

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Facultad de Ingeniería**

**Data Science – LYNETTE GARCIA PEREZ**

**Sección 10**



## **Laboratorio 1**

Javier Chen, 22153

Gustavo Cruz, 22779

## **Introducción:**

Descripción del conjunto de datos:

Para el desarrollo de este laboratorio se utilizarán tres conjuntos de datos oficiales proporcionados por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) de Guatemala:

- Consumo de combustibles: Registra el volumen mensual en barriles desde enero del 2000 hasta mayo del 2025 para gasolina súper, regular, diésel (y diésel LS desde 2018) y gas licuado.
- Importación de combustibles: Contiene datos mensuales desde enero del 2001 hasta mayo del 2025, también en barriles de 42 galones.
- Precios promedios al consumidor final en Ciudad Capital: Incluye precios diarios desde el 1 de enero de 2021 hasta el 13 de julio de 2025, en quetzales por galón para las gasolinas y el diésel, y por cilindro de 25 lbs para el gas licuado.

Objetivo general de proyecto:

El objetivo principal de este proyecto es analizar y modelar series de tiempo relacionadas con el comportamiento de los combustibles en Guatemala, específicamente el consumo, la importación y el precio de la gasolina súper, gasolina regular, diésel y gas licuado. Se pretende identificar patrones, tendencias, estacionalidades y rupturas estructurales en las series seleccionadas, así como generar predicciones confiables para los próximos años, evaluando el impacto de eventos recientes como la pandemia y la guerra en Europa del Este.

### Análisis Exploratorio de Datos (EDA):

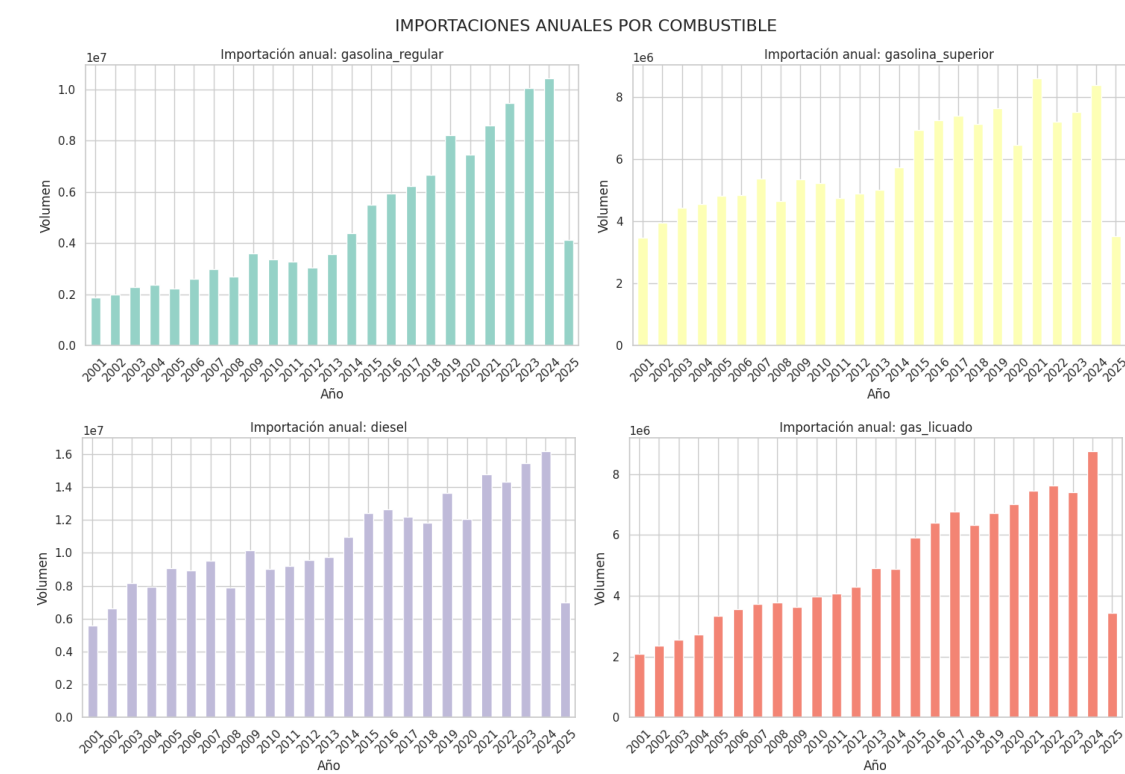
Varia ble	Media	Mediana	Desv.Estánd ar	Asime tría	Curtosis	Shapiro- Wilk (p- valor)	Distribu ción normal
Gaso lina regul ar	419,995.88	336,005. 72	247,117.97	0.662	-0.783	-0.783	No
Gaso lina supe rior	494,587.46	491,194. 71	157,844.29	0.481	0.594	0.975 (p=0.0 00)	No
Diés el	903,691.42	850,806. 89	299,374.67	0.294	-0.608	0.981 (p=0.0 01)	No
Gas Licua do	422,203.68	416,068. 30	205,906.33	0.406	-0.441		No

						0.958 (p=0.00)	
--	--	--	--	--	--	-------------------	--

### Importación de Combustibles por Año y Tipo (en barriles de 42 galones)

Año	Gasolina Regular	Gasolina Superior	Diésel	Gas Licuado
2001	1,877,504	3,458,874.87	5,567,078	2,097,517
2002	1,989,296	3,949,219.50	6,616,454	2,363,766
2003	2,275,638	4,441,777.12	8,164,190	2,558,650
2004	2,377,800	4,553,311.19	7,914,584	2,714,696
2005	2,218,207	4,808,488.58	9,085,582	3,333,176
2006	2,617,960	4,833,566.14	8,932,061	3,554,039
2007	3,001,754	5,378,957.05	9,512,925	3,732,188
2008	2,704,465	4,649,004.31	7,898,206	3,776,484
2009	3,616,520	5,343,285.48	10,136,660	3,624,486
2010	3,358,398	5,212,706.35	9,011,132	3,979,823
2011	3,268,362	4,733,637.74	9,219,828	4,073,975
2012	3,046,599	4,877,062.81	9,549,889	4,304,669
2013	3,585,079	5,015,279.88	9,760,898	4,915,256
2014	4,403,119	5,734,521.16	10,984,750	4,873,213
2015	5,499,986	6,918,916.69	12,397,310	5,918,686
2016	5,945,339	7,246,261.37	12,650,410	6,407,323
2017	6,221,674	7,381,421.78	12,185,100	6,764,869
2018	6,657,778	7,118,390.94	11,834,890	6,331,880
2019	8,208,984	7,633,772.98	13,617,010	6,706,638
2020	7,464,883	6,440,397.88	12,035,320	7,003,395

2021	8,594,555	8,595,855.05	14,749,750	7,453,865
2022	9,485,238	7,196,311.06	14,338,350	7,625,709
2023	10,064,680	7,502,208.95	15,440,600	7,397,946
2024	10,445,580	8,371,633.39	16,184,590	8,757,485
2025	4,129,387	3,519,264.15	6,994,019	3,435,944



La tabla y

graficas muestran la evolución anual de las importaciones de combustibles en Guatemala entre 2001 y 2025 (con datos parciales para 2025), expresadas en barriles de 42 galones.

