

**INSTITUTO TECNOLÓGICO AUTÓNOMO DE
MÉXICO**



TRABAJO FINAL ECONOMETRÍA

**LA DEMANDA DE PETRÓLEO MEXICANO POR ESTADOS UNIDOS
Y ANÁLISIS DE SU SITUACIÓN ACTUAL**

Profesor

Alejandro Islas Camargo

Alumno

Alberto Reyes Briseño

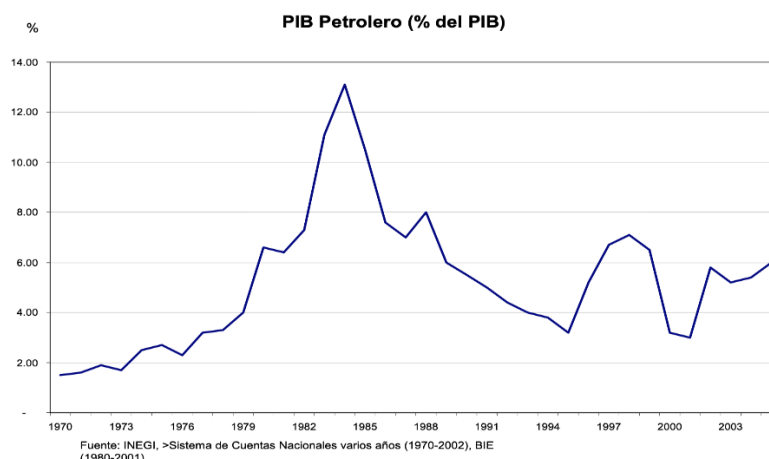
MODELO DE ESTIMACIÓN DEMANDA ESTADOUNIDENSE DE PETROLEO MEXICANO (PEMEX)

Abstract

En México, los ingresos petroleros han sido parte de la narrativa histórica nacional. En el presente trabajo se pretende estimar la demanda estadounidense del crudo mexicano, medido en miles de barriles diarios a través de una regresión múltiple de Mínimos Cuadrados Generalizados (MMCG). Una vez estimada la demanda, haremos una breve comparación entre la situación de competencia perfecta y actual para calcular la Pérdida en Bienestar Social (PBS).

Introducción

El petróleo ha sido un pilar fundamental en el desarrollo económico de México, tanto por su contribución directa al Producto Interno Bruto (PIB) como por su impacto en las finanzas públicas y el comercio exterior. Desde el descubrimiento de los grandes yacimientos en la década de 1970, el país ha experimentado periodos de auge y declive, marcados por la fluctuación de los precios internacionales y su dependencia del recurso. Este recurso no solo ha financiado proyectos estratégicos para el crecimiento económico, sino que también ha posicionado a México como un actor clave en los mercados energéticos globales.



En la década de 1970 el impacto del petróleo en el PIB de México era alrededor del 2%, llegando a un máximo histórico en 1983 donde llegó a representar casi el 13% del PIB del

país, aunque en los años venideros su impacto en el PIB disminuyó. Según hacienda, se espera que el petróleo represente el 3.3% del PIB en 2024 y alrededor del 2.7% para 2025.

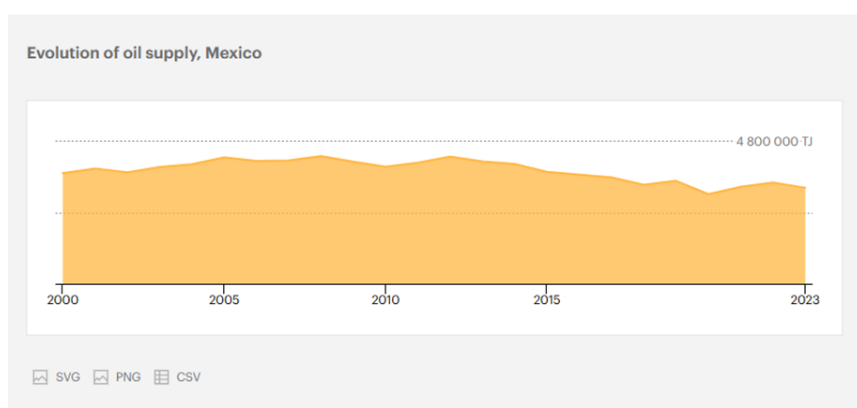
México exporta petróleo crudo a diversos países, siendo Estados Unidos el principal destino. En 2022, las exportaciones mexicanas de petróleo crudo ascendieron a 38,200 millones de dólares, de los cuales Estados Unidos representó 21,200 millones, aproximadamente el 55% del total.

Además de Estados Unidos, otros destinos significativos de las exportaciones petroleras mexicanas incluyen:

- Taiwán: 6,740 millones de dólares (17.6%).
- India: 3,360 millones de dólares (8.8%).
- Corea del Sur: 3,310 millones de dólares (8.7%).
- España: 3,260 millones de dólares (8.5%).

Estos cinco países en conjunto representaron alrededor del 98.6% de las exportaciones totales de petróleo crudo de México en 2022.

Nuestra nación ha mantenido una tendencia estable en la oferta de petróleo en los últimos años, pero en épocas más recientes, ha habido un ajuste a la baja. Esto se puede observar en esta gráfica de la Agencia Internacional de Energía:



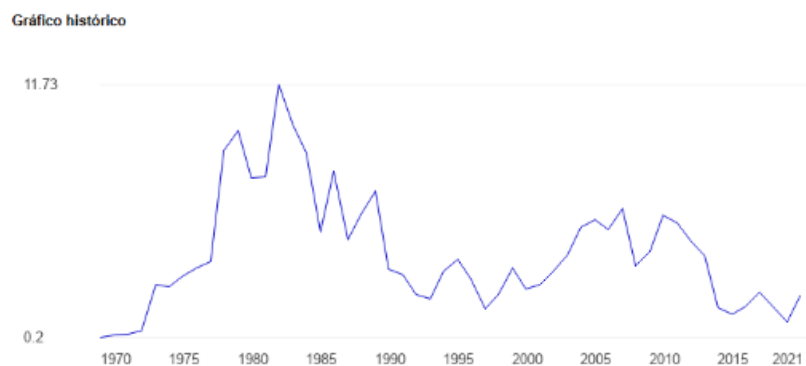
Esta tendencia parece responder a la situación financiera de PEMEX, empresa que en los últimos años ha invertido gran cantidad de sus recursos en refinamiento y no muchos en exploración.

Decía Don Jesús Reyes Heróles, como director de PEMEX:

“...toda empresa nacionalizada, son importar su naturaleza; en su entraña está el servicio público, no guarse por finalidades lucrativas, procurar operar como organismo de fomento económico o industrial, preocuparse por proporcionar las mejores condiciones de vida para quienes en ella labora, acatar las directrices generales que en materia de plnaeación económica dicta el Estado y estimular o promover, por todos los medios a su alcance, la investigación tecnológica, si se trata de industrias, o la investigación administrativa, económica, si se trata de empresas comerciales, o ambas, así como la capacitación de sus trabajadores y la formación de técnicos.”¹

En su visión de la empresa pública, vislumbramos, más allá de la cuenta pública, una fuerza de dirección nacional que sin duda debe ser estudiada en su integridad. En nuestra competencia técnica, se pretende analizar analíticametne los efectos económicos que una empresa como PEMEX desarrolla con sus operaciones día a día.

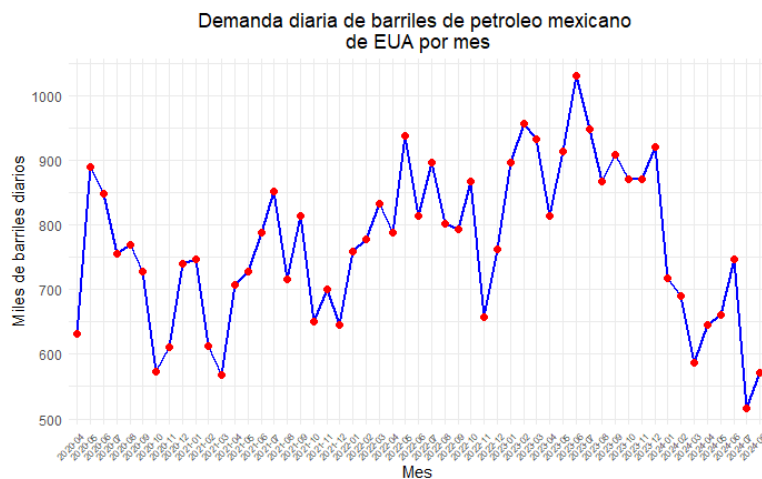
Estados Unidos, como el principal socio comercial de México, ha mantenido una alta demanda de petróleo mexicano, consolidando esta relación como una de las más relevantes en la dinámica económica bilateral. Este trabajo busca estimar la demanda de petróleo mexicano por parte de Estados Unidos, analizando los factores económicos, geopolíticos y estructurales que han determinado este intercambio a lo largo del tiempo. La comprensión de esta relación es esencial para evaluar el rol del petróleo en la estrategia comercial de México y para anticipar su impacto en el contexto de una transición energética global.



