo total puesto en destino, conforme a la siguiente lógica:

- **Costo de adquisición del petrolífero (precio molécula)**
- **Costo logístico de transporte (MXN/L)**
- **Margen comercial esperado**

A partir de este análisis, se establecen las siguientes alternativas logísticas para el abastecimiento de gasolina:

Tabla V.22 Cuadro comparativo de rutas logísticas. Elaboración Propia.

Ruta	Origen	Distancia	Ventaja principal	Desventaja principal
Ruta 1	Poza Rica	Baja	Menor costo de transporte	Precio de producto menos competitivo
Ruta 2	Pajaritos	Media-Alta	Mejor precio de adquisición	Mayor costo logístico
Ruta 3	Xalapa	Media	Balance entre precio y distancia	Disponibilidad variable

Es decir que los precios son diferentes y por ende los costos de la operación tienden a variar debido y se debe de considerar desde esa parte en los diferentes escenarios de valor y ver cuál es la rentabilidad del negocio según los diferentes modelos de mercado plasmándose así en la siguiente tabla de costos.

Tabla V.23 Costos por ruta logística. Elaboración Propia.

Terminal / Zona	Gasolina Regular (MXN/L)	Premium (MXN/L)	Diésel (MXN/L)
Poza Rica	21.680	23.834	25.421
Xalapa	21.640	23.99	25.13
Pajaritos	21.680	24.608	25.699

En este sentido se presenta en la Tabla V.23 se observa que los precios de los petrolíferos presentan variaciones entre terminales, aun cuando estas se encuentren dentro de una misma región geográfica. Dichas diferencias responden a factores estructurales como la fuente de suministro

Asimismo, se identifica que:

- **Xalapa** presenta un menor precio en gasolina regular, lo cual puede favorecer escenarios de abastecimiento de alto volumen.
- **Pajaritos** refleja un mayor costo en premium y diésel, asociado generalmente a dinámicas de importación y logística portuaria.
- **Poza Rica** mantiene una estructura relativamente estable, con ventajas en proximidad logística.

Es por lo que, con el objetivo de determinar la alternativa más eficiente dentro del proceso de distribución de petrolíferos, se plantean tres escenarios logísticos diferenciados, los cuales integran variaciones en costos operativos, eficiencia de transporte y estructura de

abastecimiento debido a la distancia recorrida entre localidades. En la Figura 85 se presenta el análisis de rutas de transporte desde la TAD Xalapa PEMEX Logística hacia la zona de Poza Rica, Veracruz. La imagen permite comparar distintas alternativas de traslado, con recorridos que oscilan entre 203 km y 273 km, así como tiempos estimados entre 3 horas con 42 minutos y 4 horas con 57 minutos. Esta comparación resulta relevante para la evaluación logística, debido a que no necesariamente la ruta de menor distancia representa la opción más eficiente en términos operativos; por el contrario, factores como el tipo de vialidad, la velocidad promedio, la continuidad del trayecto y las condiciones de circulación pueden modificar la conveniencia del suministro. En este sentido, la ruta con menor tiempo estimado puede representar una alternativa competitiva para reducir tiempos de entrega, mejorar la rotación de unidades y optimizar la programación del abastecimiento hacia estaciones de servicio ubicadas en la región norte de Veracruz.

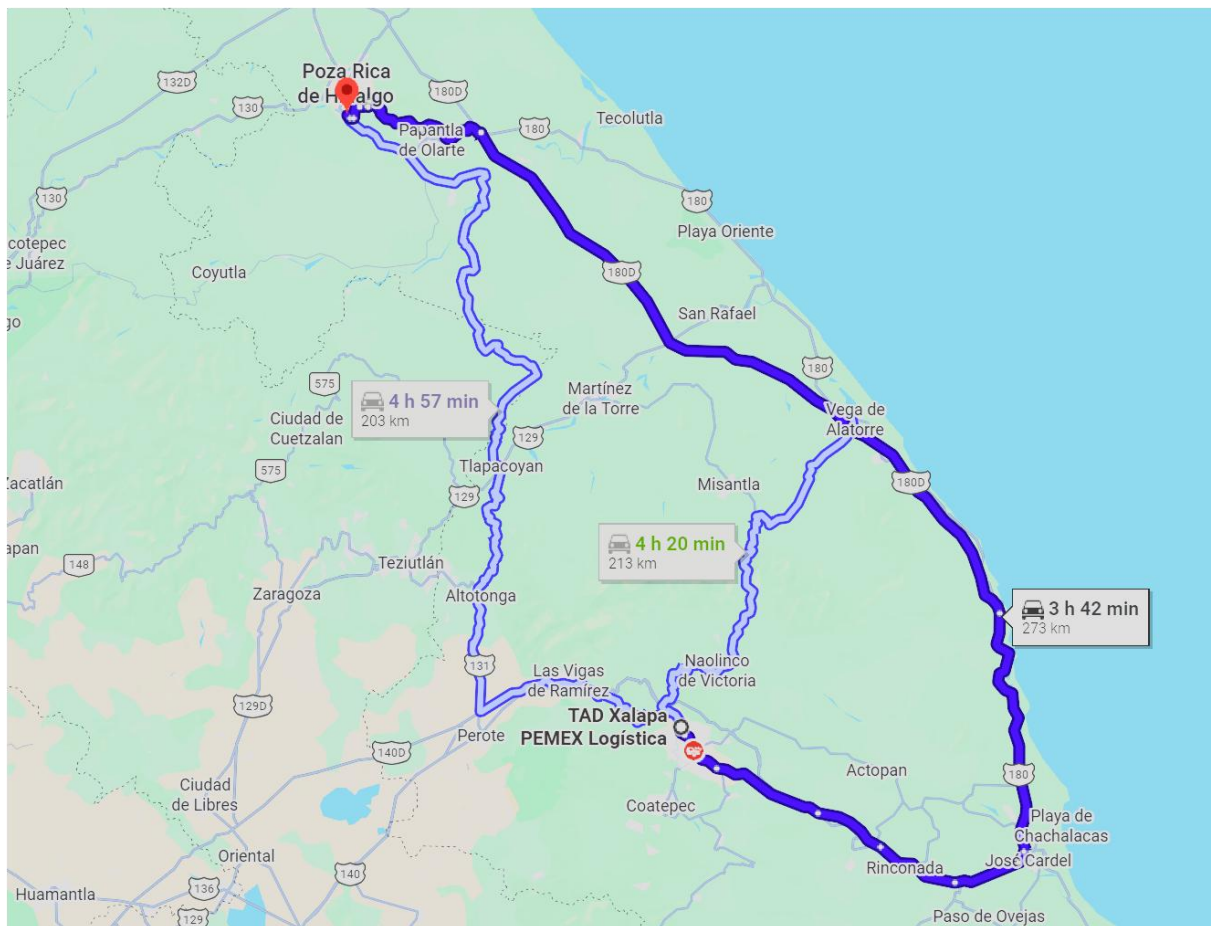


Figura 85 Rutas de transporte. Elaboración Propia (Google Maps 2026)

Desde una perspectiva de distribución de hidrocarburos, esta ruta puede considerarse como una alternativa de operación estándar, debido a que mantiene un equilibrio entre distancia, tiempo de entrega y viabilidad operativa. En consecuencia, el análisis de estas opciones permite fortalecer la toma de decisiones en la selección de terminales de suministro, reducir tiempos improductivos y mejorar la programación del abastecimiento hacia estaciones de servicio ubicadas en la región norte de Veracruz.

Escenario 1: Operación con condiciones promedio de mercado

Representando una operación con control parcial de costos y eficiencia media.

Tabla V.24 Conceptos de costos. Elaboración Propia.

Concepto	Valor (MXN)
Combustible	900
Casetas	400
Operador	500
Mantenimiento	250
Llantas	120
Seguro	150
Depreciación	500
Total	2,820

En la Tabla V.24 se presentan los conceptos considerados para la estimación del costo logístico de transporte. La integración de estos rubros permite cuantificar los gastos directos e indirectos asociados al traslado de hidrocarburos, considerando variables operativas como combustible, casetas, pago del operador, mantenimiento, llantas, seguro y depreciación de la unidad. En conjunto, estos conceptos representan un costo total de \$2,820 MXN por operación de transporte, valor que sirve como base para evaluar la

incidencia del traslado en la estructura final de costos y en la eficiencia económica de la ruta analizada.

Escenario 2: Operación con alto costo logístico

Corresponde a un modelo con deficiencias en planeación, tiempos muertos y mala asignación de recursos.

En la Figura 86 se presenta un escenario de alto costo logístico asociado al transporte de hidrocarburos desde la TAD Pajaritos PEMEX Logística hacia la Gasolinera Cima del Tajín, ubicada en Coatzintla, Veracruz. En la imagen se observa una ruta de larga distancia, con un recorrido aproximado de 546 km y un tiempo estimado de traslado de 7 horas con 18 minutos, lo cual evidencia una condición operativa desfavorable en términos de eficiencia logística. A continuación, se definen los principales elementos observados en la figura para facilitar su interpretación.