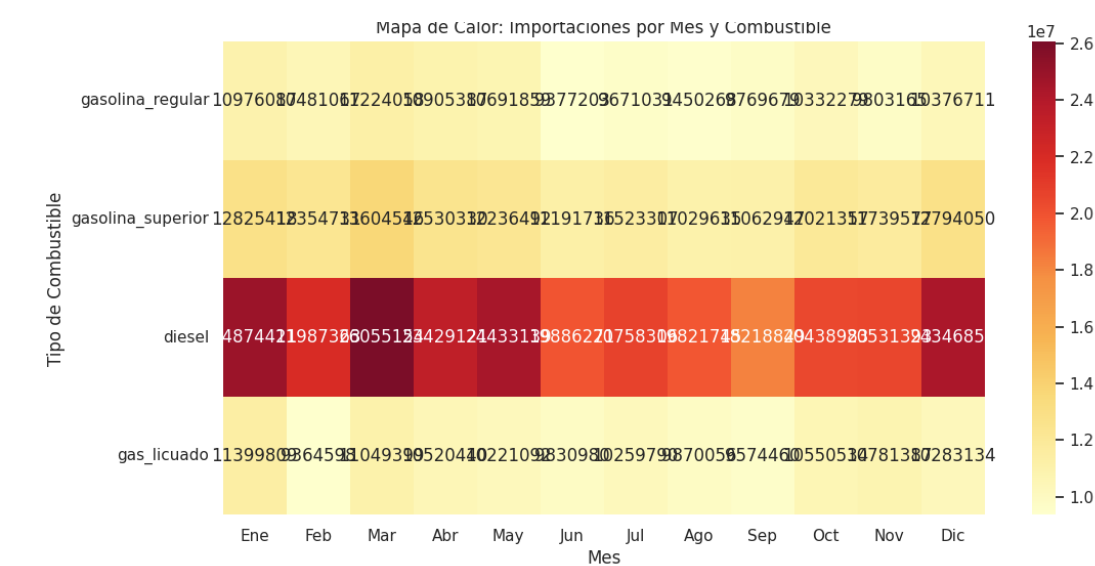
En cuanto a la gasolina regular, se observa un aumento sostenido a lo largo del tiempo: en 2001 se importaron 1.87 millones de barriles y para 2024 la cifra superó los 10 millones, reflejando un incremento significativo en el consumo de este tipo de combustible.

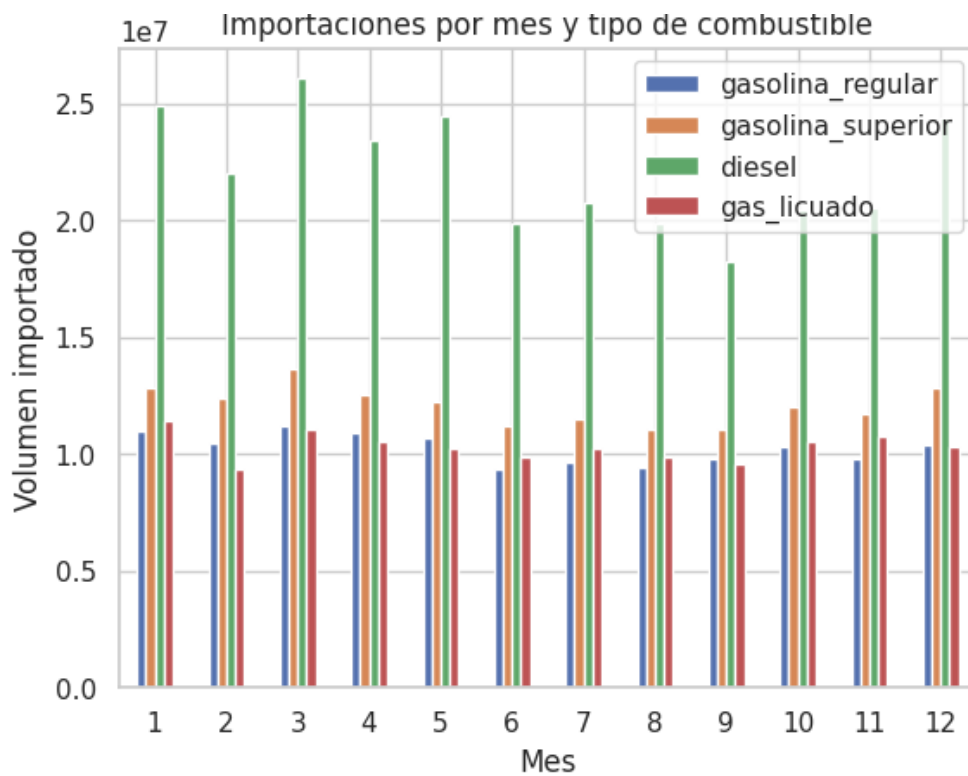
La gasolina superior presenta una tendencia similar, aunque con valores más variables; pasó de 1.17 millones de barriles en 2001 a más de 5 millones en 2024, lo que indica una demanda creciente pero menos pronunciada que la regular.

El diésel ha sido consistentemente el combustible más importado durante todo el período analizado; en 2001 se registraron 5.56 millones de barriles y en 2024 alcanzó los 16.36 millones, lo que refleja su importancia en el transporte pesado y la actividad industrial.

Por último, el gas licuado de petróleo (GLP) también muestra una tendencia de crecimiento constante, pasando de 2.16 millones de barriles en 2001 a cerca de 9 millones en 2024, lo que podría atribuirse a su uso extendido en los hogares guatemaltecos y en comercios. Cabe destacar que los valores correspondientes a 2025 son considerablemente más bajos, ya que los datos disponibles solo cubren una parte del año.

Puesto	Mes	Volumen Importado
1	Marzo	61,933,157
2	Enero	60,075,725
3	Diciembre	57,800,744
4	Mayo	57,582,582
5	Abril	57,385,278
6	Febrero	54,187,759
7	Octubre	53,343,153
8	Noviembre	52,855,522
9	Julio	52,212,434
10	Junio	50,286,189
11	Agosto	50,171,703
12	Septiembre	48,625,935

