

DOCKETED	
Docket Number:	23-SB-02
Project Title:	SB X1-2 Implementation
TN #:	270449
Document Title:	Borrador del Plan de Transición de los Combustibles para el Transporte, Anexo B
Description:	N/A
Filer:	Mikayla Roberts
Organization:	California Energy Commission
Submitter Role:	Commission Staff
Submission Date:	6/3/2026 1:41:31 PM
Docketed Date:	6/9/2026

Borrador del Plan de Transición de los Combustibles para el Transporte, Anexo B Documentación del Modelo de Refinerías de ICF/CARB

Índice

	Glosario de términos y acrónimos	5
1	Introducción y objetivo del estudio	7
1.1	Resumen	7
1.2	Contexto del mercado del petróleo en California	7
2	Marco de modelización y metodología	9
2.1	Visión general del modelo	9
2.2	Escenarios de demanda de combustible	11
2.3	Supuestos del modelo	11
2.3.1	Demanda de combustible en California	16
2.3.2	Demanda de combustible en Nevada y Arizona	19
2.4	Supuestos y restricciones del suministro	23
2.5	Proceso de evaluación de la vulnerabilidad de las refinerías	25
2.6	Lógica de cierre de refinerías en función de la transición	27
2.6.1	Restricciones de infraestructura	28
3	Resultados de los escenarios del modelo	30
3.1	Supuestos del modelo utilizados en los resultados de los escenarios	30
3.2	Calendario de cierres de refinerías	31
3.3	Descenso de la producción de las refinerías	32
3.4	Resultados del suministro y la demanda en California	34
3.4.1	Gasolina	34
3.4.2	Diésel fósil	38
3.4.3	Diésel renovable	42
3.4.4	Combustible de aviación	44
3.5	Resultados del tráfico portuario de California	47
3.6	Resumen de los principales resultados	50

Tablas y figuras

Tabla 1. Refinería de California, ubicación y capacidad	8
Figura 1. Matriz de decisión lógica del modelo	10
Tabla 2. Supuestos disponibles en el modelo - Palancas de control principales	13
Tabla 3. Supuestos específicos del modelo - Restricciones y relaciones fijas con las refinerías	16
Figura 2. Análisis de la demanda de gasolina en California.....	17
Figura 3. Análisis de la demanda de diésel de California	18
Figura 4. Análisis de la demanda de combustible de aviación en California.....	19
Figura 5. Previsiones de demanda de gasolina en Arizona (izquierda) y Nevada (derecha)	21
Figura 6. Previsiones de demanda de diésel en Arizona (izquierda) y Nevada (derecha)....	21
Figura 7. Previsiones de demanda de combustible de aviación en Arizona (izquierda) y Nevada (derecha)	22
Figura 8. Resultados de producción del modelo, todos los combustibles; escenario de adopción rápida de ZEV.....	24
Tabla 4: Límites de capacidad de puertos y oleoductos (TBD) por región de California	28
Figura 9. Calendario de cierres de refinerías en California según el escenario de demanda.....	32
Figura 10. Producción de combustible para el transporte en California por tipo de combustible: escenario de adopción rápida de ZEV	33
Figura 11. Producción de combustible para el transporte en California por tipo de combustible: escenario de adopción moderada de ZEV.....	33
Figura 12. Producción de combustible para el transporte en California por tipo de combustible: escenario de adopción lenta de ZEV	34
Figura 14. Resultados del suministro y la demanda de gasolina hasta 2045: escenario de adopción moderada de ZEV	36
Figura 15. Resultados del suministro y la demanda de gasolina hasta 2045: escenario de adopción lenta de ZEV.....	37
Figura 16. Resultados del suministro y la demanda de diésel fósil hasta 2045: escenario de adopción rápida de ZEV	38
Figura 17. Resultados detallados de la demanda de diésel, escenario de adopción rápida de ZEV.....	39
Figura 18. Resultados del suministro y la demanda de diésel fósil hasta 2045: escenario de adopción moderada de ZEV	40
Figura 19. Resultados detallados de la demanda de diésel, escenario de adopción moderada de ZEV.....	40
Figura 20. Resultados del suministro y la demanda de diésel fósil hasta 2045: escenario de adopción lenta de ZEV	41
Figura 21. Resultados detallados de la demanda de diésel, escenario de adopción lenta de ZEV.....	41
Figura 22. Resultados del suministro y la demanda de diésel renovable hasta 2045: escenario de adopción rápida de ZEV.....	43

Figura 23. Resultados del suministro y la demanda de diésel renovable hasta 2045: escenario de adopción moderada de ZEV	44
Figura 24. Resultados del suministro y la demanda de diésel renovable hasta 2045: escenario de adopción lenta de ZEV	44
Figura 25. Resultados del suministro y la demanda de combustible de aviación hasta 2045: escenario de adopción rápida de ZEV	45
Figura 26. Resultados del suministro y la demanda de combustible de aviación hasta 2045: escenario de adopción moderada de ZEV	46
Figura 27. Resultados del suministro y la demanda de combustible de aviación hasta 2045: escenario de adopción lenta de ZEV	47
Figura 28. Tráfico portuario hasta 2045: escenario de adopción rápida de ZEV	48
Figura 29. Tráfico portuario hasta 2045: escenario de adopción moderada de ZEV	49
Figura 30. Tráfico portuario hasta 2045: escenario de adopción lenta de ZEV	49

Glosario de términos y acrónimos

AATE3: Escenario 3 de Previsión de Transporte Limpio Avanzado. Escenario desarrollado por la Comisión de Energía de California (CEC) como parte de su proceso de previsión del Informe de la Política Energética Integrada (IEPR).

AEO: Perspectiva Energética Anual. Proyección energética a largo plazo publicada por la Administración de Información Energética de EE.UU. (EIA), utilizada para orientar la política y planificación energética nacional.

BD: Biodiésel. Combustible renovable y biodegradable fabricado en el país a partir de aceites vegetales, grasas animales o grasa reciclada de restaurantes. Se encuentra bajo seguimiento en el marco de la Norma de Combustibles Bajos en Emisiones de Carbono (LCFS) de California.

B/cd: Unidades de capacidad de refinería; barriles por día calendario.

BTS: Oficina de Estadísticas de Transporte. División del Departamento de Transporte de EE.UU. que proporciona datos sobre los sistemas de transporte, incluido el consumo de combustible de aviación.

CAFE: Economía de combustible promedio corporativo. Programa regulador federal, supervisado por la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Carretera (NHTSA) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA), destinado a mejorar el rendimiento promedio de combustible de los automóviles y camiones ligeros.

CARB: Junta de Recursos de Aire de California. La CARB es la agencia principal en programas de cambio climático y supervisa todos los esfuerzos de control de la contaminación del aire en California para alcanzar y mantener los estándares de calidad del aire basados en los criterios de salud.

Gasolina CARBOB/CARBOB: materia prima de la gasolina reformulada de California para la mezcla de oxigenantes. Este combustible es un tipo específico de mezcla de gasolina utilizado en California, diseñado para cumplir las normas de calidad del aire establecidas por la Junta de Recursos del Aire de California. La gasolina CARBOB se mezcla con etanol para producir una gasolina acabada que cumpla con la Normativa sobre Gasolina Reformulada de California Fase 2 o Fase 3.

CEC: Comisión de Energía de California. La principal agencia de planificación y política energética del estado, responsable del IEPR y de la previsión de la demanda de combustible para el transporte.

EIA: Administración de Información Energética de Estados Unidos. Agencia federal que proporciona estadísticas y análisis independientes sobre producción, consumo y tendencias energéticas.

EPA: Agencia de Protección Ambiental. Agencia federal que regula las normas sobre emisiones y combustibles, incluidas las emisiones de gases de efecto invernadero y de vehículos en el marco de programas como MOVES4 y CAFE.

VE: Vehículo eléctrico. Vehículo impulsado total o parcialmente por electricidad, fundamental en la estrategia ZEV de California.

GHG: Gas de efecto invernadero. Emisiones reguladas tanto por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) como por agencias estatales (CARB) debido a su papel en el cambio climático.

IEPR: Informe de la Política Energética Integrada. Informe bienal de la CEC que evalúa las tendencias y previsiones energéticas de California.

IFTA: Acuerdo Internacional sobre Impuestos a los Combustibles. Acuerdo de cooperación entre los estados de EE. UU. y las provincias de Canadá, destinado a simplificar la declaración del uso de combustible por parte de los transportistas que operan en múltiples jurisdicciones.

LCFS: Norma de Combustibles Bajos en Emisiones de Carbono Un programa administrado por la CARB que reduce la intensidad de carbono de los combustibles de transporte utilizados en California.

MOVES4: simulador de emisiones de vehículos motorizados, versión 4. Herramienta de modelización desarrollada por la Agencia de Protección Ambiental para calcular las emisiones de fuentes móviles.

PIIRA: Ley de Información sobre la Industria Petrolera. Ley de California que obliga a las refinerías y los proveedores de combustible a informar a la CEC sobre los datos de producción e inventario.

POLA: Puerto de Los Ángeles. Importante instalación portuaria, mencionada en el modelo como una de las principales restricciones de infraestructura.

POLB: Puerto de Long Beach. Otra instalación portuaria clave utilizada en las hipótesis logísticas del modelo.

RD: Diésel renovable. Combustible bajo en emisiones de carbono que cumple los requisitos de la LCFS de la CARB y se produce a partir de fuentes renovables no petrolíferas.

SAF: Combustible de aviación sostenible. Alternativa baja en emisiones de carbono al combustible de aviación convencional, bajo seguimiento en el marco de la LCFS de la CARB y respaldada por incentivos federales.

Stillwater: Se refiere a Stillwater Associates, una empresa consultora cuyos datos y análisis del mercado del petróleo (por ejemplo, sobre importaciones, exportaciones y movimientos de combustible dentro del estado) se utilizan en el modelo de refinerías de ICF/CARB. Sus análisis se basan en supuestos sobre la capacidad portuaria y el volumen histórico del flujo de combustible. Acceda a la página web de Stillwater Associates aquí:

www.stillwaterassociates.com.

TBD: Miles de barriles por día. Unidad de medida utilizada en todo el informe para cuantificar la producción y el consumo de combustible.

TFTP: Plan de Transición de los Combustibles para el Transporte. Iniciativa liderada por la CARB y la CEC para guiar la transición de California hacia el abandono de los combustibles derivados del petróleo, exigida por la legislación SBX1-2.

ZEV: Vehículo de emisión cero. Vehículo motorizado que no emite contaminantes por el tubo de escape ni otros contaminantes provenientes de la fuente de energía a bordo durante su funcionamiento. Algunos ejemplos son los vehículos eléctricos a batería y los de pila de combustible de hidrógeno. El despliegue de ZEV es un objetivo central del Plan de Alcance 2022.

1 Introducción y objetivo del estudio

1.1 Resumen

ICF, en colaboración con la Junta de Recursos del Aire de California (CARB) y con el apoyo de datos de la Comisión de Energía de California (CEC), desarrolló un marco integral de modelización (el “modelo”) para evaluar las implicaciones de la disminución de la demanda de combustibles fósiles en la infraestructura de refinerías de California. Este trabajo apoya directamente el Plan de Transición del Combustible para el Transporte (TFTP) de la CARB y la CEC y está diseñado para anticipar las consecuencias imprevistas de la transición energética del estado.

El modelo evalúa:

- Los plazos y la probabilidad de cierre de refinerías en California.
- El impacto en las cadenas de suministro de combustible de los estados vecinos, en particular Arizona y Nevada.
- Las restricciones de infraestructura (por ejemplo, puertos, oleoductos, capacidad de producción) que podrían afectar a la transición.
- El equilibrio entre la conversión de las refinerías a biocombustibles y los cierres permanentes hasta 2045.

El objetivo clave de este trabajo es analizar cómo afectará la disminución de la demanda de gasolina y diésel al sector de refinado de California, identificar los riesgos para la fiabilidad del suministro de combustible y la adecuación de las infraestructuras, y apoyar la planificación de la CARB con perspectivas basadas en escenarios sobre el suministro de combustible, la demanda y la resiliencia de las infraestructuras.

Este esfuerzo ha sido posible gracias a la estrecha coordinación con la CARB y la CEC, y a que ICF ha aprovechado datos públicos y propios para garantizar una evaluación sólida e independiente. Las conclusiones del modelo están concebidas para orientar los talleres públicos y los procesos de planificación interna de la CARB y la CEC.

1.2 Contexto del mercado del petróleo en California

En el momento del desarrollo del modelo, California contaba con 9 refinerías que producían materia prima de la gasolina reformulada de California para la mezcla de oxigenantes (CARBOB). Dos refinerías adicionales (Marathon Martinez y Phillips Rodeo en el norte de California) dejaron de procesar crudo en 2020 y 2024, respectivamente, y posteriormente fueron modificadas para producir diésel renovable. El resto de las refinerías que pueden producir CARBOB en California se enumeran a continuación en la Tabla 1 con su capacidad de procesamiento de crudo en días calendario. Según los anuncios de las empresas, la refinería Phillips 66 de Wilmington, California, cerrará en otoño de 2025, y la refinería Valero Benicia cerrará en la primavera de 2026.

Nombre de la empresa	Ubicación (ciudad de California)	Capacidad en días calendario (b/cd)
Chevron USA Inc	El Segundo	285,000
Chevron USA Inc	Richmond	245,271
Kern Oil & Refining Co	Bakersfield	26,000
Marathon Refining	Carson	365,000
PBF Martinez Refining	Martinez	156,400
PBF Torrance Refining	Torrance	160,000
Phillips 66 Company	Wilmington	138,700
Valero Refining Co	Wilmington	85,000
Valero Refining Co	Benicia	145,000

Tabla 1. Refinería de California, ubicación y capacidad

California suele describirse como una isla energética, debido a su escasa conexión con otras regiones de EE. UU., su lejanía respecto del mercado mundial y las especificaciones únicas de su gasolina, diseñadas para reducir la contaminación en el estado. Como la capacidad de procesamiento de las refinerías californianas ha disminuido, California depende cada vez más de combustibles y mezclas de gasolina (incluido el combustible de aviación) importados de otras fuentes nacionales y extranjeras.

Aunque la reducción de la capacidad de las refinerías constituye un resultado previsto dentro de la planificación de combustibles para el transporte en California, una transición ordenada implicaría que dicha reducción se produzca de manera proporcional a la disminución de la demanda de gasolina. Sin embargo, hasta mediados de 2025, el avance en la penetración de los vehículos eléctricos con tecnología ZEV no ha impactado en la demanda de gasolina tanto como se había anticipado. Como consecuencia, los cierres de refinerías existentes y previstos, así como los problemas operativos de las refinerías, han provocado una mayor volatilidad en el mercado. Esta fase de la transición se ha denominado etapa intermedia de la transición, en la que cabe esperar volatilidad del mercado y del suministro.

Con la consolidación de este patrón de suministro y demanda, la dependencia de la infraestructura portuaria, los oleoductos estatales y las instalaciones de almacenamiento se ha vuelto aún más crítica para sostener el nivel de importaciones requerido, hasta que la demanda de gasolina continúe disminuyendo. Es fundamental reconocer esta etapa intermedia de la transición en el TFTP. Con el fin de anticipar el suministro y la demanda futuras hasta 2045, la CARB solicitó una evaluación de las perspectivas de suministro y demanda basada en varios escenarios para el cambio en el suministro de gasolina, diésel y combustible de aviación durante los próximos 20 años.

2 Marco de modelización y metodología

2.1 Visión general del modelo

Para reflejar los escenarios potenciales contemplados en el TFTP, ICF desarrolló un modelo de suministro y demanda (el “modelo”) que incorpora los flujos reales de productos limpios — gasolina, diésel y combustible de aviación— hacia, desde y dentro de California. El modelo desarrollado para abordar estas tareas se basa en datos reales de 2023, incluidos los niveles de producción de las refinerías y los volúmenes registrados por la PIIRA sobre importaciones, suministro interestatal, exportaciones y movimientos intraestatales de combustibles derivados del petróleo. Los niveles de demanda del año base 2023 se determinaron a partir de los datos de la CEC y la CARB, y se evaluaron varios escenarios de proyección de la demanda. Estos escenarios de proyección de la demanda se aplican a los volúmenes del año base 2023, que sirven como insumo inicial para la modelización del suministro.

El modelo está diseñado para incluir primero los cierres de refinerías anunciados para 2025 y 2026. Conforme la demanda de cada producto varía a lo largo del tiempo, el modelo ajusta la utilización de las refinerías para equilibrar el suministro y la demanda de gasolina. Los ajustes de utilización de las refinerías aplicados en cada año y escenario de demanda también afectan a la producción de diésel y combustible de aviación, en relación con cada refinería. Tras estos ajustes, el modelo determina el flujo de productos necesario a través de los puertos del norte y del sur para alcanzar el equilibrio en cada mercado. Si el ajuste de utilización de las refinerías alcanza los límites permitidos y el volumen de tráfico portuario necesario para equilibrar todos los productos supera los niveles máximos históricos, el modelo cerrará entonces una refinería. La decisión de qué refinería cerrar se basa en una estimación de la competitividad relativa de cada refinería definida por criterios que se analizan con más detalle en la Sección 2.5. Para los resultados que se muestran más adelante en el Capítulo 3, también se supone que si las exportaciones de gasolina superan los 50 TBD en las regiones Norte o Sur, el modelo también cerrará una refinería independientemente de si el tráfico portuario total se mantiene por debajo de los niveles máximos históricos. Como se analiza con más detalle en esa sección, esta restricción a la exportación es una limitación clave que determina cuándo cerrarán las refinerías.

La lógica que subyace en la toma de decisiones del modelo se ilustra a continuación en la Figura 1. Las tendencias históricas muestran que los cierres de refinerías suelen estar determinados por decisiones estratégicas corporativas, basadas en las perspectivas del mercado y en el marco regulatorio. En consecuencia, el modelo se ha actualizado varias veces desde su creación para contemplar los cierres anunciados en 2025 y 2026. Estas decisiones de las refinerías también reflejan el hecho de que un modelo basado en los volúmenes de suministro y demanda y en las restricciones de infraestructura no puede determinar la rentabilidad individual de las refinerías ni las decisiones corporativas. En las secciones restantes de este capítulo se analiza con más detalle cómo interpreta el modelo el suministro y la demanda para determinar los cierres de refinerías.