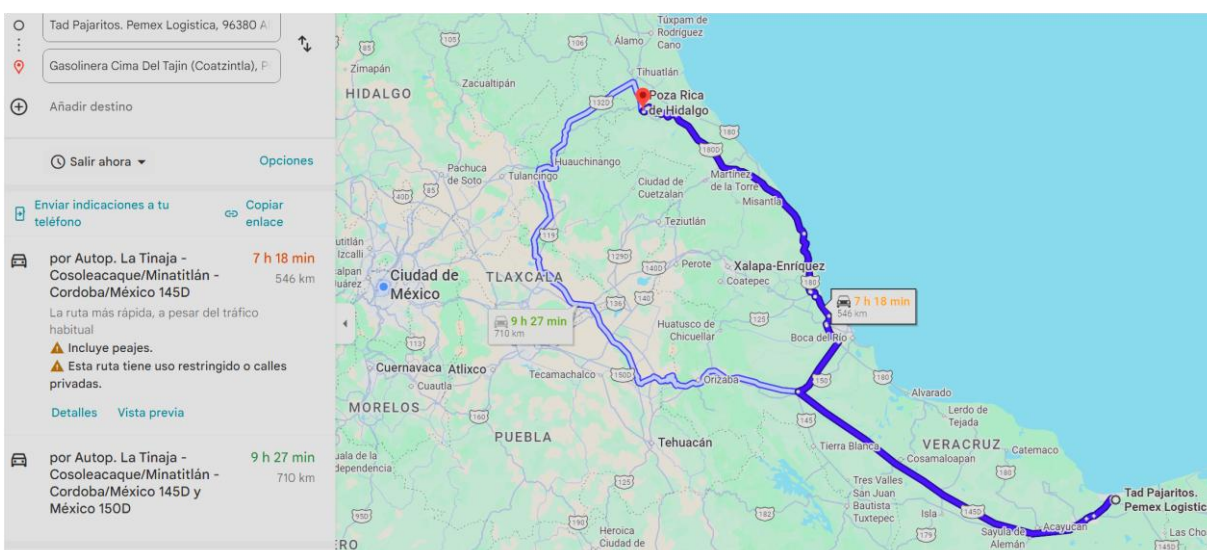


Figura 86 Rutas de transporte. Elaboración Propia (Google Maps 2026)

En la siguiente Tabla V.25 se presenta el costo por viaje correspondiente a un escenario de operación ineficiente en el transporte de hidrocarburos. Este escenario concentra un mayor impacto económico debido al incremento de los principales rubros operativos, entre ellos combustible, casetas, pago del operador, mantenimiento, llantas, seguro y depreciación. El costo total estimado asciende a \$6,604 MXN por viaje, lo cual refleja una

condición logística de baja eficiencia, principalmente asociada a mayores distancias de traslado, tiempos prolongados de operación y mayor desgaste de la unidad. En consecuencia, este escenario evidencia cómo una selección poco eficiente de ruta o terminal de suministro puede elevar el costo logístico unitario y afectar directamente la competitividad del precio final del combustible.

Estructura de costos por viaje

Tabla V.25 Costo por viaje . Elaboración Propia

Concepto	Valor (MXN)
Combustible	1,794
Casetas	950
Operador	1,200
Mantenimiento	600
Llantas	250
Seguro	300
Depreciación	1,000
Total	6,604

Escenario 3: Operación optimizada

Corresponde al modelo logístico planteado, basado en eficiencia operativa, rutas óptimas y prorrato adecuado de costos. En la Figura 87 se presenta la ruta óptima de transporte entre la TAD Poza Rica PEMEX Logística y la Gasolinera Cima del Tajín, ubicada en Coatzintla, Veracruz. En dicha figura se observan elementos relevantes para el análisis

logístico, tales como el punto de origen, el punto de destino, la distancia de traslado, el tiempo estimado de recorrido y la trayectoria recomendada por Google Maps

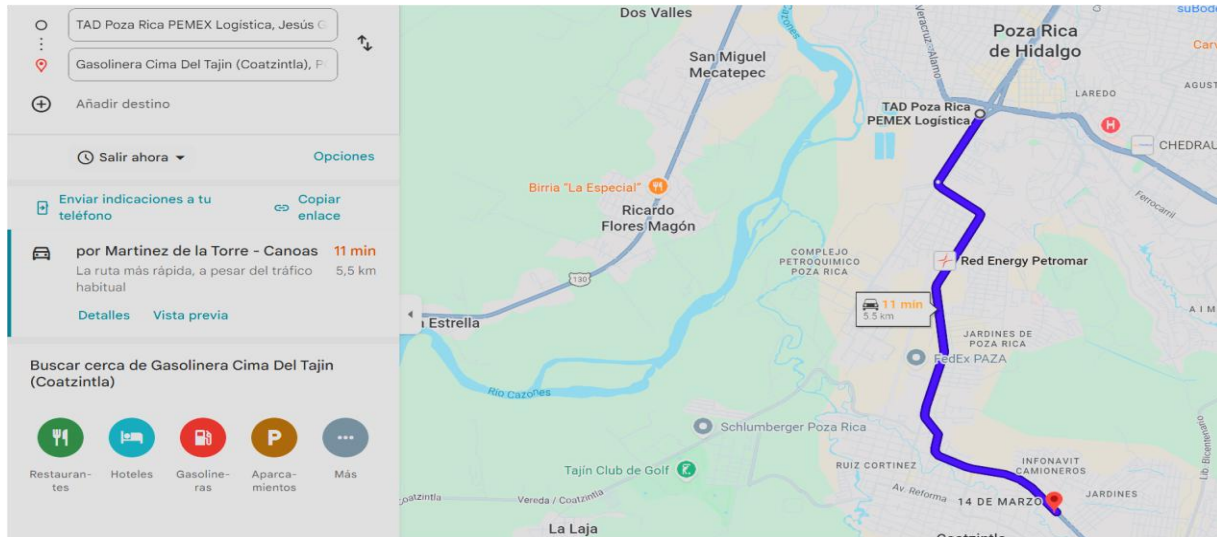


Figura 87 Rutas óptimas de transporte Elaboración Propia. (Google Maps 2026)

Estructura de costos por viaje

En la Tabla V.26 se presenta la estructura de costos por viaje correspondiente a un escenario de menor impacto logístico. El costo total estimado asciende a \$970 MXN, integrado por conceptos operativos directamente relacionados con el traslado del producto, tales como combustible, casetas, operador, mantenimiento, llantas, seguro y depreciación. Esta estructura permite identificar que, al tratarse de una ruta más corta o con mejores condiciones operativas, los costos asociados al transporte disminuyen de manera considerable, lo cual favorece la eficiencia económica del suministro y reduce la presión sobre el precio final del combustible.

Tabla V.26 Conceptos de costos. Elaboración Propia.

Concepto	Valor (MXN)
Combustible	260
Casetas	180
Operador	150
Mantenimiento	90
Llantas	40
Seguro	50
Depreciación	200
Total	970

Es por lo que podríamos concluir de la siguiente manera:

En la Tabla V.27 se comparan tres escenarios operativos para evaluar el impacto del costo logístico por litro en el transporte de hidrocarburos. El análisis considera un volumen constante de 10,000 litros, lo que permite identificar con mayor claridad la variación del costo unitario en función de la eficiencia operativa de cada ruta. Bajo esta condición, el escenario de operación ineficiente presenta el mayor costo logístico, con \$0.6604 MXN/L, derivado de un costo total por viaje de \$6,604 MXN. En contraste, la operación estándar reduce el costo unitario a \$0.2820 MXN/L, mientras que la operación optimizada alcanza el menor valor, con \$0.0970 MXN/L.

Tabla V.27 Escenarios por operación . Elaboración Propia.

Escenario	Costo total por viaje (MXN)	por Volumen (L)	Costo logístico (MXN/L)
Escenario 2: Operación ineficiente	6,604	10,000	0.6604
Escenario 1: Operación estándar	2,820	10,000	0.2820
Escenario 3: Operación optimizada	970	10,000	0.0970

En primer término, el Escenario 2 presenta el desempeño menos favorable, dado que el alto costo logístico absorbe una parte considerable del margen. En este caso, aun cuando el negocio conserva rentabilidad positiva, su capacidad de respuesta comercial se reduce significativamente, generando menor competitividad frente a otros suministradores.

En segundo término, el Escenario 1 muestra una mejora sustancial, ya que la reducción del costo logístico incrementa de forma inmediata el margen bruto por litro. Este escenario representa una operación técnicamente aceptable, aunque todavía con espacios claros de optimización.

Finalmente, el Escenario 3 constituye la alternativa más eficiente, al registrar el menor costo logístico unitario y, en consecuencia, el mayor margen bruto. Bajo este supuesto, la terminal de Poza Rica presenta el mejor desempeño económico, ya que combina el precio de abastecimiento más bajo con el esquema de operación más eficiente.

Eso indicaría que el costo de flete en la formulación de los costos finales de las gasolinas es un variable adicional para la determinación de costos, así como lo es el margen de la comercializadora de igual manera el margen que se presenta en la

Continuando con esta lógica la formulación de precios según el desempeño logístico parte desde la premisa de que los precios son una suma de diferentes variantes por lo tanto se podría considerar que es la suma de estos:

1. Costo de adquisición del producto (P_m)
2. Costo logístico (C_{log})
3. IVA logístico (IVA_{log})
4. Margen de la comercializadora (M_{com})
5. IVA de la comercializadora (IVA_{com})
6. Margen de la estación de servicio (M_{est})

$$P_{final} = P_m + C_{log} + IVA_{log} + M_{com} + IVA_{com} + M_{est}$$

Donde el modelo está presentado en una unidad de costo por litros es por ello que para las diferentes terminales presentadas los datos serían cambiantes:

Pajaritos:

$$P_{final} = 21.680 + 0.6604 + 0.1057 + 1.50 + 0.24 + 1.00$$

$$P_{final} = 25.1861 \frac{MXN}{L}$$

Xalapa:

$$P_{final} = 21.640 + 0.2820 + 0.0451 + 1.50 + 0.24 + 1.00$$

$$P_{final} = 24.7071 \frac{MXN}{L}$$

Poza Rica:

$$P_{final} = 21.680 + 0.0970 + 0.0155 + 1.50 + 0.24 + 1.00$$

$$P_{final} = 24.5325 \frac{MXN}{L}$$

Bajo el esquema de integración de costos, se observa que el componente logístico tiene un impacto directo y proporcional sobre el precio final al consumidor. En este sentido, las diferencias geográficas en la distancia respecto a las terminales de almacenamiento generan distorsiones en el mercado, provocando que estaciones ubicadas en zonas alejadas enfrenten estructuras de costos más elevadas. Como resultado, el precio final presenta variaciones que no responden únicamente al valor de la molécula, sino a la eficiencia logística del sistema de distribución, evidenciando un entorno de competencia imperfecta dentro del mercado de petrolíferos en México.

Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

A lo largo del desarrollo de la presente investigación se demostró, de manera consistente, que el transporte de mercancías constituye un elemento estructural dentro del sistema económico nacional, no únicamente como un componente operativo, sino como un factor determinante en la configuración de precios, competitividad y acceso equitativo a bienes estratégicos. En este sentido, si bien el análisis se centró en el sector de hidrocarburos, se evidenció que las ineficiencias observadas no son exclusivas de este segmento, sino que responden a problemáticas sistémicas del transporte de mercancías en México. En consecuencia, la falta de condiciones homogéneas de competencia, la fragmentación de capacidades logísticas y la limitada planeación territorial generan un entorno donde los costos se incrementan de manera desproporcionada, impactando directamente tanto al consumidor final como al desarrollo económico de México.

Derivado de lo anterior, se establece como recomendación estratégica la necesidad de transitar hacia una reconfiguración estructural del sistema logístico de petrolíferos, en la cual el almacenamiento, el transporte y la distribución dejen de operar como elementos aislados y se integren bajo una lógica sistémica. En particular, resulta indispensable priorizar la expansión de infraestructura en regiones con desventajas logísticas, donde la distancia a terminales de abastecimiento incrementa significativamente el costo por litro. Esta reconfiguración permitiría no solo optimizar costos, sino también fortalecer la resiliencia del sistema ante interrupciones operativas.

Bajo este escenario, se recomienda la implementación de esquemas de inventarios mínimos dinámicos, los cuales permitan ajustar los niveles de almacenamiento en función de variables reales como la demanda regional, la estacionalidad y los riesgos logísticos. A diferencia de los modelos actuales, basados en promedios históricos, este enfoque permitiría anticipar escenarios de alta demanda y evitar que a su vez permita estimar posibles escenarios en los cuales a la logística integral distorsiona el mercado en ese

sentido implica en costos elevados derivados de operaciones de emergencia, fortaleciendo así la eficiencia operativa del sistema.

Por otra parte, el análisis evidenció la existencia de distorsiones operativas derivadas de deficiencias en la planeación logística, tales como rutas ineficientes, tiempos de espera prolongados en terminales, falta de estandarización en procesos de carga y descarga y así como pérdidas volumétricas asociadas a sistemas de medición heterogéneos. Estas ineficiencias, lejos de ser eventos aislados, constituyen un patrón recurrente que impacta directamente en los costos operativos y en la confiabilidad del suministro.

En consecuencia, se establece la necesidad de implementar una transformación digital del sistema logístico, orientada a la integración de herramientas de monitoreo en tiempo real, análisis de datos y trazabilidad operativa. Este enfoque permitiría evolucionar de un modelo reactivo a uno predictivo, en el cual la toma de decisiones se base en información estructurada, reduciendo la incertidumbre y optimizando el desempeño operativo.

Asimismo, se identificó una brecha significativa entre el marco regulatorio existente y su aplicación efectiva en campo. A pesar de contar con un conjunto robusto de normas técnicas y disposiciones regulatorias, la falta de coordinación institucional, la duplicidad de funciones y la limitada capacidad de supervisión generan un entorno donde la trazabilidad y la transparencia del mercado se ven comprometidas.

En este contexto, se concluye que el fortalecimiento del sector energético requiere la consolidación de un modelo de regulación inteligente con enfoque operativo, en el cual la prioridad no recaiga únicamente en el cumplimiento documental, sino en la verificación técnica de las condiciones reales de operación. Por lo tanto, se recomienda la integración de sistemas digitales de supervisión, la unificación de criterios institucionales y el fortalecimiento de capacidades operativas en entidades como la Secretaría de Energía, la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente y la Comisión Nacional de Energía.

En otro orden de ideas, uno de los hallazgos más relevantes de la investigación radica en la alta dependencia de importaciones de petrolíferos que presenta México, particularmente

en gasolinas y diésel. Esta condición posiciona al país en una situación de vulnerabilidad frente a factores externos como la volatilidad de precios internacionales, las disrupciones en cadenas de suministro y los cambios en el entorno geopolítico.

En consecuencia, se concluye que la seguridad energética nacional se encuentra condicionada por variables externas, lo cual limita la capacidad del país para garantizar el suministro continuo de energéticos. Por lo tanto, se recomienda la implementación de una estrategia integral de fortalecimiento de la seguridad energética, basada en el incremento de la capacidad de refinación efectiva, la diversificación de fuentes de suministro y la ampliación de inventarios estratégicos.

Adicionalmente, se establece que la seguridad energética no debe entenderse únicamente en términos de disponibilidad de producto, sino también en función de la confiabilidad del sistema logístico. En este sentido, la continuidad operativa de las rutas de distribución, la integridad en el transporte y la reducción de riesgos asociados a interrupciones logísticas se posicionan como elementos fundamentales para garantizar la estabilidad del mercado. De manera implícita, la seguridad en las rutas comerciales de distribución adquiere relevancia como un factor que incide en costos, tiempos y confiabilidad del suministro, impactando directamente en la eficiencia del sistema.

Los resultados de la investigación se alinean con los principios establecidos en la Agenda 2030 promovida por la Organización de las Naciones Unidas, particularmente en lo que respecta a la integración de dimensiones económicas, sociales y ambientales dentro del desarrollo sostenible.

En relación con el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), se concluye que México presenta avances parciales, ya que, si bien se ha logrado mantener el suministro energético, persisten limitaciones en términos de asequibilidad y confiabilidad derivadas de ineficiencias logísticas y dependencia externa. En consecuencia, la optimización del sistema logístico propuesta en esta investigación contribuye directamente a mejorar el acceso a energía en condiciones más equitativas y sostenibles.

Respecto al ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), se identifica una brecha en el desarrollo de infraestructura logística y en la adopción de tecnologías avanzadas. Por lo tanto, la inversión en almacenamiento, digitalización y modernización operativa se posiciona como un elemento clave para fortalecer la competitividad del sector energético.

En cuanto al ODS 10 (Reducción de las desigualdades), se concluye que las diferencias en costos logísticos generan desigualdades territoriales en el acceso a combustibles. En consecuencia, la implementación de estrategias logísticas más eficientes permitiría reducir estas brechas y promover un desarrollo más equilibrado.

Finalmente, en relación con el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), se reconoce que la eficiencia logística incide directamente en la seguridad urbana, la reducción de riesgos operativos y la disminución de impactos ambientales. Por lo tanto, la modernización de flotas, la optimización de rutas y el cumplimiento de estándares de seguridad contribuyen a mejorar la calidad de vida en entornos urbanos y rurales.

México debe de cumplir con estos objetivos de desarrollo sostenible, ya que son un compromiso internacional que se acordó como cambio gradual pero obligatorio dentro de la Agenda 2030 y los beneficios que tendrían para el desarrollo de generaciones futuras. Si bien la tendencia global apunta hacia la adopción de energías limpias, los petrolíferos continuarán desempeñando un papel fundamental en el corto y mediano plazo. En consecuencia, se recomienda una transición progresiva que permita integrar energéticos más limpios sin comprometer la seguridad del suministro ni la estabilidad económica del país.

Finalmente, se concluye que el sector energético mexicano se encuentra en un punto de inflexión, donde la eficiencia logística, la seguridad energética y la sostenibilidad se consolidan como factores determinantes para su evolución futura. La presente investigación no solo valida la existencia de problemáticas estructurales, sino que aporta una herramienta metodológica que permite analizar, cuantificar y optimizar la cadena

logística de petrolíferos, contribuyendo así al desarrollo de un sistema energético más competitivo, resiliente y alineado con los objetivos de desarrollo sostenible.

Derivado del análisis estructural desarrollado en la presente investigación, se establece que la mejora del desempeño del sector energético requiere una transformación integral que articule de manera coherente el capital humano, el marco regulatorio y la configuración operativa del sistema logístico de petrolíferos. En este sentido, las recomendaciones que a continuación se presentan no deben interpretarse como líneas independientes, sino como componentes interrelacionados de un mismo modelo.

En primer término, se identifica que uno de los principales factores limitantes de la eficiencia del sistema energético radica en la brecha existente entre la complejidad operativa del mercado actual y el nivel de especialización del capital humano que lo gestiona. En efecto, la transformación del sector, impulsada por la liberalización del mercado, la incorporación de nuevos agentes y la creciente digitalización de los procesos, ha superado los esquemas tradicionales de formación, los cuales se han enfocado históricamente en competencias técnicas aisladas, sin integrar una visión sistémica de la cadena de valor.

Bajo este contexto, resulta indispensable replantear el modelo de formación profesional hacia un enfoque multidisciplinario, en el cual la logística de hidrocarburos sea comprendida no solo desde una perspectiva operativa, sino como un sistema complejo donde convergen variables económicas, regulatorias y tecnológicas. En consecuencia, se propone la consolidación de perfiles profesionales híbridos, capaces de integrar conocimientos en comercialización energética, análisis de mercados, gestión de riesgos y ciencia de datos aplicada. Este enfoque permitiría fortalecer la toma de decisiones estratégicas, particularmente en procesos como la optimización de rutas, la gestión de inventarios y la evaluación de desempeño logístico.

De manera complementaria, la especialización técnica mediante esquemas de certificación adquiere un carácter prioritario dentro de la consolidación del sistema.

Procesos críticos como la transferencia de custodia, la medición fiscal y la operación logística requieren niveles elevados de precisión, ya que impactan directamente tanto en la rentabilidad de las empresas como en la transparencia del mercado. En este sentido, la validación de competencias bajo estándares reconocidos no solo reduce el riesgo de errores operativos, sino que fortalece la confianza en las transacciones comerciales y en el cumplimiento regulatorio.

Asimismo, el dinamismo del sector energético exige la adopción de una cultura de formación continua, en la cual la actualización de conocimientos se consolide como un proceso permanente. La incorporación de tecnologías como sistemas de monitoreo en tiempo real, plataformas de gestión logística y herramientas avanzadas de análisis de datos implica que el aprendizaje no puede limitarse a la formación inicial, sino que debe evolucionar de manera paralela al desarrollo tecnológico del sector. En consecuencia, se recomienda el fortalecimiento de programas de capacitación continua, alineados con las necesidades operativas y estratégicas del mercado energético.

Añadiendo otro tema importante a considerar, la consolidación de esquemas de auditoría técnica orientados a variables críticas como la medición volumétrica en procesos de transferencia de custodia resulta fundamental, dado que estos procesos constituyen el punto de convergencia entre la operación logística, las transacciones comerciales y la recaudación fiscal. La existencia de múltiples entidades con atribuciones en esta materia como la Secretaría de Energía, la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente y la Comisión Nacional de Energía hace evidente la necesidad de establecer protocolos unificados que eliminen la duplicidad institucional y garanticen una supervisión continua, trazable y técnicamente consistente.