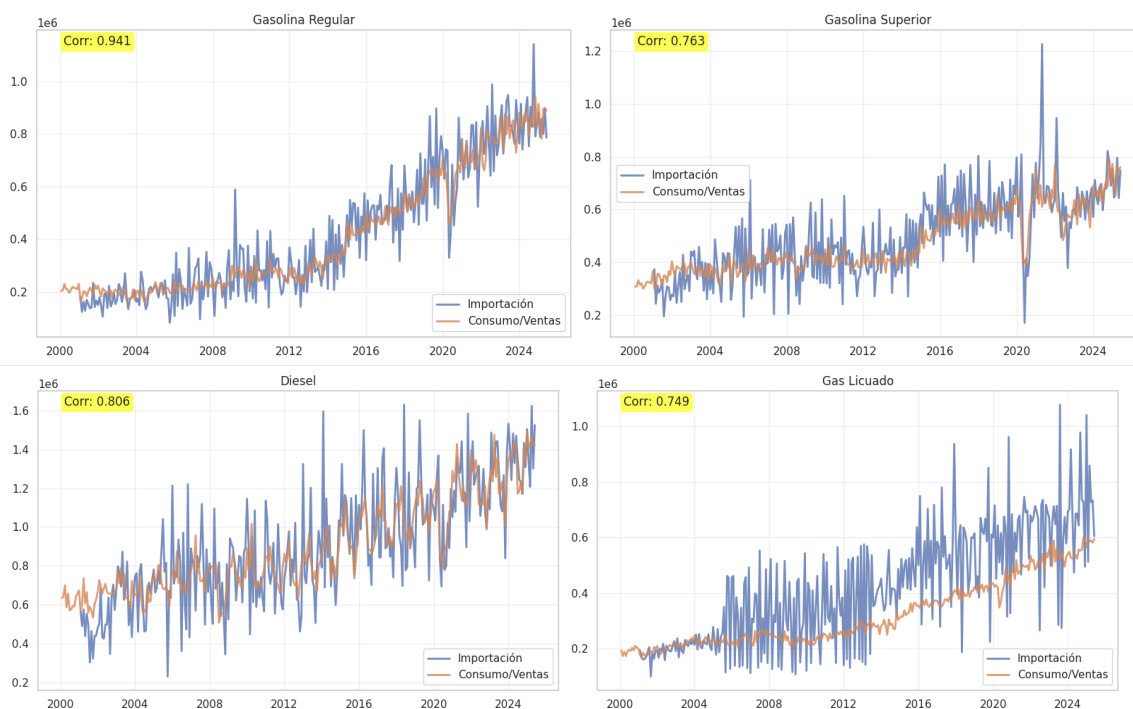




El ranking

mensual de importación total de combustibles, medido en barriles de 42 galones, muestra que marzo es el mes con mayor volumen acumulado, alcanzando más de 61.9 millones de barriles, seguido por enero con 60.1 millones y diciembre con 57.8 millones. Estos tres meses sobresalen por concentrar los niveles más altos de importación a lo largo del período analizado. En contraste, septiembre es el mes con menor volumen, con 48.6 millones de barriles, seguido de cerca por agosto y junio, ambos con poco más de 50 millones. Esta distribución sugiere que hay picos de demanda y abastecimiento especialmente a inicios y finales de año, mientras que los niveles más bajos se observan a mediados de año.

COMPARACIÓN TEMPORAL: IMPORTACIÓN VS CONSUMO



Analisis:

- Gasolina regular alcanzó su punto más alto en 2024 con 10,445,584, lo que indica un aumento reciente en su importación.

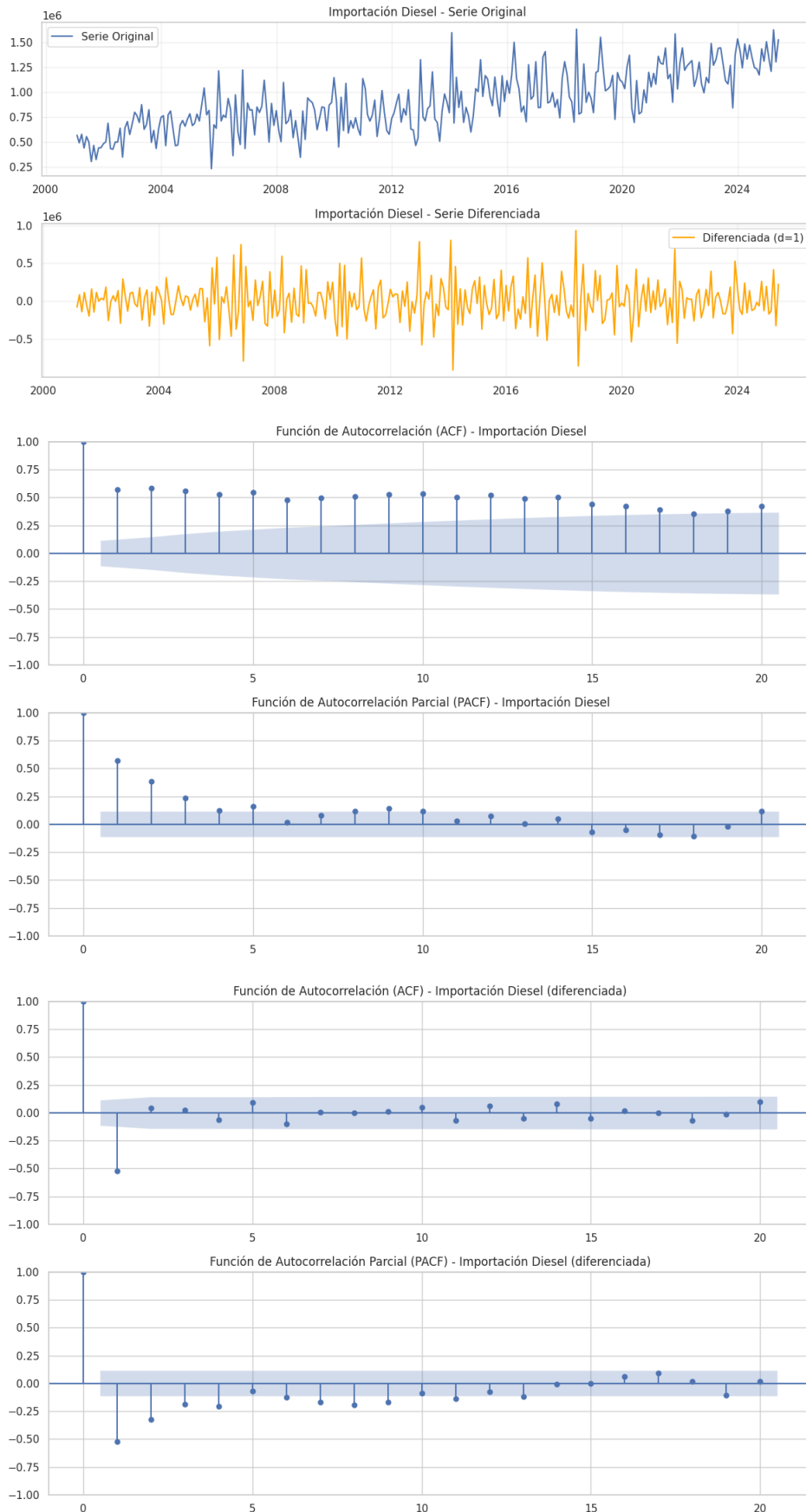
- Gasolina superior tuvo su mayor importación en 2021 con 8,595,855, siendo el único tipo cuyo pico no ocurrió en 2024.
- Diésel registró su pico también en 2024 con 16,184,588, siendo además el combustible con el valor más alto entre todos.
- Gas licuado alcanzó su máximo en 2024 con 8,757,485.

En resumen, 2024 fue el año con mayores importaciones para casi todos los combustibles, excepto para la gasolina superior, cuyo pico ocurrió en 2021.