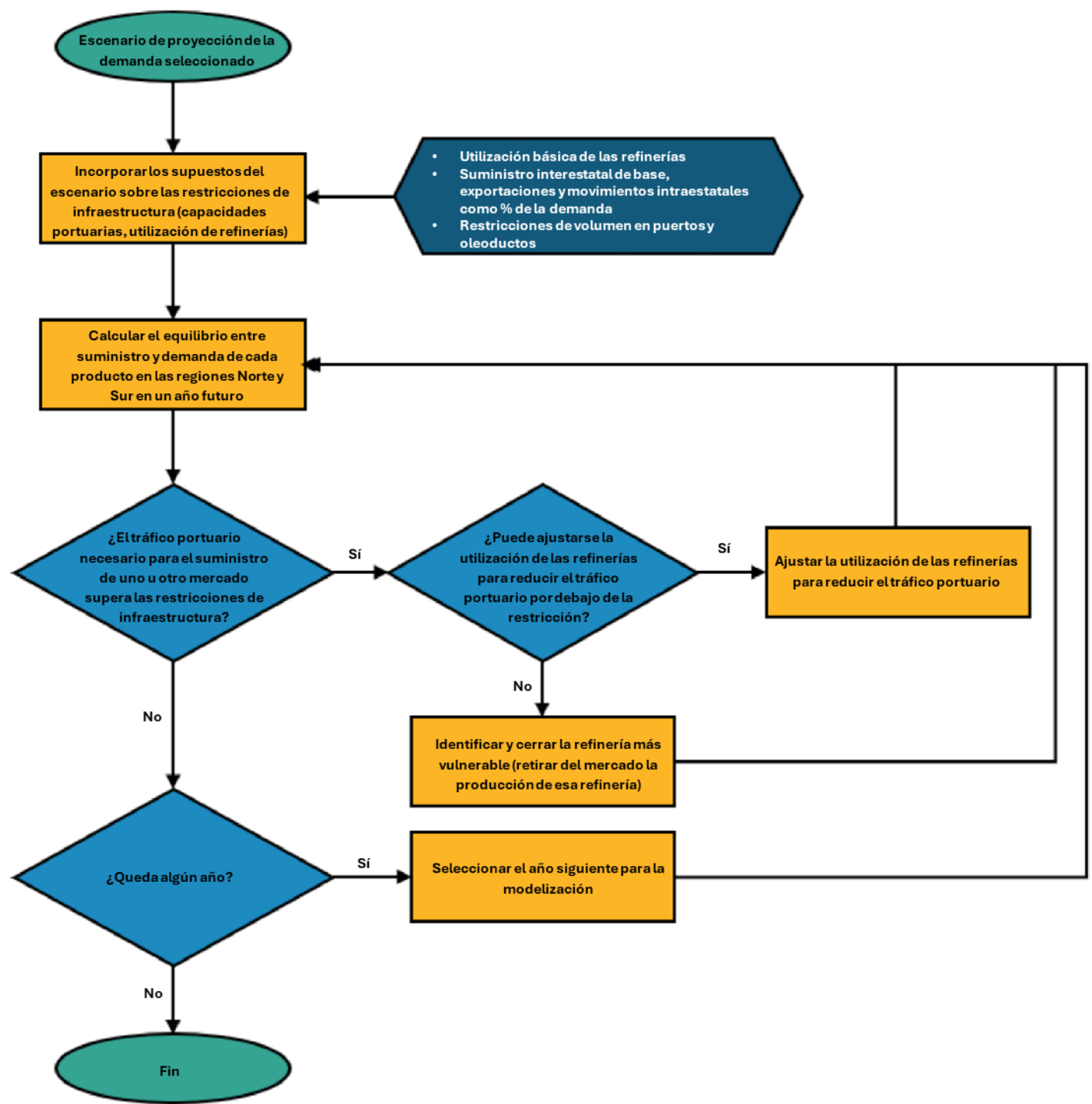


Figura 1. Matriz de decisión lógica del modelo

2.2 Escenarios de demanda de combustible

El modelo abarca tres escenarios de demanda: adopción rápida de ZEV, adopción moderada de ZEV y adopción lenta de ZEV. Cada uno de estos escenarios proporciona supuestos relacionados con la demanda futura de gasolina y diésel en California y varía en función de los supuestos sobre la adopción de ZEV y la penetración en el mercado. El escenario de adopción rápida de ZEV se basa en el Plan de Alcance 2022, el escenario de adopción moderada de ZEV se basa en el AATE3 del Informe sobre la Política Energética Integrada (IEPR) de 2024 y el escenario de adopción lenta de ZEV se basa en la línea de base del IEPR de 2024. El análisis de modelización del TFTP también incorpora proyecciones de la demanda futura de combustible para aviones basadas en los datos del IEPR de 2024.

El escenario de adopción rápida de ZEV incluye el descenso más marcado de la demanda de combustible. Esta disminución está impulsada por una rápida expansión del mercado de ZEV y por la reducción de las VMT (millas recorridas por vehículo) per cápita. El escenario de adopción moderada de ZEV incluye un descenso gradual de la demanda de gasolina y diésel en California. Este escenario incorpora la adopción de los ZEV tal y como exigen las normativas de la CARB, incluyendo las normativas Advanced Clean Cars II (Automóviles limpios avanzados II) y Advanced Clean Fleets (Flotas limpias avanzadas), y no asume un descenso de las VMT per cápita.¹ Por último, el escenario de adopción lenta de ZEV contempla la menor reducción en la demanda de combustible. Este escenario está determinado por las tendencias del mercado y por las preferencias actuales y proyectadas de los consumidores respecto de los ZEV. Este escenario tampoco está determinado por la normativa de la CARB y asume la tasa de adopción de ZEV más baja.

2.3 Supuestos del modelo

Tabla 2 proporciona una lista de otros supuestos que el modelo puede incorporar a la hora de generar resultados. Un supuesto clave del modelo es la restricción aplicada al volumen de exportaciones de gasolina. Esta restricción indica al modelo que debe producirse el cierre de una refinería si las exportaciones de gasolina determinadas por el modelo superan los 50 TBD. Este supuesto influye significativamente en los resultados del modelo, ya que en los escenarios donde la demanda disminuye con mayor rapidez, el excedente de gasolina se acumula más velozmente y las exportaciones alcanzan esta restricción en una etapa más temprana del periodo de proyección.

Otro ejemplo es la posibilidad de ajustar las restricciones sobre la capacidad portuaria total. Este supuesto busca reflejar las posibles medidas que la industria y los puertos podrían adoptar para aumentar la flexibilidad del sistema y garantizar el suministro del mercado. El supuesto permite aumentar la capacidad portuaria total disponible antes de que se inicien los cierres de las refinerías. El aumento de la capacidad portuaria total permite que las refinerías continúen operando por más tiempo, ya que existe mayor capacidad disponible para absorber el tráfico

¹ La revocación de las exenciones federales concedidas a la CARB para las nuevas normas de emisiones de vehículos motorizados podría incidir en las proyecciones de demanda de combustible consideradas en los resultados del modelo.

portuario necesario y mantener el equilibrio del mercado. En la sección 2.6 se ofrecen más detalles sobre estas restricciones y cómo las interpreta el modelo.

Otro ajuste que puede realizar el modelo mostrado en Tabla 2 consiste en aumentar la proporción de la demanda de combustible de Arizona y Nevada cubierta por las refinerías de California, reduciendo así la dependencia del suministro proveniente de Utah y Texas. Este supuesto indica al modelo que debe maximizar las transferencias de gasolina y diésel por oleoducto a estos estados vecinos. Cuando se activa este supuesto, el modelo garantiza que los flujos de salida de California maximicen la capacidad disponible de envío por oleoducto: 46,5 TBD desde el norte de California hacia Nevada y 253 TBD desde el sur de California hacia Nevada y Arizona. Estos volúmenes se basan en los flujos máximos históricos de 2007 a 2023.

Por último, el modelo también contempla un cambio en la capacidad de transporte por oleoducto, pasando del combustible de aviación a la gasolina y el diésel, con el fin de dar cabida al aumento de la demanda de combustible de aviación en el estado. En este caso, los oleoductos que antes transportaban volúmenes de combustible de aviación destinados a la exportación ahora trasladan mayores volúmenes de gasolina y diésel. Sin embargo, las tendencias a la baja de la demanda de gasolina y diésel en Arizona y Nevada impulsan la reducción de la necesidad de entregas por oleoducto en la mayoría de los escenarios. Como se explica en mayor profundidad más adelante, el modelo ajusta el suministro procedente de California hacia un nivel superior o inferior en función del porcentaje original de participación de California y de Texas/Utah en el suministro de Arizona y Nevada.

Cabe señalar que, aunque el modelo es capaz de aplicar estos dos últimos ajustes, ninguno de ellos se utiliza en los resultados de los escenarios presentados en la Sección 3. La incorporación de estos supuestos requeriría consideraciones adicionales para los impactos en otros mercados estatales que no se abordan como parte de este análisis. También es importante reconocer que el modelo se basa en el suministro y la demanda y no pretende desarrollar una evaluación económica rigurosa de todas las opciones que podrían influir en las acciones de las refinerías, la industria o el Estado.

Anexo de Documentación del Modelo de Refinerías de ICF/CARB

Supuesto	Designación del supuesto
Escenario de demanda de gasolina y diésel	Rápido - Plan de alcance 2022 Moderado - AATE3 del 2024 IEPR Lento - Línea de base del IEPR 2024
Escenario de la demanda de combustible de aviación	AATE3 del IEPR 2024
Maximizar la capacidad de exportación del oleoducto KM Norte	S/N
Maximizar la capacidad de exportación del oleoducto KM Sur	S/N
Permitir que el oleoducto KM Norte pase de transportar combustible de aviación a otros productos	S/N
Permitir que el oleoducto KM Sur pase de transportar combustible de aviación a otros productos	S/N
Aumentar la flexibilidad de la capacidad del Puerto Norte (TBD)	0*
Aumentar la flexibilidad de la capacidad del Puerto Sur (TBD)	225*
Limitar las exportaciones de gasolina del Norte	S/N
Límite de exportación de gasolina en el Norte (TBD)	50*
Limitar las exportaciones de gasolina del Sur	S/N
Límite de exportación de gasolina en el Sur (TBD)	50*
<i>* denota elementos que pueden modificarse</i>	

Tabla 2. Supuestos disponibles en el modelo - Palancas de control principales

Tabla 3 a continuación ofrece una lista de acciones específicas del mercado incorporadas en los resultados del modelo. El modelo incorpora estas acciones antes de evaluar el equilibrio entre suministro y demanda para determinar si es necesario el cierre de una refinería. Las acciones pueden ocurrir sólo una vez en un año específico o pueden ocurrir en todos los años a lo largo del periodo de proyección. Ciertas acciones (como los anuncios de cierres de refinerías en 2025 y 2026) afectan a los volúmenes utilizados en el equilibrio entre suministro y demanda en un año concreto y mantienen ese impacto en todos los años restantes a lo largo del periodo de proyección.

El modelo está configurado para acomodar volúmenes de importaciones extranjeras y nacionales de gasolina en las proporciones indicadas a continuación en relación con la demanda, independientemente del equilibrio entre suministro y demanda en un año determinado. De este modo se garantiza la disponibilidad de volúmenes durante los trabajos no planificados de reacondicionamientos de planta de las refinerías. Las exportaciones extranjeras de gasolina también se ajustan en proporción a la producción para tener en cuenta los cambios estacionales de la demanda. Las exportaciones de diésel se reducen en paralelo con la producción, a fin de evitar la necesidad de importaciones innecesarias para cumplir con los requisitos de exportación. De este modo se evitan en el modelo limitaciones de tráfico portuario que no se darían en condiciones reales. Dado que tanto la demanda como la producción cambian con el tiempo, todos los volúmenes mencionados anteriormente también cambian en función de las proporciones de base de 2023 indicadas a continuación.

Además de los cierres anunciados de refinerías específicas (P66 Wilmington y Valero Benicia), el modelo también tiene en cuenta la conversión a la producción de diésel renovable (RD) en P66 Rodeo y Marathon Martinez. Las importaciones de RD se reducen a cero en 2025 debido a la eliminación de los créditos fiscales para los mezcladores de RD importado. El modelo también puede convertir una cantidad determinada de RD a la producción de combustible de aviación sostenible (SAF), aumentando el suministro de combustible de aviación. Por último, puede ajustarse el rango de utilización de refinerías que permite el modelo. En la sección 2.6, se ofrece más información sobre los supuestos de utilización enumerados a continuación y el impacto que tienen en los resultados.

Anexo de Documentación del Modelo de Refinerías de ICF/CARB

Acción de mercado	Año afectado	Parámetro supuesto
Importaciones extranjeras de gasolina del Norte para garantizar el suministro durante los trabajos de reacondicionamiento de planta de las refinerías, proporción 2023 de importaciones respecto de la demanda (%)	Todos	3,7%
Importaciones extranjeras de gasolina del Sur para garantizar el suministro durante los trabajos de reacondicionamiento de planta de las refinerías, proporción 2023 de importaciones respecto de la demanda (%)	Todos	5,2%
Importaciones marítimas nacionales de gasolina del Norte para garantizar el suministro durante los trabajos de reacondicionamiento de planta de las refinerías, proporción 2023 de importaciones respecto de la demanda (%)	Todos	11,5%
Importaciones marítimas nacionales de gasolina del Sur para garantizar el suministro durante los trabajos de reacondicionamiento de planta de las refinerías, proporción 2023 de importaciones respecto de la demanda (%)	Todos	1,4%
Exportaciones extranjeras de gasolina del Norte para reflejar cambios estacionales en la demanda, proporción 2023 de exportaciones respecto de la producción (%)	Todos	2,7%
Exportaciones extranjeras de gasolina del Sur para reflejar cambios estacionales en la demanda, proporción 2023 de exportaciones respecto de la producción (%)	Todos	0,2%
Exportaciones extranjeras de diésel del Norte para evitar forzar importaciones innecesarias en los resultados del modelo, proporción 2023 de exportaciones respecto de la producción (%)	Todos	22,2%
Exportaciones extranjeras de diésel del Sur para evitar forzar importaciones innecesarias en los resultados del modelo, proporción 2023 de exportaciones respecto de la producción (%)	Todos	5,6%
Eliminación de la producción fósil de la refinería P66 Rodeo en el Norte	2024	-
Incorporación de producción de diésel renovable (RD) en la refinería P66 Rodeo en el Norte (TBD)	2025	45
Incorporación de producción de diésel renovable (RD) en la refinería Marathon Martinez en el Norte (TBD)	2025	43,2
Importaciones de diésel renovable (Norte y Sur) reducidas a cero	2025	-
Eliminación de la producción de la refinería P66 Wilmington en el Sur	2026	-
Eliminación de la producción de la refinería Valero Benicia en el Norte	2026	-
Conversión del 40% de la producción de RD en SAF en el Norte	2025*	0%*
Límites de utilización (mínimo/máximo) permitidos en refinerías del Norte (%)	2024*	60% o 90%*

Límites de utilización (mínimo/máximo) permitidos en refinerías del Sur (%)	2024*	60% o 90%*
Todos los demás flujos se mantienen constantes	Todos	-

** denota elementos que pueden modificarse*

Tabla 3. Supuestos específicos del modelo - Restricciones y relaciones fijas con las refinerías

2.3.1 Demanda de combustible en California

En la modelización de la demanda futura de combustibles para el transporte en California, se desarrollaron tres escenarios distintos para reflejar los diferentes ritmos de transición hacia el abandono de los combustibles fósiles. Estos escenarios se modelizan a través de los tres combustibles diferentes considerados en este análisis: gasolina (Figura 2), diésel (Figura 3) y combustible de aviación (Figura 4).

El primer escenario, denominado Adopción rápida de ZEV, contempla una disminución más acelerada de la demanda de gasolina y diésel en el estado, en comparación con la previsión del AATE3 del Informe Integrado de Política Energética (IEPR) de 2024. Este escenario (y todos los demás que se describen a continuación) ajusta la demanda del año base 2023 tanto de gasolina como de diésel a los supuestos del Plan de Alcance 2022. Sin embargo, se realiza un importante ajuste en la demanda de diésel: se reduce para tener en cuenta el combustible adquirido fuera de California pero quemado dentro del estado, tal y como recoge el Acuerdo Internacional sobre el Impuesto de los Combustibles (IFTA) y se refleja en el inventario estatal de gases de efecto invernadero. La demanda de gasolina para 2023 se mantiene sin cambios en este escenario, excluyendo los volúmenes de etanol con un supuesto contenido de etanol del 8%.

El segundo escenario, denominado Adopción moderada ZEV, se basa en la previsión AATE3 del IEPR para 2024 y representa un ritmo más moderado de reducción de la demanda. La diferencia en la demanda estatal prevista entre el escenario de adopción rápida de ZEV y el escenario de adopción moderada de ZEV responde a la tasa anual de reducción aplicada al valor de referencia de 2023 del Plan de Alcance 2022. Para contemplar la posibilidad de una transición más lenta hacia los vehículos eléctricos, se desarrolló un tercer escenario —denominado Adopción lenta de ZEV— basado en los datos de referencia del IEPR 2024. Este escenario plantea una perspectiva conservadora, en la que la transición hacia los vehículos de emisión cero (VEZ) queda rezagada respecto de las expectativas de los otros dos escenarios.

A lo largo del periodo de modelización, la distribución geográfica de la demanda de combustible entre el norte y el sur de California permanece constante. Las proporciones se fijan inicialmente en el año base 2023, comparando la demanda implícita entre Norte y Sur, al considerar el equilibrio de los demás flujos regionales de cada producto. A continuación, esta proporción de demanda implícita en el Norte y el Sur de California se aplica a la demanda del año base 2023 y se mantiene hasta 2045, garantizando que la dinámica regional esté representada de forma coherente en el análisis. Este enfoque permite al modelo captar las distintas características de infraestructura y mercado de cada región, al tiempo que evalúa las implicaciones más amplias de la transición energética del estado.

Figura 2 proporciona los volúmenes de **demanda de gasolina** utilizados en el modelo para cada escenario de proyección. El escenario de adopción rápida de ZEV reduce la demanda de gasolina en un 50% para 2031 y en más del 90% para 2045. El escenario de adopción moderada de ZEV da como resultado un descenso de más del 30% en 2031 y del 85% en 2045. El escenario de adopción lenta de ZEV reduce la demanda de gasolina en un 23% para 2031 y en 52% para 2045. Los datos específicos de cada año se incluyen en el modelo para cada escenario.

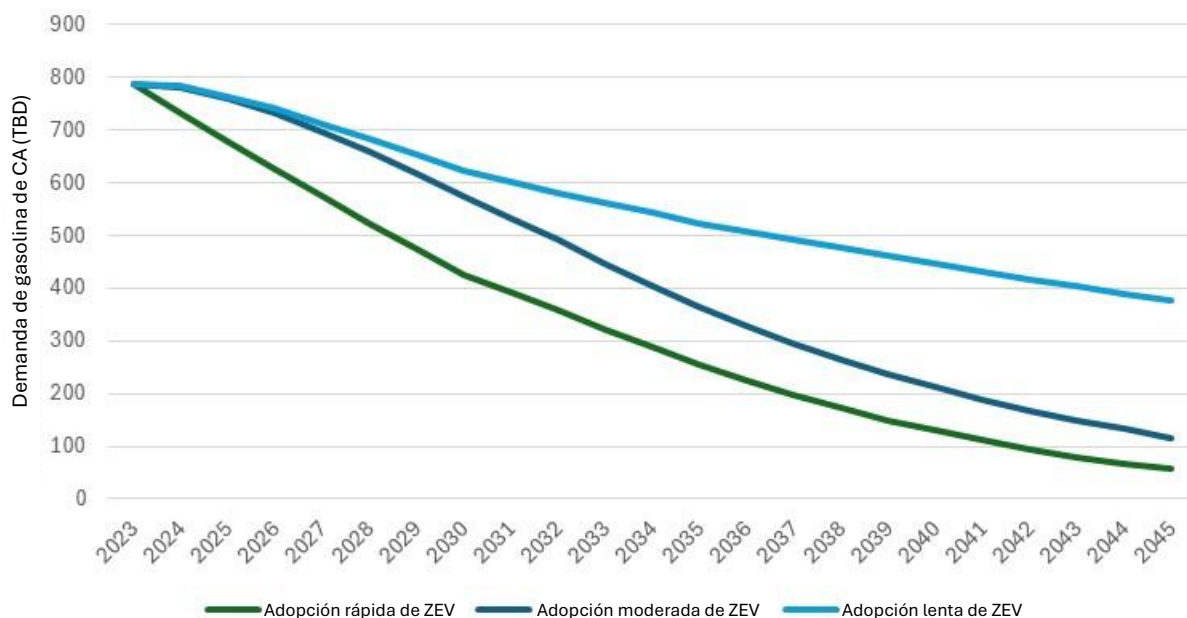


Figura 2. Análisis de la demanda de gasolina en California

Se prevé que **la demanda de diésel** en California siga trayectorias distintas en función del ritmo de adopción de los vehículos de emisión cero (ZEV). Tanto el escenario de adopción rápida como el de adopción moderada de ZEV siguen trayectorias similares, ya que la demanda de diésel comienza en 266 mil barriles diarios (TBD) en 2023 y disminuye hasta aproximadamente 75 TBD en 2045. En términos de evolución temporal, el escenario de adopción moderada de ZEV muestra un descenso más definido hasta alcanzar la proyección de demanda de 75 TBD, mientras que el escenario de adopción rápida de ZEV da como resultado una demanda total de diésel ligeramente mayor en todo momento.