Adicionalmente, la implementación de sistemas digitales como el Sistema de Registro, Administración y Control a Permisionarios (SIRACP) representa un avance significativo hacia la consolidación de una regulación inteligente. No obstante, su efectividad dependerá de la capacidad institucional para procesar la información generada, así como de la integración de estos sistemas con los procesos operativos existentes,

particularmente en lo relativo a la medición volumétrica y el control de mermas. En consecuencia, se recomienda fortalecer las capacidades tecnológicas y operativas de las instituciones regulatorias, garantizando que la digitalización no se limite a la generación de datos, sino que se traduzca en decisiones operativas y acciones de supervisión efectivas.

Ante esta situación, resulta necesario replantear el modelo logístico bajo una perspectiva estructural, en la cual el almacenamiento se consolide como un activo estratégico dentro del sistema. En este sentido, la expansión de infraestructura, particularmente en Terminales de Almacenamiento y Despacho, debe responder a criterios de cobertura territorial y seguridad energética, priorizando aquellas regiones donde los costos logísticos impactan de manera más significativa en el precio final al consumidor.

Asimismo, la magnitud de la inversión requerida para la reconfiguración del sistema logístico hace evidente la necesidad de fortalecer esquemas de colaboración entre el sector público y el sector privado. En este contexto, los modelos de inversión conjunta se posicionan como una alternativa viable para acelerar el desarrollo de infraestructura, particularmente en regiones donde el retorno financiero no es inmediato, pero sí estratégico desde una perspectiva de seguridad energética y desarrollo territorial.

En suma, las recomendaciones planteadas configuran una hoja de ruta integral para la transformación del sector energético en México, en la cual la profesionalización del capital humano, la evolución del marco regulatorio y la reconfiguración estructural del sistema logístico convergen como elementos clave para la construcción de un sistema más eficiente y seguro.

Anexos

Costo de aseguradora

Dentro de la estructura de costos operativos de una empresa dedicada al transporte terrestre de hidrocarburos y petrolíferos, el aseguramiento no debe entenderse únicamente como un gasto recurrente, sino como un mecanismo estratégico de control de riesgos y habilitación operativa. Su contratación responde tanto a exigencias normativas impuestas por las autoridades regulatorias como a requerimientos comerciales y contractuales establecidos por clientes, terminales de carga y entidades financieras, convirtiéndose en un elemento indispensable para la continuidad del negocio.

En este tipo de operaciones, caracterizadas por el manejo de materiales peligrosos y por una alta exposición a eventos de baja frecuencia, pero elevada severidad, la aseguradora asume un papel determinante en la viabilidad técnica y económica de la empresa transportista. Las condiciones de suscripción, los límites de responsabilidad, las coberturas contratadas y los deducibles aplicables influyen directamente en la capacidad de las unidades para circular, en los horarios de operación permitidos, en las rutas autorizadas y en la gestión financiera de siniestros potenciales.

Asimismo, el costo del seguro se encuentra estrechamente vinculado a variables operativas específicas, tales como la antigüedad y vida útil de las unidades cisterna, el historial de mantenimiento preventivo y correctivo, el tipo de configuración vehicular (pipa sencilla o full), las condiciones reales de circulación incluyendo tramos carreteros con deterioro, baches o restricciones y el cumplimiento del marco regulatorio vigente en materia de transporte y seguridad. En consecuencia, el análisis del costo de aseguramiento permite identificar no solo su impacto económico directo, sino también su función como instrumento de disciplina operativa, gestión de riesgos y sostenibilidad financiera dentro de la operación logística de hidrocarburos.

Datos necesarios para asegurar una empresa de petrolíferos

Para que una empresa dedicada al transporte y/o comercialización de petrolíferos pueda ser registrada, evaluada y aceptada dentro del proceso de aseguramiento, resulta indispensable integrar un expediente técnico-administrativo completo que permita a la aseguradora dimensionar adecuadamente el riesgo operativo, legal y financiero asociado a la actividad.

En términos generales, las aseguradoras requieren información estructurada en cuatro grandes bloques:

1. Datos legales del asegurado,
2. Características del riesgo,
3. Información operativa, y
4. Documentación técnica de las unidades y activos asegurables.

La ausencia, inconsistencia o inexactitud de alguno de estos elementos puede derivar en exclusiones de cobertura, incremento de primas o, en su caso, rechazo del riesgo.

a) Información legal y administrativa del asegurado

Se debe acreditar plenamente la existencia jurídica y fiscal del solicitante, ya sea persona moral o persona física con actividad empresarial. Para ello, se solicita la denominación o razón social, RFC con homoclave, acta constitutiva y poderes del representante legal, domicilio fiscal y de riesgo, así como datos de contacto oficiales. Esta información permite a la aseguradora cumplir con las disposiciones en materia de prevención de lavado de dinero y validar la capacidad legal del asegurado para contratar la póliza.

b) Giro y descripción de la actividad asegurada

Es necesario detallar el giro específico de la empresa, precisando si la actividad corresponde a transporte terrestre de hidrocarburos, petrolíferos o gas natural, así como el tipo de productos movilizados. Asimismo, se debe indicar el alcance geográfico de la

operación, los trayectos habituales, la territorialidad de la cobertura requerida y la interacción con terceros dentro de la cadena logística.

c) Información operativa y financiera

Las aseguradoras solicitan el pronóstico de ingresos anuales derivados de la actividad asegurada, historial de siniestralidad (en su caso), esquemas de operación (horarios, turnos, operación continua o intermitente) y políticas internas de seguridad. Esta información resulta clave para estimar la exposición económica del riesgo y definir límites máximos de responsabilidad, deducibles y primas.

d) Relación y características de las unidades y activos asegurable

Se debe proporcionar un listado detallado de las unidades de transporte, incluyendo tractocamiones, pipas, isotanques, cisternas o equipos especiales, señalando marca, modelo, año, número de serie, placas y valor declarado. De igual forma, es indispensable adjuntar la documentación técnica que acredite su estado físico-mecánico y cumplimiento normativo, como constancias de fabricación, memorias de cálculo, pruebas de integridad estructural y evidencias de mantenimiento preventivo y correctivo.

e) Cumplimiento normativo y medidas de control de riesgo

La aseguradora requiere confirmar que las unidades y la operación cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables al transporte de materiales peligrosos, así como con los reglamentos de la autoridad competente en materia de autotransporte federal. Adicionalmente, se evalúan las medidas de mitigación de riesgos implementadas, tales como sistemas de rastreo satelital, protocolos de respuesta a emergencias, capacitación del personal y control de rutas y horarios.

Tabla V.28 Conceptos para asegurar una operación logística. Elaboración Propia.

DATOS:	
PERSONA FISICA	PERSONA MORAL
1.-Nombre	1.- Denominación o Razón social
2.- Fecha de Nacimiento	2.- Fecha de Constitución
3.- País de Nacimiento	3.- Nacionalidad
4.- Nacionalidad	4.- RFC con homoclave
5.- Ocupación, profesión actividad o giro del negocio del cliente	5.- Giro mercantil, actividad u objeto social
6.- Domicilio particular en el lugar de residencia	6.- Domicilio
7.- Teléfono	7.- Teléfono de ese domicilio
8.- Correo electrónico (en su caso)	8.- Correo electrónico (en su caso)
9.- CURP con homoclave	9.- Folio Mercantil
10.-Número de serie de Certificado Digital de la FEA (si cuenta con ella)	10.- número de serie de Certificado Digital de la FEA (si cuenta con ella)
	11.- Nombre completo del apoderado administrador director general o el representante legal
DOCUMENTOS:	
PERSONA FISICA	PERSONA MORAL
1.- Identificación personal	1.- Testimonio o copia certificada del Acta Constitutiva (con Registro en el registro Público y de Comercio)
2.- CURP y/o RFC (cuando cuente con ellas)	2.- RFC o Comprobante de Inscripción para la Firma Electrónica Avanzada (cuando cuente con ella)
3.- Comprobante de domicilio	3.- Comprobante de domicilio
4.- Declaración Firmada	
5.- En caso de Extranjero documento que acredite su calidad migratoria	

Cotizaciones de las aseguradoras

Con base en la información proporcionada por las cotizaciones analizadas, se identifica que el esquema de aseguramiento típico para una empresa transportista de hidrocarburos se estructura, de manera general, en dos grandes bloques complementarios, los cuales responden tanto a exigencias regulatorias como a criterios de gestión integral de riesgos operativos y financieros:

- (ii) Seguros de responsabilidad civil especializada para el traslado de materiales peligrosos, y
- (iii) Seguros de transporte de carga y activos asociados a la operación.

En el caso de la Responsabilidad Civil por el traslado de materiales y residuos peligrosos, las primas anuales observadas se sitúan en un rango aproximado de USD 8,500 por póliza, más gastos de expedición e impuestos, considerando una cobertura con un límite máximo de responsabilidad del orden de USD 750,000 por evento y en el agregado anual. Este tipo de póliza cubre daños a terceros, incluyendo lesiones, fallecimientos, daños materiales y, de manera relevante, contaminación súbita e imprevista, siempre que el evento ocurra de forma accidental y no como resultado de contaminación gradual o incumplimientos normativos.

Desde una perspectiva financiera, este costo representa un egreso fijo anual, independiente del número de viajes realizados, pero altamente sensible a factores como la siniestralidad histórica, el tipo de hidrocarburo transportado, la configuración de las unidades ya sea pipa sencilla o full, así como la antigüedad y estado físico de las cisternas. En términos relativos, para una empresa con ingresos anuales del orden de \$30 millones de pesos, el costo de esta póliza representa aproximadamente entre 0.5% y 0.7% de los ingresos brutos, porcentaje que puede incrementarse en caso de ampliación de coberturas o reducción de deducibles.