## Series de Tiempo Seleccionadas:

Series Seleccionadas:

1. Importación Diesel
  - Período: 2001-01 a 2025-05 (293 observaciones, frecuencia mensual)
  - Tendencia: Creciente
  - Estacionalidad: Presente (variación estacional  $\approx 82,821$ )
  - Rango de valores: 229,764.74 a 1,630,635.64

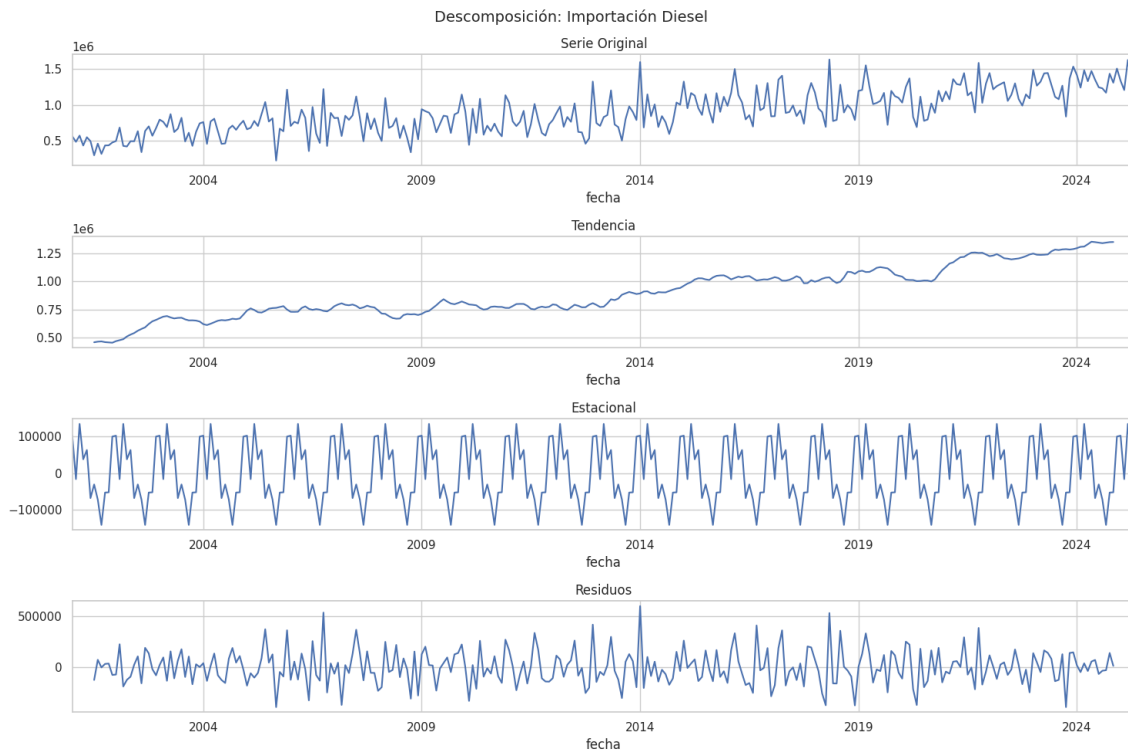


## Estacionariedad:

- Prueba ADF inicial: No estacionaria (p-valor = 0.8646)
- Diferenciación: 1 diferencia necesaria ( $d = 1$ )
- Después de la diferencia: La serie se vuelve estacionaria (p-valor = 0.0000)

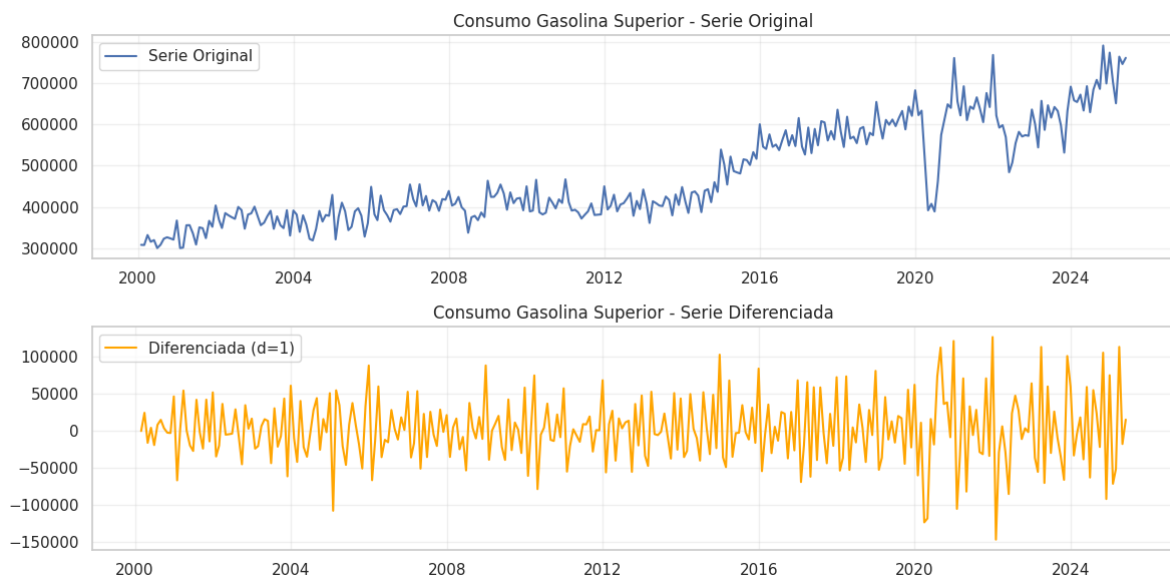


- Autocorrelación lag-1: De moderada positiva (0.575) a moderada negativa (-0.526) tras diferenciar



## 2. Consumo Gasolina Superior

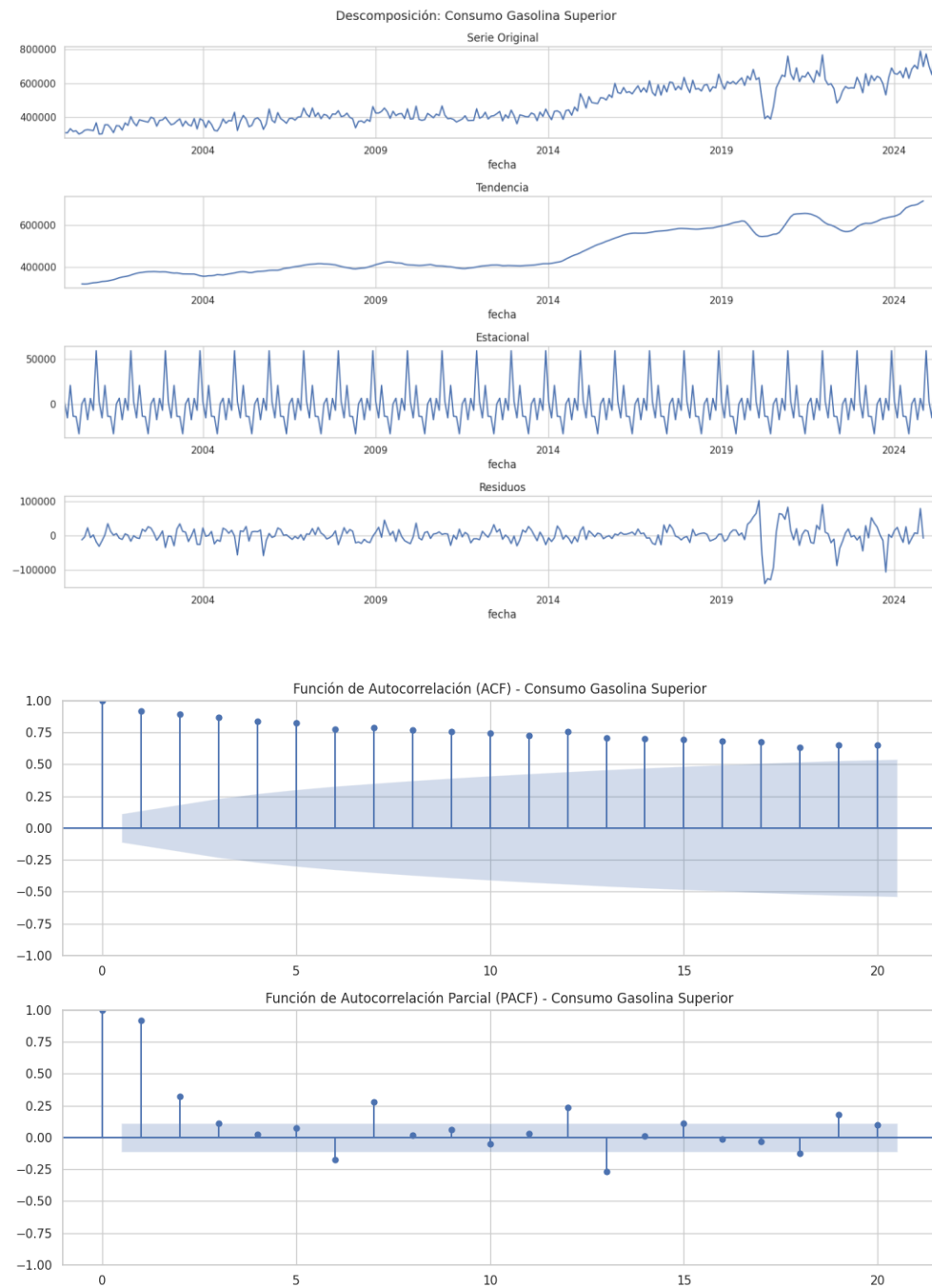
- Período: 2000-01 a 2025-05 (305 observaciones, frecuencia mensual)
- Tendencia: Creciente
- Estacionalidad: Presente (variación estacional  $\approx 22,138$ )
- Rango de valores: 300,242.78 a 790,948.04