¹ Conferencia sustentada por el director general de Petróleos Mexicanos, Lic. Jesús Reyes Heróles

Demanda histórica de miles de barriles por día del mercado estadounidense

A lo largo del tiempo, se observa un patrón de alta variabilidad de la demanda diaria de barriles de petróleo por parte de EUA, marcado por picos de demanda significativos y caídas abruptas, reflejando cambios tanto en las dinámicas comerciales como en las políticas energéticas y económicas de ambos países.



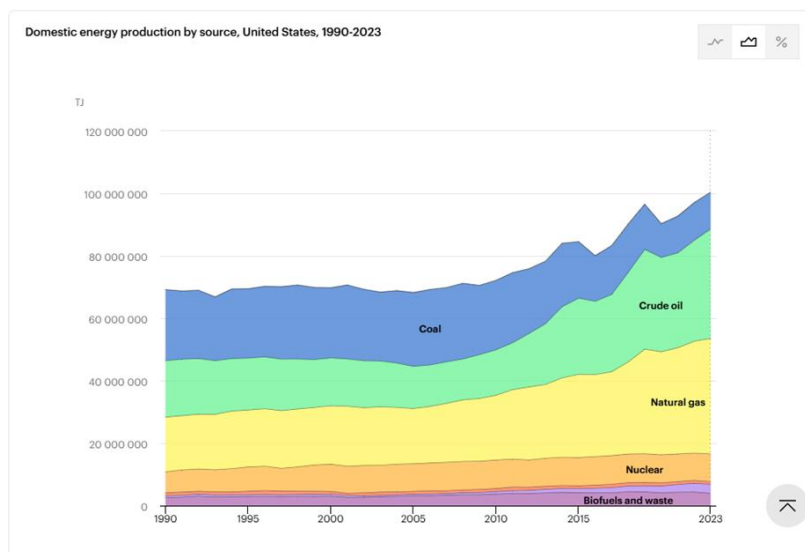
En los primeros meses representados, la demanda oscila entre los 700 y 900 mil barriles diarios, alcanzando algunos de los valores más altos, cercanos al millón de barriles diarios, lo que sugiere periodos de alta dependencia del petróleo mexicano. Estos picos reflejan una fuerte relación comercial en ciertos momentos, posiblemente impulsada por factores como una mayor competitividad del crudo mexicano frente a otros proveedores o la estabilidad en los precios internacionales.

Sin embargo, esta demanda no se mantiene constante, y los datos evidencian fluctuaciones importantes. A lo largo de la serie, se observan caídas regulares en los niveles de demanda, algunas alcanzando mínimos cercanos a los 600 mil barriles diarios. Estas caídas pueden estar relacionadas con cambios en las condiciones del mercado, como una menor competitividad del crudo mexicano, la diversificación de proveedores de Estados Unidos o una menor necesidad de importaciones debido a ajustes internos en su infraestructura energética.

El descenso más pronunciado ocurre hacia el final de la serie, donde la demanda cae por debajo de los 600 mil barriles diarios, marcando uno de los puntos más bajos del periodo analizado. Este comportamiento coincide con la política de México de reducir significativamente las exportaciones de crudo, redirigiendo los recursos hacia el mercado interno y priorizando la autosuficiencia energética. Asimismo, el fortalecimiento de Canadá como principal proveedor de crudo para Estados Unidos también podría estar afectando la demanda de petróleo mexicano.

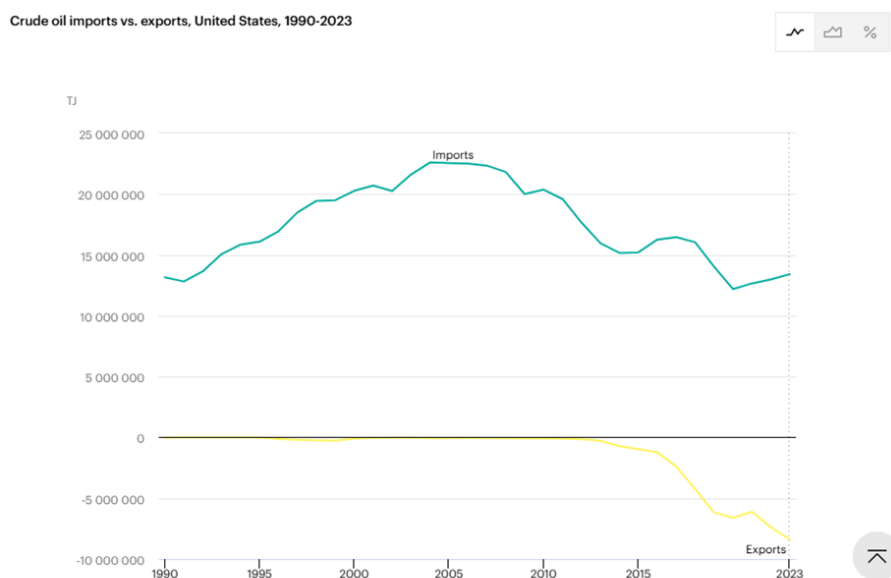
En general, la gráfica refleja la importancia histórica de México como proveedor de petróleo para Estados Unidos, aunque destaca también una reconfiguración reciente de las dinámicas comerciales. Las caídas pronunciadas, especialmente en los últimos meses, son un claro indicador de los efectos de las políticas de recorte de exportaciones y de la competencia en el mercado energético norteamericano. Estos cambios plantean desafíos importantes para la relación comercial entre ambos países y el papel de México en el mercado petrolero global.

También, observamos que, de acuerdo con los datos de la Agencia Internacional de Energía, la producción de petróleo estadounidense ha mantenido una tendencia al alza en los últimos 15 años, lo que podría explicar la paulatina sustitución de petróleo mexicano por producción propia. EE. UU. ha alcanzado niveles históricos de producción petrolera doméstica, y según analistas, se espera que esta tendencia continúe.



Es en este contexto donde surge la pregunta sobre el futuro de la demanda de petróleo mexicano, que, como se mencionó antes, depende claramente de lo que la nueva administración del gobierno mexicano busca hacer en nombre de la “autosuficiencia energética” pero también depende de una producción propia americana que no deja de crecer.

A pesar de lo que pudiera parecer en la gráfica anterior, en la que la Agencia Internacional de Energía muestra que EE. UU. ha alcanzado máximos históricos de producción de petróleo, encontramos otro conjunto de datos que matizan esta información, y que asimismo nos dan más motivación sobre la importancia del trabajo aquí desarrollado:



Observamos que en los últimos años ha habido un aumento en las importaciones de petróleo en EE. UU., sin embargo, con base en la gráfica mostrada al inicio de este subtema, la demanda americana de petróleo mexicano ha caído a mínimos históricos. Esto nos muestra la gran competencia que hay hacia el mercado estadounidense, pues, como se observó, México ha perdido su posición privilegiada como proveedor de petróleo. Con base en esta tendencia, podríamos observar alguna muestra de cambio en la política que actualmente rige a PEMEX, empresa que tal vez busque posicionarse en este mercado que se está abriendo y que tiende a ser cada vez más grande.

Antecedentes teóricos que estiman la demanda de petróleo en EE. UU.

Como análisis de referencia, tomamos un modelo que estima la demanda de petróleo en EEUU, sin la particularidad de nuestro modelo de estimar la demanda de petróleo exclusivamente mexicano:

A continuación, se mencionan los regresores:

WTI price	SP500 Price	SP500 Change	Petroleum inventories	Vuelos	GDP	Motor Vehicle Prod	U.S. Dollar Index	Precio del cobre	Cotizacion petroleras XLM	Demanda (boed)
EIA	Factset	Factset	EIA	Bureau of Transportation Statistics	U.S. Bureau of Economic Analysis	U.S. Bureau of Economic Analysis	Factset	Factset	Factse	EIA
Diario	Diario	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Trimestral	Diario	Diario	Diario	Semanal

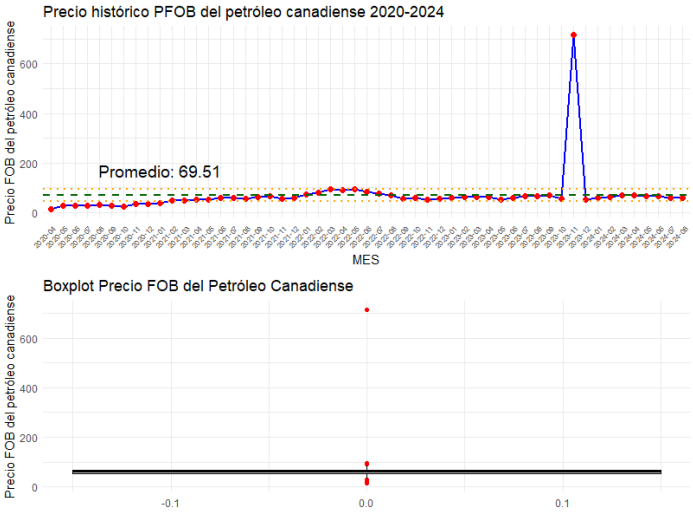
Para nuestro modelo, descartamos el regresor del SP500 Price ni Change debido a que no encontramos evidencia de uso de esta variable en *papers* científicos. Asimismo, no utilizamos la en la regresión la producción de vehículos de motor debido a que el uso principal del petróleo mexicano no es la producción de gasolina.