Por otro lado, el seguro de transporte de carga, particularmente para gas natural, gas LP o mercancías asociadas al giro energético, opera bajo un esquema de prima variable

ligada al valor anual de los embarques. De acuerdo con las cotizaciones revisadas, se identifican cuotas cercanas al 0.28% sobre el valor asegurado, con una prima mínima anual aproximada de \$85,000 MXN, ajustable al cierre de la vigencia conforme al volumen real transportado. Este tipo de póliza cubre riesgos ordinarios de tránsito, robo total, maniobras de carga y descarga, variaciones de ruta y estadías limitadas en recintos fiscales o instalaciones del cliente.

Adicionalmente, deben considerarse costos indirectos asociados al aseguramiento, los cuales, aunque no se reflejan directamente como primas, impactan la estructura de costos operativos. Entre estos destacan: la obligatoriedad de circular por carreteras de cuota, la implementación de sistemas de rastreo satelital, el cumplimiento estricto de horarios de operación, el uso de doble operador en trayectos prolongados, y la ejecución de programas formales de mantenimiento preventivo, incluyendo cambio periódico de llantas y revisiones estructurales de las cisternas. El incumplimiento de estas condiciones puede traducirse en incrementos de deducibles de hasta 50% o 100% en caso de siniestro, lo que eleva significativamente el riesgo financiero.

Tabla V.29 Responsabilidades de una empresa de hidrocarburos . Elaboración Propia.

Concepto	Tipo de seguro	Cobertura principal	Límite máximo de responsabilidad	Prima anual aproximada	Deducible	Notas técnicas relevantes
Responsabilidad civil especializada	RC traslado de materiales peligrosos	Daños a terceros, daños materiales, lesiones, fallecimiento y contaminación súbita e imprevista durante el transporte	~USD 750,000 por evento y agregado anual	~USD 8,500 + gastos e IVA	10% por reclamación (mín. ~USD 5,000)	Seguro obligatorio para transporte de hidrocarburos. Aplica exclusivamente dentro de la República Mexicana. Incluye gastos de defensa jurídica. Excluye contaminación gradual y actos dolosos.
Responsabilidad ambiental (incluida en RC)	RC contaminación súbita	Contención, mitigación y remediación ambiental por derrames accidentales	Integrada al límite de RC	Incluida en la prima RC	Mismo deducible RC	La cobertura opera únicamente si las cisternas cumplen con NOM-020-SCT y pruebas estructurales vigentes.
Seguro de transporte de carga	Transporte anual con ajuste	Riesgos ordinarios de tránsito, robo total, maniobras de carga y descarga, variaciones de ruta	~\$2.5 millones MXN por embarque (gas)	Cuota ~0.28% del valor transportado	3% ROT / 25% robo total	Prima mínima anual cercana a \$85,000 MXN. Ajuste al final de la vigencia según valor real transportado.
Seguro de isotanques / cisternas	Daños a equipo	Daños físicos al isotanque durante el tránsito	~\$1.45 millones MXN por unidad	Incluida en póliza de transporte	3% daños / 15% robo	No se cubren unidades con antigüedad mayor a 15 años sin convenio expreso.
Seguro empresarial (instalaciones)	Incendio y todo riesgo	Edificio, contenidos, gastos extraordinarios y pérdida consecencial	~ \$11 millones MXN	~\$95,000–100,000 MXN	1–2% según riesgo	Aplica para patios, estaciones de carga y oficinas operativas. Exige cumplimiento estricto de protección civil.
Costos operativos inducidos por la aseguradora	Requisitos de suscripción	Rastreo satelital, uso de carreteras de cuota, doble operador, pernoctas seguras	No aplica	Costo indirecto	No aplica	El incumplimiento puede incrementar deducibles entre 50% y 100% en caso de siniestro.
Restricciones operativas	Condiciones de circulación	Rutas autorizadas, horarios controlados, exclusión de zonas con alto deterioro vial	No aplica	No aplica	No aplica	La circulación en vías con baches severos o desviaciones no autorizadas agrava el riesgo y afecta la indemnización.

RC: Responsabilidad Civil

ROT – Riesgos Ordinarios de Tránsito

Glosario

A

Amoniaco: (Ammonia)

Gas incoloro de olor muy irritante, más ligero que el aire, fácilmente licuable a presión, soluble en agua y metanol, cuya fórmula química es NH_3 . Se produce por la combinación directa de hidrógeno y nitrógeno en presencia de un catalizador y alta presión

El amoniaco anhidro se emplea principalmente en la producción de fertilizantes nitrogenados (urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio), aunque también se utiliza como insumo en explosivos, productos de limpieza y como refrigerante industrial. Por su carácter tóxico y corrosivo, su manejo exige sistemas de contención y seguridad específicos. Logísticamente, se transporta mediante ductos y carrotanques presurizados, cumpliendo normas de seguridad estrictas por su riesgo toxicológico.

Aromáticos: (Aromatics)

Hidrocarburos con estructura cíclica insaturada basados en el anillo de benceno (C_6H_6), que generalmente presentan olor característico y buenas propiedades solventes. Ejemplos típicos son el benceno, tolueno y xilenos.

En el sistema de refinación se obtienen principalmente de procesos de reformación y craqueo catalíticos. Los aromáticos se utilizan como materias primas petroquímicas para producir plásticos, resinas, fibras sintéticas y aditivos. Desde la perspectiva logística, se transportan por ductos especializados, buques, carrotanques y autotanques, con estrictos controles por su toxicidad y regulación ambiental.

Autotanque: (Tank truck)

Transporte carretero utilizado y acondicionado para transportar productos petrolíferos o petroquímicos (gasolinas, diésel, turbosina, combustóleo, GLP, GNL, químicos). Se considera el medio de transporte más flexible del sistema, ya que su velocidad de respuesta a requerimientos

es elevada y prácticamente no requiere infraestructura fija compleja para operar (basta con carreteras, patios y puntos de carga/descarga).

Su costo unitario por volumen transportado es el más alto frente a ductos o ferrocarril, pero su capilaridad logística lo convierte en el modo clave para la “última milla”, abasteciendo estaciones de servicio, consumidores industriales y puntos remotos. Operan con tanques de distintas capacidades (típicamente 20–60 m³), múltiples compartimentos y sistemas de seguridad específicos según el tipo de producto (válvulas de alivio, rompeolas internos, sistemas de conexión a tierra, dispositivos de carga inferior, etc.).

B

Barril: (Barrel, bbl)

Unidad de volumen para petróleo y derivados, equivalente a 42 galones estadounidenses (US gal) o 158.987304 litros. Se utiliza como unidad estándar internacional para medir producción, consumo, inventarios y comercio de crudo y productos refinados.

Un metro cúbico equivale a 6.28981041 barriles, lo que permite la conversión entre sistemas métricos y anglosajones en balances de materia y estados de cuenta comerciales. El barril es la unidad base para la construcción de indicadores como barriles diarios (bd), inventarios estratégicos y capacidad de refinación.

Barriles diarios (bd): (Barrels per day, bpd)

En producción, representa el número de barriles de hidrocarburos producidos en un periodo de 24 horas. Normalmente se emplea como cifra promedio de un periodo mayor (mes, año). Se calcula dividiendo el número total de barriles producidos, refinados o consumidos durante el año entre 365 o 366 días, según corresponda.

El indicador bd se utiliza para caracterizar la escala de un yacimiento, una empresa petrolera o un país (por ejemplo, capacidad de refinación en bd, exportaciones en bd, demanda interna en bd), siendo un parámetro clave en el diseño logístico y en la planeación de infraestructura de transporte y almacenamiento.

BTU: (British Thermal Unit)

Unidad térmica británica. Se define como la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado Fahrenheit (°F) la temperatura de una libra de agua pura a presión y temperatura normales.

En el sector energético se usa para medir el poder calorífico de combustibles (gas natural, GLP, gasolinas, diésel) y para convertir entre unidades de energía (BTU, Joules, kcal). Es una unidad fundamental para estructurar contratos de suministro de gas natural, diseñar balances energéticos y evaluar la eficiencia de procesos de combustión y generación eléctrica.

Buquetanque: (Tank barge / Tanker vessel)

Buque dividido en compartimentos estancos, utilizado para transportar petróleo crudo, productos refinados o petroquímicos líquidos. Se caracteriza por su bajo costo unitario de operación y la posibilidad de movilizar grandes volúmenes, aprovechando economías de escala en rutas marítimas y fluviales.

Sin embargo, sus requerimientos de infraestructura son elevados: terminales marítimas, muelles, monoboyas, sistemas de amarre, equipos de bombeo y líneas de carga/descarga. Es un medio de transporte muy adecuado cuando se trata de mover grandes volúmenes a grandes distancias, tanto en comercio costero (cabotaje) como internacional. Su operación se rige por convenios internacionales de seguridad marítima y prevención de la contaminación.

Butanos: (Butanes)

Hidrocarburos de la familia de los alcanos formados por cuatro átomos de carbono y diez de hidrógeno (C_4H_{10}), producidos principalmente en asociación con el procesamiento de gas natural y ciertas operaciones de refinería como desintegración (cracking) y reformación catalítica.

El término butano abarca dos isómeros estructurales: n-butano e isobutano. Mezclados con propano, dan lugar al gas licuado del petróleo (GLP). Se utilizan como combustible doméstico, vehicular (en mezclas específicas) y como materia prima petroquímica. Requieren manejo en fase líquida a presión moderada, en recipientes y tanques diseñados para gases licuados.

C

Carrotanque: (Tank car)

Vagón de ferrocarril utilizado para transportar líquidos (crudo, productos refinados, químicos, GLP, amoníaco, etc.). Consiste en un tanque cilíndrico montado sobre bogies, diseñado de acuerdo con códigos de recipientes a presión y normas de seguridad específicas.

Presenta un costo unitario de transporte inferior al autotanke y permite movilizar grandes volúmenes a media y larga distancia, especialmente en corredores logísticos industriales. Requiere infraestructura ferroviaria (vías, patios, terminales, espuela de carga/descarga), pero puede integrarse con terminales de almacenamiento y ductos, formando soluciones multimodales. Su diseño varía desde tanques no presurizados hasta presurizados o criogénicos según el producto.