El escenario de adopción lenta de ZEV presenta una perspectiva diferente. Supone un ritmo mucho más lento de electrificación y de abandono del diésel, lo que se traduce en un modesto descenso de la demanda. Hasta 2034, el escenario de adopción lenta de ZEV resulta comparable al de adopción rápida, con ambos proyectando una demanda de diésel cercana a los 200 TBD en ese año. Sin embargo, tras este punto el escenario de adopción lenta de ZEV muestra una caída más gradual de la demanda, lo que se traduce en un volumen total de 180 TBD en 2045. Este volumen es más del doble de la cantidad de demanda asumida en el escenario de adopción rápida y moderada de ZEV en ese año. Es importante destacar que estas cifras representan la demanda total de diésel en California e incluyen combustibles diésel de todo tipo: diésel derivado del petróleo, diésel de fuentes renovables (RD) y biodiésel (BD). Los

volúmenes específicos de suministro de diésel, incluidas las contribuciones del RD y el BD, se abordan por separado en la sección de suministro del análisis.

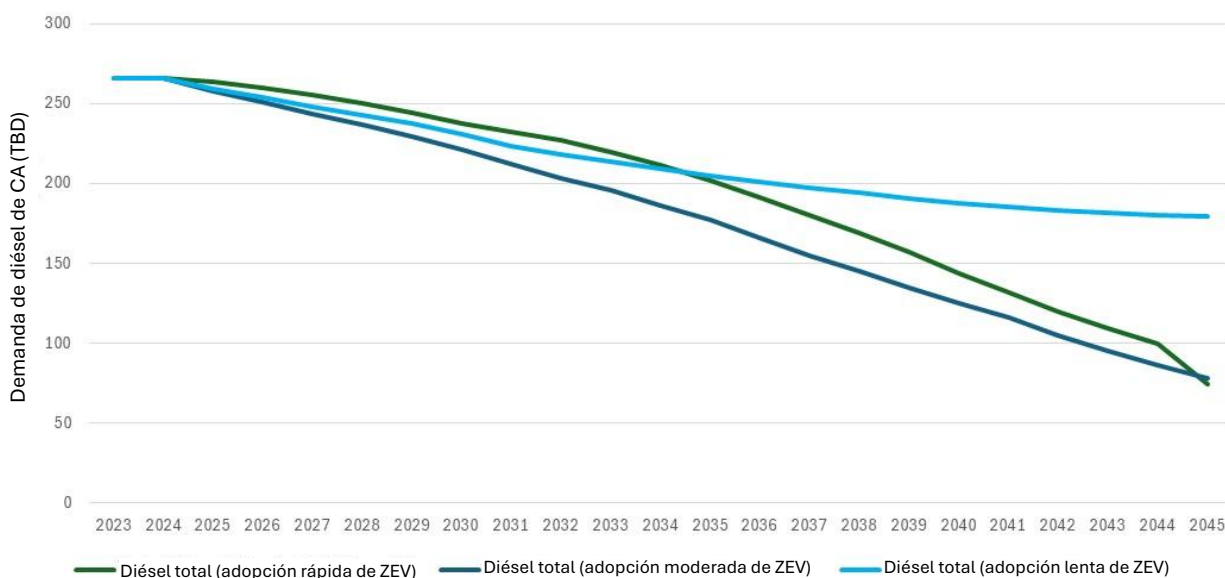


Figura 3. Análisis de la demanda de diésel de California

En contraste con las tendencias a la baja de la gasolina y el diésel, se prevé que la demanda estatal de **combustible de aviación** aumente de forma constante hasta 2045. Esta proyección se basa en la previsión del AATE3 del IEPR para 2024 y abarca todo el espectro de la actividad de la aviación, incluidos los vuelos intraestatales, interestatales e internacionales. El modelo asume que este crecimiento de la demanda de combustible de aviación se cubrirá mediante una combinación de combustibles de aviación convencionales y sostenibles, dependiendo de factores económicos y políticos.

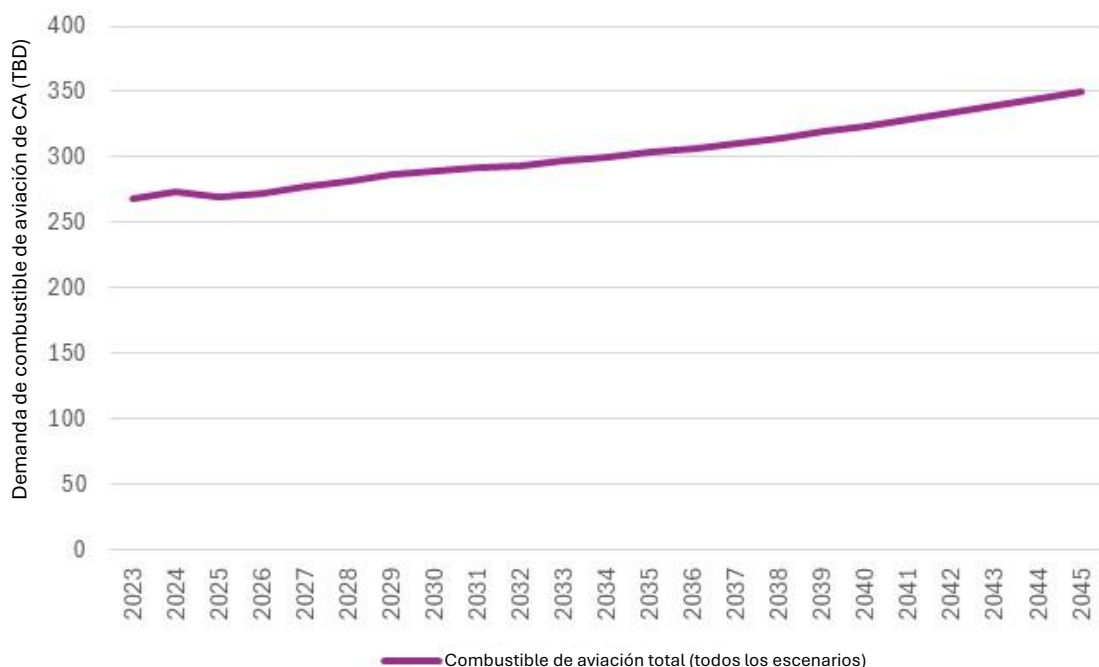


Figura 4. Análisis de la demanda de combustible de aviación en California

2.3.2 Demanda de combustible en Nevada y Arizona

ICF desarrolló una proyección única y unificada de la demanda de gasolina, diésel y combustible de aviación en Arizona y Nevada para apoyar la modelización más amplia de la transición de las refinerías de CARB. Estas proyecciones abarcan de 2022 a 2050 y se basan en la versión más actual en el momento del desarrollo del modelo del Simulador de Emisiones de Vehículos motorizados (MOVES4) de la Agencia de Protección Ambiental disponible en el momento del desarrollo del modelo. El MOVES4, desarrollado y publicado en 2023, no incorporaba plenamente el impacto de la normativa federal adoptada en 2024. Por ello, ICF ajustó el modelo para reflejar los cambios previstos derivados de varias políticas clave. Entre ellas figuran las normas de emisiones multicontaminantes aplicables a los modelos 2027 y posteriores de vehículos ligeros y medianos, las normas de gases de efecto invernadero (GHG) de la Fase 3 para vehículos pesados y las normas actualizadas de Economía de combustible promedio corporativo (CAFE). Se espera que estas normativas reduzcan significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero. Para el año modelo 2032, se prevé que los vehículos ligeros logren una reducción del 50% de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con el año modelo 2026, mientras que se espera que los vehículos medianos logren una reducción del 44%. En el caso de los vehículos profesionales pesados y los tractores, se prevé que las reducciones alcancen hasta el 50% y el 40%, respectivamente, en el año modelo 2032.

La Agencia de Protección Ambiental no impone el uso de vehículos de emisión cero (ZEV) en Arizona y Nevada, ni respalda tecnologías específicas.² En consecuencia, las reducciones

² Dado que determinadas políticas aún no se han implementado y que puede existir incertidumbre adicional respecto de las normas federales vigentes, podrían producirse cambios en los volúmenes futuros de

previstas de gases de efecto invernadero podrían lograrse mediante una combinación de tecnologías más limpias de motores de combustión interna y la adopción de vehículos de emisión cero. Se espera que estos cambios normativos impulsen un descenso gradual de la demanda de gasolina (Figura 5) y diésel (Figura 6) en ambos estados. El modelo de ICF utiliza datos reales de 2022 a nivel estatal como referencia para todos los tipos de combustible, garantizando que las proyecciones reflejen los patrones de consumo del mundo real al inicio del periodo de previsión. Las previsiones de demanda de gasolina y diésel para los sectores residencial, comercial e industrial proceden de la Herramienta de Inventario y Proyección Estatal de la Agencia de Protección Ambiental, mientras que las previsiones para el sector del transporte proceden de MOVES4, ajustadas para reflejar la normativa federal aplicable, tal y como se ha descrito anteriormente.

demanda supuestos para Arizona y Nevada. Salvo cambios sustanciales, el impacto en los resultados de la modelización no debería ser significativo, dado que la participación de la demanda de estos estados cubierta por California representa alrededor del 20% de la demanda total abastecida por las refinerías californianas.

Anexo de Documentación del Modelo de Refinerías de ICF/CARB

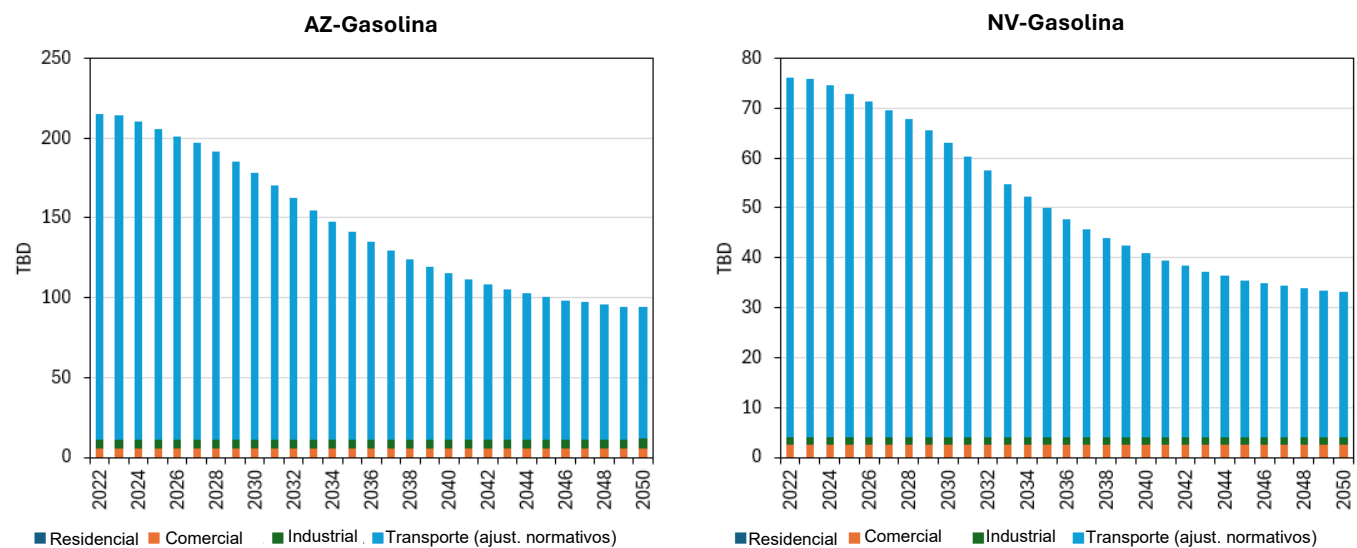


Figura 5. Previsiones de demanda de gasolina en Arizona (izquierda) y Nevada (derecha)

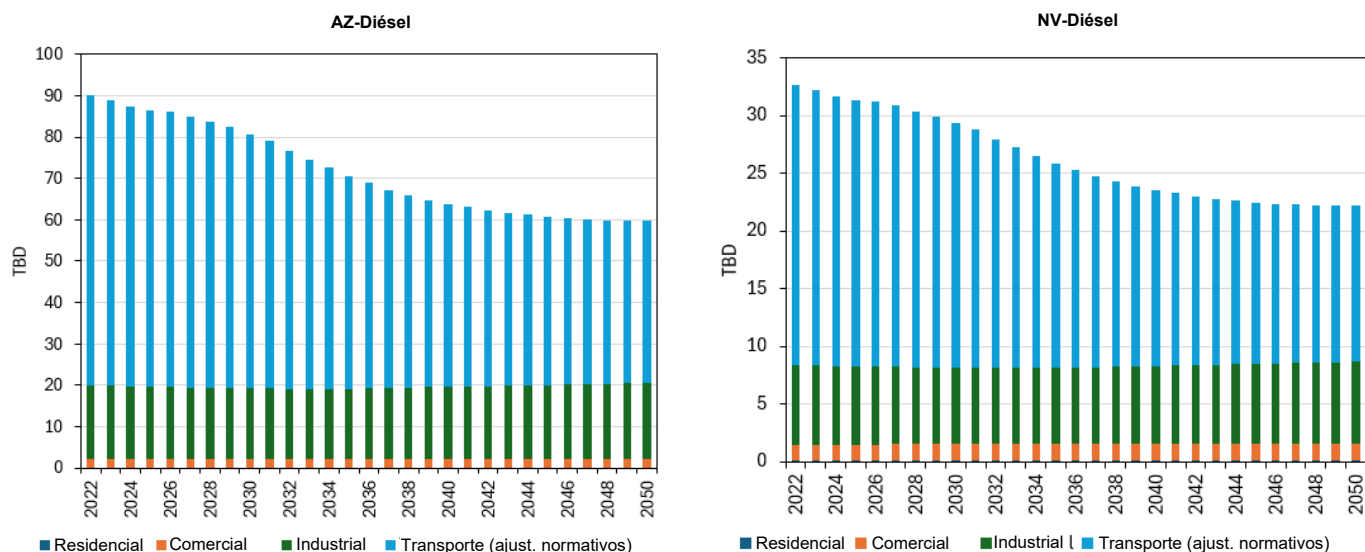


Figura 6. Previsiones de demanda de diésel en Arizona (izquierda) y Nevada (derecha)

ICF desarrolló proyecciones para el consumo de combustible de aviación en Arizona y Nevada adaptando y ampliando el marco de modelización utilizado originalmente para el Informe de la Política Energética Integrada 2024 (IEPR), ilustrado a continuación en Figura 7. Este modelo mejorado se extiende más allá de California para incluir Arizona y Nevada e incorpora tanto la actividad de transporte aéreo de pasajeros como la de carga. La base del modelo son los datos de la Oficina de Estadísticas de Transporte (BTS), en particular los conjuntos T-100 y T-2, que ofrecen información detallada sobre la actividad de vuelo, las características de las aeronaves y el consumo de combustible. Estos conjuntos de datos se utilizaron para establecer los valores del año base para las millas por asiento de pasajeros nacionales e internacionales y las millas por tonelada de carga. Para anticipar las tendencias futuras, ICF se apoyó en las proyecciones de la Administración de Información Energética de EE.UU. (EIA), en particular en la Perspectiva Energética Anual (AEO) 2023, que incorpora supuestos sobre mejoras en la eficiencia del combustible de aviación y en los factores de carga hasta 2050.

El método de modelización parte de la base de que la demanda de combustible de aviación en Arizona y Nevada aumentará con el tiempo, impulsada principalmente por el crecimiento de la actividad aeronáutica. En Arizona, se prevé que el consumo de combustible de aviación aumente de 32,7 miles de barriles diarios (TBD) en 2022 a 47,0 TBD en 2050. En Nevada, se prevé que la demanda aumente de 36,2 TBD en 2022 a 51,3 TBD en 2050. Estos aumentos reflejan los incrementos previstos en los viajes de pasajeros y en el transporte aéreo de mercancías, con los ajustes correspondientes para la actividad de vuelos internacionales en su caso. Por ejemplo, Phoenix concentra prácticamente todas las millas por asiento de pasajeros internacionales en Arizona, mientras que la actividad de aviación en Nevada es mayoritariamente nacional. El modelo también incorpora mejoras en la eficiencia del combustible de aviación y la evolución de los factores de carga, garantizando que las proyecciones tengan en cuenta tanto los avances operativos como tecnológicos en el sector de la aviación.

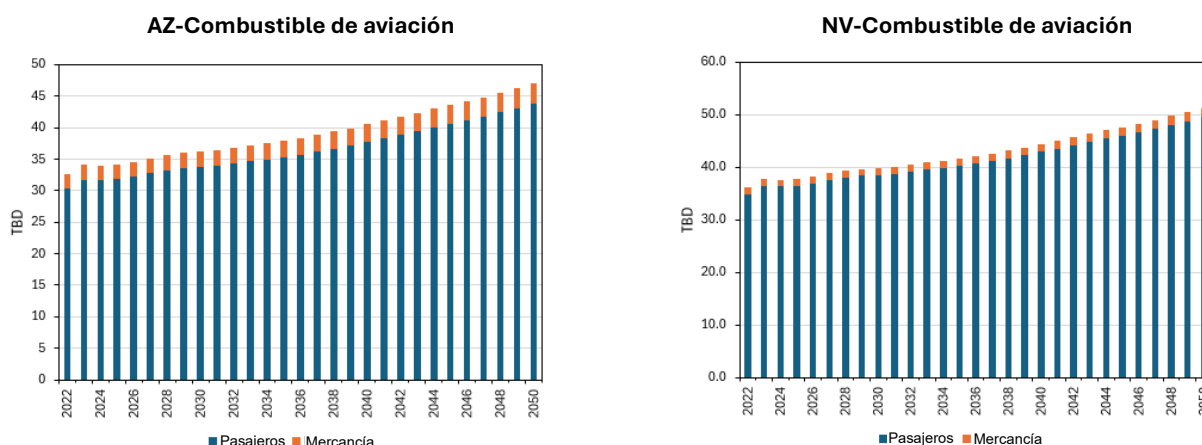


Figura 7. Previsiones de demanda de combustible de aviación en Arizona (izquierda) y Nevada (derecha)

2.4 Supuestos y restricciones del suministro

El modelo ajusta la producción de las refinerías estatales de California en función de la disminución de la demanda estatal de combustibles derivados del petróleo. Para cada escenario de demanda, el modelo proporciona una progresión de los parámetros operativos de las refinerías estatales y la producción estimada de gasolina, diésel y combustible de aviación. La producción de las refinerías en el año base 2023 se utiliza junto con la demanda del año base y otras variables de suministro y demanda (importaciones, exportaciones, movimientos de oleoductos, etc.). La capacidad de producción de las refinerías también se ajusta en 2024 para reflejar la conversión de Phillips 66 Rodeo a la producción de diésel renovable y en 2025 y 2026 para reflejar los cierres anunciados de las refinerías Phillips 66 Wilmington y Valero Benicia. Estos supuestos (y otros) se abordan en más detalle en la Sección 2.3.

