



FACULTAD DE CIENCIAS ECÓNICAS Y EMPRESARIALES

# **ESTUDIO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL PRECIO *BRENT*: ANALISIS RELACIONAL CON GOOGLE TRENDS**

Autor/a: José María Muriel López

Director/a: José Portela González

**Resumen:** El petróleo y todos sus derivados han jugado un papel extremadamente importante en el desarrollo de nuestra economía, particularmente en el crecimiento de las industrias, así como en decisiones políticas significativas tomadas en el ámbito global. Este trabajo versará sobre aquellos elementos macroeconómicos y financieros que otorgan importancia al petróleo. En concreto, nos centraremos en el precio *Brent* a la hora de realizar nuestro estudio. Investigaremos los inicios y el desarrollo de la industria petrolera desde sus comienzos para poder obtener una visión más global y comprensiva del mismo. Dicha información será determinante para efectuar el análisis de diversos modelos tanto predictivos como explicativos sobre el comportamiento del precio *Brent*. Tras dicho análisis se procederá a la creación de un modelo propio que nos permita explicar el comportamiento del precio *Brent*. Dada la alta correlación entre el mundo de la información y los mercados financieros, en este trabajo estudiaremos que posible correlación puede existir entre plataformas de búsqueda de información y los comportamientos de índices e instrumentos financieros. Para ello haremos uso de la plataforma *Google Trends* con el objetivo de obtener más información sobre el comportamiento del precio *Brent*.

**Palabras clave:** Petróleo, factores, precio *Brent*, instrumentos financieros, mercados, Google Trends.

**Abstract:** Oil and all its derivatives have played an extremely important role in the development of our economy, especially with regards to industries and in decisive political decisions taken globally. This project will elaborate on those macroeconomic and financial elements that provide oil with importance. Specifically, we will focus on the *Brent* price when conducting our study. We will carry out an investigation of the origins and development of the oil industry from its beginnings to obtain a more global and comprehensive vision of it. This information will be decisive once we proceed to the analysis of various predictive and explanatory models on the behavior of the *Brent* price. After this analysis, we will proceed to create our own model that allows us to explain the behavior of the *Brent* price. Given the high correlation between the world of information and financial markets, in this work we will study what possible correlation may exist between information search platforms and the behavior of indexes and financial instruments. To do this, we will use the Google Trends platform, with the expectation that it may provide us with more information about the behavior of the *Brent* price.

**Key words:** Oil, factors, *Brent* price, financial instruments, markets, Google Trends.

## INDICE

<b>1. Introducción</b>	4
1.1 Motivación y Objetivo	4
1.2 Metodología y estructura del trabajo	5
<b>2. Mercado <i>Commodities</i></b>	5
<b>3. Crudo e Industria petrolera</b>	6
3.1 Historia	6
3.2 Principales compañías	8
3.3 Principales Mercados y Precios	10
<b>4. Comportamiento del Precio del crudo <i>Brent</i></b>	12
4.1 Modelos Predictivos	12
4.2 Modelos explicativos	14
<b>5. Estudio del Precio <i>Brent</i></b>	15
5.1 Introducción	15
5.2 Demanda y Oferta	15
5.3 Reservas	18
5.4 El surgimiento de la financiarización de los mercados de petróleo	20
5.5 Actividad económica mundial	21
5.6 Precio de otras materias primas y <i>West Texas Intermediate</i>	22
5.7 Eventos no predecibles	22
<b>6. Modelización del comportamiento del <i>Brent</i></b>	23
6.1 Introducción	23
6.2 Variables Serie Diaria	23
6.3 Primer Modelo	26
6.4 Segundo modelo	34
6.5 Modelos alternativos	36
6.6 Modelo definitivo	38
<b>7. Análisis relacional con <i>Google Trends</i></b>	43
7.1 Introducción	43
7.2 Búsquedas en <i>Google Trends</i>	44
7.3 Modelo explicativo incluyendo <i>Google Trends</i>	45
<b>8. Conclusiones</b>	49
<b>9. Anexos</b>	51
<b>10. Bibliografía</b>	55

# 1. Introducción

Este trabajo de fin de Grado se orienta en el estudio de la evolución del precio del petróleo *Brent* a lo largo de su historia, junto con un análisis de su comportamiento en el año 2019. Dicho análisis, unido con un inciso sobre el posible efecto que puede tener la plataforma Google Trends nos proporciona una interesante base sobre la que partir a la hora de realizar el trabajo. Cabe destacar dos problemas con los que nos encontramos en la realización del trabajo. En primer lugar, la opacidad y la dificultad para obtener información relativa a los datos petroleros dado el control de dichas fuentes de información por parte de potencias petroleras que no facilitan su obtención. En segundo lugar, la gran discrepancia en la comunidad de investigación sobre cuáles son los modelos, métodos e incluso variables más adecuadas para analizar y estimar el comportamiento del *Brent*.

## 1.1 Motivación y Objetivo

Comenzamos la ardua labor de llevar a cabo dicho trabajo por interés derivado del estudio de asignaturas orientadas al ámbito económico en cursos anteriores. Dichas asignaturas, como son Finanzas y Macroeconomía, me plantearon el interrogante sobre cómo se aplican los conocimientos obtenidos en las mismas al mercado del petróleo. El tema seleccionado es relevante en el ámbito económico dado que se trata de una de las fuentes de energía más importantes y utilizadas del mundo. Se trata de un recurso utilizado en todos los ámbitos económicos y de producción que no solo ha tenido importancia en el mercado, sino también a la hora de influir en las políticas geoestratégicas de los estados. Se trata también de un producto que influye de manera significativa en los mercados financieros, tanto en los mercados de *commodities* como en los mercados de valores mediante instrumentos financieros de cobertura.

El objetivo del presente trabajo es acometer una investigación exhaustiva sobre el comportamiento del *Brent* para poder posteriormente crear un modelo que pueda explicar dicho comportamiento. Una vez determinado dicho modelo, utilizarlo para ver hasta qué punto la plataforma de *Google Trends* y el interés del público en general sobre este tema nos ayuda a perfeccionar o explicar de mejor manera el modelo generado.

## 1.2 Metodología y estructura del trabajo

La metodología del trabajo consiste en un trabajo de investigación sobre la historia y comportamiento del *Brent*. La información recogida mediante dicho trabajo se utilizará para la creación de modelos mediante la plataforma *Gretl* que nos permita analizar su comportamiento para después introducir la variable *Google Trends*.

El trabajo se encuentra estructurado en tres partes diferenciadas. En primer lugar, una investigación exhaustiva de la historia tanto del producto del petróleo como de sus mercados. En esta primera parte se analizarán también las diversas técnicas de inversión surgidas de la existencia de tales productos de primera necesidad como son los productos energéticos. En segundo lugar, una investigación de modelos existentes sobre el comportamiento de dicho producto para la posterior creación de un modelo propio mediante el programa *Gretl* que nos permita explicar el mismo. En tercer lugar, la introducción de la variable *Google Trends* para analizar su efecto sobre el modelo y cuan significativa resulta dicha plataforma para explicar el comportamiento de éste.

## 2. Mercado *Commodities*

El término *commodity* es un anglicismo utilizado de manera frecuente en el ámbito económico, cuyo significado se resume en un producto objeto de comercialización y que tiene como equivalentes españoles las palabras mercancía, bien de consumo, o materias primas. Sin embargo, se utiliza más frecuentemente en su modalidad plural, *commodities*, para referirse a las materias primas o a productos básicos de nuestra economía (RAE, 2005). Podríamos definir por tanto dichos mercados como aquellos en los cuales se comercializa todo bien producido en masa por el hombre del cual existen enormes cantidades disponibles en la naturaleza con valor o utilidad y un muy bajo nivel de diferenciación o especialización (Castelo, 2003).

Uno de los *commodities* utilizados más comúnmente en el mundo es el petróleo. El petróleo es una mezcla de compuestos orgánicos principalmente de hidrocarburos, con variación entre un 50 y un 98 %, y diversos compuestos orgánicos que contienen oxígeno, nitrógeno y azufre (Ambientum, 2018).

### 3. Crudo e Industria petrolera

#### 3.1 Historia

El crudo ha sido utilizado prácticamente desde los inicios de nuestra historia civilizada. Queda constancia de que fue utilizado 4000 años a.C como material de construcción en Oriente Próximo y 1000 a.C como crudo refinado utilizado como combustible para lámparas de luz (Lozano, 2019). Fue utilizado también por personajes históricos como Alejandro Magno como fuente de energía para antorchas arrojadas con el objetivo de sembrar miedo y pánico entre sus enemigos.

La industria petrolífera como la conocemos actualmente no surge hasta mediados del siglo XIX. Surge en dicha época una alta demanda de productos energéticos y dada la baja oferta de estos, se comienza a buscar una alternativa. Se descubrió que el crudo, denominado *rock oil* en la industria estadounidense, podía ser refinado para la producción de keroseno. Esto llevó al coronel Edwin Drake a emprender la búsqueda de dicho producto y su posterior comercialización en Pennsylvania, 1859, bajo la denominación empresarial *Pennsylvania Rock Oil*. De dicha forma, y tras una demanda excesiva sobre el llamado “oro negro”, su producción se vio incrementada desde 15 barriles diarios a casi 500,000 en menos de un año. Pasados dos años, su producción había ascendido a más de 3 millones de barriles al día, dando pie al nacimiento de la industria petrolera moderna (Bank 2013). El producto original que dio lugar a tan alta demanda del crudo fue el keroseno, como alternativa al costoso aceite de ballena. El precio por barril a principios de 1860 era de \$18, que teniendo en cuenta cambios de valoración suponen unos \$375 actuales. Dada la absoluta sobreproducción llevada a cabo por la empresa, el precio del barril se vio drásticamente reducido a 10 céntimos por barril, \$2.60 actuales, un 99,5% menos a finales de 1861 (Downey, 2009). Tras la extrema volatilidad del precio y mercado a causa de una regulación prácticamente inexistente sobre la producción, el empresario John D. Rockefeller decidió acometer la labor de estabilizar y regular el mercado del crudo.

La figura e historia emprendedora de John D. Rockefeller merece un estudio independiente por sí solo. Sin embargo, nos centraremos exclusivamente en la gran influencia que tuvo sobre la evolución de la industria petrolera en el mundo. John D. Rockefeller fundó la empresa Standard Oil en 1870 y en tan solo 3 años consiguió regularizar el precio del barril a \$62 actuales. Hacia 1890, utilizando prácticas

comerciales cuyo objetivo era el de eliminar la competencia, Standard Oil llegó a controlar casi el 90% de los flujos de petróleo refinado en los Estados Unidos. Llegó a determinar el precio al que se venderían sus productos en el mercado e informaba a los productores el precio que recibirían por su petróleo. En efecto, llegó a convertirse, en todos los sentidos y propósitos, en un monopolio de la industria petrolera de EE. UU. A raíz de las actividades monopolísticas tanto de Standard Oil como de otras grandes empresas del país, el Congreso de Estados Unidos aprobó la Ley Sherman Antitrust en 1890, con el objetivo de eliminar dichos monopolios empresariales. Standard Oil se vio afectada en 1909 cuando el Ministerio de Justicia de Estados Unidos presentó una demanda contra la misma a raíz de sus prácticas monopolísticas. El 15 de mayo de 1911, El Tribunal Supremo decretó la fragmentación de la empresa Standard Oil, por haber vulnerado la normativa de la Ley Sherman. Esto dio lugar a la creación de treinta y cuatro empresas independientes del sector petrolero estadounidense (Standard Oil, 2020). De dicha fragmentación surgieron las grandes empresas petroleras del siglo veinte conocidas popularmente como las “Siete Hermanas”. De dichas empresas surgieron gigantes petroleros como ExxonMobil, Chevron, Amoco, y Marathon Petroleum.

El avance de la industria petrolera estadounidense provocó una extensa búsqueda de yacimientos de crudo en otras partes del mundo. En la región de Baku, en el Mar Caspio, se encontraron grandes reservas de petróleo a principios de 1870. Gracias a la colaboración entre Nobels y la familia Rothschilds la explotación en dicha región creció de manera exponencial. La producción en Oriente Medio también se vio incrementada tras el descubrimiento de petróleo en Persia a finales de 1908 por parte de la Anglo Persian Oil Company, conocida en la actualidad como British Petroleum, (Downey, 2009). Estos descubrimientos facilitaron el desarrollo de la era del automóvil.

El nuevo uso del petróleo, junto con el desarrollo de la industria del automóvil, provocó con el inicio de la Primera Guerra Mundial un enorme incremento de la demanda del petróleo. El comandante de la Armada Británica Winston Churchill descubrió la importancia estratégica de dicho producto al determinar que eran más efectivos los buques de guerra con motores de gasoil que los anteriores con motores de carbón. (Downey, 2009). En 1950 el crudo completó su transición de un combustible de lámparas a un combustible para el transporte con sus productos derivados gasolina, Diesel y keroseno. El consumo de dichos derivados llegó a representar dos terceras partes del consumo total final del crudo (Downey, 2009).

El descubrimiento del petróleo en otros países del mundo y su exportación, junto a prácticas abusivas de gigantes de la industria con respecto al crudo producido en dichos lugares dio lugar al surgimiento de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Fue fundada en 1960 en Bagdad por cinco países exportadores: Irán, Iraq, Kuwait, Arabia Saudita y Venezuela. Por primera vez, países exportadores de crudo se asociaban para determinar políticas de coordinación entre sus miembros y de respuesta frente a movimientos del mercado. A los cinco países fundadores pronto se adhirieron Qatar en 1961, Indonesia y Libia en 1962, Emiratos Árabes Unidos en 1967 y Argelia en 1969. Más adelante, se unieron Nigeria en 1971, Ecuador en 1973 y Gabón en 1974. Cabe señalar, que en la actualidad la OPEP está compuesta por 11 miembros ya que Ecuador se retiró en 1992 y Gabón en 1994. (Ruiz Caro, 2001)

### 3.2 Principales compañías

Conviene, asimismo, analizar brevemente los diferentes agentes que participan en la industria petrolera actual. Para esto, hemos de realizar una pequeña distinción entre aquellas empresas que cotizan en bolsa y los países que exportan grandes cantidades de crudo.

En lo que respecta a los grandes países exportadores, hemos de distinguir en primer lugar entre aquellos que son miembros de la OPEP y aquellos que no lo son. Hoy en día, la OPEP está compuesta por trece países exportadores. Incluye a Algeria, Angola, Congo, Guinea Ecuatorial, Gabón, Irán, la República Islámica de Irán, Kuwait, Libia, Nigeria, Arabia Saudí, Emiratos Árabes y Venezuela (OPEC). Entre los países exportadores de crudo que no forman parte de la OPEP, encontramos a Argentina, Australia, Azerbaiyán, Brasil, Canadá, Kazajistán, México, Noruega, Rusia, Reino Unido y Estados Unidos (Bank, 2013).

En cuanto a las reservas de petróleo de dichos países, los quince países con más reservas acumulan más de 1.5 billones de barriles. A continuación, podemos observar una tabla y grafica representando los datos cuyas reservas están medidas en mil millones de barriles.