Factores macroeconómicos utilizados en el modelo

Haremos un expediente minucioso sobre las variables y conjunto de datos que utilizaremos en esta modelación para tener certeza y noción de su impacto en la variable dependiente.

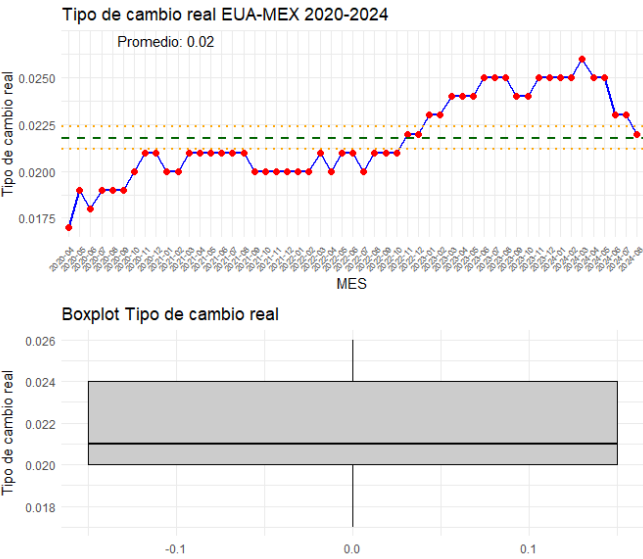
Conjunto de datos			
VARIABLE	EXPLICACIÓN	SIGNO ESPERADO	FUENTE
PCANAD	Precio promedio de exportación FOB del crudo canadiense	+	https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=petroleo-crudo&moneda=cad
P	Precio promedio de exportación FOB del crudo mexicano	-	https://datos.gob.mx/busca/dataset/precio-de-las-exportaciones-de-petroleo-crudo-por-destino-geografico-de-petroleos-mexicanos
TIPO CAMBIO REAL	Tipo de cambio nominal de EUA ponderado por los índices de precios al consumidor	-	https://mx.investing.com/currencies/usd-mxn-historical-data https://www.inegi.org.mx/temas/inpc/ https://fred.stlouisfed.org/series/CPIAUCSL Elaboración manual
VAR PIB USA	Variación trimestral del PIB de EUA	+	https://es.statista.com/estadisticas/598692/pib-real-trimestral-de-los-estados-unidos-2010/
GASUSA	Precio promedio por litro de la gasolina para consumo doméstico EUA	+	https://es.tradingeconomics.com/united-states/gasoline-prices
INDEX IND	Índice de producción industrial mensual en EUA	+	https://fred.stlouisfed.org/series/INDPRO
BRENT	Precio de referencia del	+	https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RBRT&f=M

	BRENT para cuantificar el impacto de los anuncios de la OPEP		
Q	Cantidad demandada de barriles de petróleo mexicano		https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=p&s=mttimusmx2&f=m



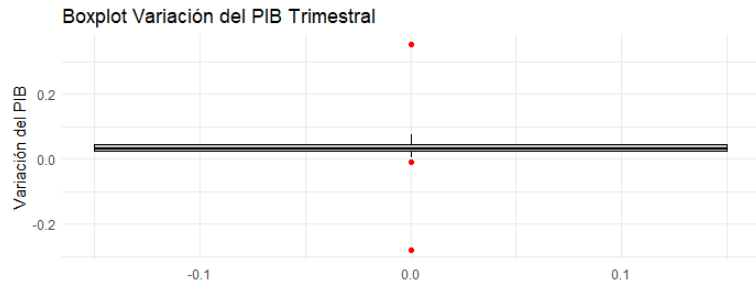
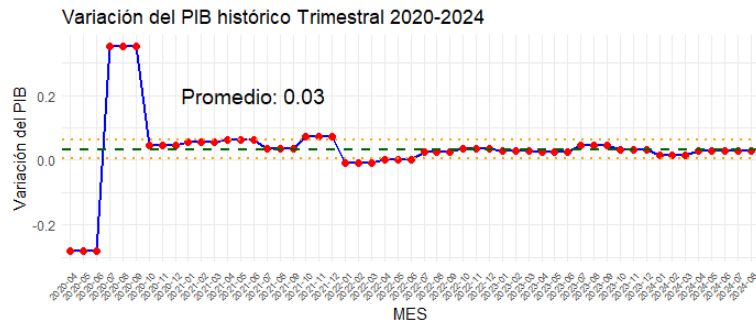
Indicador	Valor
Promedio	69.51
Límite Inferior (95%)	44.72
Límite Superior (95%)	94.3

Tipo de cambio real



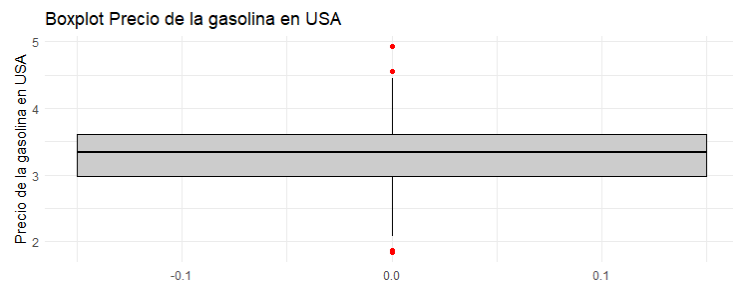
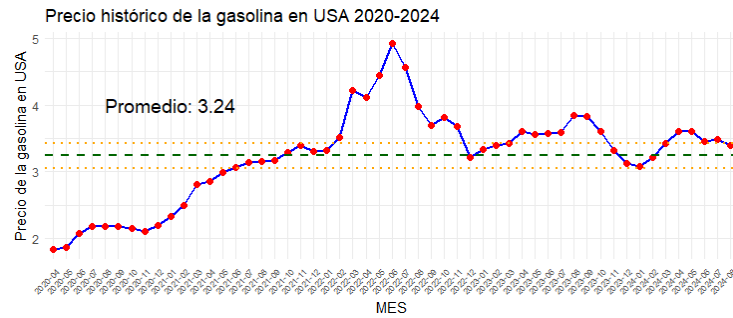
Indicador	Valor
Promedio	0.02
Límite Inferior (95%)	0.02
Límite Superior (95%)	0.02

Variación PIB trimestral



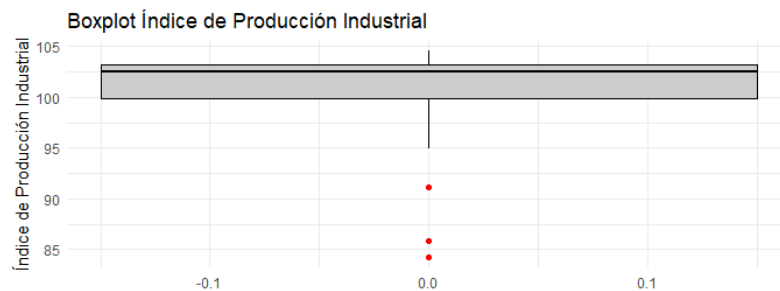
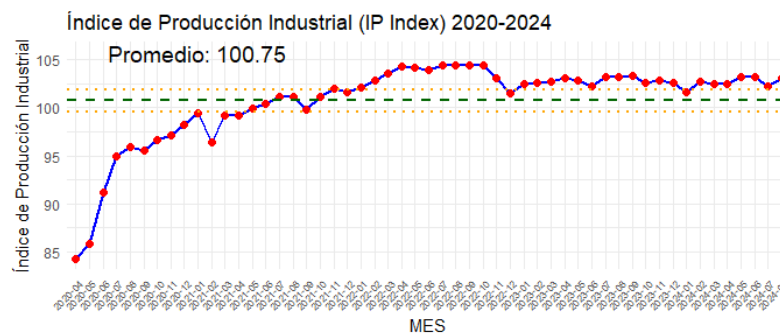
Indicador	Valor
Promedio	0.03
Límite Inferior (95%)	0
Límite Superior (95%)	0.06

Precio gasolina USA



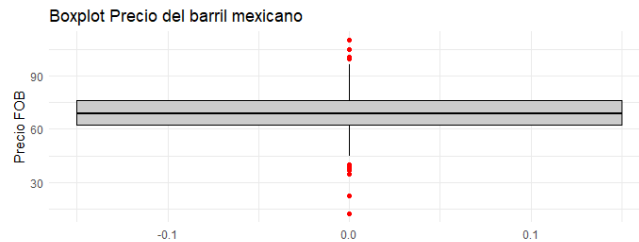
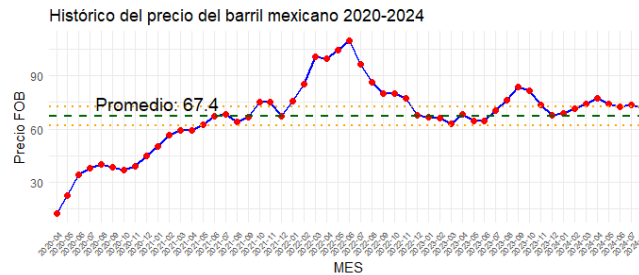
Indicador	Valor
Promedio	3.24
Límite Inferior (95%)	3.05
Límite Superior (95%)	3.43