El modelo intenta primero equilibrar el suministro y la demanda ajustando la utilización de las refinerías. El ajuste de la utilización busca equilibrar la demanda de gasolina (con cualquier modificación reflejada también en la producción de otros productos) y está permitido dentro de un rango establecido del 60-90%. Si la utilización en el norte o el sur de California cae por debajo del 60% en función de la demanda de gasolina, se acumularán excedentes de gasolina y serán necesarias más exportaciones para lograr el equilibrio del mercado. Si el volumen de exportaciones necesario supera las limitaciones portuarias establecidas, el modelo selecciona una refinería para cerrarla. A continuación, el modelo reequilibra el suministro excluyendo la producción de la refinería seleccionada y ajustando la utilización de las refinerías restantes. Dado que el modelo equilibra la disminución de la demanda de gasolina y diésel y el aumento de la demanda de combustible de aviación, es necesario garantizar el equilibrio de todos los combustibles ajustando tanto las importaciones como las exportaciones. Obsérvese que el modelo no supone pérdidas ni ganancias de inventario a lo largo del año calendario. En la sección 2.6, se ofrece más información sobre cómo se ajusta la producción de las refinerías y cuándo se determinan los cierres de las mismas.

Los resultados del modelo relacionados con la producción cambiante de cada combustible de transporte se visualizan en la Figura 8 a continuación. Los volúmenes mostrados representan la cantidad de producción después de los ajustes de utilización de las refinerías. Los rendimientos de gasolina, diésel y combustible de aviación en cada refinería se conservan en las proporciones del año base, incluso cuando el modelo modifica la utilización.

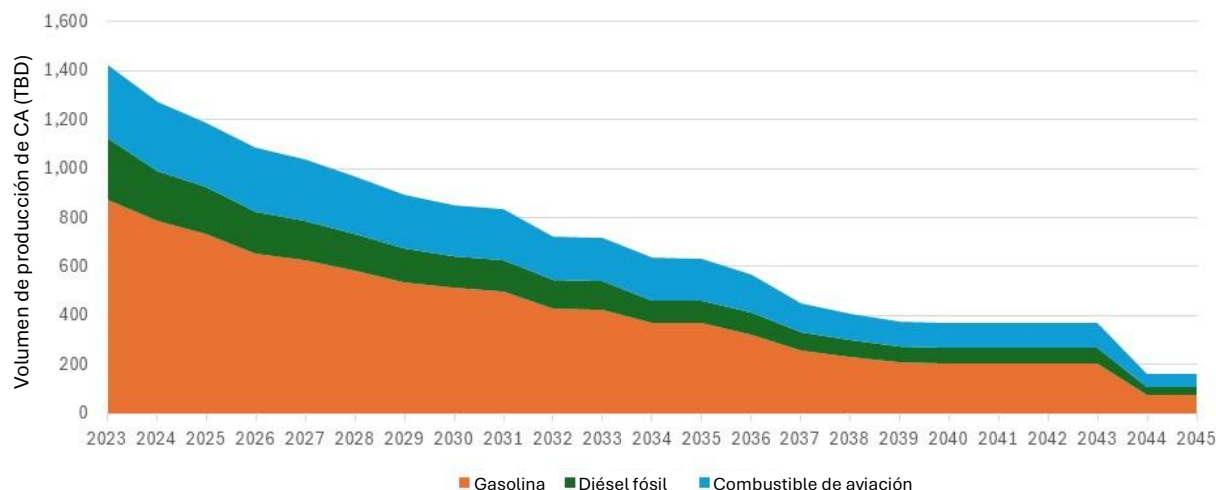


Figura 8. Resultados de producción del modelo, todos los combustibles; escenario de adopción rápida de ZEV

La producción de diésel renovable (RD) y biodiésel incluida en el modelo está alineada con los volúmenes de la Norma de Combustibles Bajos en Emisiones de Carbono (LCFS) del año base 2023. El modelo también incorpora los volúmenes futuros de producción derivados de las conversiones a RD de Phillips 66 y Marathon Martinez. Cabe señalar que PIIRA no exige el reporte de los volúmenes reales de producción, aun cuando el biodiésel y el diésel renovable sustituyen al diésel fósil barril por barril.

El modelo asume que el suministro futuro de diésel renovable superará los niveles de 2023 a partir de 2024, dado que la producción de Phillips 66 y Marathon se considera al 90% de utilización de sus instalaciones de diésel renovable. La producción estatal de diésel renovable en 2023 aumentó gracias a la ampliación de capacidad, pero al mismo tiempo se asume que las importaciones de diésel renovable se eliminarán en 2025 debido a la eliminación de los créditos fiscales para los mezcladores de RD importado. Se asume que la producción de biodiésel se mantiene en el reducido volumen observado en los datos del año base 2023, y que las diferencias entre suministro y demanda se compensan mediante envíos ferroviarios.

La producción de combustible de aviación sostenible (SAF) en el modelo representa la capacidad prevista de varios proyectos futuros anunciados. El modelo también puede incorporar una conversión del 40% de la producción de diésel renovable en producción de combustible de aviación sostenible (SAF) dentro de la proyección. No es necesario notificar la producción real de SAF. El modelo asume que los volúmenes de demanda de SAF del Plan de Alcance 2022 se pueden satisfacer con la capacidad de producción conocida en California, ya que la capacidad de producción conocida supera la demanda de SAF prevista en el Plan de Alcance.

Las importaciones y exportaciones marítimas nacionales se fijan en las medias históricas hasta 2045. Las importaciones de gasolina del exterior se mantienen en la misma proporción respecto de la demanda hasta 2045, tomando como referencia los volúmenes del año base 2023. Las exportaciones por gasoducto a Arizona y Nevada se ajustan a los cambios previstos en la demanda. Los volúmenes de flujo de gasolina y diésel por oleoducto disminuyen, reflejando los descensos de la demanda en los mismos porcentajes que el suministro del año base. Además,

se incrementa la transferencia de combustible de aviación por oleoducto desde California para satisfacer la creciente demanda de combustible de aviación en Arizona y Nevada. El combustible de aviación procedente de Utah y Texas aumenta en la misma proporción que el combustible de aviación de California.

Los volúmenes de gasolina, diésel y combustible de aviación que entran y salen de los puertos se limitan a los volúmenes históricos aproximados de 2019 a 2024. El modelo impone restricciones de 216 mil barriles diarios (TBD) de entrada y salida en el norte de California y 217 TBD de entrada y salida en el sur de California (sin ajuste). Los valores representan los volúmenes mensuales más altos de 2019 a 2024, basados en el análisis de Stillwater de los datos de PIIRA. Cabe señalar que los datos de tráfico marítimo desde 2007 muestran que la región del sur de California ha manejado volúmenes mensuales de productos petrolíferos de hasta 428 TBD. Esto sugiere que la restricción de 217 TBD podría ser conservadora y que, bajo condiciones de infraestructura optimizadas, podría alcanzarse un mayor rendimiento, aun cuando en el mismo período el tráfico de buques portacontenedores se ha incrementado drásticamente.

El modelo parte de la base de que no se producirá ninguna pérdida de capacidad en los puertos del Norte, ni siquiera con el funcionamiento de las instalaciones de diésel renovable (RD) de Rodeo y Marathon, y de que no se producirá ninguna pérdida de capacidad en los puertos del Sur en Los Ángeles (POLA), Long Beach (POLB) y El Segundo. También asume que las importaciones marítimas de crudo continuarán y disminuirán a medida que se reduzca la capacidad de producción de las refinerías. El modelo no incorpora restricciones a la importación de crudo. Los volúmenes de gasolina importada —tanto extranjera como nacional— se mantienen como porcentaje de la demanda para reflejar las posibles normativas o necesidades que requieren volúmenes de importación de gasolina y mezclas, destinados a cubrir los tiempos de inactividad programada de las refinerías con suministro proveniente de fuera de California. Los volúmenes de diésel exportado se mantienen como porcentaje de la producción para evitar que el modelo requiera importaciones innecesarias, y los volúmenes de gasolina exportada también se mantienen como porcentaje de la producción para reflejar las variaciones estacionales de la demanda.

2.5 Proceso de evaluación de la vulnerabilidad de las refinerías

El modelo examina el suministro y la demanda tanto para el norte como para el sur de California. Cuando el modelo identifica que la caída de la demanda puede incidir en las restricciones de productos del tráfico portuario, ajusta la utilización de las refinerías en la región afectada para reducir los volúmenes de combustibles —principalmente gasolina y diésel— destinados a la exportación. Al mismo tiempo, la menor utilización aumenta las importaciones de combustible de aviación.

En el modelo, los cierres de refinerías se producen cuando las restricciones de infraestructura impiden alcanzar el equilibrio del mercado, aun sin que la utilización de las refinerías descienda por debajo del 60%³. ICF realizó una evaluación cualitativa exhaustiva para clasificar las

3 A medida que disminuye la utilización de las refinerías, sus costos fijos —mano de obra, mantenimiento y otros— resultan cada vez más difíciles de compensar con el margen operativo. El estudio asume de manera

refinerías de California en función de su potencial de cierre bajo las restricciones de infraestructura consideradas en el modelo. Esta clasificación se basó en 10 criterios clave, entre los que se incluyen:

- **Operaciones:** estabilidad de la utilización a lo largo del tiempo. Las refinerías con buenas prácticas de operación y mantenimiento son más capaces de optimizar sus operaciones y maximizar la utilización. Bases de la evaluación: datos de la PIIRA
- **Flexibilidad de rendimiento:** la capacidad de ajustar la producción en función de las condiciones del mercado permite a una refinería optimizar mejor su margen. Flexibilidad de rendimiento evaluada por ICF basándose en los datos de rendimiento de la PIIRA y en los precios de mercado.
- **Rendimientos:** producción relativa de combustible de aviación, gasolina y diésel. Con la probable reducción de la demanda de gasolina y diésel fósil debido a la adopción de ZEV y al crecimiento del RD, las refinerías que puedan producir mayores porcentajes de combustible de aviación tendrían una ventaja estratégica. Evaluado por ICF a partir de datos de la PIIRA.
- **Costes:** los indicadores de eficiencia operativa incluyeron los datos de las refinerías recopilados en el marco del SB X1-2, junto con el historial de utilización proveniente de la PIIRA (una menor utilización incrementa los costos fijos por barril).
- **Papel de proveedor único:** importancia para la logística regional. Las refinerías que pueden ser el único proveedor de un mercado específico, o las refinerías que producen productos clave que otras refinerías no pueden (asfalto, combustible militar para aviones, productos especiales, etc.) pueden tener alguna ventaja sobre otras refinerías. Evaluado por el análisis ICF de la producción de las refinerías.
- **Riesgo normativo:** exposición a desventajas normativas o de ubicación. Todas las refinerías de California se ven afectadas por la normativa. Sin embargo, algunas de las normativas afectan a refinerías concretas más que a otras, y este fue un factor determinante en la evaluación de vulnerabilidad de ICF.
- **Acceso al crudo:** la flexibilidad y la logística para el suministro de crudo son características muy importantes. La capacidad de optimizar la materia prima para adaptarla a la configuración de la refinería es esencial para generar una fuerte rentabilidad de la inversión. ICF revisó los flujos y la capacidad de crudo basándose en los datos de importación de la EIA y en la evaluación de la infraestructura de oleoductos y puertos.
- **Acceso de los productos:** acceso al mercado y opciones de distribución. Las refinerías que disponen de múltiples opciones para distribuir sus productos tienen ventaja sobre las que tienen menos opciones. El fácil acceso a los puertos y a los oleoductos permite a las refinerías aumentar sus ventas en zonas donde los mercados pueden optimizar mejor sus márgenes. Análisis de ICF sobre las opciones de distribución de las refinerías.
- **Capacidad de reducción progresiva:** capacidad de reducir gradualmente las operaciones. Las refinerías que cuentan con múltiples unidades de crudo y de conversión pueden tener la ventaja de disminuir su nivel de utilización y, al mismo

optimista un piso del 60%; en muchos casos las refinerías pueden optar por cerrar con niveles de utilización más altos, en función de su capacidad general para alcanzar los objetivos de rentabilidad corporativa.

tiempo, reducir los costos fijos. Las estimaciones de esta característica proceden de la investigación de ICF.

- **Mezcla de ventas:** porcentaje de ventas de marca o de vagón cisterna del distribuidor (DTW)⁴. Las refinerías con mayores porcentajes de ventas DTW/de marca suelen obtener márgenes más altos en sus ventas de gasolina que aquellas que tienden a vender gasolina sin marca o a granel en el mercado spot. Datos del SB X1-2, de la PIIRA y análisis de ICF.

Estos criterios se fundamentaron en la revisión realizada por expertos de ICF sobre datos de acceso público, incluyendo las configuraciones de las refinerías derivadas de la información de capacidad de las unidades de proceso publicada por la EIA, los informes 10-K, las presentaciones a inversores y diversas fuentes periodísticas. Además, se utilizaron volúmenes reales confidenciales de corridas y rendimientos provenientes de la base de datos de la PIIRA de la CEC. Como referencia, ICF revisó la utilización histórica de las refinerías y la producción de productos limpios —específicamente CARBOB, combustible de aviación y diésel— para el año base 2023. Los rendimientos se calcularon como porcentaje de las corridas de crudo utilizando los datos de la Comisión de Energía de California (CEC).

Este análisis produjo una clasificación de las refinerías en los mercados del norte y el sur de California, que se utiliza para evaluar las prioridades de cierre. El modelo incorpora directamente los cierres previstos de la refinería P66 Wilmington en 2025 y de la refinería Valero Benicia en 2026, lo que deja siete refinerías para optimizar dentro del modelo⁵. Estas clasificaciones se mantienen confidenciales para cumplir los requisitos de la PIIRA.

2.6 Lógica de cierre de refinerías en función de la transición

El modelo calcula el excedente o déficit de cada producto refinado en California aplicando supuestos de flujos y siguiendo la evolución de la demanda a lo largo del tiempo. A partir de estos cálculos, determina el volumen de importaciones o exportaciones necesario para equilibrar el mercado de cada producto. A continuación, evalúa si la infraestructura existente puede absorber esos volúmenes.

Si se supera la capacidad de la infraestructura, el modelo intentará en primer lugar reequilibrar el suministro y la demanda de la región reduciendo la utilización de las refinerías, como se ha señalado anteriormente. Si es necesario ajustar la utilización por debajo del 60%, el modelo inicia el cierre de la refinería con la clasificación más baja determinada según lo indicado anteriormente y vuelve a calcular el balance de productos para ese año. Este proceso se repite cada año hasta 2045 —o hasta que se hayan cerrado todas las refinerías— teniendo en cuenta cada cierre de refinería identificado. Cuando se prevé el cierre de una refinería en un año

4 Las ventas de distribuidores en vagones cisterna (DTW) corresponden a ventas mayoristas de gasolina realizadas por las refinerías, entregadas desde el rack de la terminal y comercializadas en la estación de servicio con entrega incluida. Las ventas de marca en rack se efectúan en el rack de la terminal a mayoristas, quienes entregan la gasolina de marca en la estación de servicio bajo un esquema de precio en rack más entrega.

5 El modelo permite que la refinería Marathon de Los Ángeles cierre como una sola instalación o como dos, dado que podría desagregarse en las refinerías originales de Wilmington y Carson, que fueron fusionadas.

determinado, el modelo intenta reajustar los índices de utilización de las restantes refinerías de la región. Este “reajuste” ayuda a compensar el impacto del cierre y reequilibra el suministro y la demanda dentro de las restricciones de la infraestructura portuaria y de oleoductos.

2.6.1 Restricciones de infraestructura

Para gestionar la evolución de la demanda de combustibles derivados del petróleo en California, el modelo de refinerías ICF/CARB incorpora varias limitaciones de infraestructura para reflejar la flexibilidad y las restricciones de infraestructura del mundo real, garantizando que el suministro y la demanda se mantengan equilibrados a medida que el estado se aleja de los combustibles fósiles.

Tabla 4 muestra los límites de capacidad de los puertos y oleoductos a los que se hace referencia en la Figura 1. Los límites de capacidad de los oleoductos se basan en los volúmenes mensuales máximos (expresados en miles de barriles diarios, TBD) enviados al mercado de Reno, en el norte de California, y a los mercados de Las Vegas y Arizona, en el sur de California, entre 2019 y 2024. Las limitaciones de volumen marítimo se basan en el tráfico total de productos enviados (recepciones y entregas) en los puertos de la zona de la Bahía y en los puertos de la zona de Los Ángeles de 2019 a 2024. Ambas limitaciones de capacidad pueden ajustarse en el modelo.

Umbral máximo de capacidad portuaria y de oleoductos

2007-2023

<i>Norte</i>		Marítimo	Oleoducto
Región	Producto	TBD	TBD
Norte	Gasolina	-	23.9
Norte	Diésel	-	24.4
Norte	Combustible de aviación	-	6.1
Norte	Total	279.8	46.5

Nota: Máx. 2019-2024

216.0

<i>Sur</i>		Marítimo	Oleoducto
Región	Producto	TBD	TBD
Sur	Gasolina	-	130.8
Sur	Diésel	-	87.4
Sur	Combustible de aviación	-	79.3
Sur	Total	427.6	253.5

Nota: Máx. 2019-2024

217.0

Tabla 4: Límites de capacidad de puertos y oleoductos (TBD) por región de California

Obsérvese que, al evaluar las limitaciones, se determinó que las limitaciones de los oleoductos eran “firmes”, en el sentido de que no existían pruebas históricas de volúmenes más elevados.

Sin embargo, los “límites de volumen portuario” probablemente tengan flexibilidad, ya que 1) se alcanzaron mayores volúmenes en un pasado más lejano y 2) no se han evidenciado restricciones en el tráfico de productos marítimos entre 2019 y 2024. Cabe señalar también que el requisito “At-Berth” (emisiones en atraque) de la CARB, que comenzará a aplicarse en POLA y POLB en 2025 y en los demás puertos en 2027, se excluyó del análisis, dado que se asumió que CARB, los puertos y la industria petrolera resolverían el cronograma de su plena implementación.

Otro requisito clave consiste en limitar las exportaciones de gasolina tanto del norte como del sur de California. Esta restricción es fundamental porque unas exportaciones excesivas pueden provocar el cierre de refinerías cuando se supera la capacidad de las infraestructuras. El modelo establece una restricción de exportación de gasolina de 50 TBD por región. Esto refleja las limitaciones prácticas de ensamblar, probar y cargar cargamentos de 250,000-300,000 barriles cada 5-6 días. El mantenimiento de este ritmo de exportación exigiría al menos 1 millón de barriles de almacenamiento en tierra dedicado, para absorber los retrasos continuos en la recogida y en el tráfico marítimo. Además, el mercado para las exportaciones de gasolina de California es limitado, y la mayor parte de la demanda se concentra a lo largo de la costa del Pacífico y en América Latina. A diferencia de la costa del Golfo, donde la infraestructura admite más de 1 millón de barriles diarios de exportación, California carece de la misma escala de terminales dedicadas a la exportación.