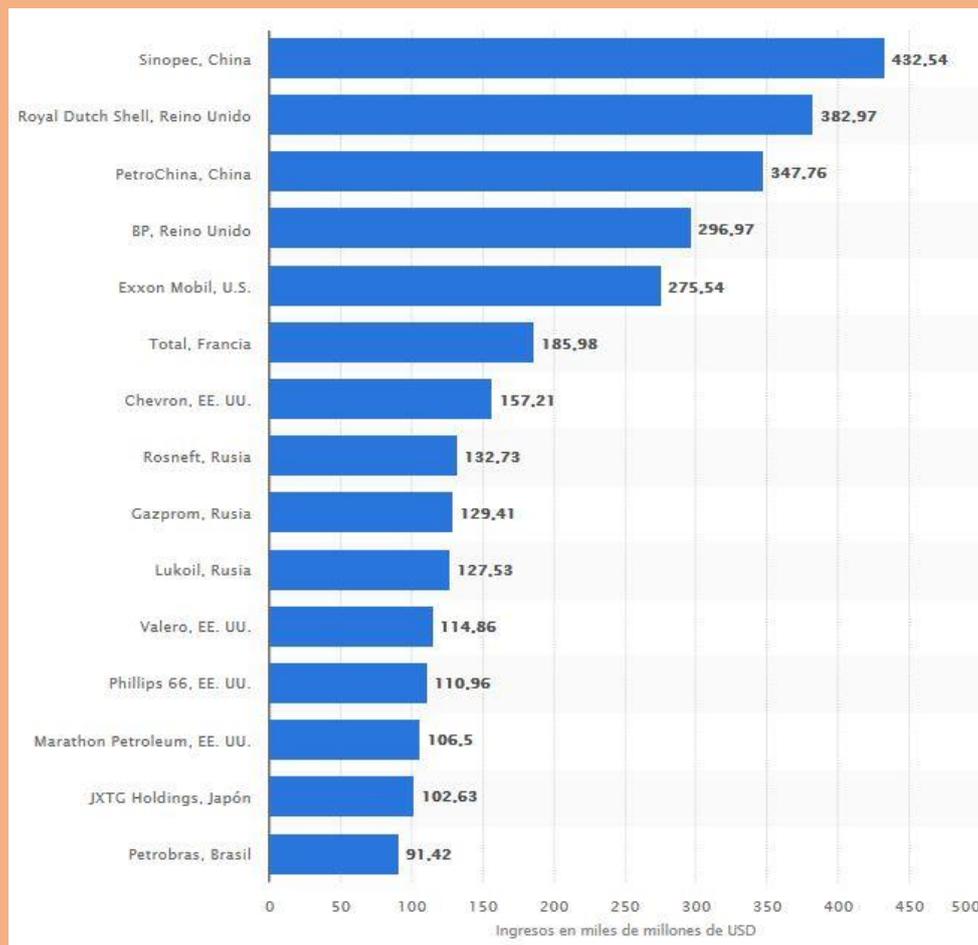
Tabla 1: Reservas probadas por país

Rango	País	Reservas (Mil millones de barriles)
1	Venezuela	300.9
2	Arabia Saudí	266.5
3	Canadá	169.7
4	Irán	158.4
5	Iraq	142.5
6	Kuwait	101.5
7	Emiratos Árabes	97.8
8	Rusia	80
9	Libia	48.4
10	Nigeria	37.1
11	Estados Unidos	36.5
12	Kazajistán	30
13	China	25.6
14	Qatar	25.2
15	Brasil	12.7

Fuente: CIA y elaboración propia

Entre las principales empresas de la industria petrolera que cotizan en sus respectivas bolsas, encontramos gigantes como Sinopec, Royal Dutch Shell, PetroChina, British Petroleum, ExxonMobil, Total, Chevron, y Rosneft. A continuación, se adjunta un cuadro con el ranking mundial de empresas de gas y petróleo según sus ingresos:

Gráfico 1: Empresas de gas y petróleo líderes a nivel mundial según ingresos



Fuente: Sevilla, 2019

### 3.3 Principales Mercados y Precios

Los *commodities* energéticos son los más importantes en la economía global dado el extenso consumo de petróleo generado diariamente. El petróleo como producto es el commodity que más se negocia en los mercados e incluye también a sus derivados como el crudo o la gasolina. Dicha preponderancia se produce tanto los mercados de futuros como los mercados *spot*.

El comercio en el mercado mayorista de petróleo *in natura* se lleva a cabo mediante contratos de suministro a plazo o contratos denominados *spot*. Los contratos de suministro a plazo son aquellos en los cuales un vendedor acuerda suministrar al comprador con una cantidad específica en una fecha determinada. La mayor parte de las transacciones físicas de petróleo se llevan a cabo mediante este tipo de contratos. La segunda modalidad de venta es a través de los contratos *spot*. En dichos contratos, la fecha de entrega del producto es muy inferior y ronda el día o a lo sumo dos. Los precios del

petróleo recogidos en esta modalidad incluyen las modificaciones que sufre el precio del producto, de acuerdo con cambios a corto plazo de diversas variables como la demanda y la oferta.

La modalidad de contratos spot no tenía mucho éxito en el mercado hasta la década de los 80. Esto se debía a que los precios del petróleo en contratos a futuro eran fijados por las grandes empresas y solían no variar durante semanas, meses e incluso años. A mediados de los ochenta, con la introducción de la modalidad de *benchmark pricing*, precios de referencia en inglés, la mayor parte de los contratos de suministro fue transformándose paulatinamente en contratos referenciados (Downey, 2009).

Los precios de referencia hacen uso de los cambios en los precios spot. Su cálculo se realiza al final de cada día de operaciones utilizando los precios contratados en el suministro de diversos tipos de petróleo. Dichos datos provienen de los mercados de futuros y de los diarios de negocios.

En la actualidad, la mayoría del comercio sobre el petróleo se realiza a través de dos mercados internacionales. Estos son el New York Mercantile Exchange (NYMEX), donde se realizan operaciones de suministro tanto físicas como financieras, y el International Exchange (ICE).

Tanto en el NYMEX como en el ICE se intercambian contratos *spot* como contratos a futuro, permitiendo que se realicen coberturas y especulación sobre el precio del petróleo. Se utilizan comúnmente los precios de referencia West Texas Intermediate (WTI) en NYMEX y el precio del crudo *Brent* en ICE. Estos precios se utilizan como referencia con cada tipo de crudo siendo comercializado con una prima o descuento sobre los índices con relación a diversos factores específicos del lugar de extracción y de los contenidos de azufre (Bank, 2013).

Con respecto a los índices WTI y *Brent*, el mayormente comercializado es el WTI de NYMEX. Su consumo se concentra en refinerías estadounidenses y como consecuencia, su precio fluctúa de manera muy volátil en relación con los cambios regionales de la oferta y demanda del crudo.

El famoso barril *Brent* contiene 158,991 litros de crudo y es un tipo de crudo ligeramente diferente al WTI. El índice *Brent* está vinculado al mercado físico del Mar del Norte y comprende cuatro flujos crudos clave: *Brent*, Forties, Oseberg y Ekofisk (BFOE). A

diferencia de WTI, *Brent* se liquida financieramente (es decir, no hay entrega física al vencimiento del contrato). En cambio, el valor al vencimiento es equivalente al Índice *Brent*, que se establece a diario por el intercambio y es el promedio ponderado de todas las transacciones en el mercado físico para el mes en cuestión para cada una de las cuatro corrientes de crudo. *Brent* es un instrumento financiero mucho más complejo que WTI pues no solo se compone de futuros y un mercado a plazo físico (BFOE), sino que también incluye un mercado *spot* físico, *Dated Brent*. Esto establece el precio para la mayor parte del mercado físico mundial y, como tal, es de gran importancia. El valor de *Dated Brent* se establece todos los días a las 16: 30GMT y es evaluado por Platt como el valor del crudo más barato en el grupo BFOE ese día (Bank 2013).

## **4. Comportamiento del Precio del crudo *Brent***

### 4.1 Modelos Predictivos

Históricamente, el intento de predecir el comportamiento del precio del petróleo ha resultado de gran interés tanto para miembros de la industria petrolera como para financieros cuyo objetivo es especular sobre la evolución de dicho activo. Una de las primeras y más importantes organizaciones que viene realizando proyecciones del comportamiento del petróleo es la US Energy Information Administration (EIA). Esta organización realiza proyecciones mensuales y cuatrimestrales con una fecha de vencimiento de hasta dos años. Sin embargo, según Kilian & Baumeister (2015), sus proyecciones tienden a ser sesgadas y difícilmente justificadas. Es por eso por lo que deciden intentar mejorar el modelo para eliminar posibles sesgos y conseguir obtener una predicción más correcta. Procederemos entonces a realizar un breve análisis sobre las publicaciones de Kilian y Baumeister (2015) y sobre un estudio realizado por el King Abdullah Petroleum Studies and Research Center (KAPSARC)

En su estudio, Kilian y Baumeister (2015) delimitan seis enfoques diferentes para intentar predecir el comportamiento de precio real del petróleo. El primer enfoque que llevan a cabo consiste en la utilización de un modelo predictivo basado en un modelo vectorial autorregresivo (VAR). Los modelos VAR se definen como “un modelo de ecuaciones simultáneas formado por un sistema de ecuaciones de forma reducida sin restringir” (Novales, 2017). En dicho modelo, las variables explicativas vendrían derivadas de los valores contemporáneos del modelo. Se utiliza comúnmente para evaluar el grado de interacción entre variables cuya relación se supone que es relativamente alta. En el

modelo de Kilian & Baumeister se utilizan variables que afectan de manera probada al precio real del petróleo como son los inventarios, el coste de adquisición, y los ciclos de actividad económica global. El segundo enfoque lo llevan a cabo proyectando los datos en relación con el comportamiento de materias primas no relacionadas con la industria del petróleo. El tercer enfoque elimina la posibilidad de que se sucedan eventos no predecibles. Según concluyeron en un estudio anterior, Kilian & Baumeister (2012), el modelo VAR resulta muy fiable en momentos en los que la economía y demás factores funcionan con normalidad. Sin embargo, no resulta tan fiable ante cambios drásticos en la demanda y oferta mundial. Por tanto, para paliar este inconveniente, en el tercer enfoque hacen uso del método *no-change forecast*. En su cuarto enfoque, hacen uso de los precios de futuro del petróleo y miden el efecto que dichos precios tienen sobre el precio *spot*. En su quinto enfoque, analizan el efecto que tiene la creciente distribución homogénea de los precios *spot* de la gasolina y el crudo. En su sexto enfoque realizan un estudio de dichas variables, pero con el modelo de parámetros con varianza temporal.

Concluyen por tanto que, utilizando una combinación de los resultados de todos los enfoques, pueden generar una predicción real de la evolución del precio del petróleo, sin sesgos. Dichos enfoques deben ser combinados con el mismo peso para conseguir obtener datos más homogéneos sobre el comportamiento del precio (Kilian & Baumeister 2015). Según los resultados de dicho estudio, cabe tener un número bastante elevado de variables a fin de crear un modelo con capacidades predictivas sobre el comportamiento del petróleo. Podemos observar que variables como el precio del futuro sobre el activo, precios de productos relacionados y demás factores macroeconómicos mundiales deben ser considerados a la hora de crear un modelo predictivo que tenga cierto grado de fiabilidad.

En el anterior estudio, llevaban a cabo un análisis de la evolución del precio del petróleo general WTI. Por tanto, dado que existe otro índice con el mismo peso, el precio del crudo *Brent*, conviene analizar un estudio sobre la predicción a corto plazo de este. Nos remitimos entonces al estudio realizado por Al Sadoon & Ward & Considine & Al Dayel (Al Sadoon, Ward, Considine & Al Dayel, 2019). Crean un modelo nuevo que otorga la posibilidad de comprender en mayor medida el comportamiento del mercado del petróleo, su oferta y demanda y las varianzas en el precio del crudo *Brent*. Dicho modelo se denomina el KAPSARC Oil Market Outlook (KOMO). Para su creación, tienen en cuenta diversos factores que influyen en mayor o menor medida en el mercado del petróleo.

Entre ellos encontramos variables financieras como los tipos de interés o el producto interior bruto, variables cíclicas, consideraciones sobre la producción física del petróleo, eventos de inversión financiera, el efecto de la financiarización sobre el mercado del petróleo y factores geopolíticos (Al Sadoon, Ward, Considine & Aldayel, 2019).

Concluyen que el modelo KOMO resulta muy dinámico como herramienta para proyectar los precios del crudo *Brent* utilizando una relación directa entre los inventarios de crudo y los precios del petróleo mundiales. Cambios en dichas variables proporcionan según Al Sadoon, Ward, Considine & Aldayel (2019) una medida muy exacta sobre los niveles excesivos de la oferta y la demanda sobre el crudo en los mercados mundiales. Por tanto, para poder crear un modelo adecuado conviene tener en cuenta elementos como el cambio de demanda mundial, los cambios en las reservas de los estados y las restricciones sobre las cantidades ofertadas por los productores de petróleo.

#### 4.2 Modelos explicativos

La gran mayoría de modelos existentes relativos al *Brent* tienden a tener una finalidad predictiva dada su importante factor económico. Sin embargo, existen también una serie de modelos explicativos que permiten entender su comportamiento en el pasado. Dado que el trabajo se centrará particularmente en la creación de un modelo explicativo para la posterior valoración de la incidencia de *Google trends* en dicho comportamiento, conviene por tanto analizar su funcionamiento.

Para ello, analizaremos un informe del Banco de España que recoge que variables pueden explicar el comportamiento del *Brent*: En dicho informe, recogido en el Boletín del Banco de España, se analiza el comportamiento de *Brent* en los primeros cuatro meses de 2019. Entre los factores importantes que proponen, queda primeramente recogida la estrategia de la OPEC de recortar la extracción de crudo a partir de enero de 2019 ((Banco de España, 2019). Incluye también, dentro de estos factores las sanciones impuestas por Estados Unidos a Irán, que provocaron una reducción en la compra de petróleo producido por dicho país, con la consiguiente caída de hasta un tercio de la producción petrolera iraní. También destacan las sanciones impuestas a Venezuela y el consecuente colapso de su producción. Realizan un estudio de diez modelos para tratar de analizar el impacto de estos *shocks* de oferta sobre el precio del *Brent* determinando que una reducción de “1 mb/d tendría un impacto alcista sobre los precios del barril *Brent* de entre 6 y 24 dólares”

(Banco de España, 2019). Concluye por tanto que las varianzas en precios del *BRENT* se deben, no exclusivamente, a aquellas variaciones de la oferta del crudo.

Conviene por tanto analizar qué eventos pueden ocasionar una variación tan drástica de la demanda, y ver como se llegan a producir.

## **5. Estudio del Precio *Brent***

### **5.1 Introducción**

Una vez analizado los modelos anteriores, procederemos a crear un modelo propio que nos permita analizar el comportamiento del *Brent* y delimitar que posible efecto puede tener la terminal *Google Trends* sobre el mismo.

Antes de proceder a realizar un estudio sobre el comportamiento del precio del crudo *Brent*, hemos de determinar cuáles son las variables que le afectan. Una vez determinadas debemos analizar su comportamiento y funcionamiento. Dado que las posibles variables que puedan afectar a dicho precio no están recogidas en *numerus clausus* conviene elegir un número reducido de aquellas que pensamos puedan afectar de mayor manera a los movimientos del precio del crudo *Brent*. Este listado reducido de variables recoge la demanda del crudo mundial, la oferta del crudo mundial, las reservas de petróleo mundiales, elementos específicos de la financiarización del mercado, la actividad económica mundial, el precio de otras materias primas y el precio diario del barril WTI. Realizaremos también una breve mención relativa a los eventos puntuales que no pueden ser predichos con antelación para poder paliar su efecto en el modelo.

### **5.2 Demanda y Oferta**

Para poder analizar la demanda y sus efectos sobre el precio del petróleo *Brent* hemos de determinar en qué consiste y cuál es su comportamiento. La demanda, en términos económicos, hace alusión a una cantidad específica de bienes o servicios que son solicitados o deseados en un determinado sector o mercado a un precio determinado. La demanda de un bien específico suele venir reflejada en la curva de la demanda. Dicha curva muestra la cantidad del bien que los consumidores están dispuestos a adquirir en cada precio posible. Dicha curva normalmente se desplaza cuando ciertos elementos del mercado que le afectan se ven modificados. Generalmente, hay cinco factores principales que provocan un desplazamiento en la curva de la demanda de un bien o un servicio. Estos son cambios en los precios de bienes o servicios relacionados, en la renta o poder

adquisitivo de individuos y organizaciones, en gustos o preferencias, en las expectativas del funcionamiento de los mercados y en el número de consumidores (Wells & Krugman, 2013). Conviene realizar una breve explicación de cada uno de estos factores para poder comprender de manera más completa el comportamiento de la demanda.

El precio de bienes o servicios relacionados hace referencia a lo que los economistas llaman bienes sustitutivos o complementarios. Los bienes sustitutivos son aquellos que pueden ser intercambiables entre sí. En dicho caso, un aumento del precio de un bien sustitutivo provocará un incremento de la demanda del otro bien. Los bienes complementarios son aquellos cuya demanda se comporta de manera similar al estar su consumo altamente correlacionado. Por tanto, en el caso de los bienes complementarios un incremento en el precio de un bien complementario provocará un descenso de la demanda del otro bien.

En los que respecta a los cambios de la renta o poder adquisitivo de individuos u organizaciones, cuanta más capacidad de gasto se tenga, normalmente mayor disposición de compra existe,

En cuanto a los cambios en las preferencias, suelen considerarse variaciones en las modas, creencias, opiniones culturales y demás factores que provocan cambios en la demanda. Si la opinión sobre un determinado bien o servicio se mejora, la demanda sobre dicho bien o servicio suele verse incrementada.