Capacidad instalada: (Nameplate capacity)

Capacidad de producción especificada o planeada por el fabricante de una unidad de proceso o la máxima cantidad de un producto que puede elaborarse operando la planta a su máxima capacidad nominal bajo condiciones de diseño.

En refinerías, complejos petroquímicos, terminales de almacenamiento y sistemas de transporte, la capacidad instalada constituye el techo teórico de operación. En la práctica, se distingue entre capacidad instalada, capacidad operativa y capacidad efectiva, considerando paros, mantenimientos, restricciones de suministro y limitaciones logísticas.

Combustible: (Fuel)

Cualquier sustancia utilizada para producir energía calorífica mediante una reacción química (combustión) o nuclear. La energía se genera por la conversión de la energía química almacenada en la masa combustible a calor y, posteriormente, a trabajo mecánico o energía eléctrica.

En el sector hidrocarburos, los principales combustibles son gasolinas, diésel, turbosina, combustóleo, GLP, gas natural y coque de petróleo, entre otros. Sus especificaciones de calidad (poder calorífico, contenido de azufre, volatilidad, estabilidad, etc.) condicionan su uso final y su normatividad ambiental.

Complejo: (Complex)

Término utilizado en la industria petrolera para referirse a una serie de campos, plantas o unidades de proceso que comparten instalaciones superficiales comunes (infraestructura eléctrica, sistemas de tratamiento, ductos, servicios auxiliares).

Se aplica tanto a complejos productivos (agrupaciones de campos petroleros) como a complejos de gas y petroquímica o complejos refinadores, donde la integración de procesos permite optimizar costos, energías y logística interna.

Capacidad de almacenamiento: (Storage capacity)

Volumen máximo de hidrocarburos que puede almacenarse en tanques, cavidades subterráneas o terminales, considerando restricciones de seguridad, espacio libre para expansión térmica y normas de operación. Es un indicador clave de seguridad energética, resiliencia logística e inventarios operativos.

Cadena de suministro de hidrocarburos: (Hydrocarbon supply chain)

Conjunto de actividades integradas desde la exploración y producción de crudo y gas (upstream), pasando por el transporte y procesamiento hasta la refinación, (midstream), distribución, almacenamiento y el expendio al público (downstream). La eficiencia de esta cadena determina la competitividad de los combustibles y la seguridad energética de un país.

D

Diésel: (Diesel fuel)

Combustible líquido obtenido de fracciones medias del petróleo, destinado a motores de encendido por compresión. Sus parámetros clave incluyen número de cetano, contenido de azufre, viscosidad y estabilidad. Es fundamental en el transporte carretero, ferroviario, marítimo y en aplicaciones industriales y de generación eléctrica.

E

Empaque: (Packing)

Proceso de compresión y almacenamiento de producto en ductos o equipos. En operación de ductos, el “empaque” se refiere al llenado de la línea hasta alcanzar la presión y el inventario de operación requeridos.

Este concepto es clave en la gestión de inventarios en ductos, ya que el volumen “empaquetado” constituye parte del inventario en tránsito. Asimismo, el término se utiliza para describir materiales de sellado (empaques) en válvulas y equipos rotativos.

Endulzadora: (Sweetening plant)

Planta en la que se separan los gases ácidos (principalmente H_2S y CO_2) del gas natural amargo o de condensados, mediante procesos de absorción química (por ejemplo, con monoetanolamina - MEA, dietanolamina - DEA u otras aminas).

El objetivo es obtener un gas dulce que cumpla especificaciones de contenido de azufre, dióxido de carbono y punto de rocío de agua, apto para transporte por gasoductos, uso doméstico, industrial o generación eléctrica. Adicionalmente, en muchas plantas endulzadoras se incorpora recuperación de azufre (procesos Claus) para minimizar impactos ambientales.

Estación de compresión: (Compressor station)

Estación localizada cada 60–80 km a lo largo de un gasoducto, cuya operación consiste en comprimir el gas para mantener las presiones y flujos especificados en el sistema de transporte.

Las estaciones de compresión cuentan con turbocompresores o compresores reciprocantes, sistemas de medición, control y seguridad, así como instalaciones auxiliares (tratamiento de gas, filtración, eliminación de líquidos). Son nodos críticos de la logística de gas natural, pues condicionan la capacidad, flexibilidad y seguridad del sistema.

G**Gas ácido: (Acid gas)**

Gas que contiene cantidades apreciables de ácido sulfhídrico (H_2S), dióxido de carbono (CO_2) y agua. Se obtiene del tratamiento del gas amargo húmedo con bases fácilmente regenerables como la monoetanolamina (MEA) y la dietanolamina (DEA).

Este gas se considera no comercial y, en general, se envía a unidades de recuperación de azufre o a sistemas de disposición controlada. Su presencia en los corrientes de proceso implica retos de corrosión, seguridad industrial y protección ambiental.

Gas amargo: (Sour gas)

Gas natural que contiene hidrocarburos, ácido sulfhídrico y dióxido de carbono en concentraciones mayores a 50 ppm de H_2S , o que excede los límites normativos para transporte y uso comercial.

El gas amargo requiere tratamiento en plantas endulzadoras antes de su inyección a gasoductos o utilización final. Se asocia con mayores riesgos de corrosión y toxicidad, por lo que su manejo exige materiales resistentes, sistemas de detección de fugas y equipos de protección personal especializados.

Gas asociado: (Associated gas)

Gas natural que se encuentra en contacto y/o disuelto en el petróleo crudo del yacimiento. Puede clasificarse como gas de casquete (libre) cuando se ubica en una tapa de gas sobre la columna de crudo, o gas en solución (disuelto) cuando está disuelto en el petróleo a las condiciones de yacimiento.

Su manejo influye en la estrategia de explotación (producción primaria, reinyección, quema o aprovechamiento), así como en el diseño de facilidades de superficie (separación, compresión y tratamiento).

Gas de bombeo neumático: (Gas lift)

Gas que se inyecta a la tubería de producción del pozo, a través de válvulas especiales distribuidas en la sarta de producción, para disminuir la densidad de la columna de fluido y facilitar el levantamiento del crudo hacia la superficie.

Este método artificial de producción permite mantener o incrementar la tasa de extracción en pozos con energía natural insuficiente. Requiere compresores, líneas de inyección y un sistema de control de válvulas de gas lift.

Gas de formación: (Formation gas)

Gas innato al estrato geológico, asociado o no asociado al petróleo crudo. Es el gas que proviene de los yacimientos como parte de la energía del reservorio.

Incluye tanto gas disuelto en el crudo como gas libre en la roca almacén. Su composición y volumen determinan la presión inicial del yacimiento, los mecanismos de empuje y la estrategia de recuperación.

Gas de inyección: (Gas of injection)

Gas (nitrógeno, dióxido de carbono, gas seco, etc.) que se inyecta al yacimiento para mantener la presión del reservorio, mejorar el barrido del crudo y aumentar el factor de recuperación (recuperación secundaria o mejorada).

La inyección puede ser continua o cíclica, y su implementación requiere compresión, líneas de inyección y monitoreo de la respuesta del yacimiento.

Gas dulce: (Sweet gas)

Gas natural que contiene hidrocarburos y bajas cantidades de ácido sulfhídrico y dióxido de carbono, dentro de los límites establecidos por especificaciones comerciales y de transporte.

Es el gas apto para ser transportado por gasoductos sin tratamiento adicional significativo y utilizado en aplicaciones domésticas, industriales o de generación eléctrica, con menores riesgos de corrosión y toxicidad.

Gas húmedo: (Wet gas)

Gas natural que contiene más de 3 galones por millón de pies cúbicos (gal/MMpc) de hidrocarburos líquidos (condensados).

Este tipo de gas requiere instalaciones de separación y recuperación de líquidos antes de su transporte, ya que los condensados pueden causar problemas operativos en gasoductos (acumulación de líquidos, golpes de ariete, etc.).

Gas licuado del petróleo (GLP): (Liquefied petroleum gas, LPG)

Gas que resulta de la mezcla de propano y butano. Se obtiene durante el fraccionamiento de los líquidos del gas natural o de los líquidos de refinación. Es la fracción más ligera del petróleo crudo utilizada para uso doméstico (cocción, calentamiento de agua) y para carburación.

En sistemas de refinación y procesamiento de gas se produce también gas licuado de refinación (Liquefied Refinery Gas, LRG), compuesto por butano y/o propano, que puede diferir del GLP comercial al contener propileno y butileno. El GLP se maneja en fase líquida a presión moderada, en cilindros, tanques estacionarios, carrotanques, autotanques y buques gaseros.

Gas natural: (Natural gas)

Mezcla de hidrocarburos parafínicos ligeros, con el metano (CH_4) como principal constituyente, acompañada de pequeñas cantidades de etano y propano, y proporciones variables de gases no orgánicos (nitrógeno, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico).

El gas natural puede encontrarse asociado con el petróleo crudo o de forma independiente en pozos de gas no asociado o gas seco. Para su utilización debe cumplir especificaciones de calidad, entre ellas: contenido de licuables, humedad máxima, poder calorífico, azufre total, y contenido máximo de $\text{CO}_2 + \text{N}_2$. Es utilizado en el sector doméstico, industrial y en generación de electricidad, y se transporta principalmente por gasoductos y, en forma licuada (LNG), por buques metaneros.

Gas no asociado: (non-associated gas)

Gas natural que se encuentra en reservas que no contienen petróleo crudo, o donde la proporción de gas es dominante y el crudo es marginal.

Este tipo de yacimiento se desarrolla principalmente con enfoque gasífero, priorizando la infraestructura de gasoductos, plantas de tratamiento e instalaciones de compresión, y es clave para el suministro de gas a mercados internos y de exportación.

Gas residual: (Residual gas)

Gas obtenido como subproducto durante procesos de desintegración (cracking) de fracciones pesadas en la refinería. Está compuesto principalmente por metano, con menores cantidades de otros hidrocarburos ligeros.

Puede emplearse como combustible de proceso dentro de la misma refinería (hornos, calderas) o enviarse a sistemas de recuperación y tratamiento para uso externo.

Gas seco: (Dry gas)

Gas natural prácticamente libre de hidrocarburos condensables, compuesto esencialmente por metano.