Índice de desarrollo industrial



Indicador	Valor
Promedio	100.75
Límite Inferior (95%)	99.61
Límite Superior (95%)	101.89

Precio del barril mexicano



Indicador	Valor
Promedio	67.4
Límite Inferior (95%)	62.16
Límite Superior (95%)	72.65

Modelo base

Para efectos de hacer un primer intento de estimación, proponemos el siguiente modelo de regresión considerando la teoría de la demanda económica, esperando signos esperados. En particular, contemplamos la presencia del precio internacional observado FOB, los precios de los principales sustitutos, en este caso el petróleo canadiense, la fuerza del poder adquisitivo de la moneda americana vs. la mexicana con el tipo de cambio real, el ingreso reflejado en la tasa de crecimiento mensual del PIB en Estados Unidos, los precios de la gasolina que enfrentan los consumidores domésticos y el índice de desarrollo industrial.

$$Q = \beta_0 - \beta_1 P + \beta_2 PSUST - \beta_3 TIPO_CAMBIO_REAL + \beta_4 PIBUSA + \beta_5 PGASUSA + \beta_6 INDEX_IND + \varepsilon$$

Q : Cantidad demandada

β_0 : Intercepto

P : Precio del barril mexicano

$PSUST$: Precio sustituto

$TIPO_CAMBIO_REAL$: Tipo de cambio real USA-MXN = $TCN_{USA} \times \left(\frac{INPC_{MX}}{INPC_{USA}} \right)$

$PIBUSA$: PIB Trimestral USA

$PGASUSA$: Precio gasolina USA promedio al día

$INDEX_IND$: Índice de desarrollo industrial

ε : Componente aleatorio

Corremos la regresión utilizando el paquete *lmtest* de R

```
=====
                        dependent variable:
                        -----
                        QUSA
                        -----
P                        -6.878**
                        (2.693)

PRECIO_GASOLINA_USA     229.566***
                        (72.218)

PCANAD                   0.152
                        (0.161)

VAR_PIB                  -50.610
                        (151.345)

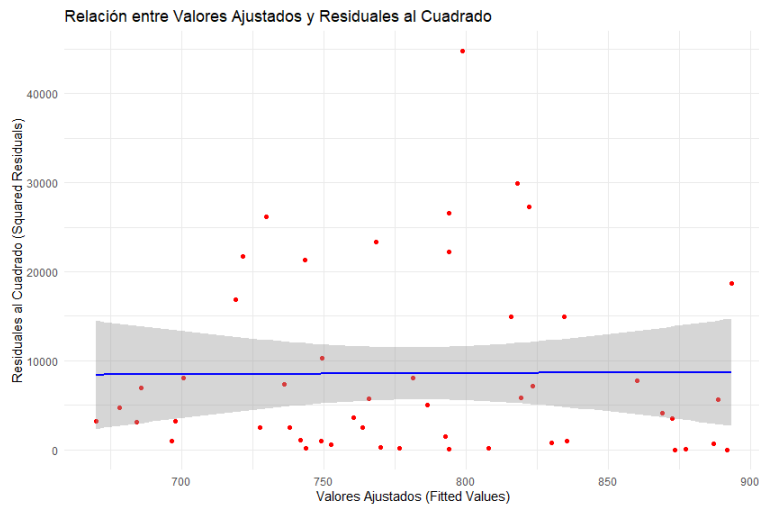
TC_CORREGIDO             3,263.806
                        (8,333.251)

IP_INDEX                  2.394
                        (8.653)

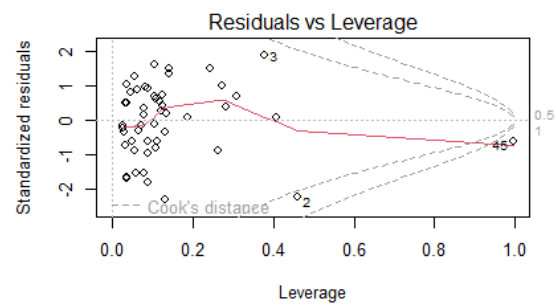
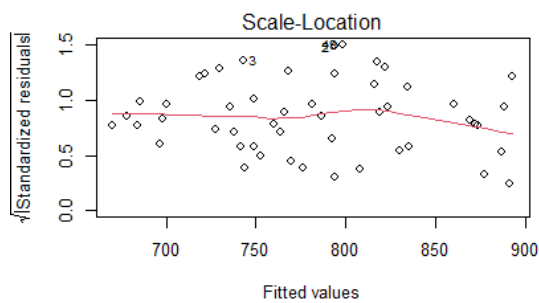
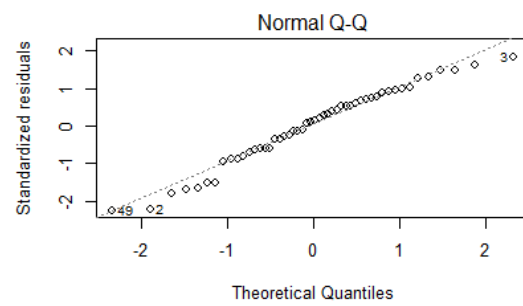
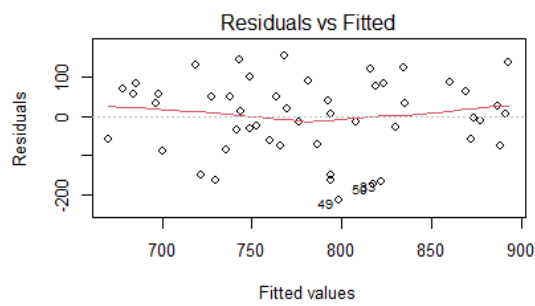
Constant                 182.873
                        (694.898)

-----
Observations             50
R2                       0.309
Adjusted R2              0.213
Residual Std. Error      99.873 (df = 43)
F Statistic               3.210** (df = 6; 43)
=====
Note:                    *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01
```

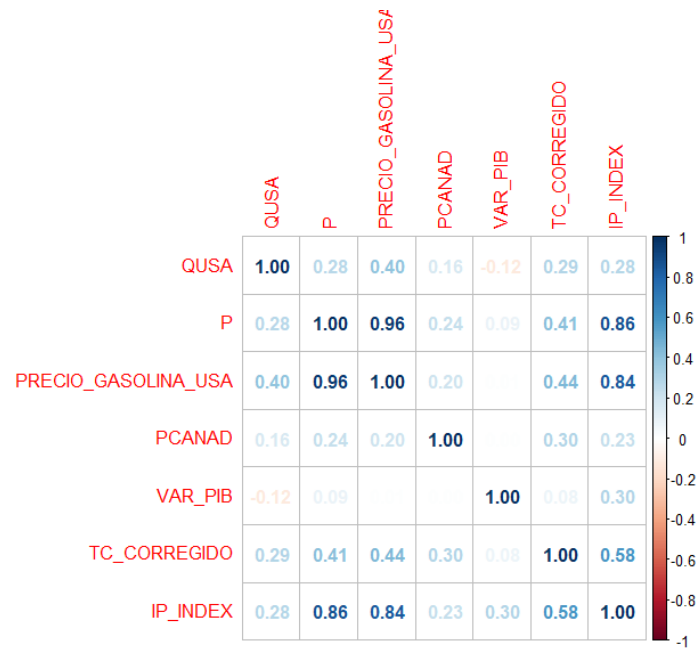
Observamos poca significancia de los regresores. Ahora verificamos los supuestos del método de regresión lineal.