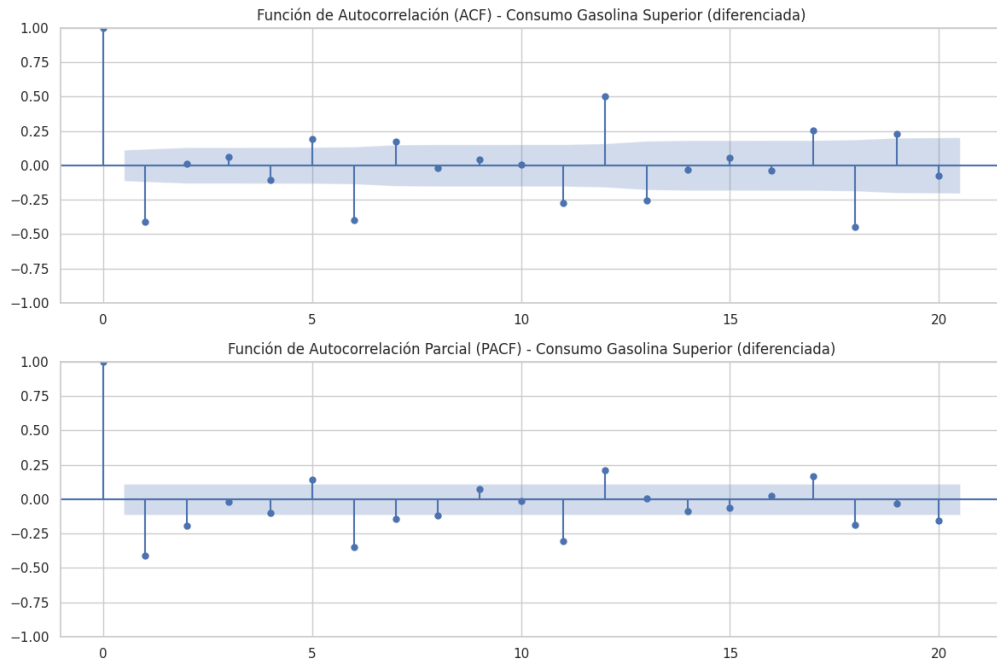


### Estacionariedad:

- Prueba ADF inicial: No estacionaria (p-valor = 0.9561)
- Diferenciación: 1 diferencia necesaria ( $d = 1$ )

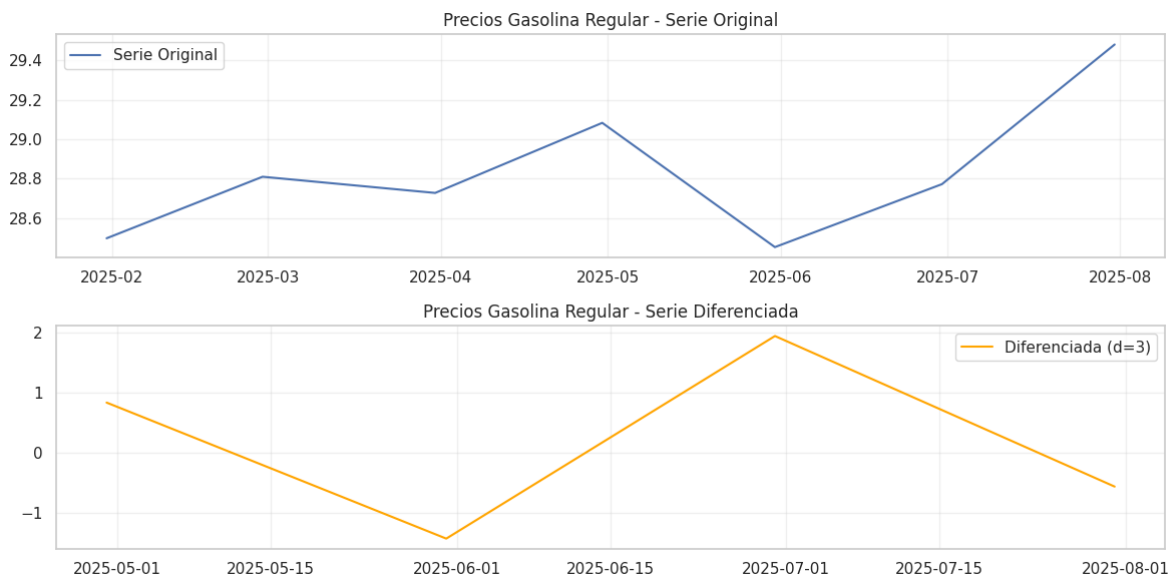
- Después de la diferencia: La serie se vuelve estacionaria (p-valor = 0.0004)
- Autocorrelación lag-1: De muy fuerte positiva (0.930) a moderada negativa (-0.412)