En lo que respecta a los cambios de las expectativas del mercado, hace alusión al momento en el que el consumidor decide llevar a cabo la compra. Suele suceder que una expectativa de disminución de precios a futuro reduzca la demanda del bien en el presente.

Los cambios en el número de consumidores también afectan la demanda de manera directa. Cuantas más personas haya solicitado un bien o servicio más demanda se generará sobre dicho bien o servicio.

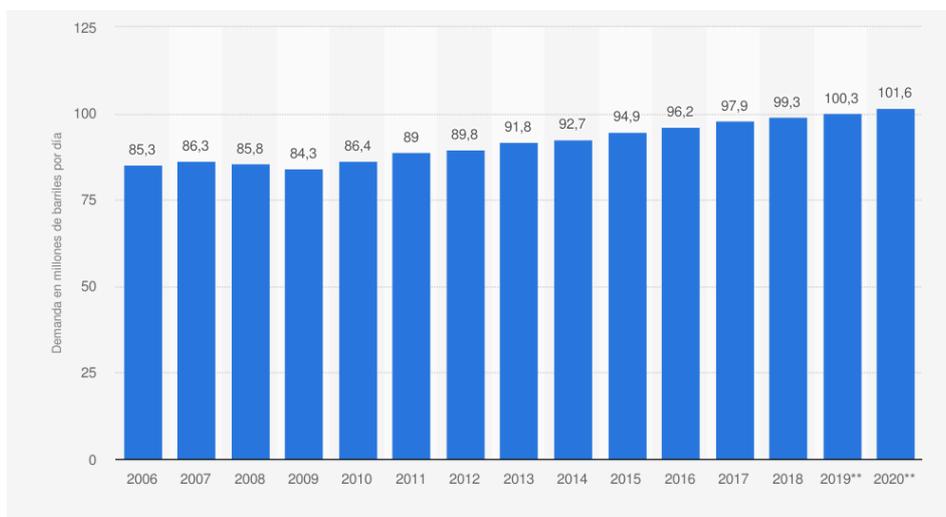
Esta lista claramente no es exhaustiva, y cabe la posibilidad de que la curva de la demanda de diversos productos se vea afectada por otros elementos más específicos del sector.

En el caso del petróleo *Brent*, haría referencia a la cantidad de barriles solicitados o requeridos en cada uno de los precios de venta. Dicha cantidad se ve influenciada por elementos genéricos y específicos de la industria petrolera. La demanda del petróleo *Brent* a corto plazo se ve influenciada principalmente por el producto interno bruto (PIB) y los

precios del producto. Cabe destacar, que diversos eventos no predecibles también pueden afectar a la demanda de manera significativa. Sin embargo, al tener carácter de espontaneo y no predecible resulta muy complicado evaluar su efecto continuado sobre la demanda del producto.

Para la determinación de la demanda del petróleo crudo a nivel mundial, haremos uso de estudios de la Agencia Internacional de Energía (AIE). En dicho estudio se realiza un cálculo de la demanda diaria media anual del crudo a nivel mundial.

Gráfico 2: Demanda diaria de petróleo crudo a nivel mundial de 2006 a 2020 (en millones de barriles)



Fuente: IEA, 2019

Como podemos observar dicha demanda se ha visto incrementada paulatinamente, un movimiento completamente comprensible teniendo en cuenta los factores que afectan a su comportamiento.

El siguiente elemento clave para la determinación del precio del petróleo es la oferta de este. La oferta de un producto hace referencia a la cantidad que los productores están dispuestos a producir y vender a un determinado precio. De la misma manera que la demanda de un bien o servicio se ve afectada por determinados factores externos, la curva de la oferta también reacciona frente a diferentes estímulos. En este caso, se trataría de una variación de la cantidad de bienes o servicios ofertados en cada nivel de precios. Generalmente, existen cinco factores que afectan a la mayoría de las ofertas de productos. Estos son: cambios en los precios de los factores productivos, en los precios de los bienes

relacionados, en las capacidades tecnológicas, en las expectativas del mercado y cambios en el número de productores (Wells & Krugman, 2013).

Los precios de los factores productivos hacen referencia al coste de aquellos procesos o materiales necesarios para producir el bien o servicio. Cuanto más caro resulte su producción habrá menos productores dispuestos a llevarlo a cabo por lo que la oferta se vería disminuida.

Los cambios de precios de productos relacionados suelen afectar a productores que producen una variedad de productos en un mismo lugar. Dicho factor cobra bastante importancia en el sector energético dado que el cambio de producción de un derivado u otro del petróleo no supone grandes costes.

La tecnología también afecta de manera importante a la oferta. Con los desarrollos tecnológicos modernos se puede conseguir una mayor producción con menor coste tanto humano como financiero por lo que puede provocar un incremento en la demanda.

Las expectativas del mercado también influyen de manera significativa en la oferta. Cambios en dichas expectativas pueden determinar qué cantidad de bienes o servicios ponen a la venta en el presente, también cambiando la cantidad de producto ofertado.

El número de productores afecta igualmente a la oferta de manera directa. Cuantas más personas u organizaciones hayan ofrecido determinados bienes o servicios más oferta existirá sobre aquellos.

Como en el caso de la demanda, la lista de factores que influyen en el comportamiento de la oferta no es exhaustiva ya que hay otros elementos que pueden afectarles en mayor o menor medida dependiendo de la industria o sector a la que pertenezcan.

Según la *U.S Energy Information Administration*, el precio final del petróleo viene determinado por los diversos comportamientos conjuntos de los factores que influyen en la demanda y en la oferta (EIA). Dicha ley de oferta y la demanda es la que procedería a determinar la fijación de cantidades y precios de estos (Lozano, 2019).

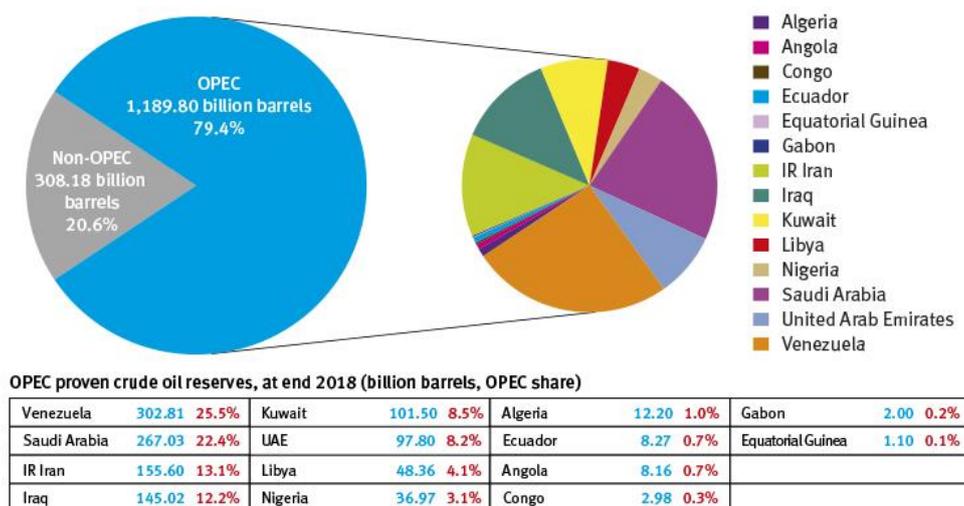
### 5.3 Reservas

Las reservas de petróleo son aquellas cantidades de petróleo que pueden ser recuperables técnica y económicamente. Dichas reservas se clasifican según el grado de certeza conforme al cual puede ser extraído. El total de todo el petróleo recogido dentro de un

depósito se denomina petróleo en el lugar. Esta clasificación recoge tanto la cantidad de petróleo producible como aquella cantidad de petróleo no producible. Sin embargo, debido a limitaciones tanto tecnológicas como físicas, solo una porción de dicha cantidad puede ser extraída. Esta fracción extraíble es la que denominamos reserva. Las cantidades de petróleo contenidas en la reserva afectan por tanto de manera considerable a su precio. Esto se debe principalmente a la posibilidad de poder almacenar las reservas extraídas y especular sobre posibles variaciones en el precio futuro. Estos cambios que se producen sobre la expectativa de la evolución del precio afectan de manera directa al comportamiento de los productores con respecto al uso que les dan a dichas reservas. Dada la posibilidad especulativa que recae sobre dicho bien, la tarea predictiva sobre la evolución de dichos precios por parte de economistas resulta de extrema dificultad debida a la falta de acceso a determinada información esencial para realizar dichas previsiones (Kilian & Lee, 2014).

Al igual que el precio del petróleo, las reservas mundiales se han visto incrementadas paulatinamente en los últimos años dadas las labores de exploración y descubrimiento de nuevos yacimientos y los avances tecnológicos para recuperar dichos bienes. Se estima que existen en la actualidad alrededor de 1.6 billones de barriles de crudo en el mundo (EIA). Del total de las reservas, se estima que el 79,4% de todas aquellas reservas probadas están localizadas en países miembro de la Organización de Países Exportadores de Petróleo. El 64,5% de esta cantidad se encuentra en países de Medio Oriente (OPEC).

Gráfico 3: OPEC share of world crude oil reserves, 2019



Fuente: OPEC, 2019

Esto ha dado lugar a que dichos países tengan una influencia extraordinaria sobre el comportamiento del precio del petróleo, mediante la implantación de determinadas normativas de la OPEP para intentar controlar la producción y venta del petróleo mundial. Sin embargo, según un estudio llevado a cabo por Almoguera, Douglas & Herrera (2011) a pesar de determinadas prácticas llevadas a cabo por los países miembro de OPEP que se pueden considerar como comportamientos colusorios, no han conseguido el objetivo de mantener los precios del crudo a un nivel competitivo de manera indefinida. Esto se debe mayoritariamente a los cambios constantes del mercado y diversos eventos no predecibles que afectan de manera sustancial al comportamiento del precio del crudo.

#### 5.4 El surgimiento de la financiarización de los mercados de petróleo

El proceso de **financiarización** de un sector o una industria recoge los cambios que se producen en el sector financiero a consecuencia de la actividad original de la industria o sector a la que se refiere. Surge originalmente tras la normalización y uso habitual de determinados productos financieros utilizados para paliar los riesgos inherentes de un mercado. Según Gkanoutas-Leventis & Nesvetailova (2015) se definiría como el *“conjunto de procesos evolutivos, a través de los cuales, las diferentes esferas de la política económica se adaptan a las dinámicas de la innovación financiera y los cambios institucionales”*. Dicho proceso ha tenido un gran efecto sobre el funcionamiento de los mercados financieros con respecto a materias primas en lo que denominamos commodities.

Con respecto al mercado del petróleo, el proceso de financiarización cobra vida en los años ochenta con la creación del International Petroleum Exchange y la posterior formalización del primer contrato de futuros sobre este bien. Dicha tendencia económica permitió a los inversores del sector comenzar a diversificar sus carteras con productos derivados. Los contratos de futuros sobre suministros de petróleo subyacentes permitieron a los productores y consumidores cubrir sus posiciones y protegerse contra la volatilidad futura del mercado (Downey, 2009).

De manera incremental dicho sector de inversiones financieras sobre subyacentes petroleras ha experimentado un incremento exponencial. De esta forma, en el volumen de contratación de productos financieros sobre subyacentes físicas en 2008 llegó a ser quince veces superior al volumen de producción del mercado físico. Dicho hito parece confirmar de manera fehaciente la estrecha relación entre el precio y el “trading” de

derivados (Gkanoutas-Leventis & Nesvetailova, 2015). Por tanto, utilizaremos también el precio de los contratos de futuros sobre el *Brent* como variables dentro del modelo.

## 5.5 Actividad económica mundial

La actividad económica del mundo se puede medir utilizando una cantidad casi incalculable de factores. Sin embargo, a efectos de crear un modelo y analizarlo hemos de centrarnos en un listado reducido de posibles factores que permitan evaluar la actividad económica mundial y a su vez influyan en el comportamiento del precio del crudo.

De nuevo, cabe hacer mención del estudio de Kilian & Baumeister (2015) sobre la posible correlación entre el precio del petróleo y diversos factores económicos medidos a nivel mundial. En dicho estudio hacen uso de un indicador previamente desarrollado en Killian (2009) sobre la actividad económica real. Dicho indicador se utiliza para medir el comportamiento del ciclo industrial y su posible efecto sobre la producción del mundo del crudo. Como indica Lozano (2019) en su estudio sobre la evolución del precio del petróleo en el periodo de 2008 a 2018, el mismo sufre una caída en 2014 a consecuencia de un crecimiento mundialmente negativo de la economía global.

El primer factor que utilizaremos en este modelo es el producto interior bruto anual acumulado mundialmente. El producto interior bruto (PIB) es un indicador económico que refleja el valor monetario de todos los bienes y servicios finales producidos por un país o región en un determinado periodo de tiempo, normalmente un año. Se utiliza mayoritariamente como medidor de la riqueza generada por un país. Al recoger los datos del PIB de todos los países, podremos visualizar la riqueza generada mundialmente y su comportamiento. Para mantener los datos relativamente homogéneos utilizaremos su valor medido en dólares americanos (USD) dado que el barril de crudo *Brent* está valorado en esta moneda.

El segundo factor que utilizaremos en el modelo es la tasa de cambio diaria entre las monedas USD y el Euro. Utilizaremos dicha tasa para aproximar el coste de cambio a la zona Euro dado los orígenes del precio de referencia *Brent*.

El tercer factor que utilizaremos en el modelo será los tipos de interés diarios de la Reserva Federal Estadounidense a efectos de medir cual es el coste de utilizar el USD como moneda y el efecto que tendrá sobre el precio del crudo *Brent*.

## 5.6 Precio de otras materias primas y *West Texas Intermediate*

La presencia de otras materias primas en el mercado energético puede provocar variaciones en el precio del petróleo. Sin embargo, dada que la volatilidad de dichas materias es muy inferior a la volatilidad del precio del petróleo (Kilian & Baumeister 2015), no utilizaremos esta variable en el modelo.

Sin embargo, sí utilizaremos el precio diario del West Texas Intermediate (WTI) dada su condición de bien sustitutivo, a efectos de analizar cómo afecta a la variación del precio *Brent*.

## 5.7 Eventos no predecibles

Antes de introducir la variable de eventos no predecibles conviene hacer un breve análisis sobre lo que se denomina comúnmente como “oil shocks”. Según lo recogido por Kilian & Baumeister (2015), los *oil shocks* se definen como componentes imprevistos que provocan un cambio sustancial en el precio del petróleo, definido como la diferencia entre el precio esperado y el precio del petróleo obtenido. En la historia de la industria petrolera se han sucedido un número relativamente alto de “Oil Shocks”. Entre ellos incluimos la invasión del Estado de Israel a mediados del siglo XX y el posterior embargo petrolero de los países árabes de la OPEP frente a Estados Unidos y Europa, la revolución islámica de Irán en 1979, las Guerras del Golfo y la crisis económica de 2008 (Downey 2009). Se han llevado a cabo numerosos estudios explicando dichos eventos e intentado delimitar el efecto que tuvieron sobre el comportamiento del precio del petróleo. Entre ellos hemos de destacar el estudio realizado por Andreas Economou en el que pretende cuantificar el efecto de dichos eventos separándolos en eventos supeditados al comportamiento del mercado petrolero y aquellos externos al mismo. Concluye que aquellos “oil shocks” relacionados fuertemente con cambios en la oferta tienden a tener un impacto realmente fuerte sobre el comportamiento del precio del crudo (Economou & Agnolucci 2016).

Partiendo de esta base, procedemos a delimitar lo que consideramos como eventos no predecibles. Haciendo uso de la plataforma *Google Trends* podemos averiguar en qué momentos del año se producen más búsquedas o interés sobre un determinado tema. Realizando la búsqueda con el término “petróleo *Brent*” podemos determinar fechas específicas en la que el interés sobre este mismo tema se vio incrementado. Dicho interés suele aumentar cuando se producen eventos que influyen de manera significativa sobre el precio del *Brent*.