Breusch-Pagan test
data: mod1
BP = 9.5757, df = 6, p-value = 0.1437

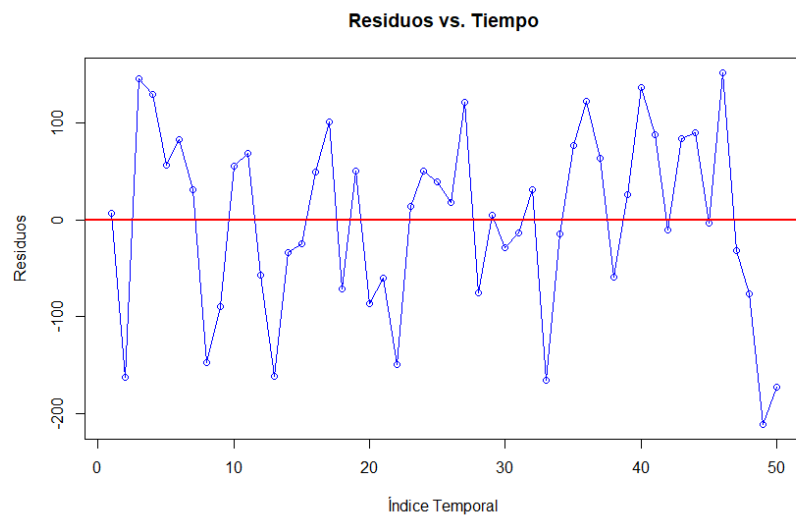


Jarque Bera Test
data: residuales
X-squared = 2.2892, df = 2, p-value = 0.3184



> vif(mod1)

P	PRECIO_GASOLINA_USA	PCANAD	VAR_PIB	TC_CORREGIDO	IP_INDEX
15.290621	13.379127	1.149304	1.443439	1.812350	6.903235



Durbin-Watson test
data: mod1
DW = 1.4491, p-value = 0.005041
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0

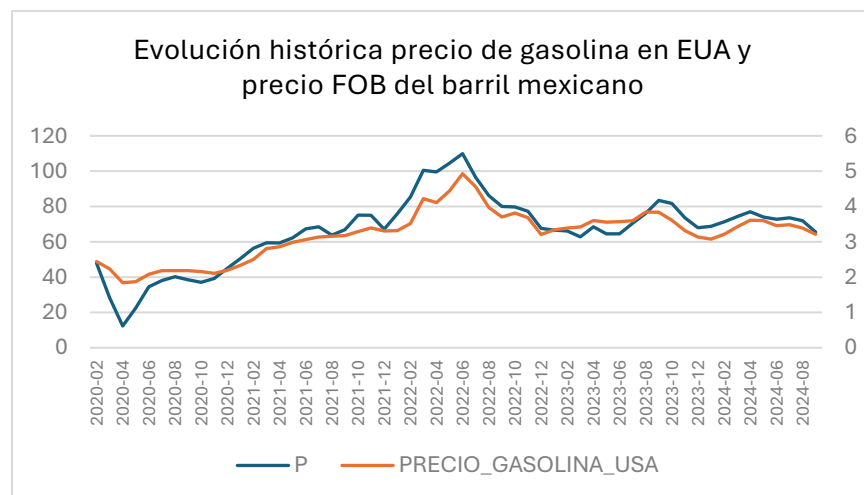
Problemáticas de este primer modelo

- Poca significancia de los coeficientes
- R^2 baja
- Problema de multicolinealidad entre el precio de mercado del petróleo mexicano y el precio de la gasolina para consumo en EUA.
- Autocorrelación entre los errores

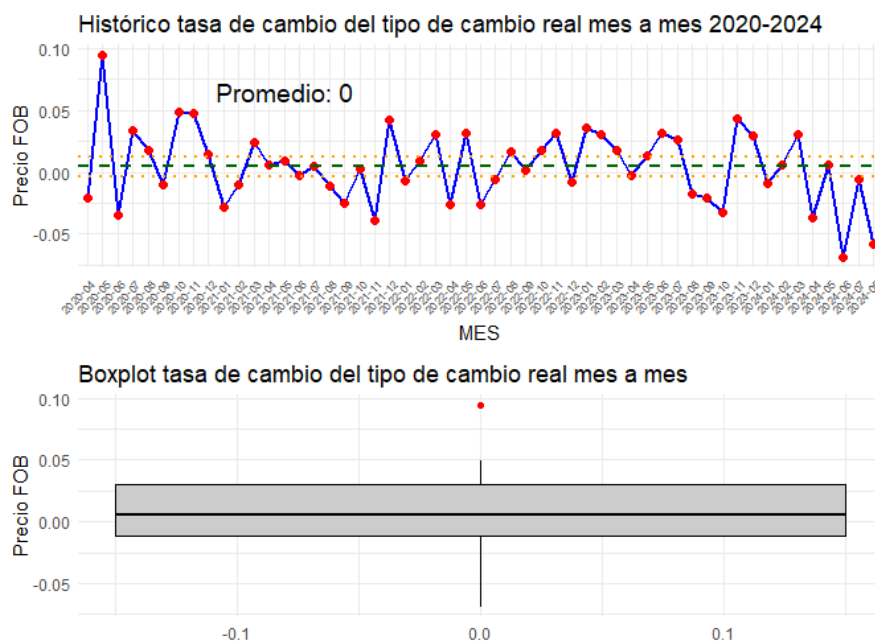
Nuevas consideraciones

- Efectos que tienen los anuncios de la OPEP: para cuantificarlos utilizaremos el ratio de precios entre periodos del BRENT $\frac{BRENT_1}{BRENT_0}$
- Sustitución de precios por precios relativos para eliminar colinealidad, es decir: $\frac{P_{BM}}{P_{GASUSA}}$
- Variación en el tipo de cambio durante el tiempo $\frac{\Delta TIPO_CAMBIO_REAL}{TIPO_CAMBIO_REAL_0}$

Observamos en la siguiente gráfica la correlación positiva entre el precio de la gasolina en EUA y el precio del barril mexicano que enfrentan los importadores americanos.



Además, visualizamos la tasa de cambio del tipo de cambio real mes a mes para tener una mejor noción de la nueva variable que sustituiremos por el tipo de cambio real fijo.



Nuevo modelo

Con esta información, vamos a correr nuestro modelo modificado haciendo las pruebas

$$Q = \beta_0 - \beta_1 \frac{P_{BM}}{P_{GASUSA}} + \beta_2 PSUST + \beta_3 INDEX_{IND} + \beta_4 \frac{BRENT_1}{BRENT_0} - \beta_5 \frac{\Delta TIPO_CAMBIO_REAL}{TIPO_CAMBIO_REAL_0} + \varepsilon$$

Q = Cantidad demandada.

β_0 = Intercepto.

$\frac{P_{BM}}{P_{GASUSA}}$ = Precio relativo del precio de exportación FOB entre el precio de la gasolina para consumo doméstico.

$PSUST$ = Precio del petróleo canadiense.

$INDEX_IND$ = Índice de desarrollo industrial.

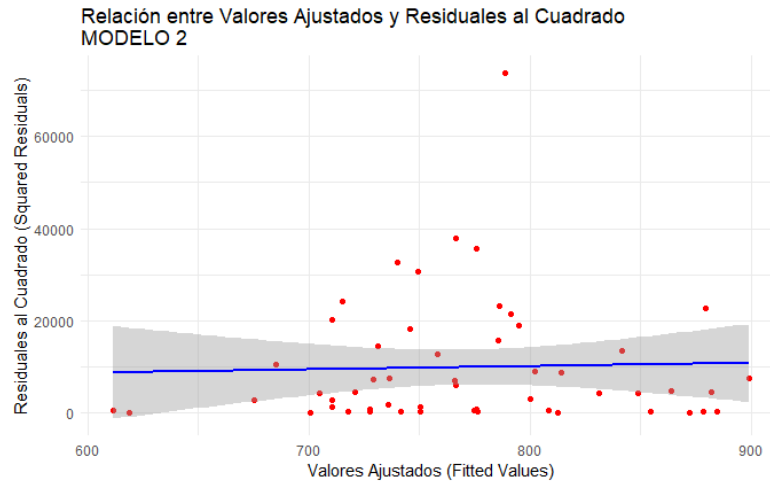
$\frac{BRENT_1}{BRENT_0}$ = Ratio de cambio del precio del crudo BRENT por periodo.

$\frac{\Delta TIPO_CAMBIO_REAL}{TIPO_CAMBIO_REAL_0}$ = Ratio de cambio del tipo de cambio real por periodo.

ε = Componente aleatorio

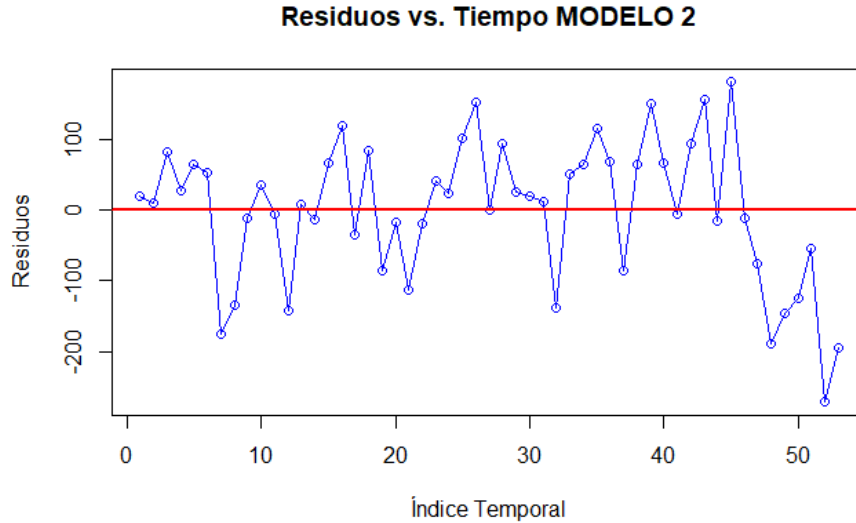
Dependent variable:	
QUSA	
inex	-34.267*** (10.115)
PCANAD	0.241 (0.170)
IP_INDEX	26.604*** (6.782)
INDEX_BRENT	382.853*** (130.869)
VAR_TC_COR	91.419 (546.640)
Constant	-1,620.071*** (595.640)
Observations	53
R2	0.298
Adjusted R2	0.223
Residual Std. Error	105.371 (df = 47)
F Statistic	3.993*** (df = 5; 47)
Note: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01	

Jarque Bera Test
data: residuales
X-squared = 2.9534, df = 2, p-value = 0.2284



Breusch-Pagan test
data: mod2
BP = 2.9831, df = 5, p-value = 0.7026

```
> vif(mod2)
      inex  PCANAD  IP_INDEX INDEX_BRENT VAR_TC_COR
3.996730  1.142476  3.862355  1.514911  1.243754
```



Durbin-Watson test
data: mod2
DW = 1.1484, p-value = 0.0001975
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0

Aunque se corrige el problema de multicolinealidad, la significancia de los coeficientes es baja y el problema de autocorrelación de los errores persiste.