3 Resultados de los escenarios del modelo

3.1 Supuestos del modelo utilizados en los resultados de los escenarios

ICF ha cuantificado los resultados del modelo para tres escenarios diferentes. Cada escenario refleja un conjunto de supuestos del modelo que inciden en los plazos de producción de combustibles para el transporte y en el cierre de refinerías. Los tres escenarios —adopción rápida de ZEV, adopción moderada de ZEV y adopción lenta de ZEV— se distinguen por la proyección de la demanda de gasolina y diésel considerada. El escenario de adopción rápida de ZEV asume el descenso más agresivo de la demanda (según el Plan de Alcance 2022), el escenario de adopción moderada de ZEV contempla un descenso más moderado (AATE3 del IEPR de 2024) y el escenario de adopción lenta de ZEV refleja la menor reducción (línea de base del IEPR 2024). Estas proyecciones de demanda se analizan con más detalle en la sección 2.3.1. Asimismo, los tres escenarios integran de manera uniforme el conjunto de supuestos que se detalla a continuación:

- Demanda de combustible de aviación en California en 2024 según el IEPR; demanda estimada por ICF de gasolina, diésel y combustible de aviación en Arizona y Nevada
- La capacidad portuaria total se limita a 216 TBD en el norte y 317 TBD en el sur (según los máximos mensuales históricos).
- Las exportaciones de gasolina se limitan a un máximo de 50 TBD en el norte y 50 TBD en el sur
- Se mantienen las proporciones de suministro en Arizona y Nevada (desde California, Texas y Utah)
- Las operaciones de referencia de las refinerías de 2023 reflejan lo siguiente:
 - P66 Rodeo cerró en 2024
 - P66 Wilmington cierra a fines de 2025
 - Valero Benicia cierra en 2026
 - La utilización de las refinerías puede ajustarse del 60% al 90% para satisfacer la demanda de gasolina
 - Límites existentes en el sistema de oleoductos de Kinder Morgan hacia AZ y NV
- Algunos volúmenes de importación y exportación se basan en proporciones fijas de producción o demanda (véase la Sección 2.3 para más detalles)
- Los volúmenes de los oleoductos hacia AZ y NV cambian en función de la disminución de la demanda de gasolina y diésel y del crecimiento del combustible de aviación; no se aprovecha al máximo la capacidad de los oleoductos
 - Los volúmenes de TX y UT reflejan cambios similares en la demanda

- El transporte de productos por oleoducto en California no se desvía del combustible de aviación hacia otros productos

3.2 Calendario de cierres de refinerías

Figura 9 proporciona el calendario de cierres de refinerías determinado por el modelo en los tres escenarios identificados en este análisis. El calendario y el número de cierres de refinerías determinados por el modelo varían según el escenario de proyección de la demanda. Los cierres de refinerías proyectados para 2045 oscilan entre siete de nueve en el escenario de adopción rápida de ZEV y tres de nueve en el escenario de adopción lenta de ZEV. En el escenario de adopción rápida de ZEV, la demanda de gasolina y diésel disminuye más rápidamente. Esto provoca que los excedentes de gasolina aumenten con mayor rapidez, lo cual exige un mayor volumen de exportaciones y acelera el alcance de la restricción de exportación. Combinado con las importaciones de combustible de aviación necesarias para atender los aumentos de demanda previstos, esto da lugar al calendario de cierre de refinerías más agresivo y al mayor número de cierres.

Si bien el aumento de las exportaciones de gasolina constituye la principal restricción que determina los resultados de cierre de refinerías en todos los escenarios, el incremento de las importaciones de combustible de aviación en el escenario de adopción rápida de ZEV exige volúmenes de tráfico portuario que sugieren que los niveles máximos históricos de capacidad portuaria podrían resultar insuficientes, especialmente en la región Sur. Los resultados de este escenario indican que los niveles máximos históricos de capacidad portuaria podrían superarse hacia el final del período de proyección (década de 2040), cuando la demanda de combustible de aviación se ha incrementado y la producción de dicho combustible ha disminuido debido al cierre de la mayoría de las refinerías en el estado.

El escenario de adopción moderada de ZEV (que refleja los descensos de la demanda de gasolina y diésel del AATE3 del IEPR de 2024) dio lugar tanto a un menor número total de cierres de refinerías como a un retraso de dos a tres años. En este escenario, se espera que seis de las nueve refinerías cierren en 2045. El escenario de adopción lenta de ZEV (que refleja la demanda de gasolina y diésel de la línea de base del IEPR 2024) supone el descenso más gradual de la demanda, lo que se traduce en el menor número de cierres de refinerías entre los tres escenarios. Dado que la demanda sigue siendo alta, el excedente de gasolina no se acumula tan rápidamente como en los escenarios de adopción rápida y moderada de ZEV. Como se necesitan menos exportaciones de gasolina, en este escenario hay más capacidad portuaria disponible que en los escenarios con descensos más agresivos de la demanda.

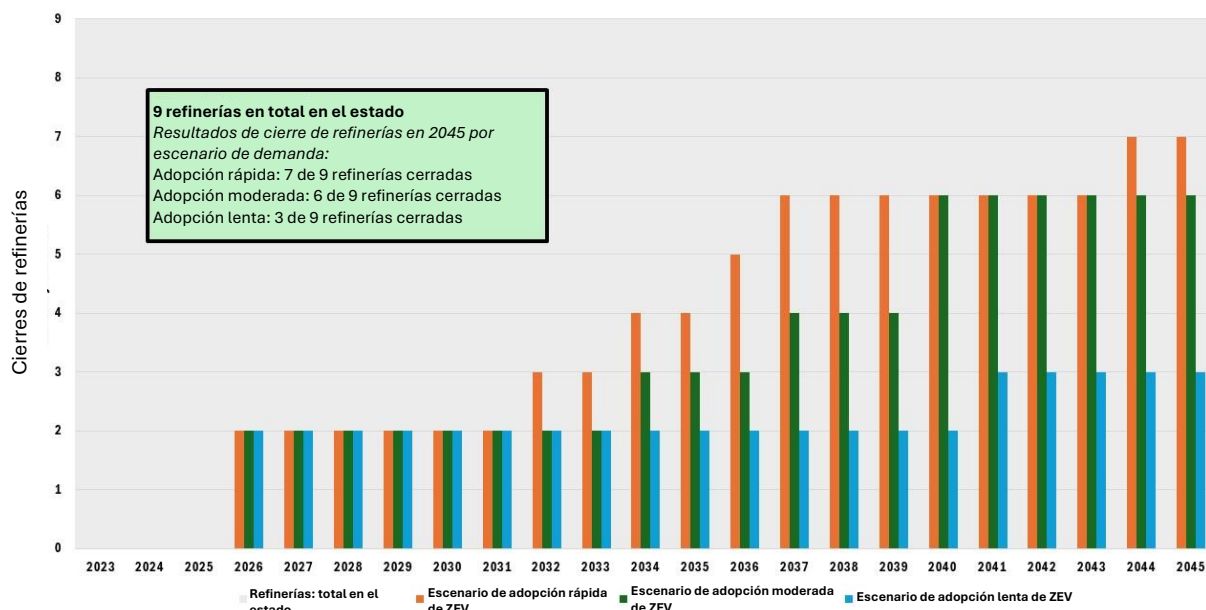


Figura 9. Calendario de cierres de refinerías en California según el escenario de demanda

3.3 Descenso de la producción de las refinerías

Las Figuras Figura 10–Figura 12 muestran los resultados del modelo de producción de las refinerías de California a lo largo del tiempo para cada tipo de combustible y escenario de descenso de la demanda. Todos los volúmenes reflejan la cantidad de producción después de que se hayan implementado los cambios de utilización para equilibrar la demanda de gasolina.

El escenario de adopción rápida de ZEV da como resultado el descenso más acelerado en la producción de combustibles para el transporte, debido al exceso de exportaciones de gasolina y al elevado número de cierres de refinerías previstos a lo largo del tiempo. El descenso de la producción también se refleja en los escenarios de adopción moderada y lenta de ZEV, aunque a ritmos más graduales, dado que los cierres de refinerías se concentran en años posteriores. Si bien la producción sigue en general una trayectoria suavemente descendente, a medida que las refinerías ajustan la producción dentro de sus márgenes de utilización, las caídas más pronunciadas señalan los años en que se producen cierres de refinerías.

En el escenario de adopción rápida de ZEV, un período de descenso constante de la producción sigue a los cierres de refinerías previstos para 2025, antes de dar lugar a una nueva serie de cierres que provocan reducciones adicionales de la producción en 2039. A continuación, la producción se mantiene constante antes de volver a disminuir en 2044.

Anexo de Documentación del Modelo de Refinerías de ICF/CARB

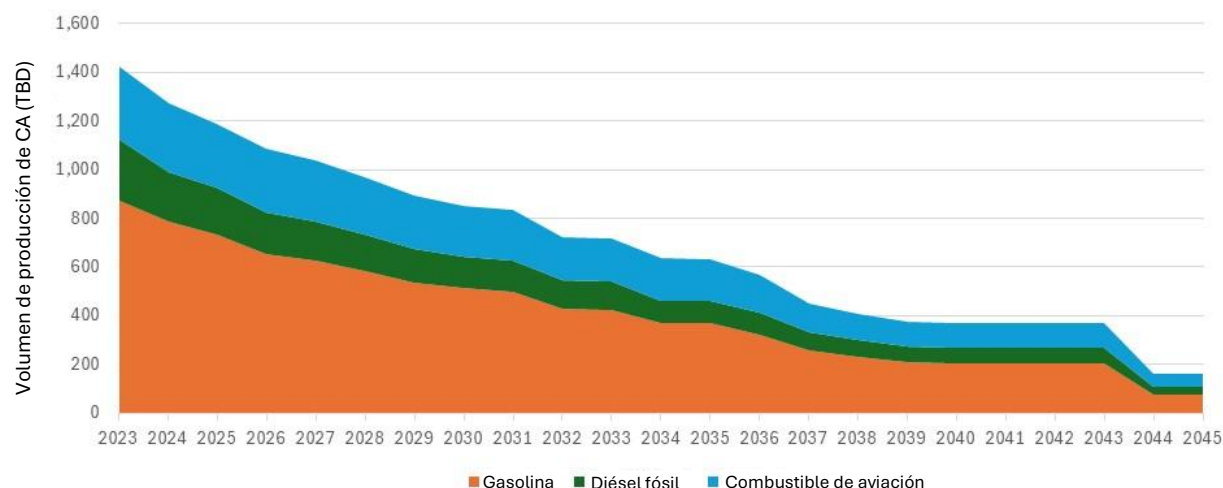


Figura 10. Producción de combustible para el transporte en California por tipo de combustible: escenario de adopción rápida de ZEV

El escenario de adopción moderada de ZEV da como resultado un descenso más modesto de la producción, con cierres de refinerías en 2025 y 2026 que absorben el excedente de gasolina y permiten postergar nuevos cierres hasta más adelante en el período de proyección. La producción disminuye de forma constante hasta que se acumulan los excedentes y empiezan a producirse cierres de refinerías a partir de 2034, como se ve en Figura 11a continuación. Para 2045, se proyecta que la producción total en el escenario de adopción moderada de ZEV sea casi el doble de los aproximadamente 200 TBD estimados en el escenario de adopción rápida de ZEV.

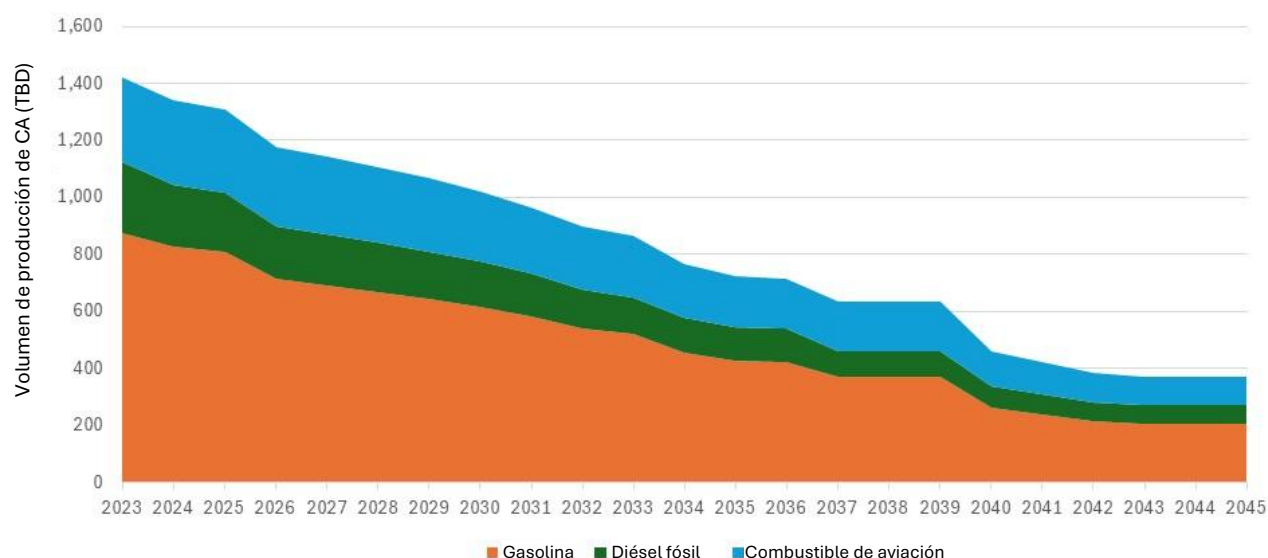


Figura 11. Producción de combustible para el transporte en California por tipo de combustible: escenario de adopción moderada de ZEV

El escenario de adopción lenta de ZEV da lugar a un descenso mucho más estable de la producción a lo largo del tiempo. Esto se debe a los supuestos de mayor demanda, que se traducen en menos tráfico portuario y menos cierres de refinerías. Se proyecta que, para 2045, los volúmenes de producción en este escenario sean casi cuatro veces superiores a los del escenario de adopción rápida de ZEV.

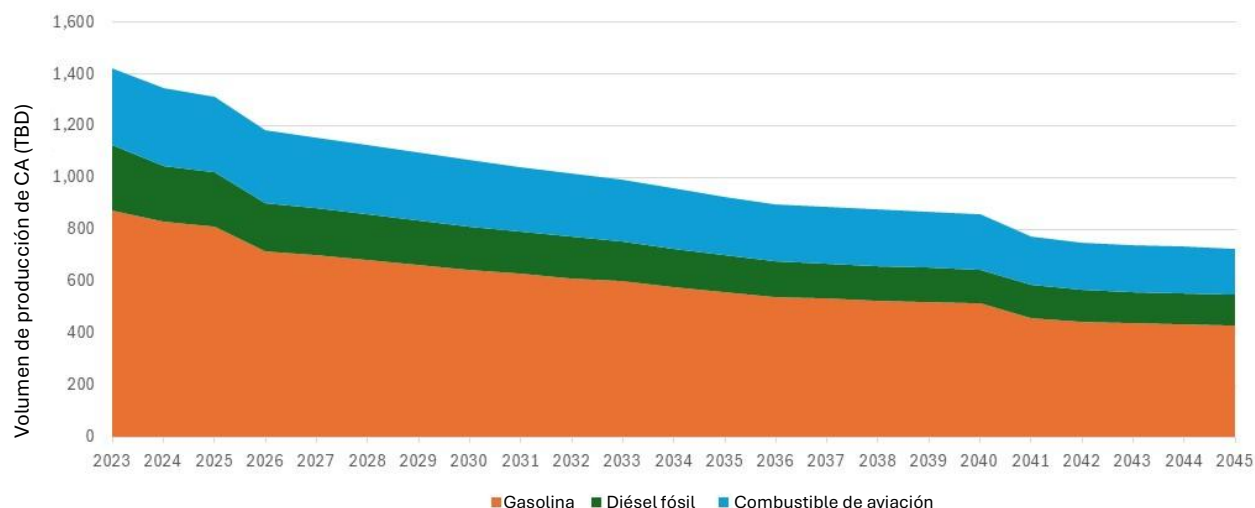


Figura 12. Producción de combustible para el transporte en California por tipo de combustible: escenario de adopción lenta de ZEV

3.4 Resultados del suministro y la demanda en California

Esta sección ofrece un desglose de los resultados del suministro y la demanda para cada combustible de transporte y escenario de proyección de la demanda. Los volúmenes positivos representan el suministro, incluida la producción de las refinerías (azul oscuro), las importaciones portuarias (celeste), las entradas por ferrocarril y otras entradas de productos petrolíferos a través de movimientos marítimos nacionales (área morada con tramado). Las áreas negativas representan las fuentes de consumo, incluida la demanda interna de California (morado), los envíos por oleoducto para la demanda de Arizona y Nevada (morado), las exportaciones extranjeras (naranja) y otros movimientos marítimos internos de salida (área roja con tramado). Aunque la proporción de cada movimiento de productos derivados del petróleo varía, el mercado se mantiene en equilibrio a lo largo del período de proyección, en la medida en que el suministro total y la demanda se alinean. Los resultados del modelo que se muestran a continuación indican un mercado equilibrado para todos los combustibles en todos los años y escenarios de proyección de la demanda.

3.4.1 Gasolina

Los resultados de suministro y demanda del escenario de adopción rápida de ZEV se muestran a continuación en la Figura 13. Este escenario representa el descenso más pronunciado de la demanda de gasolina, lo que da lugar a que el excedente de gasolina se acumule con mayor rapidez. Tras los cierres de refinerías anunciados en 2026, inicialmente se necesitan

importaciones de gasolina para satisfacer la demanda. Sin embargo, la demanda sigue disminuyendo y en 2030 comienza a acumularse un excedente de gasolina que hace necesarias las exportaciones. Este excedente alcanza finalmente la supuesta restricción de exportación de 50 TBD y provoca el cierre de una refinería. El cierre reduce el excedente de gasolina en el mercado ese año (reduciendo las exportaciones necesarias), hasta que el excedente vuelve a aumentar y la tendencia continúa durante todo el periodo de proyección. Las importaciones de gasolina resultan necesarias hacia el final del período de proyección, debido a la demanda remanente en el mercado (que no llega a reducirse a cero en 2045) y al cierre de todas las refinerías de la región Sur.

Una vez más, dado que los volúmenes positivos mostrados aquí representan el suministro y los negativos las fuentes de demanda, el mercado está en equilibrio cuando los totales de cada conjunto de flujos permanecen iguales. Como se ve aquí y en todos los demás resultados de los escenarios que siguen, el suministro y la demanda totales están alineados durante todo el periodo de proyección.

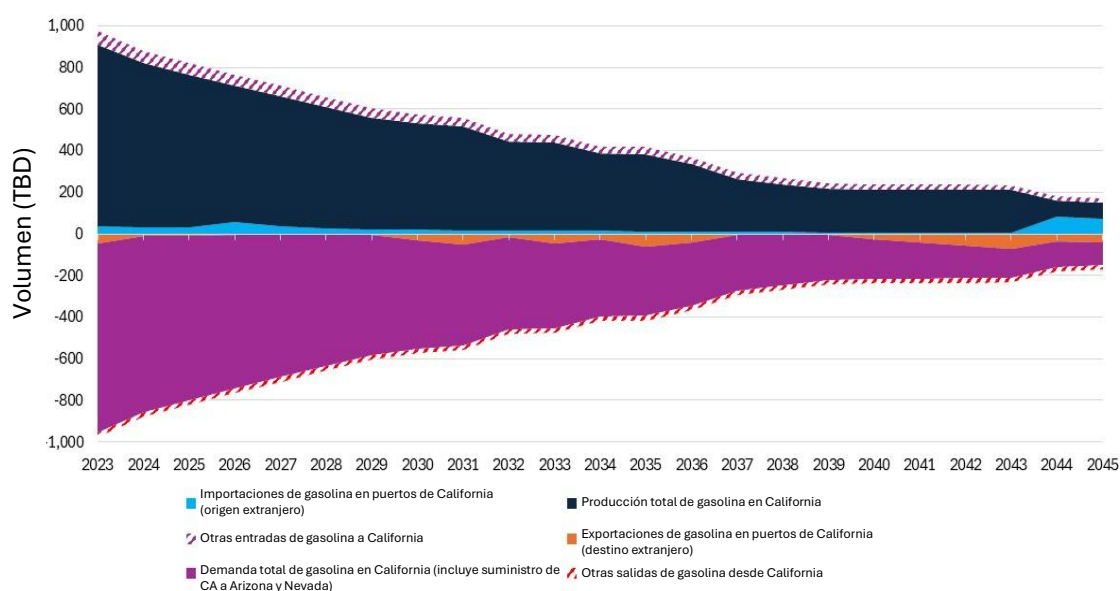


Figura 13. Resultados del suministro y la demanda de gasolina hasta 2045: escenario de adopción rápida de ZEV

Figura 14 ofrece los resultados del suministro y la demanda de gasolina en el escenario de adopción moderada de ZEV. La demanda no disminuye tan rápidamente en este escenario, y se necesitan más importaciones para satisfacer la mayor demanda tras los cierres de refinerías anunciados en 2026. En estos resultados, el excedente de gasolina tarda más en acumularse a lo largo del período de proyección y, en consecuencia, las exportaciones de gasolina no se requieren de manera tan inmediata. Sin embargo, de forma similar al escenario de adopción rápida de ZEV, una vez que se ha alcanzado la restricción de exportación de 50 TBD en el Norte o en el Sur, comienzan a producirse cierres de refinerías. La acumulación de excedentes se reduce entonces, pero como se tarda más en alcanzar la restricción portuaria, se ven menos cierres de refinerías en general.