A efectos de crear el modelo, recopilamos 18 eventos no predecibles que tuvieron un efecto supuestamente significativo sobre el comportamiento del precio del crudo *Brent*. La selección se realizó mediante la búsqueda de eventos afectos al mundo del petróleo que fuesen objeto de noticia en periódicos y páginas web de noticias globales. Algunos afectaron de manera temporal y muy reducida a su comportamiento mientras que otros eventos tuvieron un efecto más a largo plazo. Entre ellos cabe destacar la decisión de la OPEP de reducir su producción para regular el precio en el mercado, las tensiones internacionales entre Estados Unidos y Venezuela e Irán, los ataques iraníes hacia petroleros en el estrecho de Ormuz y el ataque iraní a las refinerías de Arabia Saudita.

## **6. Modelización del comportamiento del *Brent***

### 6.1 Introducción

Una vez analizado cuales son las variables que pueden tener un efecto sobre el comportamiento del precio del crudo *Brent*, haciendo uso de los datos recogidos en el anexo adjunto al final de este trabajo, procedemos a realizar un estudio para analizar la correlación existente y el comportamiento de dicho índice con respecto a aquellas variables. Para ello realizaremos utilizaremos el método de regresión lineal múltiple haciendo uso del programa *Gretl*.

El método de regresión lineal múltiple nos permite determinar cuáles son las posibles correlaciones entre el conjunto de variables introducidas y la variable dependiente que pretendemos analizar. Realizaremos las estimaciones de los coeficientes de cada variable por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

Sin embargo, antes de comenzar a crear el modelo nos encontramos ante un problema importante con respecto a los datos recogidos. Dichos datos se recogen en dos formas temporales diferentes. Una parte se recoge de manera diaria, mientras que otros datos se recogen como medias anuales. Por tanto, con el objetivo de analizar el modelo con respecto a *Google trends*, escogeremos los datos diarios para crear un modelo de regresión lineal múltiple con una serie temporal diaria que comprenda el año 2019. El modelo diario consta de 252 observaciones.

### 6.2 Variables Serie Diaria

Antes de comenzar a modelar los datos hemos de establecer cuáles serán las variables con las que trabajaremos. La variable dependiente que pretendemos explicar sería el precio

SPOT del crudo *Brent*. Los datos de esta serie temporal son extraídos de diversas bases de datos de confianza. Entre ellas destacamos la plataforma FACSET, los datos de la US EIA, la Reserva Federal de Estados Unidos, así como numerosos artículos de referencia económicos.

El modelo propuesto es el siguiente:

$$\text{Precio SPOT Brent} = \beta_1 + \beta_2 \text{ FUTURE} + \beta_3 \text{ Tipo} + \beta_4 \text{ USDEUR} + \beta_5 \text{ WTI} + \beta_6 \text{ Refinerías} + \beta_7 \text{ PrevPOS} + \beta_8 \text{ PrevNEG} + \beta_9 \text{ Venezuela} + \beta_{10} \text{ PetroBras} + \beta_{11} \text{ Druzhba} + \beta_{12} \text{ CHINA} + \beta_{13} \text{ Petroleros} + \beta_{14} \text{ Greenpeace} + \beta_{15} \text{ ARAMCO} + U$$

- SPOT: Dicha variable recoge los precios Spot diarios del petróleo crudo *Brent*.
- FUTURE: Recoge los precios acordados diariamente sobre los Futuros que tengan el crudo *Brent* como activo subyacente
- Tipo: Recoge el tipo de interés establecido por la Reserva Federal de Estados Unidos.
- USDEUR: Recoge la tasa de cambio diaria de dólares estadounidenses a euros.
- WTI: recoge el precio diario del petróleo crudo West Texas Intermediate
- Refinerías: Variable dicotómica que recoge la influencia del ataque por parte de Irán sobre refinerías saudís el 15 de septiembre de 2019. Tiene un valor de 1 en la fecha en la que se produce el ataque y durante todo el tiempo que no se encuentra en funcionamiento.
- PrevPOS: Variable dicotómica que recoge las fechas en las cuales principales agentes de la economía publicaron previsiones positivas sobre el comportamiento del *Brent*. Tiene un valor de 1 en cada fecha en la que se publican previsiones positivas sobre el comportamiento del *Brent*.
- PrevNEG: Variable dicotómica que recoge las fechas en las cuales principales agentes de la economía publicaron previsiones negativas sobre el comportamiento del *Brent*. Tiene un valor de 1 en cada fecha en la que se publican previsiones negativas sobre el comportamiento del *Brent*.
- Venezuela: Variable dicotómica que recoge el inicio de las sanciones impuestas por Estados Unidos sobre la exportación de petróleo venezolana. Tiene un valor de 1 en desde el momento en que se producen las sanciones.

-PetroBras: Recoge la decisión de la empresa PetroBras de asegurar sus subyacentes invirtiendo 300 millones de dólares en futuros de crudo *Brent*. Obtiene un valor de 1 desde que se produce la compra de futuros.

-Druzhba: Recoge el incidente del oleoducto de Druzhba y los quince días que estuvo inhabilitada. Tiene un valor de 1 desde la fecha en que se produce el incidente hasta que vuelve al funcionamiento.

-CHINA: Recoge nuevos aranceles impuestos por Estados Unidos sobre productos procedentes de China. Obtiene un valor de 1 desde que se anuncian los nuevos aranceles.

-Petroleros: Variable que recoge los incidentes relacionados con la apropiación por parte de Irán de petroleros en el estrecho de Ormuz. Obtiene un valor de 1 en cada fecha en la que se produce una apropiación de petroleros en el estrecho de Ormuz.

-Greenpeace: Recoge la toma por parte de Greenpeace de refinerías en el mar del norte durante 24 horas. Obtiene un valor de 1 en la fecha en la que se produce la toma de las refinerías.

-ARAMCO: Recoge los efectos de la oferta pública de suscripción (OPS) lanzada por Aramco a finales de 2019. Tiene un valor de 1 desde que se da comienzo a la OPS de Aramco.

Conviene mencionar que dicha manera de introducir las variables no predecibles ha resultado ser la más efectiva para determinar su significatividad (Matarise, 2011)

### 6.3 Primer Modelo

Realizamos un primer modelo con todas las variables para determinar cuáles son de mayor importancia de cara a evaluar su capacidad explicativa.

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 2019-01-02:2019-12-31 (T = 252)  
Variable dependiente: SPOT

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	-0.781589	3.98254	-0.1963	0.8446	
FUTURE	0.958529	0.0804031	11.92	5.58e-026	***
Tipo	-178.501	72.7669	-2.453	0.0149	**
USDEUR	2.12245	3.12756	0.6786	0.4980	
WTI	0.0765589	0.0862848	0.8873	0.3758	
Refinerías	-0.0473036	0.384866	-0.1229	0.9023	
PrevPOS	0.975953	0.995278	0.9806	0.3278	
PrevNEG	-0.342055	0.622580	-0.5494	0.5832	
Venezuela	0.167642	0.337401	0.4969	0.6197	
PetroBras	0.576211	0.314314	1.833	0.0680	*
Druzhba	1.76395	0.300080	5.878	1.40e-08	***
CHINA	-0.294488	0.304233	-0.9680	0.3340	
Petroleros	-0.901581	0.583376	-1.545	0.1236	
Greenpeace	0.00359700	1.00049	0.003595	0.9971	
ARAMCO	0.935908	0.392474	2.385	0.0179	**
Media de la vble. dep.	64.32925	D.T. de la vble. dep.	4.387203		
Suma de cuad. residuos	229.2868	D.T. de la regresión	0.983593		
R-cuadrado	0.952540	R-cuadrado corregido	0.949736		
F(14, 237)	339.7611	Valor p (de F)	4.8e-148		
Log-verosimilitud	-345.6711	Criterio de Akaike	721.3422		
Criterio de Schwarz	774.2837	Crit. de Hannan-Quinn	742.6448		
rho	0.487290	Durbin-Watson	1.025133		

$$\text{Precio SPOT Brent} = \beta_1 + \beta_2 \text{ FUTURE} + \beta_3 \text{ Tipo} + \beta_4 \text{ USDEUR} + \beta_5 \text{ WTI} + \beta_6 \text{ Refinerías} + \beta_7 \text{ PrevPOS} + \beta_8 \text{ PrevNEG} + \beta_9 \text{ Venezuela} + \beta_{10} \text{ PetroBras} + \beta_{11} \text{ Druzhba} + \beta_{12} \text{ CHINA} + \beta_{13} \text{ Petroleros} + \beta_{14} \text{ Greenpeace} + \beta_{15} \text{ ARAMCO} + U$$

Utilizamos el p-valor como referencia para determinar qué variables son significativas a la hora de crear el modelo. Encontramos que solo las variables FUTURE, TIPO, PetroBras, Druzhba y ARAMCO tienen un p-valor lo suficientemente reducido para ser consideradas como tal.

Por tanto, creamos otro modelo con tan solo esas variables con el fin de explicar en mayor medida el comportamiento de la variable dependiente SPOT.

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 2019-01-02:2019-12-31 (T = 252)  
Variable dependiente: SPOT

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	0.179923	0.973678	0.1848	0.8535	
FUTURE	1.04753	0.0173777	60.28	2.42e-149	***
Tipo	-175.140	30.2495	-5.790	2.14e-08	***
PetroBras	0.564346	0.180680	3.123	0.0020	***
Druzhba	1.57484	0.228743	6.885	4.79e-011	***
ARAMCO	0.885337	0.372464	2.377	0.0182	**
Media de la vble. dep.	64.32925	D.T. de la vble. dep.	4.387203		
Suma de cuad. residuos	235.6382	D.T. de la regresión	0.978713		
R-cuadrado	0.951225	R-cuadrado corregido	0.950234		
F(5, 246)	959.5152	Valor p (de F)	4.3e-159		
Log-verosimilitud	-349.1140	Criterio de Akaike	710.2279		
Criterio de Schwarz	731.4045	Crit. de Hannan-Quinn	718.7489		
rho	0.481678	Durbin-Watson	1.036237		

$$\text{Precio SPOT Brent} = \beta_1 + \beta_2 \text{ FUTURE} + \beta_3 \text{ Tipo} + \beta_{10} \text{ PetroBras} + \beta_{11} \text{ Druzhba} + \beta_{15} \text{ ARAMCO} + U$$

Realizando una primera observación sobre los estadísticos t, se concluye que la variable es significativa \*\*\* al 1% de significación ( $p < 0.01$ ) \*\* al 5% de significación ( $p < 0.05$ ) \* al 10% de significación ( $p < 0.1$ )

De dicho modelo podemos suponer que los valores de los precios de futuro, los tipos de interés sobre el dólar americano, las actividades de aseguramiento por parte de grandes empresas petroleras, ciertos eventos que interrumpen el comercio del *Brent* y la IPO de Aramco a finales de año afectan de manera significativa la evolución del precio del *Brent*.

El método MCO nos permite realizar una estimación de los parámetros  $\beta_i$  que afectan a la variable endógena SPOT. La interpretación de los valores estimados en el modelo es la siguiente:

-Variable FUTURE: el parámetro  $\beta_2$  tiene un valor de 1,04753. Esto quiere decir que si varía en 1 USD el valor del precio del futuro *Brent*, el precio SPOT del *Brent* también variará en 1,04753 USD en términos medio y *ceteris paribus*. Esto significa que ambas variables tienen una relación directa y que se comportan de una manera muy similar. Como podemos observar la variación de ambas es muy similar por lo que realizaremos un análisis más exhaustivo de dicha relación más adelante.

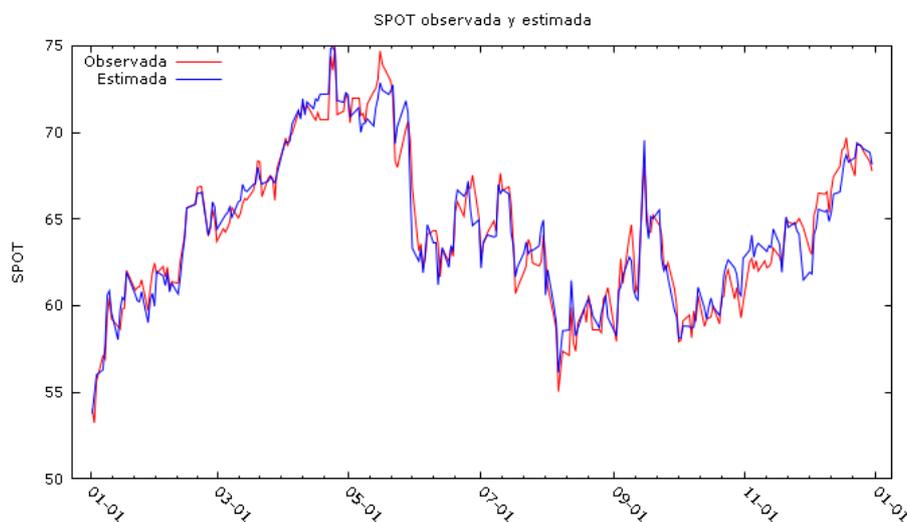
-Variable tipo: el parámetro  $\beta_3$  tiene un valor de -175.140. Esto significa que ante una variación del 1% en los tipos de interés, el precio SPOT del *Brent* variará de manera inversa en 1,7514 USD en términos medios y *ceteris paribus*. Significa que existe una relación inversa entre ambas variables por lo que subidas en el tipo de interés provocarían bajadas en el precio SPOT y viceversa. Podemos observar que las varianzas en tipos de interés afectan de manera muy significativa al precio del crudo *Brent*, por lo que es bastante entendible que se utilicen estas políticas monetarias para intentar influenciar el comportamiento del precio.

-Variable PetroBras: como indicamos anteriormente, la variable Petrobras es una variable dicotómica que recoge el efecto de políticas de cobertura de riesgos en el mercado del petróleo. Su efecto viene determinado por el parámetro  $\beta_{10}$  que tiene el valor de 0.564346. Esto significa que cuando se producen dichos actos de cobertura de manera masiva, el precio del petróleo crudo *Brent* varía en 0,564346 USD en términos medios y *ceteris paribus*.

-Variable Druzbha: dicha variable también es una variable dicotómica que recoge el efecto que pueden producir eventos que interrumpan el transporte ordinario del petróleo. Su parámetro  $\beta_{11}$  tiene un valor de 1,57484. Esto indica que cuando tuvo lugar la interrupción del transporte ordinario producida por la avería en el oleoducto de Druzbha, dicha situación se vio reflejada con un incremento de 1,57484 USD en el precio del petróleo en términos medios y *ceteris paribus*. Como podemos observar, y siguiendo lo establecido por las normas de oferta y demanda, cuando se interrumpe la oferta ordinaria o se complica la posibilidad de hacer llegar el producto hacia los consumidores, el precio del barril incrementa.

-Variable ARAMCO: Dicha variable dicotómica recoge los efectos que decisiones estratégicas económicas tomadas por grandes empresas del sector petrolero pueden tener sobre el precio del crudo. Su parámetro  $\beta_{15}$  tiene un valor de 0.885337. Esto significa que dichos eventos, cuando se suceden, producen una variación de 0,885337 USD sobre el precio del crudo *Brent*. Cabe destacar que dicho evento se produjo a finales del año 2019 y que en la muestra solo pudimos observar su efecto durante pocos días. Aun así, su efecto fue significativo por lo que podemos concluir que dichas decisiones tomadas por gigantes petroleros pueden tener un efecto importante sobre el comportamiento del precio del crudo *Brent*.

-Análisis del Coeficiente de determinación ( $R^2$ ): El coeficiente de determinación, coeficiente de correlación Pearson al cuadrado, es lo que denominamos bondad de ajuste del modelo. Se define como la “proporción de la variabilidad de Y (variable endógena) explicada por la variabilidad de X (variables exógenas) (Álvarez Fernández, Borrás Palá, Budría Rodríguez, Curto González, Martínez de Ibarreta Zorita & Rúa Vieites, 2017). Por tanto, con respecto a nuestro modelo, vendría a definir qué porcentaje del comportamiento del precio del crudo *Brent* viene explicado por las variables utilizadas en el modelo 2. Los valores de dicho coeficiente estarán entre el 0 y el 1, siendo mejor el ajuste mientras más se aproxime al valor de 1. En nuestro modelo obtenemos un valor de  $R^2$  de 0,951225. Se trata de un valor muy positivo para el modelo puesto que nos indica que las variables utilizadas explican de manera muy significativa el comportamiento del precio crudo *Brent*. Sin embargo, hay que destacar un problema que puede surgir con el coeficiente de determinación  $R^2$  y es que mientras más variables se añadan al modelo, más elevado será su valor independientemente de que las variables añadidas sean significativas. Por tanto, utilizamos dicho valor como referencia, pero no como absoluta para determinar la validez del modelo.