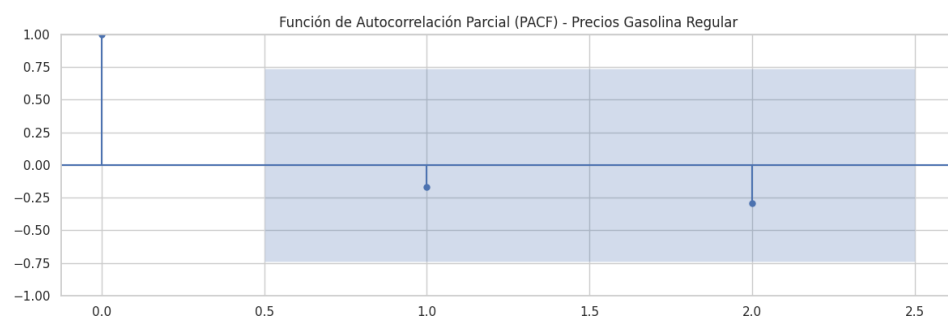
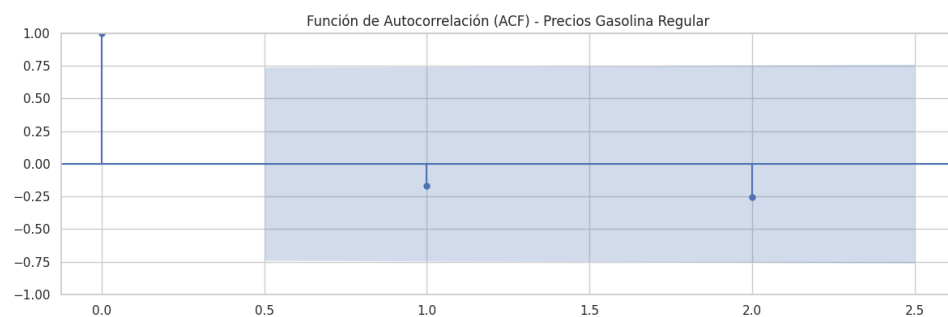
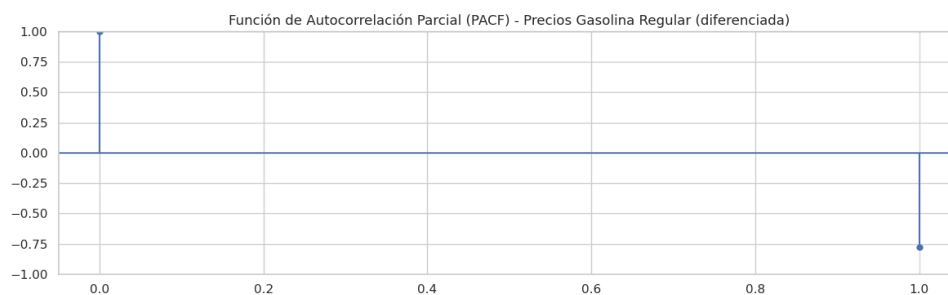
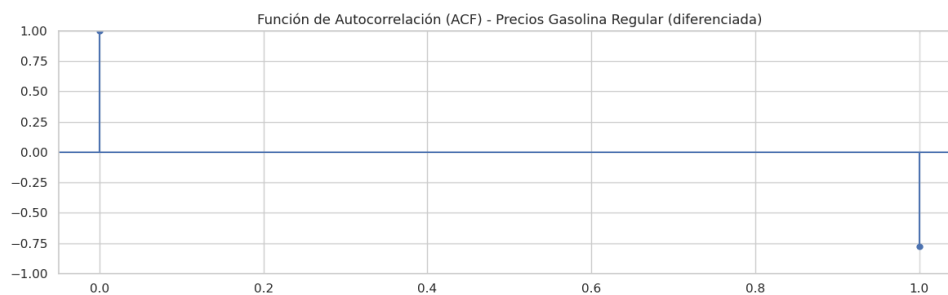
### 3. Precios Gasolina Regular

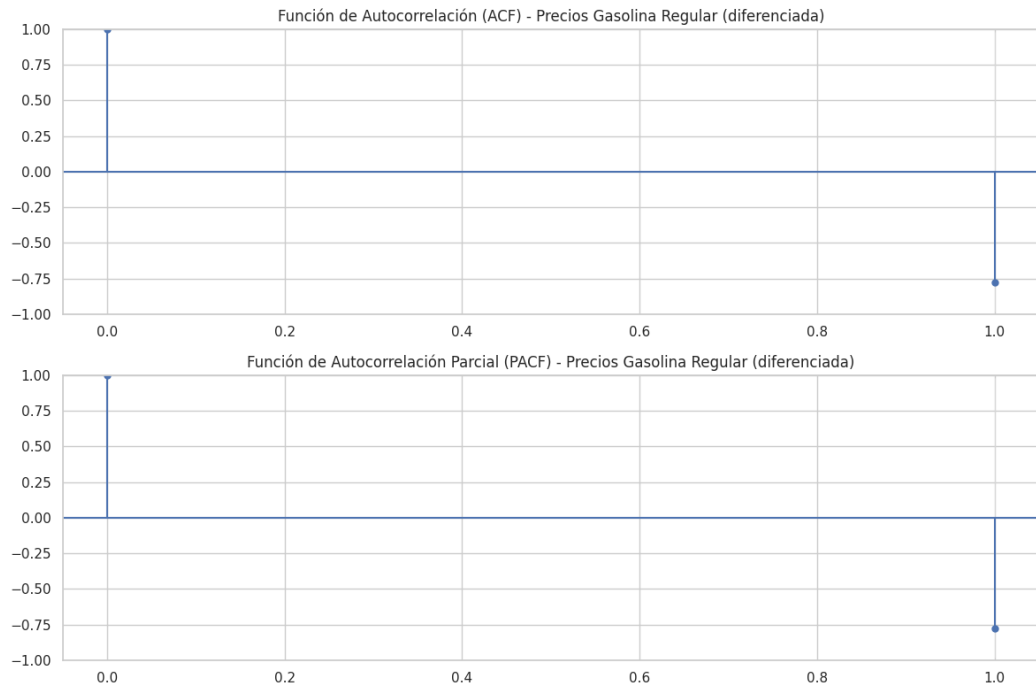
- Período: 2025-01 a 2025-07 (7 observaciones, frecuencia mensual)
- Tendencia y Estacionalidad: No concluyente por pocos datos
- Rango de precios: 28.45 a 29.48



#### Estacionariedad:

- Prueba ADF inicial: No estacionaria (p-valor = 0.2395)
- Diferenciaciones: Se necesitaron 3 para acercarse a la estacionariedad ( $d = 3$ )
- Después de la diferencia: Todavía no estacionaria, aunque el p-valor mejora
- Autocorrelación lag-1: Fuerte negativa (-0.838)



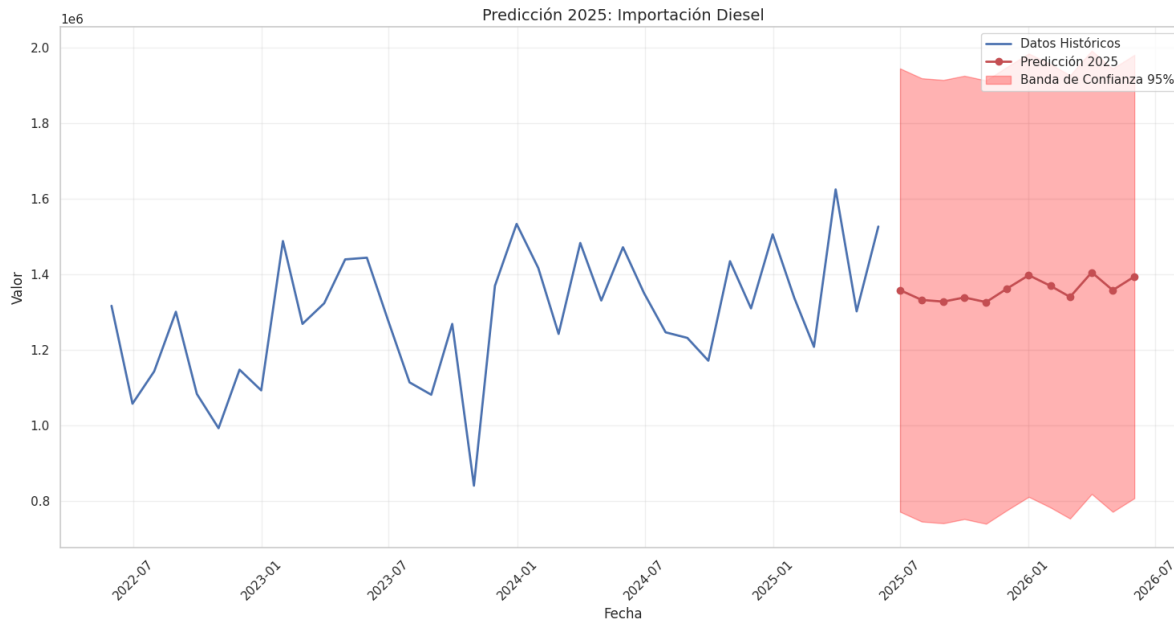


### Analisis de las series de tiempo:

- Tanto la importación de diésel como el consumo de gasolina superior muestran una tendencia creciente clara y estacionalidad definida, pero no son estacionarias en su forma original.
- Ambas se vuelven estacionarias tras una sola diferenciación, por lo que  $ARIMA(\cdot, 1, \cdot)$  es una elección adecuada para modelarlas.
- Para los precios de gasolina regular, no hay suficientes datos para una modelación robusta, y requiere al menos más de 12 observaciones para evaluar adecuadamente la estacionalidad y la estructura de la serie.