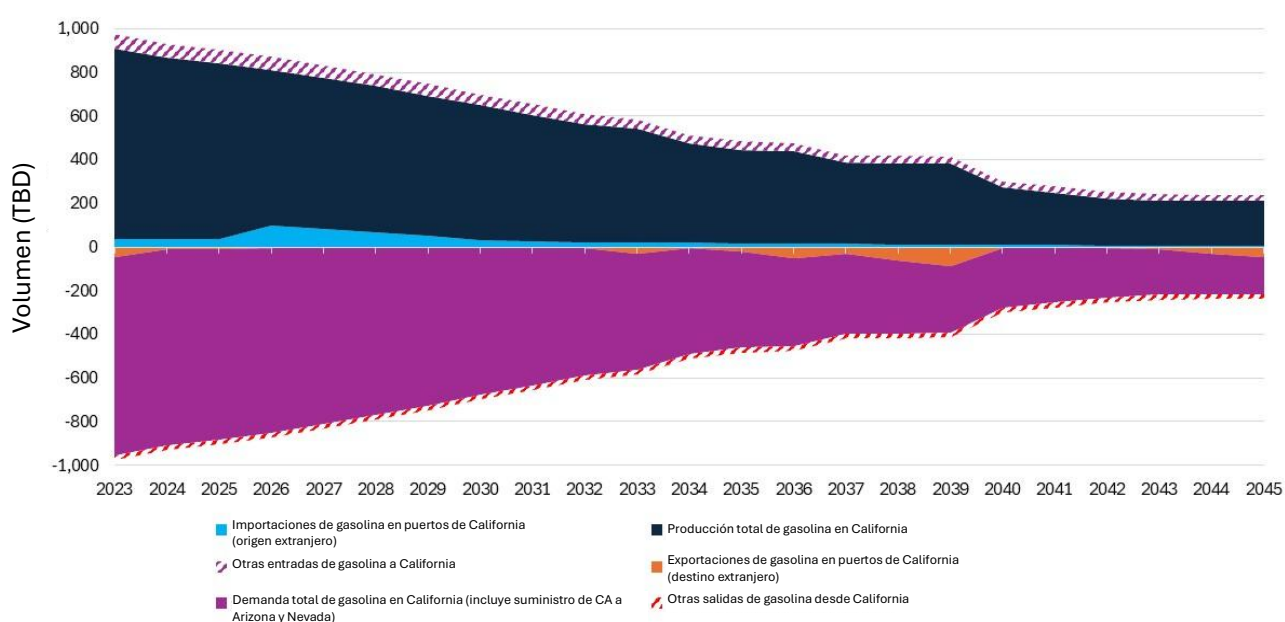


Figura 14. Resultados del suministro y la demanda de gasolina hasta 2045: escenario de adopción moderada de ZEV

Figura 15 ofrece los resultados del suministro y la demanda de gasolina en el escenario de adopción lenta de ZEV. En este escenario, la demanda disminuye mucho menos rápidamente que en los escenarios de adopción rápida y moderada de ZEV. Por lo tanto, se necesitan más importaciones después de los cierres de refinerías anunciados en 2026, y el excedente de gasolina se acumula incluso con menos rapidez. La mayor parte de la demanda se satisface mediante ajustes de la producción, lo que permite a las refinerías funcionar mucho más tiempo sin cerrar (dando lugar a un solo cierre adicional). Esto también indica que el rango de ajuste de utilización asumido puede dar cuenta de los descensos más lentos de la demanda asumidos en este escenario.

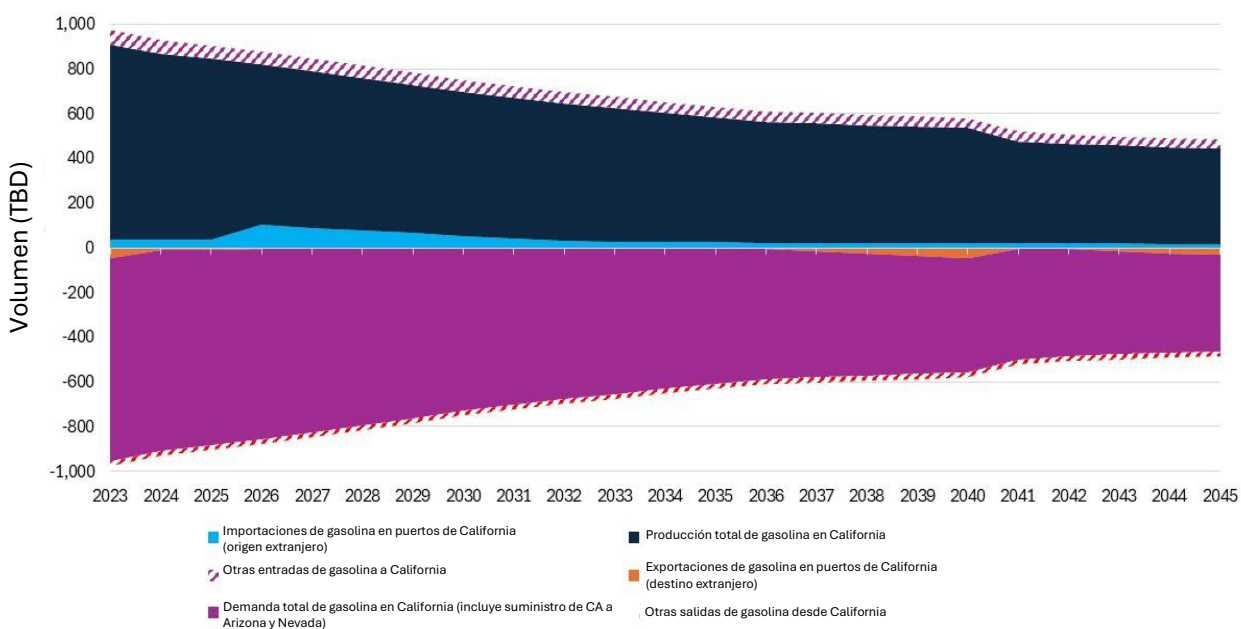


Figura 15. Resultados del suministro y la demanda de gasolina hasta 2045: escenario de adopción lenta de ZEV

3.4.2 Diésel fósil

Esta sección presenta los resultados de suministro y demanda derivados del modelo para el diésel fósil en cada escenario de proyección de demanda. Los resultados de suministro y demanda de diésel fósil dependen de la producción de las refinerías de diésel fósil, de la demanda total de diésel en California y de la penetración de la demanda de diésel renovable (RD) y biodiésel en el mercado general de California. Los resultados de suministro y demanda de diésel renovable se analizan y muestran con más detalle en la Sección 0.

Los resultados para el escenario de adopción rápida de ZEV se muestran en Figura 16. A pesar del descenso en la producción de diésel fósil debido a los cierres de refinerías previstos para 2026, se proyecta un aumento de las exportaciones de diésel fósil durante la primera etapa del período de proyección. Esto se debe a que el descenso de la producción de las refinerías coincide con un descenso de la demanda de diésel fósil. Este descenso obedece al aumento proyectado de la demanda de diésel renovable en el mercado general del diésel (véase Figura 17). A medida que la demanda de diésel renovable disminuye con el tiempo, la demanda de diésel fósil aumenta, dado que se asume que la demanda global de diésel no se reduce tan rápidamente como la del diésel renovable. A medida que se producen cierres de refinerías debido a los impactos en el tráfico portuario de diésel y otros combustibles, la producción disminuye y resulta necesario importar diésel fósil. En el escenario de adopción rápida de ZEV, el modelo determina que los cierres de refinerías se producirán en las primeras etapas del período de proyección, lo que incrementa la necesidad de importar diésel fósil para sostener el suministro al mercado.

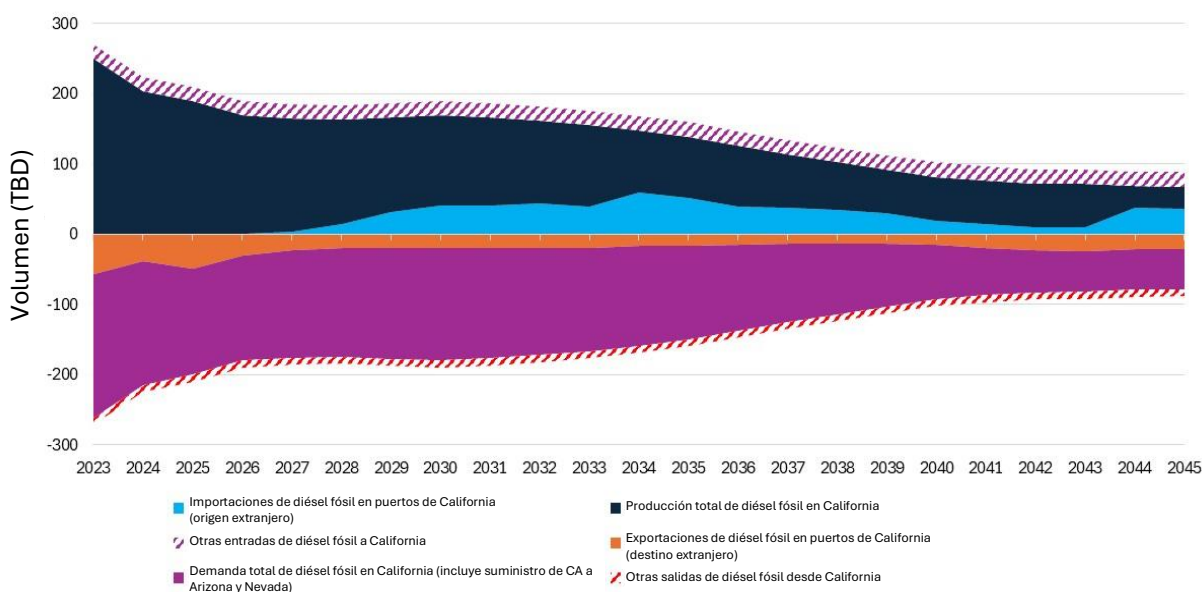


Figura 16. Resultados del suministro y la demanda de diésel fósil hasta 2045: escenario de adopción rápida de ZEV

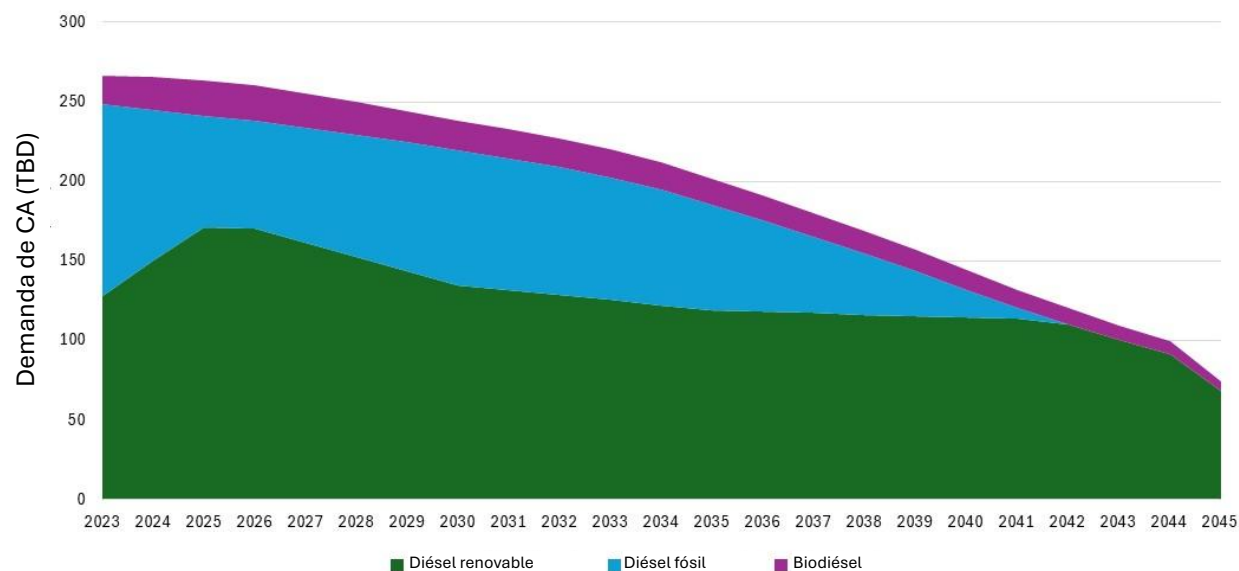


Figura 17. Resultados detallados de la demanda de diésel, escenario de adopción rápida de ZEV

Los resultados de suministro y demanda del escenario de adopción moderada de ZEV se muestran a continuación en la Figura 18. En este escenario, la demanda global de diésel disminuye más rápidamente (Figura 19). Esto se traduce en un aumento de las exportaciones en el primer periodo de proyección, a pesar de los cierres de refinerías anunciados para 2026 y de la pérdida de producción de diésel fósil. Además, dado que la demanda global de diésel disminuye con mayor rapidez y que la demanda de diésel renovable se mantiene constante durante gran parte del período de proyección en todos los escenarios, se observa una menor demanda de diésel fósil en el mercado en general. Ello implica una reducción de las importaciones a lo largo del tiempo en comparación con los escenarios de adopción rápida de ZEV, y la necesidad de exportar diésel fósil cada año hasta 2045.

Crecimiento

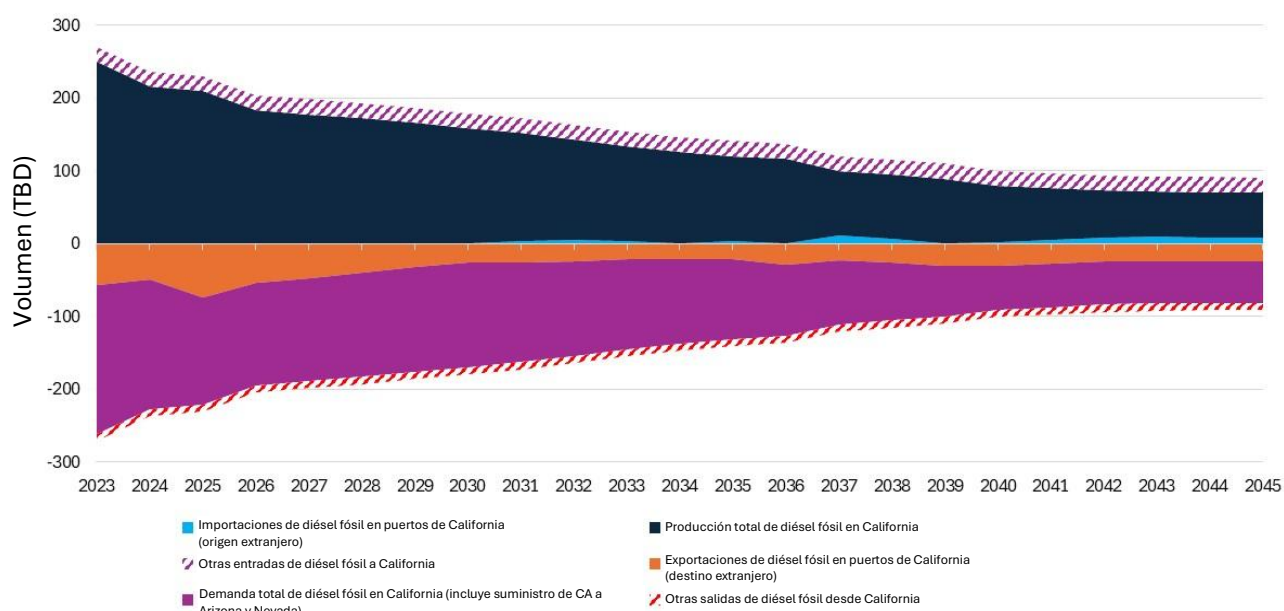


Figura 18. Resultados del suministro y la demanda de diésel fósil hasta 2045: escenario de adopción moderada de ZEV

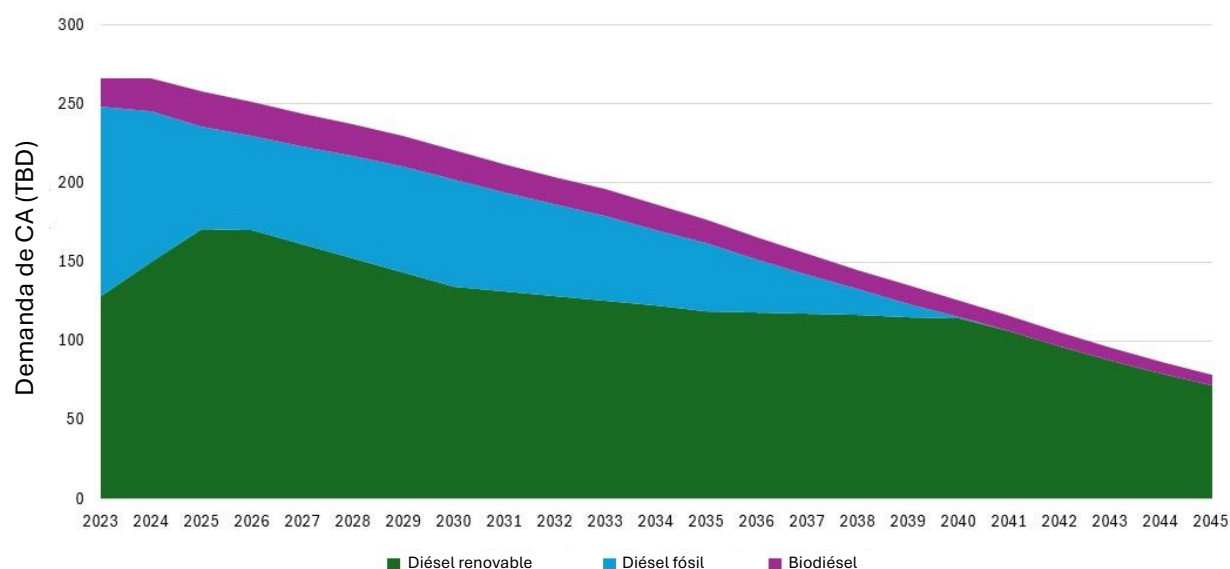


Figura 19. Resultados detallados de la demanda de diésel, escenario de adopción moderada de ZEV

En los resultados del escenario de adopción lenta de ZEV mostrados en Figura 20, la demanda global de diésel es la que disminuye más lentamente (Figura 21). El aumento inicial de las exportaciones de diésel fósil aún se produce, de forma similar a los resultados de los escenarios de adopción rápida y moderada de ZEV. Una vez más, estas exportaciones tienen lugar debido a la disminución de la demanda de diésel fósil (en paralelo con el aumento de la demanda de

diésel renovable), a pesar de la pérdida de producción de las refinerías en 2026.. En el escenario de adopción lenta de ZEV, dado que la demanda global de diésel se mantiene elevada, se observa una mayor demanda de diésel fósil a lo largo del tiempo que en los escenarios de adopción rápida y moderada. Se requieren muy pocas importaciones y las exportaciones de diésel fósil se mantienen relativamente constantes hasta 2045.