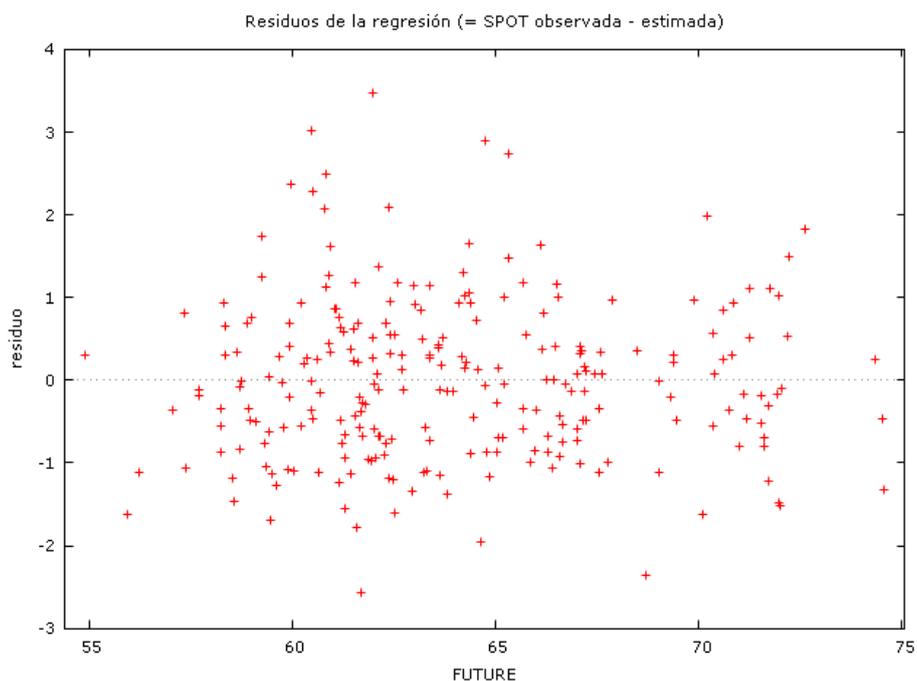


Con respecto a la capacidad de estimación del modelo, podemos observar un porcentaje de acierto relativamente elevado. Esto nos puede indicar que el modelo analiza y comprende de manera muy correcto el comportamiento del precio del crudo *Brent*. Sin embargo, como mencionamos anteriormente, este acierto puede darse por la similitud entre el comportamiento del precio SPOT de *Brent* y del precio de futuros sobre el *Brent* como podemos observar en el gráfico anterior. Por tanto, procederemos a analizar la correlación y comportamiento entre estas dos variables.

Dos problemas que pueden encontrarse en la modelización son el no cumplimiento de ciertas hipótesis básicas. En concreto, analizaremos la Hipótesis Básica II, que supone que existe homocedasticidad, y la Hipótesis Básica III, que supone la ausencia de autocorrelación (Álvarez Fernández, Borrás Palá, Budría Rodríguez, Curto González, Martínez de Ibarreta Zorita & Rúa Vieites, 2017).

La homocedasticidad supone que la varianza de las perturbaciones aleatorias resulta constante e igual para todas las observaciones, lo que implica que si se incumple la Hipótesis Básica II incurriríamos en un error de heteroscedasticidad (Álvarez Fernández, Borrás Palá, Budría Rodríguez, Curto González, Martínez de Ibarreta Zorita & Rúa Vieites, 2017). Dentro de las posibles causas que provocan este error encontramos un rango elevado de variación entre las variables explicativas y determinados errores de especificación como pueden ser la omisión de alguna variable que pueda ser relevante y un error en la elección de la forma funcional. Las consecuencias de dicha heterocedasticidad son que los estimadores de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) dejen de ser óptimos o que los errores estándar de los estimadores hayan sido calculados mediante el uso de una fórmula incorrecta.

Para su detección puede hacerse uso de técnicas gráficas y de técnicas de contraste matemático. Para su detección gráfica hemos de crear un gráfico de residuos frente a la variable que consideremos que pueda incurrir en un error de la Hipótesis Básica II, en este caso el precio del Futuro sobre el *Brent*.



Como podemos observar, los datos obtenidos muestran una distribución relativamente homogénea, aunque pueden verse ciertos indicios de heterocedasticidad decreciente dado que hay una acumulación levemente superior en los precios bajos del Futuro. Por tanto, debemos realizar contrastes matemáticos para confirmar o desmentir la existencia de la heterocedasticidad. Para ello utilizaremos el contraste de White, uno de los contrastes para detectar la presencia de heterocedasticidad en un modelo más comúnmente utilizado. Para realizar dicho contraste se estima el modelo original por MCO y se obtienen cuadros de los residuos recogidos por cada observación. Se plantea entonces una regresión auxiliar nuevas incluyendo los cuadrados de los residuos y las variables explicativas. Finalmente se calcula el estadístico de contraste W para determinar si se rechaza la  $H_0$  (hay homocedasticidad) (Álvarez Fernández, Borrás Palá, Budría Rodríguez, Curto González, Martínez de Ibarreta Zorita & Rúa Vieites, 2017).

```

Contraste de heterocedasticidad de White
MCO, usando las observaciones 2019-01-02:2019-12-31 (T = 252)
Variable dependiente: uhat^2
Omitidas debido a colinealidad exacta: X3_X4 X3_X5 X3_X6 X4_X5 X4_X6

```

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	7.99743	33.1730	0.2411	0.8097
FUTURE	-0.0453409	0.809135	-0.05604	0.9554
Tipo	-607.078	1774.23	-0.3422	0.7325
PetroBras	1.04050	7.05390	0.1475	0.8829
Druzhba	-5.56247	7.35806	-0.7560	0.4504
ARAMCO	25.9185	87.1350	0.2975	0.7664
sq_FUTURE	0.00179388	0.00822016	0.2182	0.8274
X2_X3	-10.6607	23.8917	-0.4462	0.6559
X2_X4	-0.00620385	0.108636	-0.05711	0.9545
X2_X5	0.0941319	0.113236	0.8313	0.4066
X2_X6	-0.404609	1.31022	-0.3088	0.7577
sq_Tipo	33683.8	30299.2	1.112	0.2674

R-cuadrado = 0.054776

```

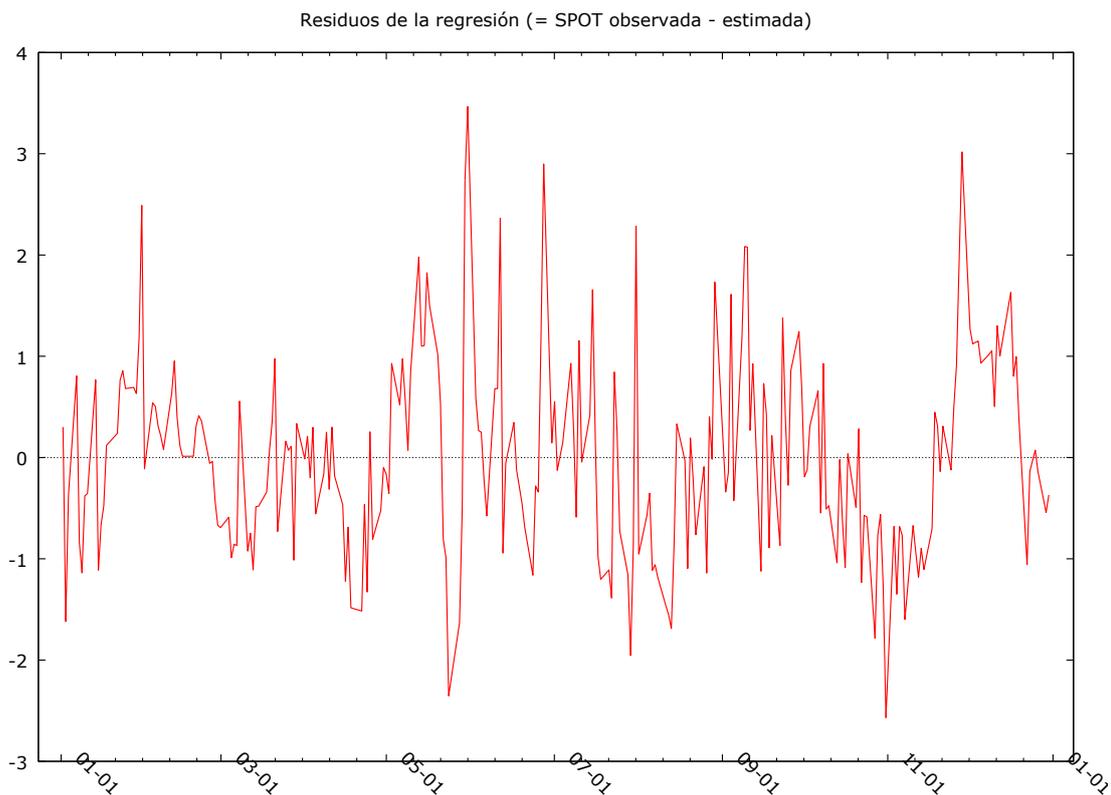
Estadístico de contraste: TR^2 = 13.803430,
con valor p = P(Chi-cuadrado(11) > 13.803430) = 0.244062

```

Como podemos observar el valor-p (0,244062) es superior al valor  $TR^2$  por lo que podemos afirmar la Hipótesis nula y establecer que no existe heteroscedasticidad.

El segundo problema ante el cual nos podemos encontrar es que no se cumpla la Hipótesis Básica III y por tanto exista autocorrelación. Esto implica que las perturbaciones aleatorias de las distintas observaciones no estén relacionadas entre sí (Álvarez Fernández, Borrás Palá, Budría Rodríguez, Curto González, Martínez de Ibarreta Zorita

& Rúa Vieites, 2017). Los problemas de autocorrelación suelen producirse cuando trabajamos con datos temporales y pueden deberse a la existencia de ciclos a errores de especificación o al uso de datos previamente alisados. Las consecuencias de que exista autocorrelación se asemejan bastante a aquellas producidas por la heterocedasticidad y esto resulta en que los estimadores ya no son óptimos y que la inferencia realizada no resulte válida. Para su detección volveremos a hacer uso de técnicas de análisis de gráficas y técnicas de contrastes matemáticos.



Realizado el gráfico de residuos frente al tiempo puede observarse que es posible que existan indicios de autocorrelación negativa, por lo que precisamos realizar contrastes de autocorrelación matemáticos. Para ello haremos uso del contraste de Durbin-Watson y del contraste de Breusch-Godfrey.

Tras realizar el contraste de Durbin-Watson, obtenemos como resultado Estadístico de Durbin-Watson = 1.03624. Al ser cercano estar entre 0 y 2 puede indicar que existe autocorrelación positiva. Por tanto, procedemos a realizar el contraste de Breusch-Godfrey para confirmar la veracidad de dicha evaluación.

Contraste Breusch-Godfrey de autocorrelación hasta el orden 5  
MCO, usando las observaciones 2019-01-02:2019-12-31 (T = 252)  
Variable dependiente: uhat

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	0.184210	0.849201	0.2169	0.8285
FUTURE	-0.000556476	0.0151458	-0.03674	0.9707
Tipo	-6.09548	26.2982	-0.2318	0.8169
PetroBras	-0.0138709	0.157115	-0.08829	0.9297
Druzhba	-0.0584310	0.200637	-0.2912	0.7711
ARAMCO	-0.270211	0.328370	-0.8229	0.4114
uhat_1	0.399650	0.0640664	6.238	1.97e-09 ***
uhat_2	0.113157	0.0690862	1.638	0.1027
uhat_3	0.0613203	0.0693658	0.8840	0.3776
uhat_4	-0.0318539	0.0692755	-0.4598	0.6461
uhat_5	0.0977978	0.0647487	1.510	0.1322

R-cuadrado = 0.260741

Estadístico de contraste: LMF = 17.000382,  
con valor p = P(F(5,241) > 17.0004) = 2.16e-014

Estadístico alternativo: TR<sup>2</sup> = 65.706614,  
con valor p = P(Chi-cuadrado(5) > 65.7066) = 8e-013

Ljung-Box Q' = 125.303,  
con valor p = P(Chi-cuadrado(5) > 125.303) = 2.36e-025

Podemos observar que el p-valor asociado es de  $2,26e^{-25}$ , un valor muy cercano a 0 por lo que podemos afirmar que es muy probable que existe autocorrelación en los residuos. Esto significa que los residuos pasados explican los presentes. Conviene por tanto determinar qué variables sufren en mayor medida de dicha correlación.

Empezamos por tanto con el precio del Futuro del *Brent*: Dicho precio se calcula diariamente con cierta influencia del precio *spot* del *Brent*, por lo que podrían surgir problemas de autocorrelación muy importantes entre ambos. Por lo tanto, procedemos a eliminar dicha variable del modelo, y crear diversos modelos para intentar paliar el efecto de dicha autocorrelación.

## 6.4 Segundo modelo

Una vez eliminada la variable FUTURO el modelo obtenido mediante MCO es el siguiente.

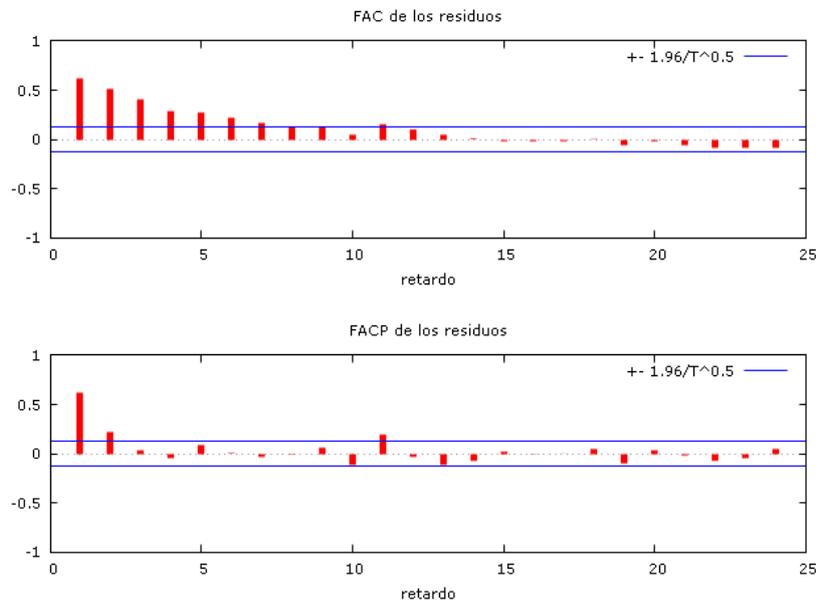
Modelo 1: MCO, usando las observaciones 2019-01-02:2019-12-31 (T = 252)  
 Variable dependiente: SPOT  
 Omitidas debido a colinealidad exacta: OPEC

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	4.02045	5.00068	0.8040	0.4222	
Tipo	211.636	82.0290	2.580	0.0105	**
USDEUR	-2.54421	3.91632	-0.6496	0.5165	
WTI	1.04084	0.0379174	27.45	1.06e-075	***
Refinerias	1.53688	0.455876	3.371	0.0009	***
PrevPOS	1.33936	1.25557	1.067	0.2872	
PrevNEG	-0.527464	0.785527	-0.6715	0.5026	
Venezuela	0.335887	0.425468	0.7895	0.4306	
PetroBras	-0.549129	0.378390	-1.451	0.1480	
Druzhba	3.77362	0.313328	12.04	2.12e-026	***
CHINA	-2.06741	0.334977	-6.172	2.88e-09	***
Petroleros	-0.408167	0.734437	-0.5558	0.5789	
Greenpeace	0.0510155	1.26273	0.04040	0.9678	
ARAMCO	1.42139	0.492677	2.885	0.0043	***
Media de la vble. dep.	64.32925	D.T. de la vble. dep.	4.387203		
Suma de cuad. residuos	366.7845	D.T. de la regresión	1.241415		
R-cuadrado	0.924079	R-cuadrado corregido	0.919932		
F(13, 238)	222.8337	Valor p (de F)	3.9e-125		
Log-verosimilitud	-404.8660	Criterio de Akaike	837.7321		
Criterio de Schwarz	887.1441	Crit. de Hannan-Quinn	857.6145		
rho	0.621349	Durbin-Watson	0.757819		

Sin considerar la constante, el valor p más alto fue el de la variable 15 (Greenpeace)

$$\text{Precio SPOT Brent} = \beta_1 + \beta_2 \text{ Tipo} + \beta_3 \text{ USDEUR} + \beta_4 \text{ WTI} + \beta_5 \text{ Refinerías} + \beta_6 \text{ PrevPOS} + \beta_7 \text{ PrevNEG} + \beta_8 \text{ Venezuela} + \beta_9 \text{ PetroBras} + \beta_{10} \text{ Druzhba} + \beta_{11} \text{ CHINA} + \beta_{12} \text{ Petroleros} + \beta_{13} \text{ Greenpeace} + \beta_{14} \text{ ARAMCO} + U$$

Para determinar si dicho modelo puede ser utilizado para explicar el comportamiento del Brent debemos realizar una serie de pruebas para evitar que exista autocorrelación.