Se caracteriza por un bajo contenido de líquidos y se considera ideal para transporte a larga distancia y uso directo en redes de distribución, al minimizar problemas de formación de líquidos en gasoductos.

Gasoducto: (Gas pipeline)

Ducto utilizado para el transporte de gas natural a alta presión desde centros de procesamiento o importación hasta centros de consumo, plantas industriales y redes de distribución. Su diseño considera resistencia mecánica, protección anticorrosiva, estaciones de compresión y sistemas de control y monitoreo en tiempo real.

Gasolina: (Gasoline)

Fracción ligera del petróleo, mezcla compleja de hidrocarburos generalmente entre C_4 y C_{12} , utilizada como combustible en motores de encendido por chispa. Su calidad se caracteriza por el número de octano, contenido de azufre, presión de vapor y otros parámetros. Es uno de los productos de mayor relevancia logística por el volumen y la capilaridad de su distribución.

Gravedad API: (API gravity)

Medida relativa de la densidad de los líquidos petrolíferos desarrollada por el American Petroleum Institute. Se expresa en grados API; valores mayores indican líquidos más ligeros. Se utiliza para clasificar crudos (ligeros, medianos, pesados) y productos, y tiene impacto directo en rendimientos de refinación y valor comercial.

L

Logística de hidrocarburos: (Hydrocarbon logistics)

Gestión integral del flujo de crudo, gas natural y productos refinados a lo largo de la cadena de suministro, incluyendo transporte por ductos, autotanques, carrotanques, buques, almacenamiento, inventarios, programación de cargas y operaciones portuarias. Busca optimizar costos, tiempos de entrega, seguridad y confiabilidad del suministro.

M

Marpol:

Es un Convenio Internacional para prevenir la Contaminación por los Buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978, MARPOL 73/78, Enmendado, con Protocolo 1978 y Protocolo de 1997

N

Naftas: (Naphtha)

Nombre genérico aplicado a fracciones de petróleo crudo y productos líquidos del gas natural con temperatura de ebullición aproximada entre 175 y 240 °C.

Las naftas se utilizan como materia prima de reformación catalítica para producir gasolinas de mayor octanaje y aromáticos, o como carga petroquímica para producir olefinas ligeras. Logísticamente, se manejan como un producto refinado intermedio, transportado por poliductos, buques, carrotanques y autotanques.

O**Oleoducto: (Oil pipeline)**

Ducto destinado al transporte de petróleo crudo desde campos de producción hasta terminales marítimas, refinerías o centros de almacenamiento. Opera en forma continua, con altas capacidades de flujo y presiones de operación definidas por normas de diseño y seguridad. Es el modo terrestre más eficiente en costo unitario para grandes volúmenes y distancias.

OMI: (Organización Marítima Internacional)

Es el organismo especializado de las Naciones Unidas responsable de la seguridad del transporte marítimo y de la prevención de la contaminación marina y atmosférica causada por los buques. Su labor apoya los ODS de la ONU.

P**Precio de referencia: (Reference price)**

Precio tomado en los mercados relevantes para el comercio de hidrocarburos que produce o adquiere una empresa (por ejemplo, PEMEX). Este precio es el más representativo para simular condiciones de competencia en un mercado abierto.

Se utiliza como base para fórmulas de precios de exportación e importación, contratos de suministro, determinación de precios de transferencia, y fijación de precios internos de combustibles, ajustado por calidad, ubicación y condiciones logísticas.

Poliducto: (Multiproduct pipeline)

Ducto diseñado para transportar de manera secuencial distintos productos refinados (gasolina, diésel, turbosina, combustibles intermedios), mediante “bacheo” o formación de lotes consecutivos. Requiere estrictos controles de operación para minimizar la mezcla entre productos y garantizar la calidad en puntos de entrega.

Punto de inflamación: (Flash point)

Temperatura mínima a la cual un líquido emite vapores en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable con el aire en la superficie del líquido. Es un parámetro crítico de seguridad para el almacenamiento, transporte y manejo de combustibles, usado para clasificar su peligrosidad.

Poder calorífico: (Heating value)

Cantidad de energía liberada por la combustión completa de una unidad de masa o volumen de combustible. Puede expresarse como poder calorífico superior (PCS) o inferior (PCI) y se utiliza para comparar la eficiencia energética de distintos combustibles y para dimensionar equipos de combustión y generación.

R

Refinería: (Refinery)

Centro de trabajo donde el petróleo crudo se transforma en derivados (gasolinas, diésel, turbosina, combustóleo, asfaltos, GLP, naftas, etc.). Esta transformación se realiza mediante procesos como destilación atmosférica, destilación al vacío, hidro desulfuración, desintegración térmica, desintegración catalítica, alquilación, reformación catalítica, entre otros.

La refinería se concibe como un complejo integrado de unidades de proceso, servicios auxiliares (vapor, agua, energía eléctrica, tratamiento de efluentes) y sistemas logísticos (tanques, ductos internos, terminales). Su configuración (simple, de conversión media o profunda) determina la flexibilidad para procesar distintos crudos y producir mezclas de productos con especificaciones modernas.

S

Superávit

El superávit es la situación de una economía en que los ingresos superan a los gastos dentro de un período determinado. En el caso del gobierno, se origina cuando recauda una mayor cantidad de dinero que la necesaria para los gastos de su administración.

T

Terminal de almacenamiento y despacho (TAD): (Storage and distribution terminal)

Instalación donde se reciben, almacenan y despachan hidrocarburos líquidos (gasolinas, diésel, turbosina, GLP, etc.) provenientes de refinerías, Es un nodo logístico crítico para la distribución regional de combustibles.

Turbosina: (Jet fuel)

Combustible aeronáutico derivado de destilados medios (Jet A, Jet A-1), utilizado en turbinas de aviación. Requiere especificaciones estrictas de congelación, estabilidad térmica, pureza y contenido de agua, lo que condiciona su manejo exclusivo en cadenas logísticas y equipos especializados.

Referencias

1. Global ENERGY. (24 de junio de 2025). *Global ENERGY*. Obtenido de Pemex amplía su flota de pipas para distribución de combustibles: <https://globalenergy.mx/noticias/pemex-amplia-su-flota-de-pipas-para-distribucion-de-combustibles/>
2. Sociedad Americana de Ingenieros Mecanicos. (2022). *B31.4 - Sistemas de transporte por oleoductos para líquidos y lodos*. ASME.
3. [SICT]. (2025). (25 de junio de 2025). *NOM-020-SCT-2-2022, Especificaciones de construcción y reconstrucción de autotanques destinados al transporte terrestre de*

- substancias, materiales y residuos peligrosos*. Obtenido de DOF: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5655692
4. American Petroleum Institute. (2002). *Computational Pipeline Monitoring for liquid pipelines API 1130*. Washington, D.C.: API Publishing Services.
 5. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. (2017). *API Recommended Practice 1111*. API.
 6. American Petroleum Institute. (2019). *API Recommended Practice 1160: Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines (3rd ed.)*. API.
 7. American Petroleum Institute. (s.f.). *API Recommended Practice 1162: Public Awareness Programs for Pipeline Operators*. API.
 8. American Society of Mechanical Engineers. (2022). *ASME B31.4: Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids*. ASME.
 9. AMF . (1 de julio de 2025). *Transporte, Clasificación y Manejo de Materiales Peligrosos*. Obtenido de ASOCIACION MEXICANA DE FERROCARRILES: <https://amf.org.mx/wp-content/uploads/2020/02/exporail/3.%20Transporte%2C%20Clasificacion%20y%20Manejo%20de%20materiales%20peligrosos.pdf>
 10. API. (Diciembre de 2022). *Pressure Testing of Steel Pipelines*. Obtenido de Sistema de Gestión de Instalaciones Industriales: <https://haisms.ir/images/iso/638832680549864796API%20RP%201110-2022.pdf>
 11. ASEA. (25 de junio de 2025). *Trámites y autorizaciones para actividades del sector hidrocarburos*. Obtenido de Trámites y autorizaciones para actividades del sector hidrocarburos.: [https://www.gob.mx/asea/Trámites y autorizaciones para actividades del sector hidrocarburos](https://www.gob.mx/asea/Trámites_y_autorizaciones_para_actividades_del_sector_hidrocarburos).
 12. Asociación de Operadores Logísticos de México. (2022). *Informe sobre el impacto del sector logístico en México*. México.

13. Ballou, R. H. (2004). Logística. Administración de la cadena de suministro. En R. H. Ballou, *Logística. Administración de la cadena de suministro*. Pearson Educación.
14. Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). *Logística en América Latina y el Caribe: oportunidades, desafíos y líneas de acción*. Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo: <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Logistica-en-America-Latina-y-el-Caribe-Oportunidades-desafios-y-lineas-de-accion.pdf>
15. Carbonell, M. (2014). *Constitución, tratados y derechos humanos*. . México: UNAM – Instituto de Investigaciones Jurídica.
16. Centro de Investigación Económica y Presupuestaria. (2025). Pemex y su Plan Estratégico: Rumbo al Paquete Económico 2026. *CIEP*, 80.
17. Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management (5th ed.)*. Pearson Education Limited.
18. CNE. (28 de Diciembre de 2007). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de DIRECTIVA SOBRE LA DETERMINACION DE TARIFAS Y EL TRASLADO DE PRECIOS PARA LAS ACTIVIDADES REGULADAS EN MATERIA DE GAS NATURAL DIR-GAS-001-2007.: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5011883
19. CRE. (1999). *NORMA Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-1999*. Obtenido de <https://www.cre.gob.mx/documento/1972.pd>
20. CRE. (02 de julio de 2025). *Comisión Reguladora de Energía*. Obtenido de Permisos de transporte de petrolíferos por buque tanque. Sistema de Información Regulatoria. : <https://www.cre.gob.mx>
21. energía, S. d. (9 de octubre de 2018). *Diario oficial de la federación*. Obtenido de ACUERDO que modifica al diverso por el que se emite la Política Pública de Almacenamiento Mínimo de Petrolíferos.: <https://sidofqa.segob.gob.mx/notas/docFuente/5545158>

22. GANTE, D. (2025). Gobierno eleva tope de gas LP, pero distribuidores advierten insuficiencia de un peso. *Expansion*.
23. Gobierno de México . (2020). *Programa Nacional de Infraestructura 2020-2024*. México: Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
24. INEGI. (noviembre de 2025). *Parque vehicular nacional*. Obtenido de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>
25. KCSM Servicios, S. d. (6 de febrero de 2017). Obtenido de GUÍA DE CAMPO PARA CARROS TANQUE: <https://www.aar.org/wp-content/uploads/2018/10/2017-Gu%C3%ADa-para-Carros-Tanque-Espa%C3%B1ol.pdf>
26. Mangan, J. L. (2020). *Global Logistics and Supply Chain Management*. (4th ed.). Wiley.
27. Marti, L. P. (2014). Relevancia de la facilitación del comercio en las exportaciones de países emergentes. *The Journal of International Trade & Economic Development* , Vol. 23, n.º 2, págs. 202-222.
28. Máynez, E. G. (2002). *Introduccion al estudio del derecho*. Mexico: PORRUA, S.A. DE C.V. .
29. Miguel Romero Melero. (24 de junio de 2025). *Costes Fijos y Costes Variables*". Obtenido de zonaeconomica.com: <https://www.zonaeconomica.com/costes-fijos-y-costes-variables>
30. NACE International . (2015). *NACE MR0175/ISO 15156: Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production*. NACE/ISO.
31. NACE International. (2024). *NACE SP0169: Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems*. AMPP.
32. National Fire Protection Association. (s.f.). *NFPA 30: Flammable and Combustible Liquids Code*. NFPA.