Nos fijamos que hay una tendencia a partir del segundo mes del 2024, esto puede deberse a los anuncios de Gobierno Federal respecto a los recortes en las exportaciones de petróleo por la apertura de las refinerías.

Variable que representa un cambio de política de exportaciones de petróleo

México ha adoptado una política activa de disminución de las exportaciones de petróleo crudo, como parte de su estrategia energética orientada a priorizar el mercado interno. Pemex, la empresa estatal encargada de la producción y comercialización de hidrocarburos, proyecta recortes significativos en sus exportaciones para 2024, que podrían alcanzar hasta un 46% de reducción. A partir de mayo, el país disminuyó la venta de crudo al exterior en 330,000 barriles diarios, en un esfuerzo por redirigir estos recursos hacia las refinerías nacionales, buscando así avanzar hacia la autosuficiencia energética y depender menos de los mercados internacionales. Según las declaraciones oficiales, esta medida responde a la estrategia gubernamental de "fortalecer el mercado interno energético" y garantizar el suministro de combustibles refinados para el consumo nacional.

Uno de los principales impactos de esta estrategia se observa en la relación comercial con Estados Unidos, el mayor comprador histórico de petróleo mexicano. En 2024, las importaciones de crudo mexicano por parte de Estados Unidos han caído un 20%, mientras que Canadá se consolida como un proveedor preferente para el mercado estadounidense. Según reportes, esta reducción se enmarca dentro de un contexto de competencia creciente en América del Norte, donde México ha perdido parte de su participación frente a otros países exportadores como Canadá.

A nivel global, las exportaciones de Pemex también han disminuido considerablemente hacia Europa y el Lejano Oriente, mercados que anteriormente representaban una fuente importante de ingresos. Este repliegue obedece a la decisión de priorizar la refinación local, particularmente en las refinerías rehabilitadas y la nueva refinería Dos Bocas, parte de la estrategia del gobierno mexicano para reducir la importación de combustibles y depender

menos de los precios internacionales. Si bien esta política busca fortalecer el sistema energético nacional y aprovechar al máximo los recursos petroleros del país, también plantea desafíos. La reducción de exportaciones implica una menor entrada de divisas para Pemex, en un contexto en el que la empresa enfrenta altos niveles de deuda y retos financieros. Además, podría disminuir la presencia competitiva de México en el mercado petrolero global, en un momento en que otros actores, como Canadá, están ganando terreno. Este enfoque evidencia un replanteamiento profundo de las prioridades energéticas nacionales, aunque no sin riesgos económicos y estratégicos a mediano y largo plazo.

Introducimos una variable dummie para incorporar el efecto de la entrada en funciones de las refinerías sobre las exportaciones de petróleo a USA donde 1 es la política de reducción de exportaciones para dar preferencia a la refinación y 0 es la estabilización de las mismas a niveles históricos promedio.

Modelo final

$$Q = \beta_0 - \beta_1 \frac{P_{BM}}{P_{GASUSA}} + \beta_2 PSUST + \beta_3 INDEX_{IND} + \beta_4 \frac{BRENT_1}{BRENT_0} - \beta_5 \frac{\Delta TIPO_CAMBIO_REAL}{TIPO_CAMBIO_REAL_0} - \beta_6 ANUNCIO + \varepsilon$$

Q = Cantidad demandada.

β_0 = Intercepto.

$\frac{P_{BM}}{P_{GASUSA}}$ = Precio relativo del precio internacional FOB entre el precio de la gasolina para consumo doméstico.

$PSUST$ = Precio del petróleo canadiense.

$INDEX_IND$ = Índice de desarrollo industrial.

$\frac{BRENT_1}{BRENT_0}$ = Ratio de cambio del precio del crudo BRENT por periodo.

$\frac{\Delta TIPO_CAMBIO_REAL}{TIPO_CAMBIO_REAL_0}$ = Ratio de cambio del tipo de cambio real por periodo.

$ANUNCIO$ = Política de reducción de exportaciones por refinación doméstica.

ε = Componente aleatorio

Corremos, de la misma forma como lo hicimos anteriormente, las pruebas de significancia estadística para corroborar que los supuestos del método se cumplen.

Variable	t_stat	df	lower.tail	p_value	Decisión (alpha=0.10)	Signo Esperado
INEX	-5.252	46	True	1.88E-06	Rechaza H0	Negativo
Precio barril canadiense	1.997	46	False	0.02588066	Rechaza H0	Positivo
IP Index	6.109	46	-	1.99E-07	Rechaza H0	Diferente de 0
Index Brent	4.334	46	False	3.94E-05	Rechaza H0	Positivo
Variación Tipo de Cambio Real	-1.654	46	True	0.05246829	Rechaza H0	Negativo
Anuncio	-5.591	46	True	5.91E-07	Rechaza H0	Negativo

```

=====
                        Dependent variable:
-----
                        QUSA
-----
inex                    -42.081***
                        (8.013)

PCANAD                  0.264*
                        (0.132)

IP_INDEX                33.080***
                        (5.415)

INDEX_BRENT             444.980***
                        (102.677)

VAR_TC_COR              -747.444
                        (451.995)

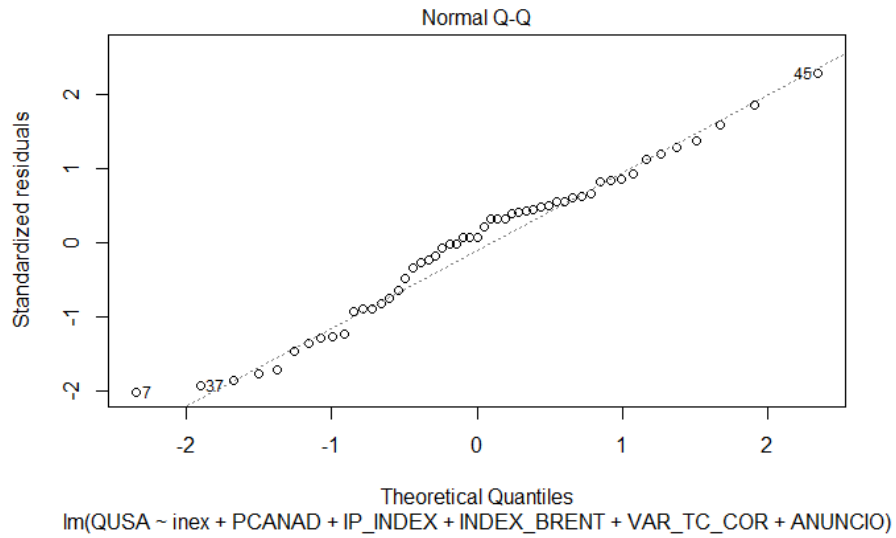
ANUNCIO                 -215.687***
                        (38.579)

Constant                -2,149.822***
                        (474.147)

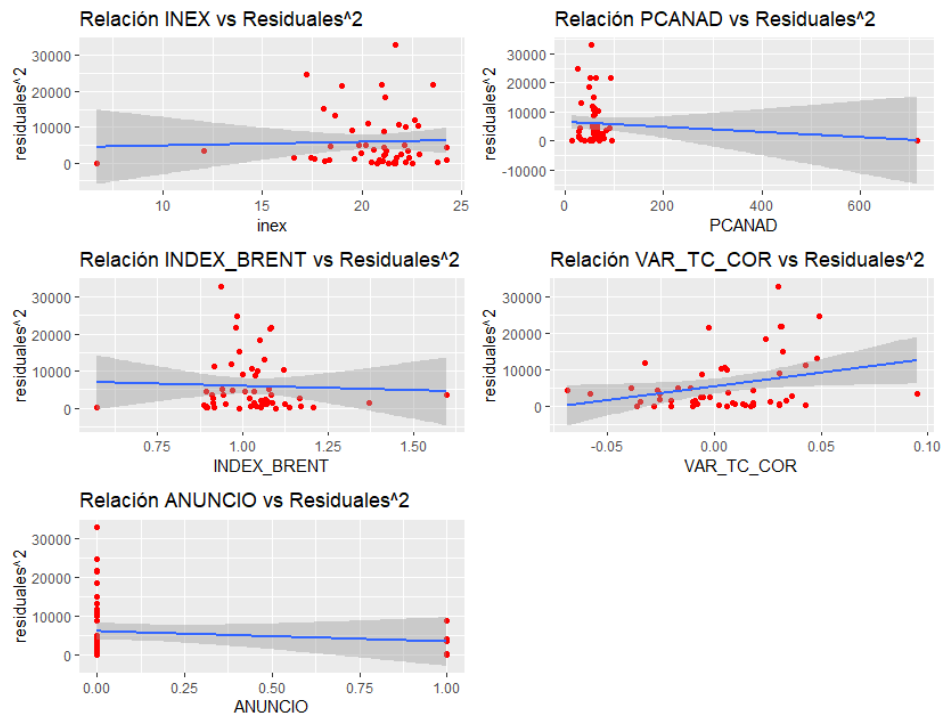
-----
Observations              53
R2                        0.582
Adjusted R2               0.528
Residual Std. Error      82.186 (df = 46)
F Statistic              10.679*** (df = 6; 46)
=====
Note:                    *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

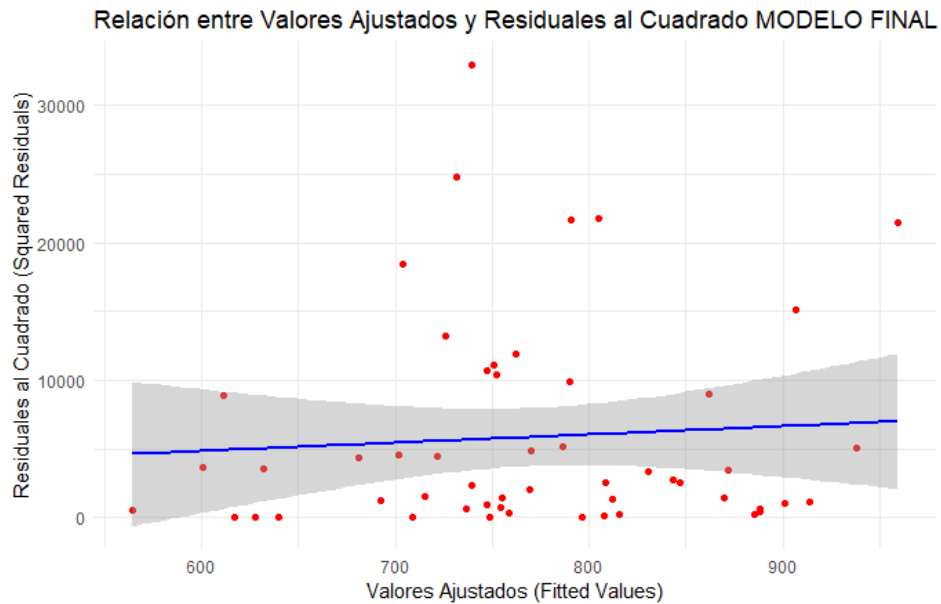
```