## Predicciones:

### Importación de Diésel



Entrenamiento: 2001-01 a 2022-06 (258 observaciones)

Prueba: 2022-07 a 2025-05 (35 observaciones)

Modelo	MAPE	MAE	RMSE
Holt-Winters	8.67%	104,501.23	130,214.72
Best ARIMA(4,1,5)	11.27%	150,193.09	180,887.62
Auto ARIMA(0,1,1)	12.13%	158,922.36	191,750.78
Prophet	15.95%	207,320.02	246,563.53
Red Neuronal	23.05%	299,119.11	359,800.53

Predicción julio 2025 – junio 2026:

- Promedio mensual: 1,358,341.47
- Rango: [1,325,541.36 – 1,404,390.37]
- Desviación estándar: 26,629.98
- Cambio frente al promedio histórico: +50.3%

Modelo:

Modelo seleccionado: ARIMA(0,1,1)

Aunque Holt-Winters tuvo el mejor MAPE, se optó por un modelo ARIMA más sencillo, posiblemente por su interpretabilidad o estabilidad a largo plazo.

## Predicciones:

### Predicciones mensuales para 2025:

2025-07: 1357415.00

2025-08: 1331385.08

2025-09: 1326855.36

2025-10: 1337929.67

2025-11: 1325541.36

2025-12: 1361502.16

2026-01: 1396798.19

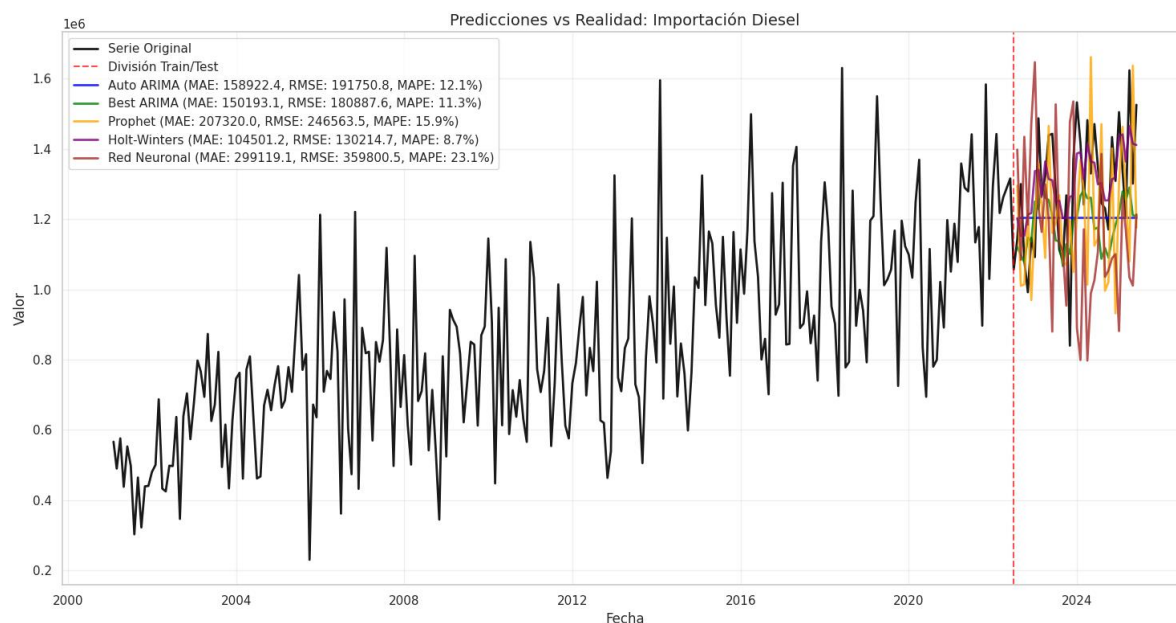
2026-02: 1368644.36

2026-03: 1339281.27

2026-04: 1404390.37

2026-05: 1357111.49

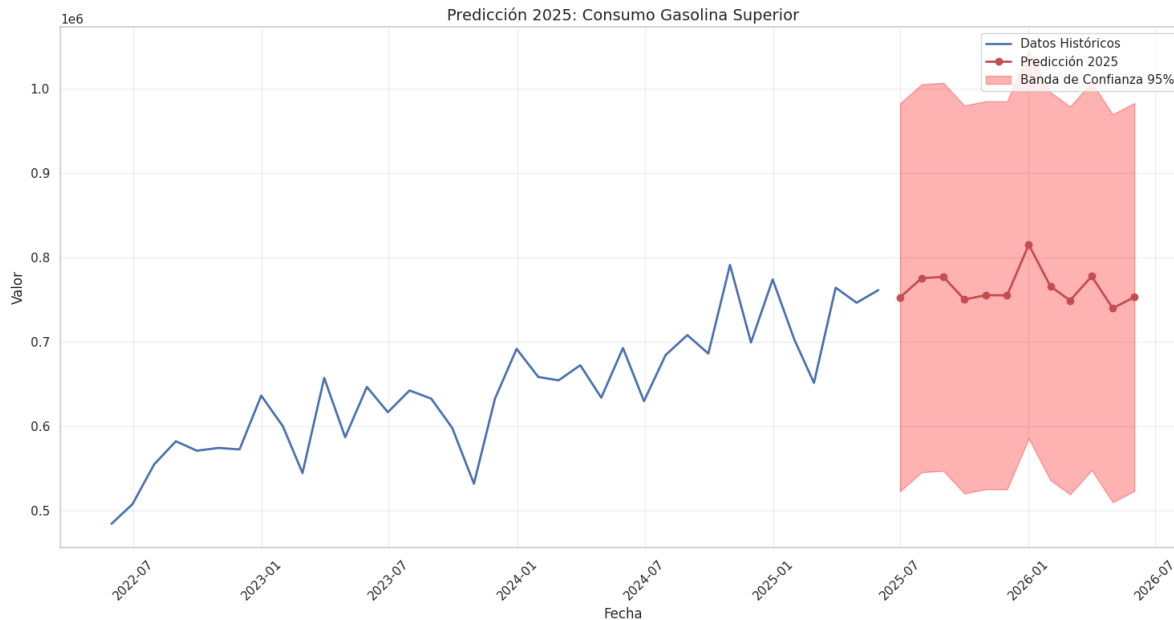
2026-06: 1393243.29



## Interpretación:

El modelo proyecta un crecimiento fuerte y sostenido en la importación de diésel. La baja variabilidad mensual refuerza la idea de una tendencia estable al alza.