Contraste Breusch-Godfrey de autocorrelación hasta el orden 5  
MCO, usando las observaciones 2019-01-02:2019-12-31 (T = 252)  
Variable dependiente: uhat

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	1.08963	3.80381	0.2865	0.7748	
Tipo	-57.3197	62.5957	-0.9157	0.3608	
USDEUR	1.35895	2.95499	0.4599	0.6460	
WTI	-0.0251949	0.0288093	-0.8745	0.3827	
Refinerias	-0.355978	0.349725	-1.018	0.3098	
PrevPOS	-1.20622	0.951407	-1.268	0.2061	
PrevNEG	-0.406971	0.595341	-0.6836	0.4949	
Venezuela	0.0426280	0.320834	0.1329	0.8944	
PetroBras	0.296444	0.287985	1.029	0.3044	
Druzhba	-0.266317	0.244444	-1.089	0.2771	
CHINA	-0.211264	0.254143	-0.8313	0.4067	
Petroleros	-1.06298	0.568529	-1.870	0.0628	*
Greenpeace	0.847431	0.959374	0.8833	0.3780	
ARAMCO	-0.328795	0.375163	-0.8764	0.3817	
uhat_1	0.482942	0.0645987	7.476	1.54e-012	***
uhat_2	0.238309	0.0726190	3.282	0.0012	***
uhat_3	0.0470264	0.0725443	0.6482	0.5175	
uhat_4	-0.0896914	0.0723149	-1.240	0.2161	
uhat_5	0.105343	0.0656669	1.604	0.1100	

R-cuadrado = 0.444833

Estadístico de contraste: LMF = 37.338680,  
con valor p = P(F(5,233) > 37.3387) = 4.87e-028

Estadístico alternativo: TR<sup>2</sup> = 112.097871,  
con valor p = P(Chi-cuadrado(5) > 112.098) = 1.48e-022

Ljung-Box Q' = 250.548,  
con valor p = P(Chi-cuadrado(5) > 250.548) = 4.19e-052

Una vez realizado el contraste de autocorrelación Breusch-Godfrey y analizado el gráfico de los residuos, podemos confirmar que sigue existiendo autocorrelación en las variables del modelo. Por tanto, habría que determinar de qué manera podríamos paliar los efectos de dicha autocorrelación para crear un modelo más certero. Para ello utilizaremos diversas técnicas y procederemos a elegir la más eficaz en cuanto a modelos explicativos.

## 6.5 Modelos alternativos

El primer modelo que utilizaremos será el modelo AR (1) univariable de serie temporal. Se encuadra en aquellos modelos en los cuales el valor  $t$  de los residuos se expresa como una combinación lineal de la observación anteriores. En dicho modelo, su caso más simple, contrastamos su dependencia tan solo con la observación previa (Ruiz, 2007).

Modelo 2: Cochrane-Orcutt, usando las observaciones 2019-01-03:2019-12-31 (T = 251)  
 Variable dependiente: SPOT  
 rho = 0.85661  
 Omitidas debido a colinealidad exacta: OPEC

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	24.5658	4.64786	5.285	2.84e-07	***
Tipo	-82.2856	157.287	-0.5232	0.6014	
USDEUR	-1.30688	2.32298	-0.5626	0.5742	
WTI	0.777696	0.0514210	15.12	1.26e-036	***
Refinerias	0.283235	0.869113	0.3259	0.7448	
PrevPOS	0.101683	0.677732	0.1500	0.8809	
PrevNEG	-0.725337	0.390965	-1.855	0.0648	*
Venezuela	0.564256	0.874629	0.6451	0.5195	
PetroBras	-0.113810	0.746138	-0.1525	0.8789	
Druzha	0.864860	0.613252	1.410	0.1598	
CHINA	-3.27575	0.714310	-4.586	7.32e-06	***
Petroleros	-0.991949	0.390755	-2.539	0.0118	**
Greenpeace	0.647627	0.677693	0.9556	0.3402	
ARAMCO	0.446064	0.849618	0.5250	0.6001	

Estadísticos basados en los datos rho-diferenciados:

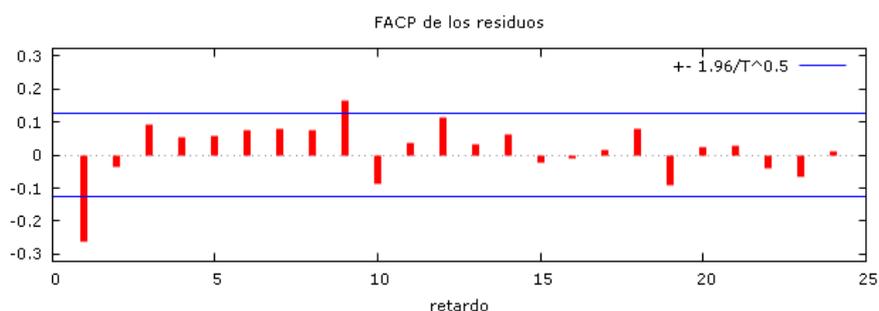
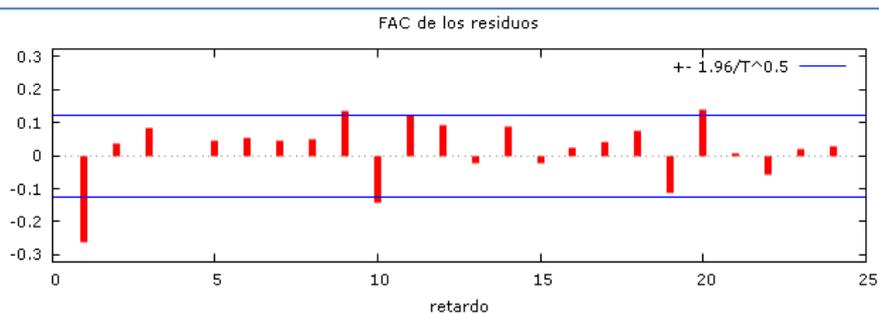
Suma de cuad. residuos	188.0803	D.T. de la regresión	0.890836
R-cuadrado	0.960642	R-cuadrado corregido	0.958483
F (13, 237)	26.21550	Valor p (de F)	7.95e-39
rho	-0.263665	Durbin-Watson	2.510510

Estadísticos basados en los datos originales:

Media de la vble. dep.	64.37016	D.T. de la vble. dep.	4.347532
------------------------	----------	-----------------------	----------

Sin considerar la constante, el valor p más alto fue el de la variable 7 (PrevPOS)

$$\text{Precio SPOT Brent} = \beta_1 + \beta_2 \text{ Tipo} + \beta_3 \text{ USDEUR} + \beta_4 \text{ WTI} + \beta_5 \text{ Refinerías} + \beta_6 \text{ PrevPOS} + \beta_7 \text{ PrevNEG} + \beta_8 \text{ Venezuela} + \beta_9 \text{ PetroBras} + \beta_{10} \text{ Druzha} + \beta_{11} \text{ CHINA} + \beta_{12} \text{ Petroleros} + \beta_{13} \text{ Greenpeace} + \beta_{14} \text{ ARAMCO} + U$$



Como podemos observar, sigue existiendo autocorrelación pero en una medida muy inferior a la recogida en el modelo por MCO. Conviene por tanto tenerlo en cuenta dado que mediante este modelo se consigue reducir la autocorrelación de los residuos.

El segundo tipo de modelo a utilizar es el modelo de tipo VAR. Dicho modelo nos permite caracterizar las interacciones simultáneas entre un grupo de variables (Novales, 2011). En cuanto a nuestro estudio, este tipo de modelos nos permitirá realizar una modelización adecuada ante evidencias de que puedan existir simultaneidades entre los grupos de variables utilizados, incluyendo por tanto comportamientos anteriores de la variable SPOT en la forma de SPOT\_1.

```
Sistema VAR, orden del retardo 1
Estimaciones de MCO, observaciones 2019-01-03-2019-12-31 (T = 251)
Log-verosimilitud = -327.91943
Determinante de la matriz de covarianzas = 0.79853758
AIC = 2.7324
BIC = 2.9431
HQC = 2.8172
Contraste Portmanteau: LB(48) = 74.8609, gl = 47 [0.0060]
```

Ecuación 1: SPOT

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	-3.59705	3.75695	-0.9574	0.3393	
SPOT_1	0.483497	0.0345469	14.00	8.25e-033	***
Tipo	96.1598	61.4528	1.565	0.1190	
USDEUR	0.257322	2.91486	0.08828	0.9297	
WTI	0.623156	0.0412315	15.11	1.50e-036	***
Refinerías	0.788571	0.342633	2.302	0.0222	**
PrevPOS	0.299741	0.935045	0.3206	0.7488	
PrevNEG	-0.551151	0.586458	-0.9398	0.3483	
Venezuela	-0.326017	0.322304	-1.012	0.3128	
PetroBras	-0.903750	0.283428	-3.189	0.0016	***
Druzhba	2.08188	0.262427	7.933	8.56e-014	***
CHINA	-0.566508	0.271868	-2.084	0.0383	**
Petroleros	-0.616252	0.545447	-1.130	0.2597	
Greenpeace	0.484638	0.938037	0.5167	0.6059	
ARAMCO	0.179204	0.376873	0.4755	0.6349	
Media de la vble. dep.	64.37016	D.T. de la vble. dep.	4.347532		
Suma de cuad. residuos	200.4329	D.T. de la regresión	0.921570		
R-cuadrado	0.957583	R-cuadrado corregido	0.955066		
F(14, 236)	380.5543	Valor p (de F)	3.9e-153		
rho	0.164650	Durbin-Watson	1.664221		

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de SPOT F(1, 236) = 195.87 [0.0000]

$$\text{Precio SPOT Brent} = \beta_1 + \beta_2 \text{ Tipo} + \beta_3 \text{ USDEUR} + \beta_4 \text{ WTI} + \beta_5 \text{ Refinerías} + \beta_6 \text{ PrevPOS} + \beta_7 \text{ PrevNEG} + \beta_8 \text{ Venezuela} + \beta_9 \text{ PetroBras} + \beta_{10} \text{ Druzhba} + \beta_{11} \text{ CHINA} + \beta_{12} \text{ Petroleros} + \beta_{13} \text{ Greenpeace} + \beta_{14} \text{ ARAMCO} + \beta_{15} \text{ SPOT}_1 + U$$

Contraste de autocorrelación hasta el orden 1

	Rao F	Approx dist.	p-value
lag 1	9.189	F(1, 248)	0.0027

Con este modelo, una vez realizado el contraste de autocorrelación, podemos confirmar que se elimina la autocorrelación de las variables.

### 6.6 Modelo definitivo

Antes de escoger el modelo definitivo, hemos de realizar un pequeño inciso sobre el objetivo buscado mediante el presente trabajo. Dado el parecido entre la variable endógena (SPOT) y la exógena (WTI) por tratarse de productos similares, y en principio por comportarse de manera similar, hemos decidido utilizar es último de manera primordial para poder explicar el comportamiento del precio de petróleo *Brent*. Para ello, hemos de realizar una pequeña comprobación mediante modelización del comportamiento de ambos si solo se tuviesen en cuenta estas dos variables. Para ello creamos un modelo VAR con dos variables endógenas. El resultado es el siguiente:

Ecuación 1: SPOT

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	2.01623	1.34276	1.502	0.1345
SPOT_1	0.534775	0.0994184	5.379	1.80e-07 ***
SPOT_2	0.109942	0.111263	0.9881	0.3241
SPOT_3	0.175387	0.112413	1.560	0.1201
SPOT_4	0.114901	0.109401	1.050	0.2947
SPOT_5	-0.00163404	0.0922060	-0.01772	0.9859
WTI_1	0.505291	0.102147	4.947	1.43e-06 ***
WTI_2	-0.204946	0.117136	-1.750	0.0815 *
WTI_3	-0.162052	0.119577	-1.355	0.1766
WTI_4	-0.0525972	0.117192	-0.4488	0.6540
WTI_5	-0.0451645	0.106061	-0.4258	0.6706
Media de la vble. dep.	64.51024	D.T. de la vble. dep.	4.234768	
Suma de cuad. residuos	369.5044	D.T. de la regresión	1.251278	
R-cuadrado	0.916242	R-cuadrado corregido	0.912693	
F(10, 236)	258.1649	Valor p (de F)	5.1e-121	
rho	-0.000039	Durbin-Watson	1.986171	

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de SPOT	F(5, 236) =	90.803 [0.0000]
Todos los retardos de WTI	F(5, 236) =	4.9288 [0.0003]
Todas las variables, retardo 5	F(2, 236) =	0.21915 [0.8034]

$$\text{Ecuación 1 SPOT} = \beta_1 + \beta_2 \text{ SPOT}_1 + \beta_3 \text{ SPOT}_2 + \beta_4 \text{ SPOT}_3 + \beta_5 \text{ SPOT}_4 + \beta_6 \text{ SPOT}_5 + \beta_7 \text{ WTI}_1 + \beta_8 \text{ WTI}_2 + \beta_9 \text{ WTI}_3 + \beta_{10} \text{ WTI}_4 + \beta_{11} \text{ WTI}_5 + U$$

Ecuación 2: WTI

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	3.46307	1.30138	2.661	0.0083	***
SPOT_1	0.0236603	0.0963547	0.2456	0.8062	
SPOT_2	-0.126418	0.107834	-1.172	0.2422	
SPOT_3	0.0783381	0.108949	0.7190	0.4728	
SPOT_4	0.116993	0.106030	1.103	0.2710	
SPOT_5	-0.106776	0.0893645	-1.195	0.2334	
WTI_1	0.846248	0.0989996	8.548	1.58e-015	***
WTI_2	0.0898738	0.113526	0.7917	0.4294	
WTI_3	-0.0124133	0.115893	-0.1071	0.9148	
WTI_4	-0.0435798	0.113581	-0.3837	0.7016	
WTI_5	0.0762849	0.102793	0.7421	0.4587	
Media de la vble. dep.	57.17372	D.T. de la vble. dep.	3.499562		
Suma de cuad. residuos	347.0821	D.T. de la regresión	1.212719		
R-cuadrado	0.884795	R-cuadrado corregido	0.879914		
F(10, 236)	181.2530	Valor p (de F)	9.7e-105		
rho	-0.006504	Durbin-Watson	1.992983		

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de SPOT	F(5, 236) =	0.71150 [0.6153]
Todos los retardos de WTI	F(5, 236) =	75.487 [0.0000]
Todas las variables, retardo 5	F(2, 236) =	0.74000 [0.4782]

$$\text{Ecuación 2 WTI} = \beta_1 + \beta_2 \text{ SPOT}_1 + \beta_3 \text{ SPOT}_2 + \beta_4 \text{ SPOT}_3 + \beta_5 \text{ SPOT}_4 + \beta_6 \text{ SPOT}_5 + \beta_7 \text{ WTI}_1 + \beta_8 \text{ WTI}_2 + \beta_9 \text{ WTI}_3 + \beta_{10} \text{ WTI}_4 + \beta_{11} \text{ WTI}_5 + U$$

La primera ecuación, referente al precio SPOT, nos explica qué variables afectan a la determinación del precio SPOT. En este caso, el precio del día anterior SPOT y los precios de día anterior y n-2 del WTI explican de manera significativa al comportamiento del SPOT en "n". En el caso de la segunda ecuación, podemos observar que el precio SPOT no explica en ningún momento de manera significativa el comportamiento del precio WTI. Por lo tanto, esto nos permite concluir que un modelo tipo VAR puede ser el más idóneo para explicar el comportamiento del precio *Brent*.