Vemos que todos los parámetros son significativos.



Jarque Bera Test
 data: residuales
 X-squared = 0.46961, df = 2, p-value = 0.7907



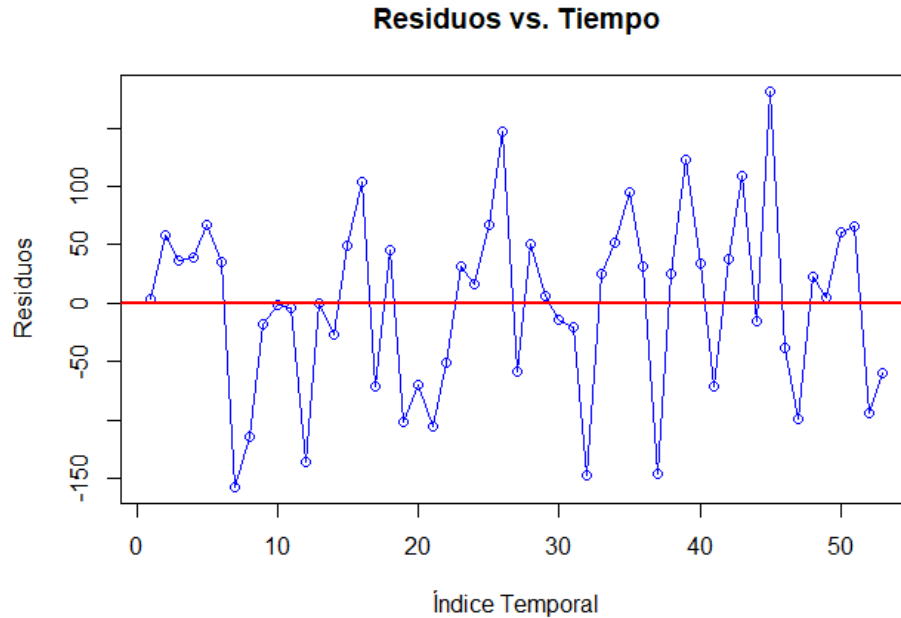


Breusch-Pagan test
data: modelo
BP = 7.3298, df = 6, p-value = 0.2914



```
> vif(modelo)
```

inex	PCANAD	IP_INDEX	INDEX_BRENT	VAR_TC_COR	ANUNCIO
4.122162	1.143633	4.047570	1.532865	1.397783	1.172386

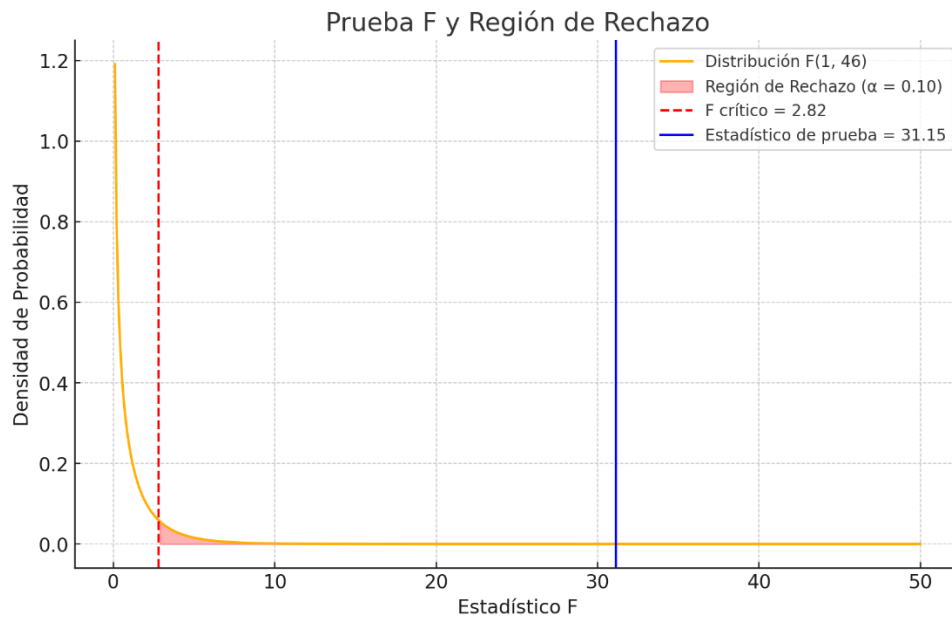


Durbin-Watson test
data: modelo
DW = 1.7831, p-value = 0.1194
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0

Ahora vamos a hacer una prueba de cambio estructural en donde la hipótesis nula sea que la beta de la variable ANUNCIO sea igual a 0. Para ello ocuparemos la siguiente fórmula:

$$F = \frac{\left(\frac{SCR_{restr} - SCR_{norestr}}{j} \right)}{\left(\frac{SCR_{norestr}}{n - (k + 1)} \right)}$$

Donde j es el número de restricciones, en este caso es igual a 1. Haciendo los cálculos pertinentes obtenemos un estadístico F igual a 32.15. Con una alfa = 10% se rechaza la hipótesis nula de que la beta de la variable anuncio sea igual a 0.



Conclusión

El modelo que establecimos cumple con todos los supuestos de regresión lineal y estadísticamente todos sus regresores son significativos, siendo fieles a los signos que la teoría prevé.