## Consumo de Gasolina Superior



Entrenamiento: 2000-01 a 2022-06 (270 observaciones)

Prueba: 2022-07 a 2025-05 (35 observaciones)

Modelo	MAPE	MAE	RMSE
Prophet	7.94%	51,057.71	61,431.55
Holt-Winters	14.43%	97,223.72	108,047.11
Red Neuronal	14.26%	93,355.04	115,395.03
Auto ARIMA(0,1,0)	15.51%	105,672.44	123,078.61
Best ARIMA(5,0,4)	29.86%	198,976.30	209,737.94

Predicción julio 2025 – junio 2026:

- Promedio mensual: 763,601.86
- Rango: [739,482.72 – 814,908.80]
- Desviación estándar: 19,396.22
- Cambio frente al promedio histórico: +60.9%

Modelo:

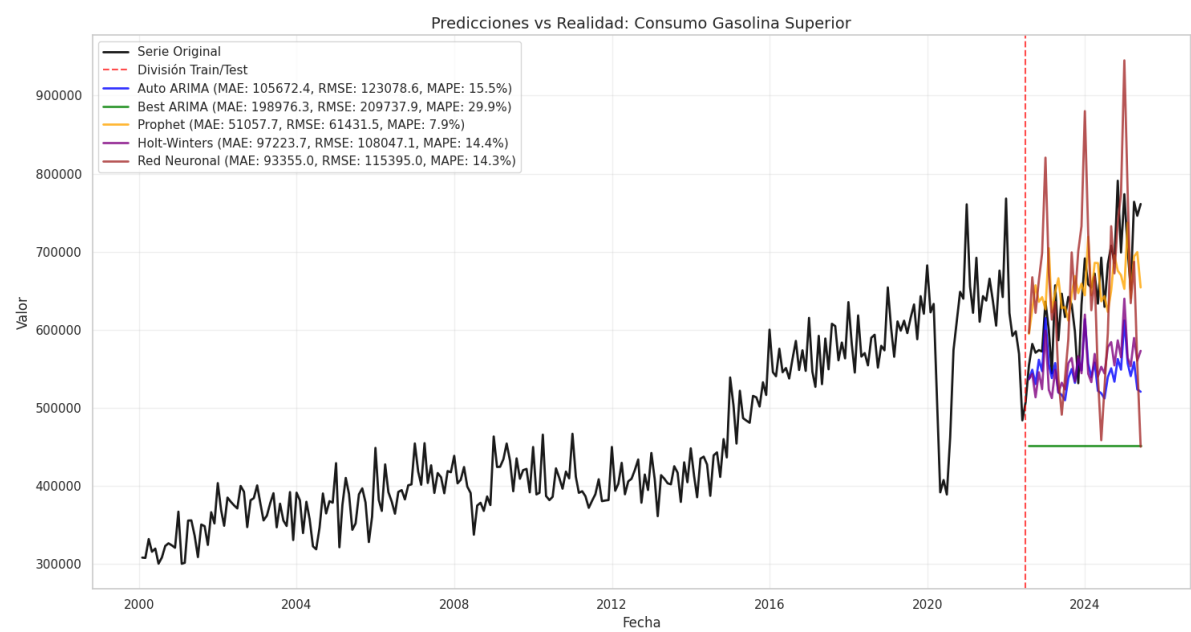
Modelo seleccionado: ARIMA(4,1,2)

Este modelo no aparece directamente en la tabla, pero fue el elegido para proyectar. A pesar de que Prophet tuvo el mejor rendimiento, se eligió ARIMA — probablemente por su estructura de regresión más adecuada al patrón detectado.



Predicciones mensuales para 2025:

- 2025-07: 752435.04
- 2025-08: 775191.03
- 2025-09: 776751.14
- 2025-10: 749928.50
- 2025-11: 755046.51
- 2025-12: 754804.01
- 2026-01: 814908.80
- 2026-02: 765592.72
- 2026-03: 748794.40
- 2026-04: 777451.87
- 2026-05: 739482.72
- 2026-06: 752835.62



Interpretación:

La predicción muestra un incremento considerable en el consumo de gasolina superior. El valor máximo se proyecta en **enero 2026**, lo que podría indicar un comportamiento estacional.

## Precios de Gasolina Regular

Datos disponibles: Solo 7 observaciones (enero-julio 2025)

Predicción manual:

Valores proyectados (septiembre 2025 – enero 2026): 28.96 cada mes.

Interpretación:

Dado el tamaño limitado de la muestra, no se pudo aplicar ningún modelo válido. Los precios fueron extrapolados de forma constante, lo que significa que no se pueden hacer afirmaciones serias sobre tendencias, variaciones, ni cambios esperados en el mercado.

## Discusión del Impacto de Eventos Globales:

Con base en el análisis de series temporales de hidrocarburos presentado, se pudo observar que el comportamiento durante la pandemia de COVID-19 mostró patrones distintivos que afectaron tanto las importaciones como el consumo. Para la importación de diesel, que alcanzó su pico máximo en 2024 con 16,184,588 unidades, se evidencia una clara recuperación y superación de los niveles pre-pandémicos, considerando que en 2020 las importaciones fueron de 12,035,320 unidades, cifra inferior a los años 2019 y 2021. El consumo de gasolina superior también experimentó fluctuaciones importantes, donde después de una posible contracción inicial durante 2020, los datos muestran una tendencia de recuperación progresiva hasta alcanzar niveles superiores a los históricos.

Las predicciones generadas por los modelos ARIMA muestran que tanto la importación de diesel como el consumo de gasolina superior presentan incrementos significativos respecto a sus promedios históricos, con aumentos del 50.3% y 60.9% respectivamente para las proyecciones de 2025. Esto nos dice que no solo se recuperaron los valores habituales de la "nueva normalidad", sino que los patrones de consumo e importación han evolucionado hacia niveles superiores a los observados históricamente, antes de la pandemia. La serie de importación de diesel muestra una tendencia creciente sostenida que se consolidó especialmente a partir de 2021, año en que las importaciones alcanzaron 14,749,750 unidades.

Respecto al impacto de la guerra Rusia-Ucrania, los datos revelan que 2022 y especialmente 2024 registraron los valores máximos históricos en importación de diesel, con 14,338,350 y 16,184,588 unidades respectivamente. Este comportamiento podría estar relacionado con las interrupciones en los mercados energéticos globales y la necesidad de diversificar fuentes de suministro. Los precios de gasolina regular, aunque con datos limitados para 2025, muestran variaciones que van desde 27.45 hasta 29.48 quetzales, sugiriendo cierta volatilidad en el período reciente que podría estar influenciada por dichos factores.

## Conclusiones:

- Todas las variables de combustibles presentan distribuciones no normales y requieren diferenciación para ser estacionarias, con diesel y gasolina superior necesitando una diferencia ( $d=1$ ) y precios de gasolina regular tres diferencias ( $d=3$ ).
- Holt-Winters es el modelo más preciso para diesel (MAPE 8.67%) mientras que Prophet funciona mejor para gasolina superior (MAPE 7.94%), superando consistentemente a ARIMA y redes neuronales en ambos casos.
- Las proyecciones 2025 indican aumentos significativos: diesel crecerá 50.3% con promedio mensual de 1,358,341 unidades y gasolina superior aumentará 60.9% con 763,602 unidades mensuales, ambas con variabilidad controlada menor al 2%.