Recordamos por tanto el modelo VAR 1, para determinar cuáles son las variables más significativas.

$$\text{Precio SPOT Brent} = \beta_1 + \beta_2 \text{ Tipo} + \beta_3 \text{ USDEUR} + \beta_4 \text{ WTI} + \beta_5 \text{ Refinerías} + \beta_6 \text{ PrevPOS} + \beta_7 \text{ PrevNEG} + \beta_8 \text{ Venezuela} + \beta_9 \text{ PetroBras} + \beta_{10} \text{ Druzbha} + \beta_{11} \text{ CHINA} + \beta_{12} \text{ Petroleros} + \beta_{13} \text{ Greenpeace} + \beta_{14} \text{ ARAMCO} + \beta_{15} \text{ SPOT}_1 + U$$

Sistema VAR, orden del retardo 1  
 Estimaciones de MCO, observaciones 2019-01-03-2019-12-31 (T = 251)  
 Log-verosimilitud = -327.91943  
 Determinante de la matriz de covarianzas = 0.79853758  
 AIC = 2.7324  
 BIC = 2.9431  
 HQC = 2.8172  
 Contraste Portmanteau: LB(48) = 74.8609, gl = 47 [0.0060]

Ecuación 1: SPOT

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	-3.59705	3.75695	-0.9574	0.3393	
SPOT_1	0.483497	0.0345469	14.00	8.25e-033	***
Tipo	96.1598	61.4528	1.565	0.1190	
USDEUR	0.257322	2.91486	0.08828	0.9297	
WTI	0.623156	0.0412315	15.11	1.50e-036	***
Refinerias	0.788571	0.342633	2.302	0.0222	**
PrevPOS	0.299741	0.935045	0.3206	0.7488	
PrevNEG	-0.551151	0.586458	-0.9398	0.3483	
Venezuela	-0.326017	0.322304	-1.012	0.3128	
PetroBras	-0.903750	0.283428	-3.189	0.0016	***
Druzhba	2.08188	0.262427	7.933	8.56e-014	***
CHINA	-0.566508	0.271868	-2.084	0.0383	**
Petroleros	-0.616252	0.545447	-1.130	0.2597	
Greenpeace	0.484638	0.938037	0.5167	0.6059	
ARAMCO	0.179204	0.376873	0.4755	0.6349	
Media de la vble. dep.	64.37016	D.T. de la vble. dep.	4.347532		
Suma de cuad. residuos	200.4329	D.T. de la regresión	0.921570		
R-cuadrado	0.957583	R-cuadrado corregido	0.955066		
F(14, 236)	380.5543	Valor p (de F)	3.9e-153		
rho	0.164650	Durbin-Watson	1.664221		

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de SPOT                      F(1, 236) = 195.87 [0.0000]

En este caso, las variables más significativas son el precio SPOT del día anterior, WTI, Refinerias, PetroBras, Druzhba y CHINA. Procedemos entonces a crear el modelo con respecto a estas variables.

$$\text{Precio SPOT Brent} = \beta_1 + \beta_4 \text{ WTI} + \beta_5 \text{ Refinerías} + \beta_9 \text{ PetroBras} + \beta_{10} \text{ Druzhba} + \beta_{11} \text{ CHINA} + \beta_{15} \text{ SPOT}_1 + U$$

Sistema VAR, orden del retardo 1  
 Estimaciones de MCO, observaciones 2019-01-03-2019-12-31 (T = 251)  
 Log-verosimilitud = -330.98898  
 Determinante de la matriz de covarianzas = 0.81830945  
 AIC = 2.6931  
 BIC = 2.7915  
 HQC = 2.7327  
 Contraste Portmanteau: LB(48) = 78.97, gl = 47 [0.0024]

Ecuación 1: SPOT

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	-1.12911	1.33060	-0.8486	0.3970	
SPOT_1	0.486713	0.0329408	14.78	1.02e-035	***
WTI	0.614608	0.0397408	15.47	4.56e-038	***
Refinerias	0.357246	0.161266	2.215	0.0277	**
PetroBras	-0.945703	0.261656	-3.614	0.0004	***
Druzhba	2.13921	0.254177	8.416	3.32e-015	***
CHINA	-0.733344	0.239456	-3.063	0.0024	***
Media de la vble. dep.	64.37016	D.T. de la vble. dep.	4.347532		
Suma de cuad. residuos	205.3957	D.T. de la regresión	0.917489		
R-cuadrado	0.956532	R-cuadrado corregido	0.955464		
F(6, 244)	894.8958	Valor p (de F)	5.0e-163		
rho	0.162635	Durbin-Watson	1.670513		

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de SPOT F(1, 244) = 218.31 [0.0000]

Realizamos por tanto un análisis de autocorrelación para determinar si en efecto hemos podido corregir este problema con el que nos encontramos al comenzar a modelar. Obtenemos un p-valor de 0,0033, un valor muy inferior al 0,05, por lo que podemos confirmar que efectivamente no existe autocorrelación en el modelo.

Contraste de autocorrelación hasta el orden 2

lag	Rao F	Approx dist.	p-value
lag 1	8.821	F(1, 248)	0.0033

Procedemos entonces a explicar que recoge dicho modelo. El método VAR nos permite realizar una estimación de los parámetros  $\beta_i$  que afectan a la variable endógena SPOT caracterizando las interacciones simultáneas entre un grupo de variables (Novales, 2011), en este caso con especial relevancia de la variable WTI. La interpretación de los valores estimados en el modelo es la siguiente:

-Variable SPOT\_1: Recoge los efectos del precio SPOT el día anterior sobre el precio SPOT en "n". El parámetro  $\beta_{15}$  tiene un valor de 0,486713. Esto quiere decir que, si varía

en 1 USD el valor del precio SPOT *Brent* del día anterior, el precio SPOT del *Brent* también variará en 0,486713 USD en términos medios y *ceteris paribus*. Esto significa que ambas variables tienen una relación directa y que se comportan de una manera muy similar.

-Variable WTI: Recoge los efectos del precio WTI sobre el precio SPOT en “n”. El parámetro  $\beta_4$  tiene un valor de 0,614608. Esto quiere decir que, si varía en 1 USD el valor del precio WTI, el precio SPOT del *Brent* también variará en 0,614608 USD en términos medios y *ceteris paribus*.

-Variable PetroBras: como indicamos anteriormente, la variable Petrobras es una variable dicotómica que recoge el efecto de políticas de cobertura de riesgos en el mercado del petróleo. Su efecto viene determinado por el parámetro  $\beta_9$  que tiene el valor de -0,946703. Esto significa que cuando se producen dichos actos de cobertura de manera masiva, el precio del petróleo crudo *Brent* varía en -0,946703USD en términos medios y *ceteris paribus*.

-Variable Refinerías: dicha variable también es una variable dicotómica que recoge el efecto que pueden producir eventos que interrumpan el transporte ordinario del petróleo. En este caso, trata de un ataque coordinado sobre las operaciones de producción petrolera. Su parámetro  $\beta_5$  tiene un valor de 0,357246. Esto indica que el ataque sobre las refinerías saudís se vio reflejada con un incremento de 0,357246 USD en el precio del petróleo en términos medios y *ceteris paribus*. Como podemos observar, y siguiendo lo establecido por las normas de oferta y demanda, cuando se interrumpe la producción ordinaria el precio del barril incrementa.

-Variable Druzhba: dicha variable también es una variable dicotómica que recoge el efecto que pueden producir eventos que interrumpan el transporte ordinario del petróleo. Su parámetro  $\beta_{10}$  tiene un valor de 2,13921. Esto indica que cuando la interrupción del transporte ordinario producida por la avería en el oleoducto de Druzhba se vió reflejada con un incremento de 2,13921USD en el precio del petróleo en términos medios y *ceteris paribus*. Como podemos observar, y siguiendo lo establecido por las normas de oferta y demanda, cuando se interrumpe la oferta ordinaria o se complica la posibilidad de hacer llegar el producto hacia los consumidores, el precio del barril incrementa.

-Variable CHINA: dicha variable también es una variable dicotómica que recoge el efecto que pueden producir eventos que alteren el funcionamiento ordinario de los mercados

internacionales, como son las sanciones económicas entre grandes potencias. Su parámetro  $\beta_{11}$  tiene un valor de -0,733344. Esto indica que desde que se anuncian las sanciones impuestas sobre CHINA el precio del *Brent* sufrió una variación de -0,733344 USD en el precio del petróleo en términos medios y *ceteris paribus*. Como podemos observar, las relaciones internacionales y aquellas decisiones tomadas que afectan al mercado también tienen su relevancia con respecto al comportamiento del *Brent*.

-Análisis del Coeficiente de determinación ( $R^2$ ): Por último, debemos volver a analizar el coeficiente de determinación o coeficiente de correlación Pearson al cuadrado. Con respecto a nuestro modelo, vendría a definir qué porcentaje del comportamiento del precio del crudo *Brent* viene explicado por las variables utilizadas en el modelo VAR<sub>2</sub>. Los valores de dicho coeficiente estarán entre el 0 y el 1, siendo mejor el ajuste mientras más se aproxime al valor de 1. En nuestro modelo obtenemos un valor de  $R^2$  de 0,956532. Se trata de un valor muy positivo para el modelo puesto que nos indica que las variables utilizadas explican de manera muy significativa el comportamiento del precio crudo *Brent*. Sin embargo, hay que destacar un problema que puede surgir con el coeficiente de determinación  $R^2$  y es que mientras más variables se añadan al modelo, más elevado será su valor independientemente de que las variables añadidas sean significativas. Por tanto, utilizamos dicho valor como referencia, pero no como absoluta para determinar la validez del modelo.

## **7. Análisis relacional con *Google Trends***

### **7.1 Introducción**

Procedemos por tanto a la tercera parte del trabajo, la aplicación de la plataforma *Google Trends* a nuestro modelo. *Google Trends* es una herramienta desarrollada por la multinacional Google que recoge la popularidad de búsquedas de determinadas palabras en diferentes regiones del mundo. Permite analizar cuáles son los términos más buscados en la historia reciente. El objetivo de su uso en el presente trabajo reside en determinar hasta qué punto un incremento en búsquedas puede afectar al comportamiento del precio *Brent*.

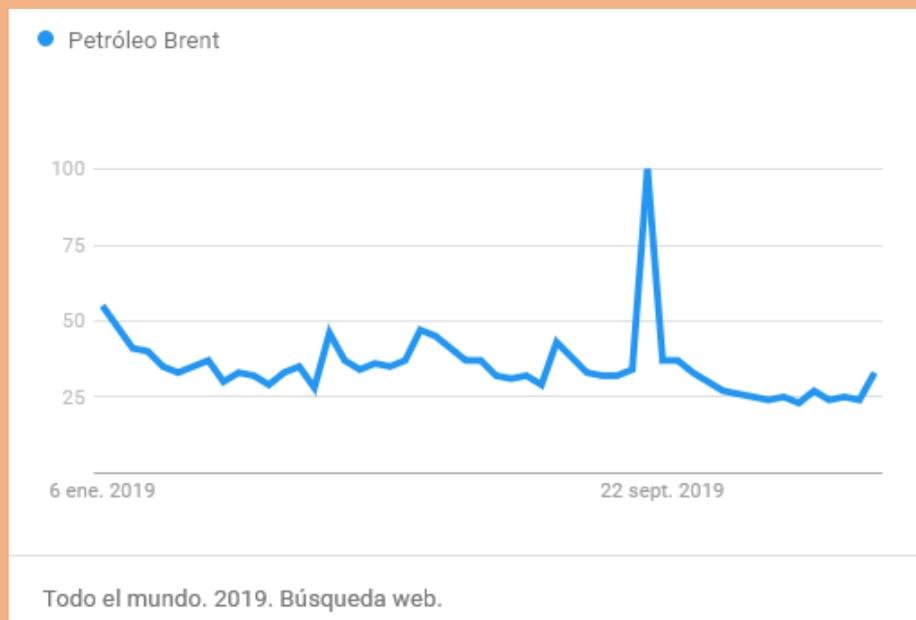
La plataforma mide la popularidad del tema o término buscado en un intervalo de 0 a 100, donde 0 recoge ningún interés y 100 recoge un interés muy elevado. Los datos son recopilados de manera semanal, recogiendo una media semanal del interés producido

sobre dicho tema. A efectos de incorporar la variable en nuestro modelo, introduciremos dicha media en todas las fechas a las que sean aplicables.

## 7.2 Búsquedas en *Google Trends*

Realizamos por tanto una búsqueda en *Google Trends* sobre el tema “Petróleo *Brent*” durante todo el periodo de 2019 en todo el mundo. Al tratarse de un producto eminentemente internacional y afecto a factores globales, utilizamos esta localización global para medir de manera más acertada su comportamiento. Los resultados son los siguientes:

Gráfico 4: Interés a lo largo del tiempo



Fuente: *Google Trends*, 2019

Como podemos observar, el interés sobre el petróleo *Brent* se mantiene relativamente bajo salvo en determinados momentos donde se producen alzas importantes de este. Los datos recogidos serán incorporados en el modelo siguiendo una escala de 0 a 1, siendo 0 ningún interés sobre el tema y 1 un repunte muy significativo de interés y búsquedas sobre el tema.

### 7.3 Modelo explicativo incluyendo Google Trends

Procedemos entonces a incorporar la variable Google Trends (Gtrends) en el modelo anterior de dos formas diferenciadas. En primer lugar, la introduciremos de manera individual junto con la variable endógena SPOT para hallar hasta qué punto dicha variable puede explicar el comportamiento del precio del *Brent* sin intervención de otras variables. En segundo lugar, la incorporaremos junto a las demás variables en el modelo VAR\_2 para determinar si dicha variable, junto con las demás, nos permite explicar con mayor exactitud el comportamiento de la variable endógena SPOT.

El primer modelo obtenido, con un retardo de 5, es el siguiente:

```

Sistema VAR, orden del retardo 5
Estimaciones de MCO, observaciones 2019-01-09-2019-12-31 (T = 247)
Log-verosimilitud = -412.35365
Determinante de la matriz de covarianzas = 1.650402
AIC = 3.3956
BIC = 3.4950
HQC = 3.4356
Contraste Portmanteau: LB(48) = 29.7598, gl = 43 [0.9375]

Ecuación 1: SPOT

      coeficiente   Desv. típica   Estadístico t   valor p
-----
const      3.18923         1.31656         2.422          0.0162   **
SPOT_1     0.910170          0.0646407       14.08          3.16e-033  ***
SPOT_2    -0.0585637        0.0871637       -0.6719        0.5023
SPOT_3     0.0458127        0.0872796        0.5249        0.6001
SPOT_4     0.0774321        0.0866205        0.8939        0.3723
SPOT_5    -0.0214288        0.0635442       -0.3372        0.7362
Gtrends   -0.383248         0.752604       -0.5092        0.6111

Media de la vble. dep.  64.51024   D.T. de la vble. dep.  4.234768
Suma de cuad. residuos 407.6493   D.T. de la regresión   1.303280
R-cuadrado            0.907596   R-cuadrado corregido   0.905286
F(6, 240)             392.8802   Valor p (de F)        4.7e-121
rho                   0.004130   Durbin-Watson          1.975910

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de SPOT      F(5, 240) = 471.45 [0.0000]
Todas las variables, retardo 5  F(1, 240) = 0.11372 [0.7362]

Para el sistema en conjunto:

Hipótesis nula: El retardo más largo es 4
Hipótesis alternativa: El retardo más largo es 5
Contraste de razón de verosimilitudes: Chi-cuadrado(1) = 0.117011 [0.7323]

Comparación de criterios de información:
Orden de retardos 5: AIC = 3.39558, BIC = 3.49503, HQC = 3.43562
Orden de retardos 4: AIC = 3.38795, BIC = 3.47320, HQC = 3.42227

```

**Ecuación 1**  $SPOT = \beta_1 + \beta_2 SPOT\_1 + \beta_3 SPOT\_2 + \beta_4 SPOT\_3 + \beta_5 SPOT\_4 + \beta_6 SPOT\_5 + \beta_7 Gtrends\_1 + \beta_8 Gtrends\_2 + \beta_9 Gtrends\_3 + \beta_{10} Gtrends\_4 + \beta_{11} Gtrends\_5 + U$

En este primer modelo, podemos observar que la variable Gtrends obtiene un p-valor muy superior a 0,05 por lo que no parece ser significativo a la hora de explicar el comportamiento del precio del *Brent*. En dicho modelo, su comportamiento se explica únicamente por el precio del *Brent* del día anterior.