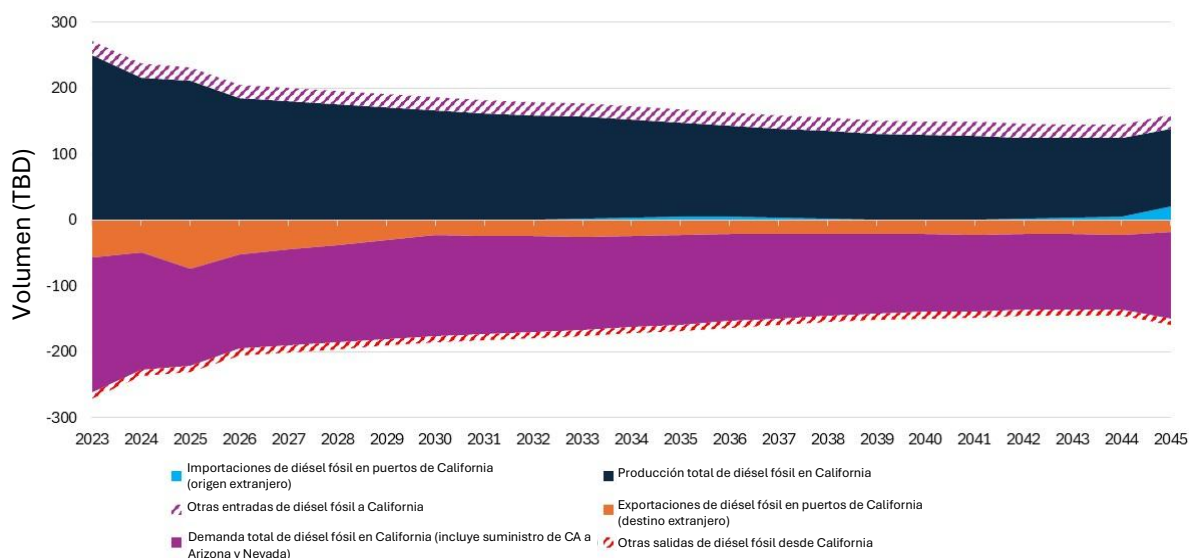


Figura 20. Resultados del suministro y la demanda de diésel fósil hasta 2045: escenario de adopción lenta de ZEV

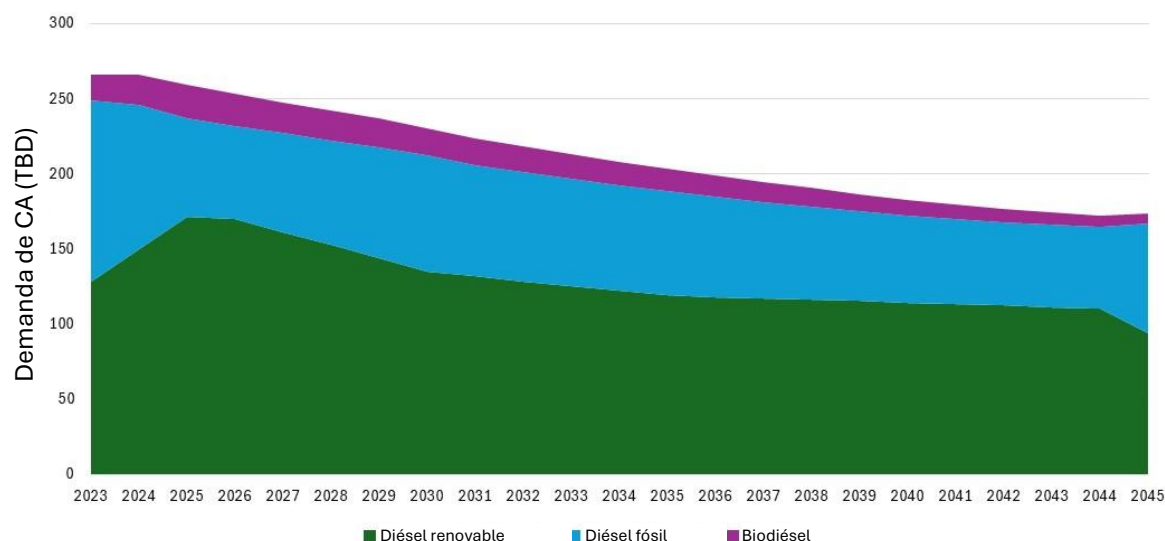


Figura 21. Resultados detallados de la demanda de diésel, escenario de adopción lenta de ZEV

3.4.3 Diésel renovable

El suministro y la demanda de diésel renovable (RD) presentan características únicas respecto de los demás combustibles fósiles analizados en esta sección, ya que los cambios en el mercado del RD no implican la necesidad de modificar el tráfico portuario para mantener el equilibrio del mercado. En su lugar, el modelo asume que los cambios previstos en la demanda a lo largo del tiempo se abordarán a través de la producción futura y los movimientos ferroviarios nacionales. Sin embargo, la demanda supuesta de diésel renovable (RD) en California incide directamente en la cantidad de movimientos de diésel fósil necesarios para mantener el equilibrio del mercado, tal como se señaló anteriormente en la Sección 3.4.2. Por lo tanto, es importante definir correctamente la demanda de RD, y el modelo debe garantizar que el suministro es suficiente para satisfacer dicha demanda.

Las tres figuras siguientes muestran los resultados del suministro y la demanda de RD en cada escenario de proyección de la demanda, basada en los datos de la LCFS de 2023 y en los cambios previstos a lo largo del tiempo según el Plan de Alcance 2022. La demanda crece a lo largo de 2025 y 2026, para luego descender en el resto del período de proyección. Para garantizar el suministro, el modelo contempla un incremento de las entradas nacionales por ferrocarril desde fuera del estado, junto con la producción de las refinerías P66 Rodeo y Marathon Martinez, ambas recientemente convertidas a la elaboración de diésel renovable.

Aunque los resultados que se presentan a continuación ofrecen un desglose de los movimientos para el conjunto del estado, ambas instalaciones de producción se encuentran en el norte de California. Por este motivo, existen diferencias notables en el equilibrio entre el suministro y la demanda en ambas regiones. A diferencia de la forma en que el modelo equilibra otros combustibles de transporte —mediante ajustes en las importaciones y exportaciones marítimas de cada combustible y región de manera independiente—, los cambios en cada región para el diésel renovable (RD) se abordaron considerando ambos mercados de manera simultánea.

En el Norte, se produce un excedente de diésel renovable (RD) en función de la demanda regional, pero este se evita reduciendo primero las importaciones nacionales de RD por ferrocarril. En el Sur, se produce un déficit debido a la demanda supuesta y a la ausencia de producción en la región. Para evitar una reducción innecesaria de la producción estatal en el Norte —y, al mismo tiempo, un incremento de las importaciones nacionales por ferrocarril en el Sur—, el modelo asume que el excedente de diésel renovable (RD) en el Norte se traslada al Sur mediante transporte ferroviario intraestatal. Si este envío intraestatal de diésel renovable (RD) genera posteriormente un excedente en el Sur, las entradas ferroviarias nacionales en esa región se reducen primero, antes de limitar la producción. Por último, la reducción de la producción estatal se produce cuando la demanda en ambas regiones desciende a un volumen inferior al total supuesto de importaciones nacionales de RD por ferrocarril.

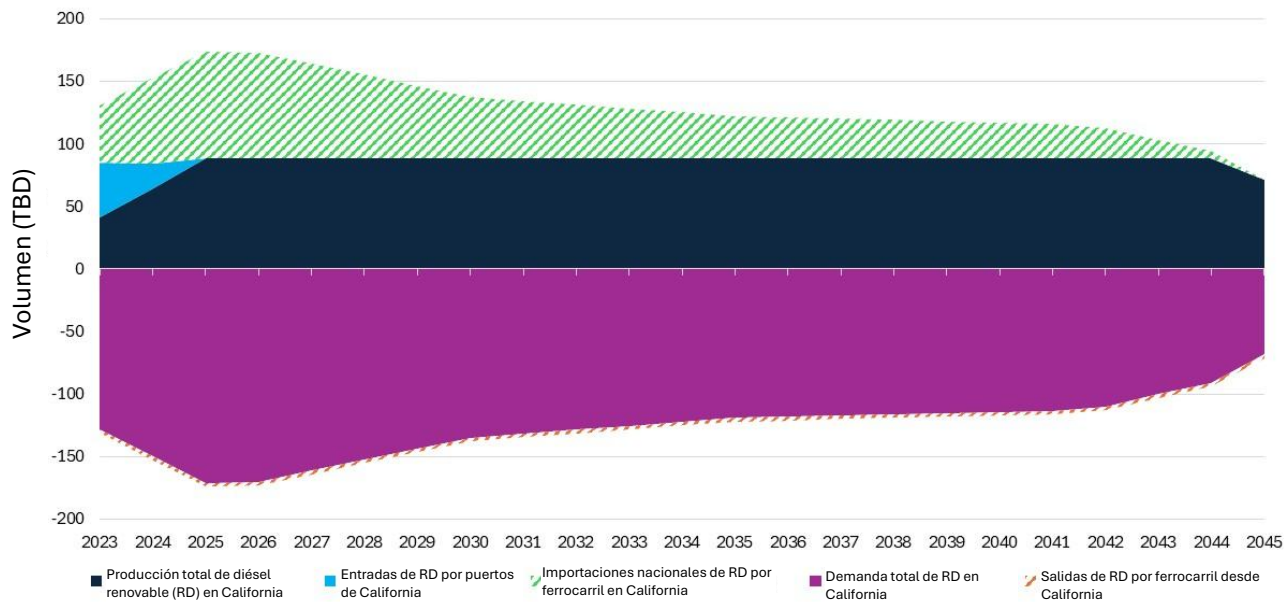


Figura 22. Resultados del suministro y la demanda de diésel renovable hasta 2045: escenario de adopción rápida de ZEV

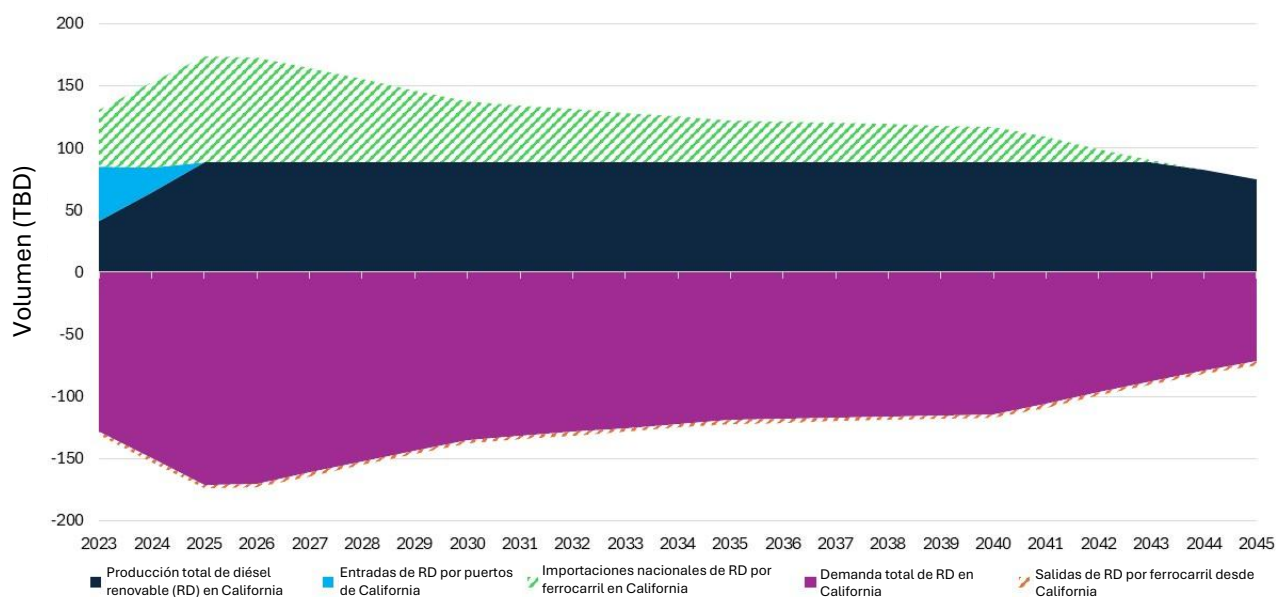


Figura 23. Resultados del suministro y la demanda de diésel renovable hasta 2045: escenario de adopción moderada de ZEV

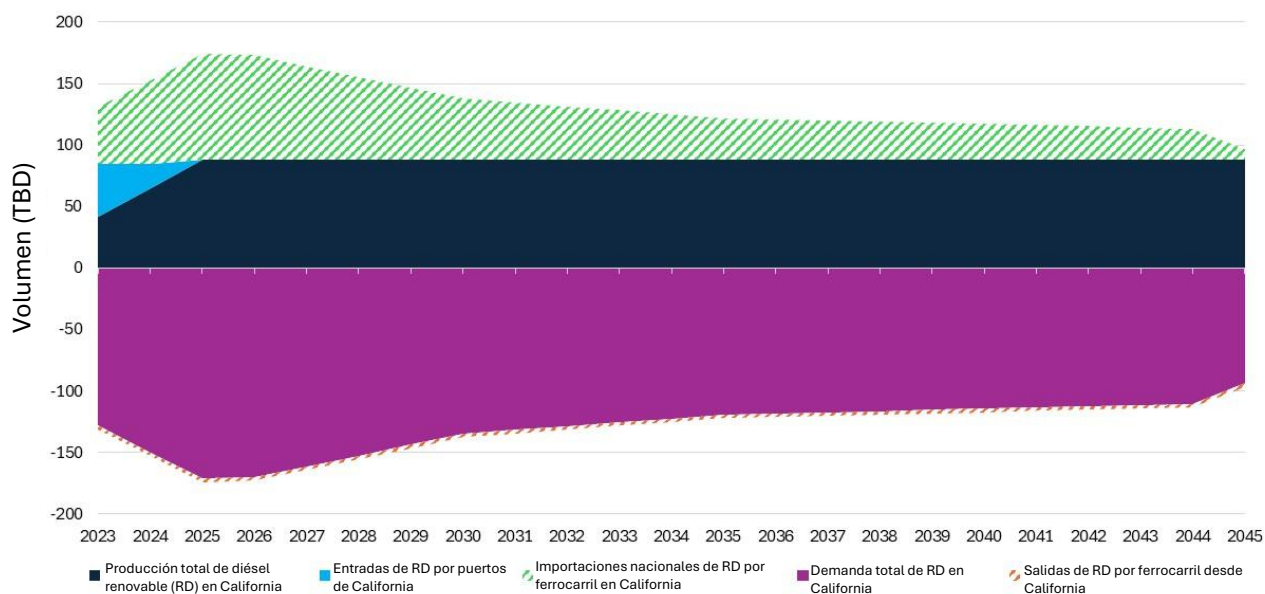


Figura 24. Resultados del suministro y la demanda de diésel renovable hasta 2045: escenario de adopción lenta de ZEV

3.4.4 Combustible de aviación

En esta sección se presentan los resultados del suministro y la demanda de combustible de aviación en cada uno de los escenarios de proyección de la demanda. El combustible de aviación se diferencia de la gasolina y el diésel en que se prevé que su demanda aumente —en lugar de disminuir— hacia 2045. Esto crea la necesidad de aumentar las importaciones, lo que se traduce en una mayor congestión portuaria y, potencialmente, en la interrupción del

funcionamiento de las refinerías. A medida que la producción de las refinerías disminuye con el descenso de la demanda de gasolina, se necesitan importaciones adicionales de combustible de aviación para garantizar el suministro del mercado. La combinación de estos dos factores ejerce un impacto significativo tanto en los plazos como en el número de cierres de refinerías.

A continuación la Figura 25 muestra los resultados del suministro y la demanda de combustible de aviación en el escenario de adopción rápida de ZEV. Como se ha descrito anteriormente, las importaciones de combustible de aviación aumentan significativamente a lo largo del periodo de proyección a medida que aumenta la demanda del combustible y disminuye la producción de las refinerías. La producción disminuye con el tiempo a medida que se producen cierres de refinerías debido al tráfico portuario derivado del aumento de las exportaciones de gasolina y de las importaciones de combustible de aviación. La proporción de combustible de aviación suministrado al mercado mediante importaciones extranjeras aumenta de menos del 12% en 2023 a más del 80% en 2045.

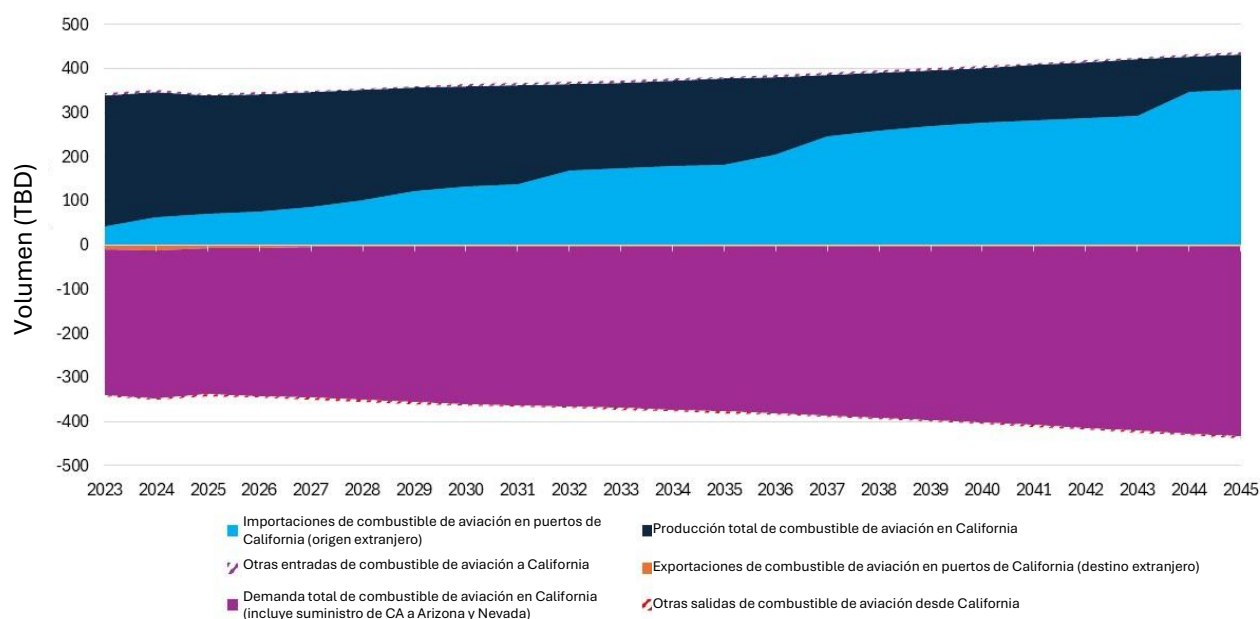


Figura 25. Resultados del suministro y la demanda de combustible de aviación hasta 2045: escenario de adopción rápida de ZEV

Figura 26 ofrece los resultados del suministro y la demanda de combustible de aviación en el escenario de adopción moderada de ZEV. Los resultados en este escenario son similares a los del escenario de adopción rápida de ZEV, en tanto que las importaciones de combustible de aviación continúan mostrando un aumento significativo hacia 2045. Sin embargo, la proporción de importaciones extranjeras de combustible de aviación sobre el suministro total es menor que en el escenario de adopción rápida de ZEV, ya que se producen menos cierres de refinerías y, en consecuencia, una mayor producción de este combustible permanece más tiempo en el

mercado. Los resultados no muestran aumentos significativos de las importaciones de combustible de aviación fuera de los años en los que se producen ciertos cierres de refinerías.