33. Octal. (2024). *Especificación de tuberías API 5L (46.ª edición, actualizada en 2024)*. Zhengdong, Zhengzhou, Henan, China.
34. ONEXPO. (21 de noviembre de 2019). Transporte y almacenamiento de combustible, los caminos estratégicos hacia la seguridad energética. *ONEXPO nacional*.
35. ONU . (agosto de 2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Edición especial. Por un plan de rescate para las personas y el planeta.
36. PEMEX. (22 de diciembre de 2022). *Plan de negocios 2023-2027*. Obtenido de Plan de negocios de petroleos mexicanos y sus empresas productivas subsidiarias: https://www.pemex.com/acerca/plan-de-negocios/Documents/pn_2023-2027_total.pdf
37. PEMEX. (07 de julio de 2025). *Anuario estadístico 2024. Subdirección de Planeación y Evaluación del Desempeño*. Obtenido de Petróleos Mexicanos: <https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/Anuario%20Estad%20C3%ADstico%202024.pdf>
38. PEMEX. (02 de julio de 2025). *Petróleos Mexicanos*. Obtenido de Anuario Estadístico 2024. Subdirección de Planeación Logística: <https://www.pemex.com>
39. Petróleos Mexicanos (PEMEX). (08 de julio de 2025). *Logística de Hidrocarburos: Infraestructura de Transporte y Almacenamiento*. . Obtenido de Petróleos Mexicanos (PEMEX): <https://www.pemex.com>
40. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration, D. o. (03 de octubre de 2025). *PARTE 171—INFORMACIÓN GENERAL, REGLAMENTOS Y DEFINICIONES*. Obtenido de Code of Federal Regulations: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-C/part-171>
41. SE. (18 de ago de 2021). *Secretaría de economía*. Obtenido de [Estrategias_para_el_Fomento_Industrial_de_Cadenas_Productivas_Locales_y_para_el_Fomento_de_la_Inversio_n_Directa_en_la_Industria_de_Hidrocarburos:](#)

- Estrategias_para_el_Fomento_Industrial_de_Cadenas_Productivas_Locales_y_p
ara_el_Fomento_de_la_Inversio_n_Directa_en_la_Industria_de_Hidrocarburos
42. Secretaría de Energía (SENER). . (08 de julio de 2025). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2023-2037*. Obtenido de SENER: <https://www.gob.mx/sener>
43. Secretaria de Gobernacion. (Abril de 2024). *Secretaria de Gobernacion*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: <https://sidof.segob.gob.mx/notas/docFuente/5736190>
44. SENER. (02 de julio de 2025). *Secretaría de Energía* . Obtenido de Programa de Desarrollo del Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural (PRODESEN): <https://www.gob.mx/sener>
45. Sevilla, E. D. (2025). Factores que impactan en los precios del gas natural y de hidrocarburos. *Factores que impactan en los precios del gas natural y de hidrocarburos* (pág. 3). Ciudad de Mexico : LNG MÉXICO .
46. UNE. (23 de 09 de 2020). *Normalizacion española*. Obtenido de <https://www.une.org>
47. UNE. (2020). *ISO 21809: Recubrimientos externos para tuberías enterradas o sumergidas utilizadas en sistemas de transporte por tubería*. AENOR.
48. Ybarra, J. E. (1 de noviembre de 2025). Medios de transporte del LNG. *Medios de transporte del LNG* (pág. 8). Ciudad de Mexico: Diplomado: LNG MEXICO. Obtenido de Hari Menon: <https://www.marineinsight.com/maritime-law/lng-supply-chain/>
49. Alarco Tosoni, G. (2007). La macroeconomía de los hidrocarburos en México y sus relaciones intersectoriales. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 38(150), 129–169. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362007000300007

50. American Petroleum Institute. (2002). *Computational pipeline monitoring for liquid pipelines (API 1130)*. API Publishing Services.
51. American Petroleum Institute. (2017). *API Recommended Practice 1111*. API.
52. American Petroleum Institute. (2019). *API Recommended Practice 1160: Managing system integrity for hazardous liquid pipelines (3rd ed.)*. API.
53. American Petroleum Institute. (s.f.). *API Recommended Practice 1162: Public awareness programs for pipeline operators*. API.
54. American Society of Mechanical Engineers. (2022). *ASME B31.4: Pipeline transportation systems for liquid hydrocarbons and other liquids*. ASME.
55. Asociación de Operadores Logísticos de México. (2022). *Informe sobre el impacto del sector logístico en México*.
56. Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. Pearson Educación.
57. Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). *Logística en América Latina y el Caribe: oportunidades, desafíos y líneas de acción*. <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Logistica-en-America-Latina-y-el-Caribe-Oportunidades-desafios-y-lineas-de-accion.pdf>
58. Banco Mundial. (2023). *The role of hydrocarbons in emerging economies*. Washington, DC.
59. Carbonell, M. (2014). *Constitución, tratados y derechos humanos*. UNAM – Instituto de Investigaciones Jurídicas.
60. Centro de Investigación Económica y Presupuestaria. (2025). *Pemex y su plan estratégico: Rumbo al paquete económico 2026*. CIEP.
61. Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management (5th ed.)*. Pearson.
62. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2024). *Ley de Hidrocarburos*. Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LSH.pdf>
63. Comisión Federal de Competencia Económica. (2021). *Algunos términos de la reforma a la Ley de Hidrocarburos afectarían la competencia*. <https://www.cofece.mx>

64. Comisión Reguladora de Energía. (2020). *Informe anual de actividades 2020*. <https://www.cre.gob.mx/documento/6528.pdf>
65. Energy Information Administration. (2024). *Spot and futures prices of petroleum and other liquids*. U.S. Department of Energy. <https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/RBRTEd.htm>
66. Expansión / Datosmacro. (2025). *Precio de la cesta OPEP*. <https://datosmacro.expansion.com/materias-primas/opec>
67. International Energy Agency. (2022). *World Energy Outlook 2022*. IEA.
68. International Maritime Organization. (1973). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)*. <https://www.imo.org>
69. International Maritime Organization. (1974). *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)*. <https://www.imo.org>
70. Instituto Mexicano del Transporte. (2019). *Estudio exploratorio sobre el movimiento de hidrocarburos por medio de transporte*. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt689.pdf>
71. Martí, L. P. (2014). Relevancia de la facilitación del comercio en las exportaciones de países emergentes. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 23(2), 202–222.
72. Mangan, J., Lalwani, C., & Butcher, T. (2020). *Global logistics and supply chain management* (4th ed.). Wiley.
73. Máñez, E. G. (2002). *Introducción al estudio del derecho*. Editorial Porrúa.
74. NACE International. (2015). *NACE MR0175 / ISO 15156: Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production*.
75. NACE International. (2024). *NACE SP0169: Control of external corrosion on underground or submerged metallic piping systems*.
76. National Fire Protection Association. (s.f.). *NFPA 30: Flammable and combustible liquids code*.
77. Octal. (2024). *API 5L pipe specification* (46th ed.).

78. Organización de Países Exportadores de Petróleo. (2024). *OPEC reference basket*.
https://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/40.htm
79. Organización de las Naciones Unidas. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
80. Petróleos Mexicanos. (2021). *Plan de negocios 2021–2025*.
<https://www.pemex.com>
81. Petróleos Mexicanos. (2023). *Plan de negocios 2023–2027*.
<https://www.pemex.com>
82. Petróleos Mexicanos. (2022). *Informe anual 2022*.
83. Petróleos Mexicanos. (2024). *Anuario estadístico 2024*.
84. Secretaría de Energía. (2016). *Prospectiva de talento en hidrocarburos*.
85. Secretaría de Energía. (2021). *Estrategias para el fomento industrial de cadenas productivas locales y para el fomento de la inversión directa en la industria de hidrocarburos*.
86. Secretaría de Energía. (2023). *Prospectiva del sector hidrocarburos 2023–2037*.
87. Secretaría de Energía. (s.f.). *¿Qué son los hidrocarburos?*
<https://www.gob.mx/sener/articulos/que-son-los-hidrocarburos>
88. Secretaría de Energía. (s.f.). *Exploración y extracción de hidrocarburos*.
<https://www.gob.mx/sener/articulos/exploracion-y-extraccion-de-hidrocarburos-107376>
89. Servicio Geológico Mexicano. (s.f.). *Origen y formación del petróleo y gas natural*.
https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Origen-y-formacion.html
90. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (s.f.). *Programa transporte limpio*. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-transporte-limpio-190236>
91. Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. (2022). *ASME B31.4 Pipeline transportation systems*.
92. Zona Económica. (2025). *Costes fijos y costes variables*.
<https://www.zonaeconomica.com/costes-fijos-y-costes-variables>