Ecuación final de la demanda de petróleo mexicano

$$Q = -2,149.822 - 42.081 \frac{P_{BM}}{P_{GASUSA}} + 0.264 PSUST + 33.080 IPINDEX + 444.980$$

$$\frac{BRENT_1}{BRENT_0} - 747.444 \frac{\Delta TIPO_CAMBIO_REAL}{TIPO_CAMBIO_REAL_0} - 215.687 ANUNCIO$$

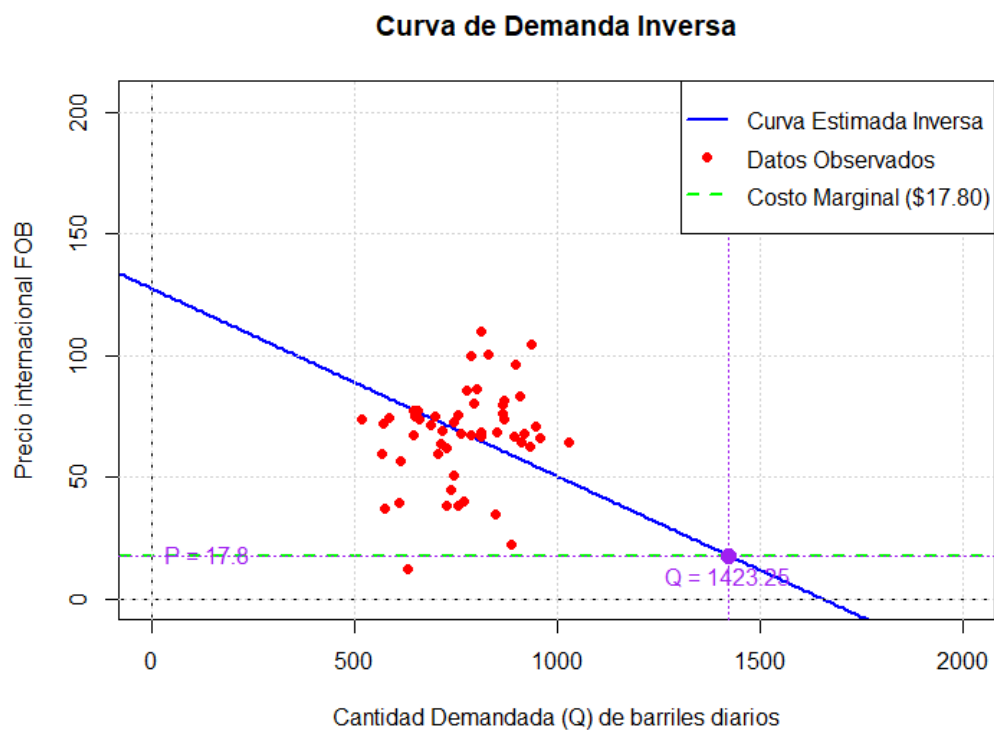
Para efectos de análisis de la demanda inversa, vamos a fijar los valores promedio en todos los parámetros y para el caso del parámetro de anuncio, vamos a establecer que no se fijó una política de restricción de exportaciones, es decir, $ANUNCIO = 0$.

Entonces tenemos

$$P_{BM}(Q) = 127.4117 - 0.077015 \cdot Q$$

Con un costo marginal de producción de $CMg = 17.80$.

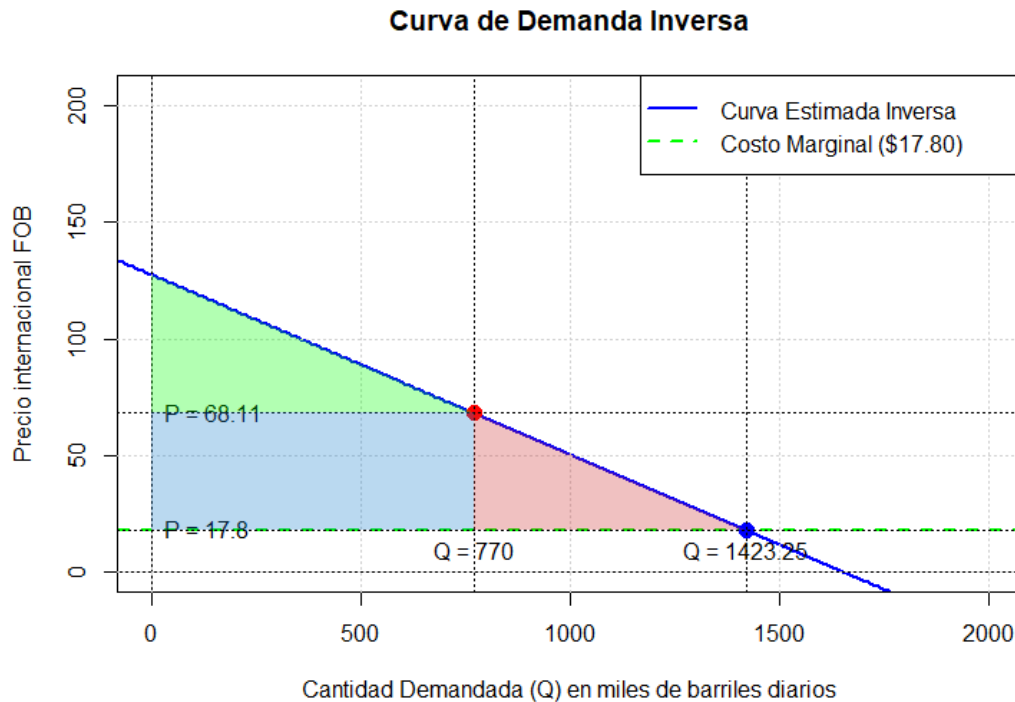
Ahora vamos a graficar la demanda inversa estimada contrastándola con los datos empíricos observados.



Vemos que la cantidad demandada promedio es de 770 mil barriles por día.

Comparación precio en competencia perfecta vs. situación actual

Para concluir, haremos un breve estudio de eficiencia entre la situación actual y la situación de competencia perfecta con la finalidad de resaltar la utilidad del modelo y su aplicación en la realidad.



Cálculo del Excedente del Consumidor, Excedente del Productor y Pérdida en Bienestar Social

Dado el gráfico proporcionado, los cálculos se basan en la curva de demanda inversa, el precio marginal (P_{CM}), y las cantidades demandadas correspondientes.

1. Excedente del Consumidor (EC)

El excedente del consumidor es el área del triángulo comprendido entre el precio inicial ($P_{CM} = 47.8\$$) y el precio en equilibrio ($P = 68.11\$$), hasta la cantidad de equilibrio ($Q = 770\$$).

Fórmula:

$$EC = \frac{1}{2} \cdot \text{Base} \cdot \text{Altura}$$

Donde:

- **Base** = $770 - 0 = 770$ (miles de barriles diarios),
- **Altura** = $127.4117 - 68.11 = 59.3017$ (dólares).

Sustituyendo:

$$EC = \frac{1}{2} \cdot 770 \cdot 59.3017 = 22,831,154.5 \text{ dólares}$$

2. Excedente del Productor (EP)

El excedente del productor es el área del rectángulo entre el precio marginal ($P_{CM} = 47.8\$$) y el precio en equilibrio ($\$P = 68.11\$$), hasta la cantidad de equilibrio ($\$Q = 770\$$).

Fórmula:

$$EP = \text{Base} \cdot \text{Altura}$$

Donde:

- **Base** = $770 - 0 = 770$ (miles de barriles diarios),
- **Altura** = $68.11 - 17.8 = 50.31$ (dólares)

Sustituyendo:

$$EP = 770 \cdot 50.31 = 38,738,700 \text{ dólares}$$

3. Pérdida en Bienestar Social (PBS)

La pérdida en bienestar social se encuentra en el área del triángulo que resulta de la cantidad que se pierde al reducir la producción desde $Q_{max} = 1423.25$ hasta $Q_{equilibrio} = 770$

Fórmula:

$$PBS = \frac{1}{2} \cdot \text{Base} \cdot \text{Altura}$$

Donde:

- **Base** = $1423.25 - 770 = 653.25$ (miles de barriles diarios),
- **Altura** = 68.11 (dólares).

Sustituyendo:

$$PBS = \frac{1}{2} \cdot 653.25 \cdot 68.11 = 22,246,428.75 \text{ miles de dólares.}$$

Resultados Finales

- **Excedente del Consumidor (EC):** 22,831,154.5 dólares.
- **Excedente del Productor (EP):** 38,738,700 dólares.
- **Pérdida en Bienestar Social (PBS):** 22,246,428.75 miles de dólares.

Bibliografía

- Castañeda, A. , Villagomez, A., & CIDE. (2006, noviembre). *análisis histórico de la relación macroeconomía-petroleo en México: 1970-2006*.
https://cide.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1011/186/1/000071410_documento.pdf
- Gante, D. (2023, 12 junio). *Cuesta a Pemex 12% más producir petróleo*. Onexpo.
https://www.onexpo.com.mx/NOTICIAS/CUESTA-A-PEMEX-12-MAS-PRODUCIR-PETROLEO_46CEz/
- García, K. (2024, 3 abril). Pemex recortará hasta 46% su exportación de crudo. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Pemex-recortara-hasta-46-su-exportacion-de-crudo-20240403-0006.html>
- Reuters. (2024, 8 abril). México planea recortar 330,000 barriles diarios de crudo para exportar en mayo. *El Economista*.
<https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-planea-recorte-de-330000-barriles-diarios-para-exportar-en-mayo-20240408-0061.html>
- Solís, A. (2024, 24 mayo). Pemex sigue recortando exportaciones de petróleo, principalmente a Europa y Lejano Oriente. *Bloomberg Línea*.
<https://www.bloomberglinea.com/latinoamerica/mexico/pemex-sigue-recortando-exportaciones-de-petroleo-principalmente-a-europa-y-lejano-orientel>
- Usla, H. (2024, 10 abril). EU recorta 20% sus importaciones de petróleo crudo mexicano; se va con Canadá. *El Financiero*.

<https://www.elfinanciero.com.mx/economia/2024/04/10/estados-unidos-recorta-20-sus-importaciones-de-petroleo-crudo-mexicano-se-va-con-canada/>