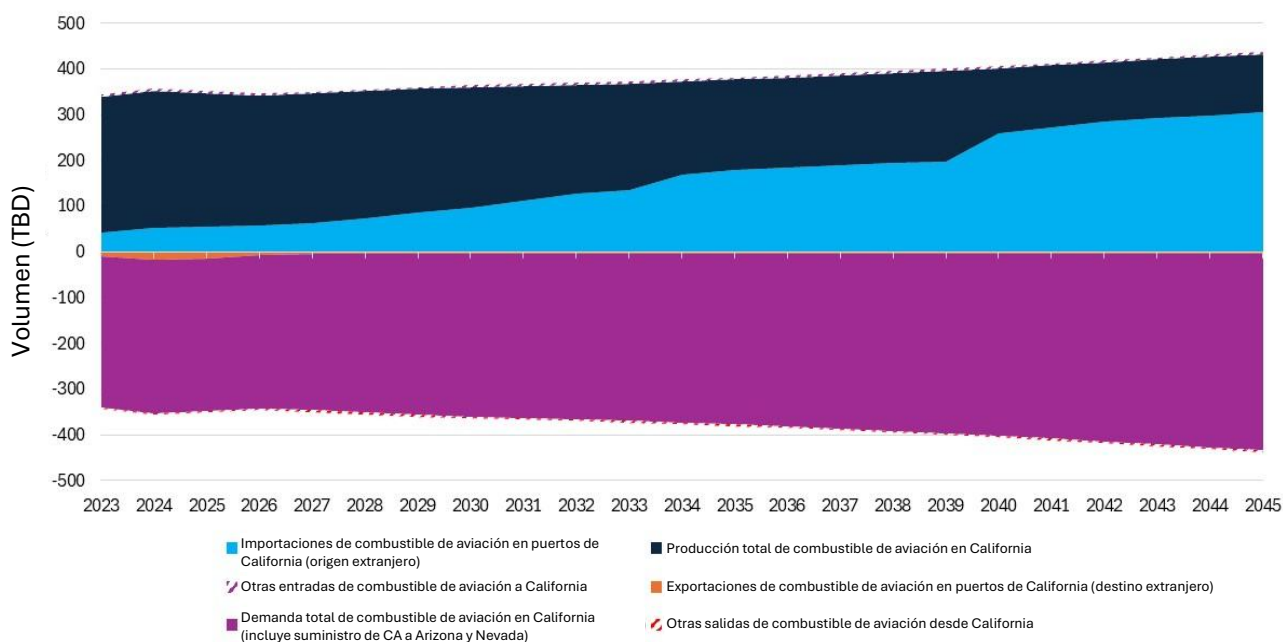


Figura 26. Resultados del suministro y la demanda de combustible de aviación hasta 2045: escenario de adopción moderada de ZEV

En el escenario de adopción lenta de ZEV, las importaciones extranjeras de combustible de aviación aumentan notablemente menos que en los escenarios de adopción rápida y moderada de ZEV. En este escenario, la proporción del suministro proveniente de importaciones de combustible de aviación aumenta del 12% en 2023 a algo más del 50% en 2045, aproximadamente un 30% menos que la proporción atribuida a las importaciones en el escenario de adopción rápida de ZEV. Esto se debe a que la demanda de gasolina sigue siendo alta en este escenario, lo cual reduce los excedentes y las exportaciones necesarias, provocando así menos cierres de refinerías. Dado que algunas refinerías mantienen su operación durante más tiempo, pueden aportar una mayor producción de combustible de aviación al mercado, lo que disminuye la necesidad de importaciones.

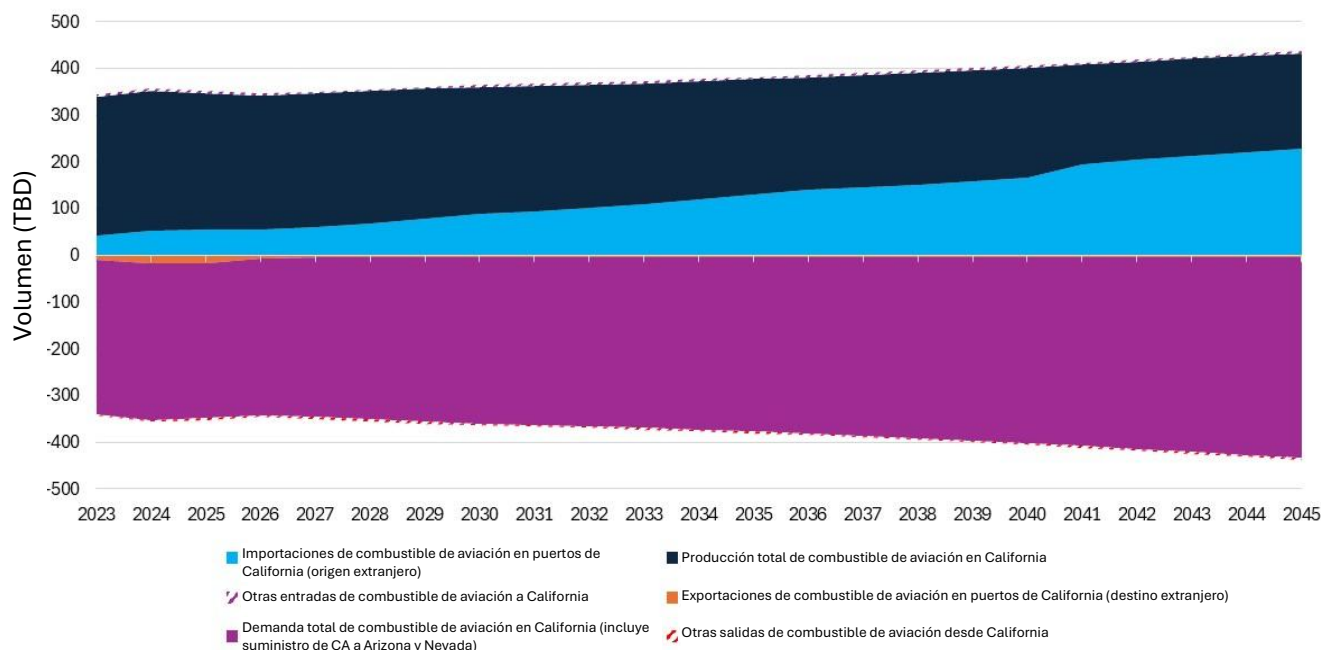


Figura 27. Resultados del suministro y la demanda de combustible de aviación hasta 2045: escenario de adopción lenta de ZEV

3.5 Resultados del tráfico portuario de California

Los resultados presentados en esta sección muestran el volumen acumulado de tráfico marítimo que debe transitar por los puertos de California para garantizar el suministro y el equilibrio de cada mercado. Los resultados se ofrecen para cada escenario de proyección de la demanda. Los flujos portuarios están representados por las importaciones y exportaciones extranjeras, así como por los movimientos nacionales e intraestatales; se incluyen todos los movimientos de gasolina, diésel fósil y combustible de aviación. En cada gráfico se destacan dos flujos notables: las exportaciones de gasolina y las importaciones de combustible de aviación. Estos flujos se distinguen de los demás por su correspondencia con la evolución de la producción y la demanda de las refinerías, así como por su influencia en las restricciones de capacidad portuaria y en los cierres de refinerías.

Para ilustrar cuándo se decide cerrar una refinería, el modelo considera en primer lugar la acumulación de excedentes de gasolina (la zona sombreada en morado más baja). Cuando esta acumulación sobrepasa la supuesta restricción de exportación de gasolina de 50 TBD en la región Norte o Sur, el modelo selecciona una refinería para cerrar. Este cierre reduce la producción (y el excedente) de gasolina en el mercado para ese año. El modelo hace esto hasta que la restricción ya no se supera para cada año hasta 2045. A medida que disminuye la demanda de gasolina y diésel, cierran las refinerías y se reduce la producción de combustible de aviación. La combinación de las exportaciones de gasolina y diésel con las importaciones de combustible de aviación implica que el volumen de tráfico que deben absorber los puertos aumenta inevitablemente con el tiempo. Cuando el volumen total de tráfico alcance la restricción de capacidad portuaria total, el modelo seleccionará también el cierre de una refinería para intentar equilibrar el mercado.

Los resultados del tráfico portuario para el escenario de adopción rápida de ZEV se muestran en Figura 28. En 2026 se observa un leve incremento del tráfico portuario a medida que se producen los cierres anunciados de refinerías, lo que genera temporalmente la necesidad de importaciones adicionales. Con el tiempo, las exportaciones de gasolina aumentan y alcanzan la restricción de capacidad portuaria de 50 mil barriles diarios, lo que indica que una refinería debe cerrar. Esto reduce temporalmente el excedente de gasolina, antes de que vuelva a aumentar cuando la demanda disminuye con el tiempo, lo que provoca el cierre de más refinerías. En este escenario, también se observa un gran aumento del tráfico portuario en 2044, ya que se elimina una cantidad significativa de la producción de las refinerías y se necesitan importaciones adicionales de todos los combustibles. Las importaciones de combustible de aviación representan el mayor movimiento portuario en 2045, un resultado consistente en todos los escenarios de demanda.

Este escenario supone el cierre de un total de 7 de las 9 refinerías hacia 2045.

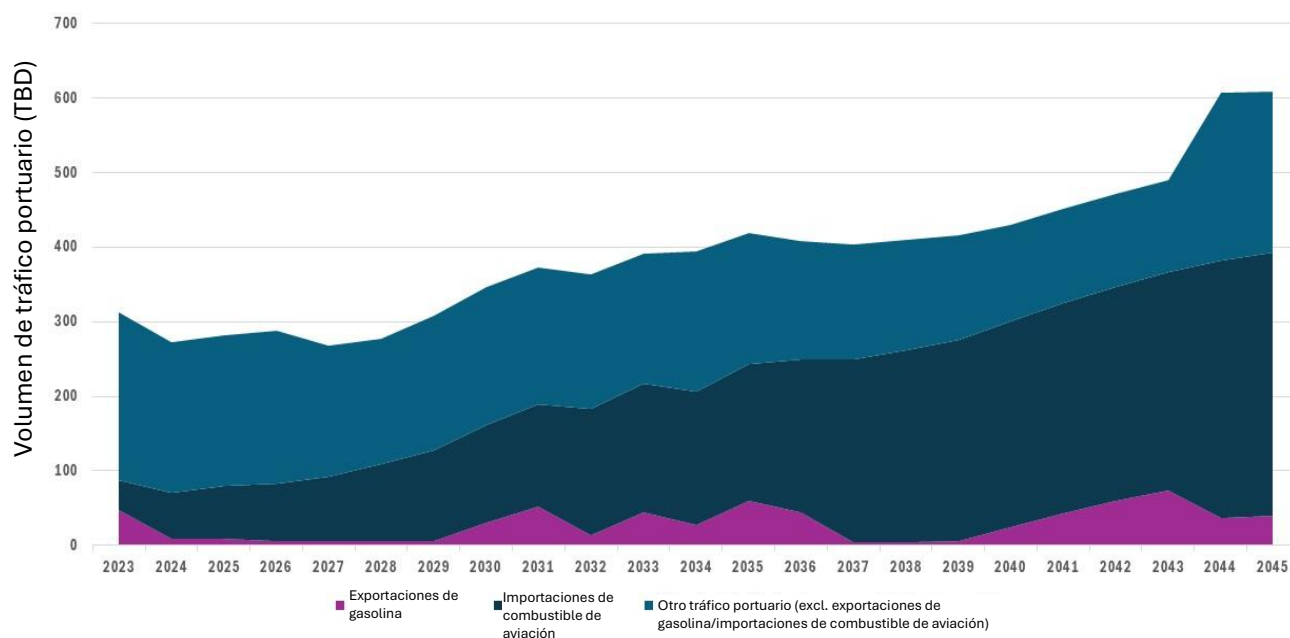


Figura 28. Tráfico portuario hasta 2045: escenario de adopción rápida de ZEV

Los resultados del tráfico portuario para el escenario de adopción moderada de ZEV se muestran en Figura 29. En estos resultados se observan tendencias similares en el tráfico portuario a las del escenario de adopción rápida de ZEV. Sin embargo, este escenario requiere menos tráfico en general ya que la demanda de gasolina no disminuye tan rápidamente. Por las razones mencionadas a lo largo de esta sección, una caída más moderada de la demanda se traduce en menos congestión portuaria y menos cierres de refinerías. Como se observa en el escenario de adopción rápida de ZEV, las importaciones de combustible de aviación constituyen el mayor movimiento portuario en 2045.

Este escenario tiene como resultado el cierre de un total de 6 de las 9 refinerías hacia 2045.

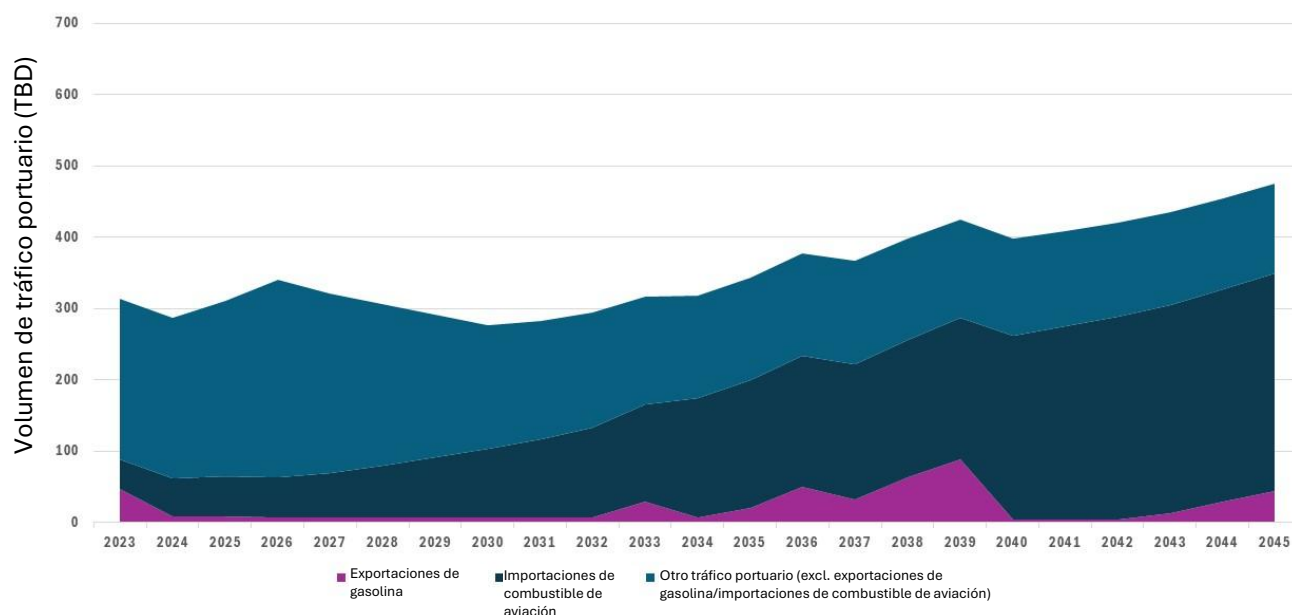


Figura 29. Tráfico portuario hasta 2045: escenario de adopción moderada de ZEV

Por último, el escenario de adopción lenta de ZEV genera un tráfico portuario aún menor (Figura 30) que el escenario de adopción moderada ZEV. Una disminución aún menos marcada de la demanda se traduce en menos congestión portuaria y menos cierres de refinerías, y el excedente de gasolina no provoca un cierre hasta 2042. En 2045, las importaciones de combustible de aviación vuelven a constituir el mayor movimiento portuario; sin embargo, en este caso representan la menor proporción de tráfico respecto del total en todos los escenarios de proyección de la demanda.

Este escenario tiene como resultado el cierre de un total de 3 de las 9 refinerías hacia 2045.

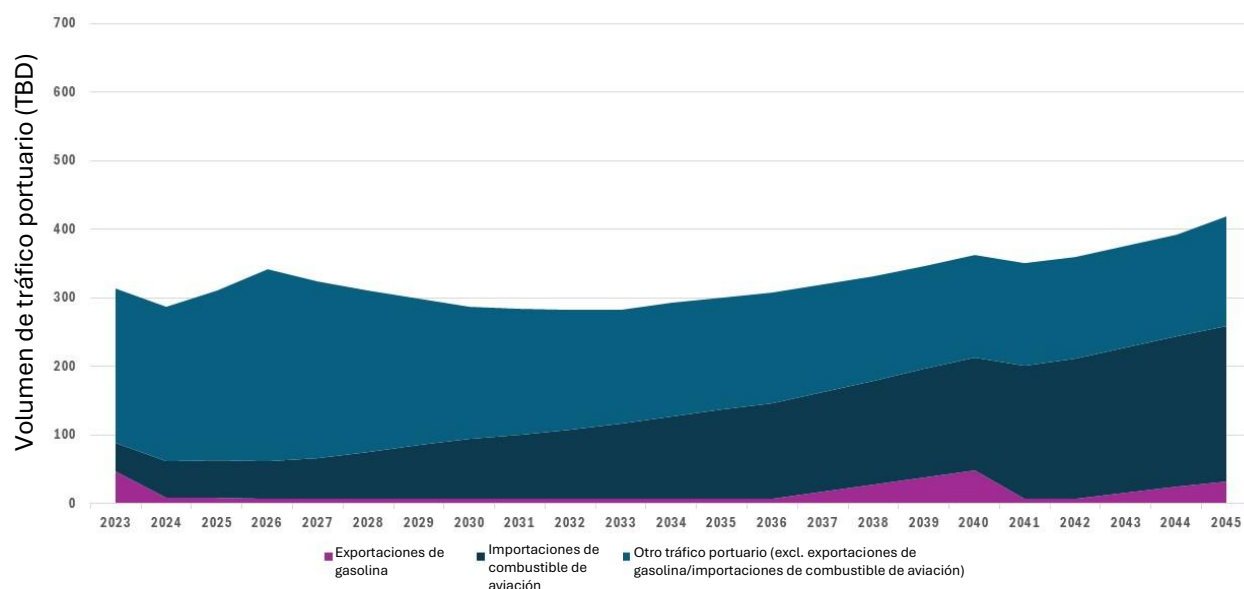


Figura 30. Tráfico portuario hasta 2045: escenario de adopción lenta de ZEV

3.6 Resumen de los principales resultados

Este capítulo ha proporcionado un desglose detallado de varios resultados del modelo para cada combustible para el transporte y escenario de proyección de la demanda. Cada escenario refleja un conjunto de supuestos del modelo que inciden en los plazos de producción de combustibles para el transporte y en el cierre de refinerías. El número de cierres de refinerías de aquí a 2045 depende en gran medida del grado de disminución de la demanda asumido para cada producto: cuanto más agresiva es la caída, mayor es la cantidad de cierres y más corto el plazo en que se producen. Los principales resultados indican que los cierres de refinerías pueden oscilar entre **siete de nueve** en el escenario de adopción rápida de ZEV y **tres de nueve** previstos en el escenario de adopción lenta de ZEV. Aunque las decisiones de la industria se basan en una compleja combinación de factores y los resultados del modelo aquí comentados no pretenden constituir una predicción formal, sí ofrecen una visión de los impactos potenciales del descenso de la demanda y de las áreas donde podrían surgir futuros problemas de suministro y demanda.