Procedemos entonces a introducir dicha variable junto con las demás en el modelo VAR\_2 para ver si de esta forma resulta significativa. El modelo es el siguiente:

```
Sistema VAR, orden del retardo 1
Estimaciones de MCO, observaciones 2019-01-03-2019-12-31 (T = 251)
Log-verosimilitud = -329.77637
Determinante de la matriz de covarianzas = 0.81044088
AIC = 2.6914
BIC = 2.8038
HQC = 2.7367
Contraste Portmanteau: LB(48) = 80.6833, gl = 47 [0.0016]

Ecuación 1: SPOT
```

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	-1.73809	1.38487	-1.255	0.2107	
SPOT_1	0.483993	0.0328971	14.71	1.82e-035	***
WTI	0.622983	0.0400038	15.57	2.16e-038	***
Refinerias	0.454373	0.172803	2.629	0.0091	***
PetroBras	-0.984304	0.262138	-3.755	0.0002	***
Druzhba	2.14223	0.253480	8.451	2.68e-015	***
CHINA	-0.736519	0.238801	-3.084	0.0023	***
Gtrends	0.885320	0.576381	1.536	0.1258	

Media de la vble. dep.	64.37016	D.T. de la vble. dep.	4.347532
Suma de cuad. residuos	203.4207	D.T. de la regresión	0.914944
R-cuadrado	0.956950	R-cuadrado corregido	0.955710
F(7, 243)	771.6638	Valor p (de F)	4.8e-162
rho	0.163963	Durbin-Watson	1.666514

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de SPOT                      F(1, 243) = 216.45 [0.0000]

$$\text{Precio SPOT Brent} = \beta_1 + \beta_4 \text{ WTI} + \beta_5 \text{ Refinerías} + \beta_9 \text{ PetroBras} + \beta_{10} \text{ Druzhba} + \beta_{11} \text{ CHINA} + \beta_{15} \text{ SPOT}_1 + \beta_{17} \text{ Gtrends} + U$$

Podemos observar que, en este caso, la variable Gtrends tampoco resulta significativa, por lo que podemos concluir que no nos permite explicar el comportamiento del precio *Brent*.

Sin embargo, cabe realizar un último análisis para confirmar cual es la relación entre ambas variables. Para ello volvemos a realizar un modelo VAR utilizando ambas variables como endógenas para determinar qué relación existe entre ellas.

Sistema VAR, orden del retardo 5  
 Estimaciones de MCO, observaciones 2019-01-09-2019-12-31 (T = 247)  
 Log-verosimilitud = -50.779075  
 Determinante de la matriz de covarianzas = 0.0051715257  
 AIC = 0.5893  
 BIC = 0.9019  
 HQC = 0.7152  
 Contraste Portmanteau: LB(48) = 192.784, gl = 172 [0.1326]

Ecuación 1: SPOT

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	2.71571	1.33802	2.030	0.0435	**
SPOT_1	0.916434	0.0652276	14.05	5.43e-033	***
SPOT_2	-0.0484047	0.0881361	-0.5492	0.5834	
SPOT_3	0.00599796	0.0886078	0.06769	0.9461	
SPOT_4	0.0705917	0.0880505	0.8017	0.4235	
SPOT_5	0.0111390	0.0653173	0.1705	0.8647	
Gtrends_1	2.49781	1.44450	1.729	0.0851	*
Gtrends_2	-2.61882	1.91419	-1.368	0.1726	
Gtrends_3	-2.03783	1.91893	-1.062	0.2893	
Gtrends_4	1.67070	1.90532	0.8769	0.3815	
Gtrends_5	1.03581	1.41840	0.7303	0.4659	
Media de la vble. dep.	64.51024	D.T. de la vble. dep.	4.234768		
Suma de cuad. residuos	397.0744	D.T. de la regresión	1.297119		
R-cuadrado	0.909993	R-cuadrado corregido	0.906179		
F(10, 236)	238.6011	Valor p (de F)	2.4e-117		
rho	0.015268	Durbin-Watson	1.955074		

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de SPOT F(5, 236) = 475.53 [0.0000]  
 Todos los retardos de Gtrends F(5, 236) = 1.3094 [0.2607]  
 Todas las variables, retardo 5 F(2, 236) = 0.26939 [0.7641]

Ecuación 1  $SPOT = \beta_1 + \beta_2 SPOT_1 + \beta_3 SPOT_2 + \beta_4 SPOT_3 + \beta_5 SPOT_4 + \beta_6 SPOT_5 + \beta_7 Gtrends_1 + \beta_8 Gtrends_2 + \beta_9 Gtrends_3 + \beta_{10} Gtrends_4 + \beta_{11} Gtrends_5 + U$

Ecuación 2: Gtrends

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	0.0626139	0.0600241	1.043	0.2979	
SPOT_1	-0.00301665	0.00292613	-1.031	0.3036	
SPOT_2	0.00753875	0.00395381	1.907	0.0578	*
SPOT_3	0.00347564	0.00397497	0.8744	0.3828	
SPOT_4	-0.0118733	0.00394997	-3.006	0.0029	***
SPOT_5	0.00404207	0.00293015	1.379	0.1691	
Gtrends_1	0.887183	0.0648007	13.69	8.54e-032	***
Gtrends_2	0.0420331	0.0858712	0.4895	0.6249	
Gtrends_3	-0.0406547	0.0860835	-0.4723	0.6372	
Gtrends_4	-0.0399000	0.0854731	-0.4668	0.6411	
Gtrends_5	-0.0617539	0.0636298	-0.9705	0.3328	
Media de la vble. dep.	0.346518	D.T. de la vble. dep.	0.111217		
Suma de cuad. residuos	0.799090	D.T. de la regresión	0.058189		
R-cuadrado	0.737384	R-cuadrado corregido	0.726256		
F(10, 236)	66.26497	Valor p (de F)	7.94e-63		
rho	0.019348	Durbin-Watson	1.961143		

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de SPOT	F(5, 236) =	2.8338 [0.0166]
Todos los retardos de Gtrends	F(5, 236) =	129.93 [0.0000]
Todas las variables, retardo 5	F(2, 236) =	1.6292 [0.1983]

Para el sistema en conjunto:

Hipótesis nula: El retardo más largo es 4  
 Hipótesis alternativa: El retardo más largo es 5  
 Contraste de razón de verosimilitudes: Chi-cuadrado(4) = 3.87811 [0.4228]

Comparación de criterios de información:

Orden de retardos 5: AIC = 0.589304, BIC = 0.901881, HQC = 0.715150  
 Orden de retardos 4: AIC = 0.572616, BIC = 0.828361, HQC = 0.675581

$$\text{Ecuación 2 Gtrends} = \beta_1 + \beta_2 \text{ SPOT}_1 + \beta_3 \text{ SPOT}_2 + \beta_4 \text{ SPOT}_3 + \beta_5 \text{ SPOT}_4 + \beta_6 \text{ SPOT}_5 + \beta_7 \text{ Gtrends}_1 + \beta_8 \text{ Gtrends}_2 + \beta_9 \text{ Gtrends}_3 + \beta_{10} \text{ Gtrends}_4 + \beta_{11} \text{ Gtrends}_5 + U$$

Una vez creados dichos modelos podemos observar que sucede lo contrario a los pronósticos iniciales. La variable Gtrends no tiene obtiene tanta relevancia para explicar el comportamiento del *Brent* como inicialmente sospechamos, sino que sucede lo contrario. El comportamiento de dicha variable se explica por los movimientos del precio *Brent* de los días anteriores, como podemos observar en la Ecuación 2. Esto significa que movimientos bruscos del precio del *Brent* motivan a los usuarios de Google a buscar más información sobre el tema y por tanto incrementan su interés.

## 8. Conclusiones

Las conclusiones que se derivan del trabajo desarrollado son las siguientes:

En primer lugar, existe un interés generalizado en el estudio del comportamiento de todos los productos relacionados con la materia prima petróleo. Esto se debe a la gran importancia que tienen dichos productos para el desarrollo de nuestra economía, particularmente en el impulso de las industrias, así como en las decisiones políticas significativas tomadas en el ámbito global.

En segundo lugar, dicho interés ha derivado en el intento de numerosos economistas y estadistas de no solo explicar sino de predecir el comportamiento de dichos productos, centrándose de manera específica en el estudio del índice *Brent*. Dichos intentos de modelización han aproximado de manera muy distinta la explicación y predicción del índice *Brent*. Entre otros modelos, podemos destacar los modelos KOMO, VAR y de regresión lineal.

En tercer lugar, una vez estudiado el comportamiento del precio *Brent* y las diversas aproximaciones tomadas con relación a su estudio, podemos concluir que existe una dificultad notable a la hora de determinar qué variables son más significativas y cuál es el modelo más correcto. Esto se debe a los siguientes factores:

-Primero, existe una carencia importante de datos e información fiable para la modelización. Esto se debe en gran parte a que la mayoría de la producción de petróleo proviene de estados autoritarios, como Arabia Saudí, Irán y China, que no facultan la posibilidad de obtener datos completamente correctos por el público.

-Segundo, existe una cantidad sustancial de variables que pueden llegar a afectar al precio del *Brent*, por lo que resulta muy complicado no solo delimitarlas de manera absoluta sino también cuantificar el efecto que tienen sobre el mismo.

-Tercero, hay muchos eventos que no son predecibles, lo que denominamos variables de intervención, que provocan cambios inesperados en el comportamiento del precio *Brent* convirtiendo en una tarea casi imposible su modelización.

En cuarto lugar, en el proceso de creación de un modelo explicativo propio del comportamiento del *Brent*, obtenemos las siguientes conclusiones:

-Primero, la modelización a través del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios no es la más conveniente para explicar el comportamiento del *Brent* dada la tendencia que encontramos de autocorrelación de los datos, con especial mención de la incompatibilidad de utilizar los futuros sobre el *Brent* como variable explicativa del mismo.

-Segundo, tras la creación de diversos modelos utilizando los métodos de AR (1) univariable y VAR, podemos determinar que el método de modelización más apropiado para explicar el comportamiento del precio *Brent* es a través de modelos de tipo VAR. A esta conclusión llegamos tras un análisis exhaustivo de numerosos modelos tanto explicativos como predictivos sobre el precio *Brent*.

-Tercero, tras la creación de un modelo propio VAR, podemos inferir que hay ciertas variables que afectan en mayor medida al comportamiento del precio *Brent*. Específicamente, nos referimos a aquellas variables de intervención que afectan de manera sustancial a la oferta y a la demanda mundial del petróleo. Dichas variables, como la decisión de invertir en futuros por parte del gigante Petrobras, las guerras comerciales o las interrupciones en la cadena productiva por causa de eventos no predecibles, afectan de manera muy significativa al precio *Brent*.

En quinto lugar, en relación con la herramienta *Google trends*, nuestro objetivo era introducir dicha variable a fin de comprender el comportamiento del *Brent*. Nuestra hipótesis inicial era que las búsquedas sobre el precio *Brent* nos permitirían explicar de manera más significativa el comportamiento de este. Sin embargo, tras introducirla en el modelo VAR 1, podemos concluir que sucede lo contrario. Son los cambios del precio *Brent* los que explican el incremento de búsquedas sobre el mismo. Se da incluso el caso de que cambios en el precio de hasta cuatro días anteriores, influyen de manera muy significativa en el incremento del interés y búsquedas mediante la plataforma *Google Trends*.

## 9. Anexos

Observaciones																					
Muestras Diarias 2019																					
Date	SPOT	FUTURE	Tipo	USDEUR	WTI	Refinerias	Prev	POS	Prev	NEG	Venezuela	Petro	Bras	Druz	hba	CHINA	Petroleros	Greenpeace	ARAMCO	COG	trends
12/31/19	67.77	661.50%	1.122500	61.14	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0.33	
12/30/19	68.30	66.671.50%	1.120350	61.66	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0.33	
12/27/19	68.91	66.871.50%	1.116300	61.76	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0.33	
12/26/19	69.26	671.50%	1.109850	61.72	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0.33	
12/24/19	69.26	67.21.50%	1.109000	61.17	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0.33	
12/23/19	67.49	66.391.50%	1.108750	60.51	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0.33	
12/20/19	68.66	66.141.50%	1.108500	60.43	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0.24	
12/19/19	69.70	66.541.50%	1.111650	61.30	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0.24	
12/18/19	69.12	66.171.50%	1.112600	60.93	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0.24	
12/17/19	68.99	66.11.50%	1.115350	60.88	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.24	
12/16/19	68.04	65.341.50%	1.113750	60.21	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.24	
12/13/19	67.44	65.221.50%	1.113650	60.11	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
12/12/19	66.67	64.21.50%	1.111750	59.18	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
12/11/19	65.37	63.721.50%	1.108550	58.74	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
12/10/19	66.57	64.341.50%	1.108900	59.22	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
12/09/19	66.44	64.251.50%	1.106950	58.99	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
12/06/19	66.50	64.391.50%	1.104900	59.20	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.24	
12/05/19	65.67	63.391.50%	1.109250	58.42	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.24	
12/04/19	65.25	631.50%	1.108750	58.46	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.24	
12/03/19	62.95	60.821.50%	1.108350	56.15	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.24	
12/02/19	63.20	60.921.50%	1.107250	55.97	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.24	
11/29/19	64.50	60.491.50%	1.102600	58.12	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.27	
11/27/19	65.03	63.011.50%	1.099950	58.12	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.27	
11/26/19	64.82	63.211.50%	1.101450	58.25	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.27	
11/25/19	64.67	63.651.50%	1.101200	57.79	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.27	
11/22/19	64.83	63.391.50%	1.103350	57.68	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.23	
11/21/19	64.99	63.971.50%	1.107600	58.36	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.23	
11/20/19	63.80	62.41.50%	1.106600	56.71	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.23	
11/19/19	62.37	60.911.50%	1.107950	54.93	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.23	
11/18/19	62.82	62.441.50%	1.108100	56.82	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.23	
11/15/19	63.32	63.31.50%	1.105200	57.54	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
11/14/19	62.46	62.281.50%	1.100150	56.57	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
11/13/19	62.27	62.371.50%	1.100950	56.88	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
11/12/19	62.19	62.061.50%	1.101250	56.67	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
11/11/19	62.58	62.181.50%	1.103450	56.61	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
11/08/19	62.00	62.511.50%	1.102100	57.02	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.24	
11/07/19	62.60	62.291.50%	1.104450	56.91	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.24	
11/06/19	62.11	61.741.50%	1.107400	56.15	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.24	
11/05/19	62.72	62.961.50%	1.107450	57.04	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.24	
11/04/19	62.52	62.131.50%	1.115550	56.33	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.24	
11/01/19	60.17	61.691.50%	1.116950	56.04	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
10/31/19	59.30	59.621.50%	1.115650	54.02	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
10/30/19	60.22	60.241.75%	1.112300	54.85	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
10/29/19	61.05	61.231.75%	1.111550	55.34	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
10/28/19	60.39	61.571.75%	1.109250	55.60	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.25	
10/25/19	62.06	62.021.75%	1.109100	56.52	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.26	
10/24/19	61.71	61.671.75%	1.110450	56.11	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.26	
10/23/19	60.52	61.171.75%	1.111800	55.90	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.26	
10/22/19	60.50	59.71.75%	1.113100	54.21	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.26	
10/21/19	58.95	58.961.75%	1.114650	53.28	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.26	
10/18/19	59.96	59.421.75%	1.113950	53.75	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.27	
10/17/19	59.35	59.911.75%	1.111800	53.89	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.27	
10/16/19	59.30	59.421.75%	1.105050	53.42	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.27	
10/15/19	59.19	58.741.75%	1.103750	52.81	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0.27	
10/14/19	58.81	59.351.75%	1.102550	53.57	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.27	
10/11/19	60.59	60.511.75%	1.103600	54.76	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.3	
10/10/19	59.08	59.11.75%	1.101350	53.57	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.3	
10/09/19	59.70	58.321.75%	1.098000	52.63	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.3	
10/08/19	58.14	58.241.75%	1.095650	52.64	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.3	
10/07/19	59.46	58.351.75%	1.099500	52.76	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.3	
10/04/19	59.13	58.371.75%	1.097950	52.84	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.33	
10/03/19	58.01	57.711.75%	1.098450	52.41	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.33	
10/02/19	57.92	57.691.75%	1.094550	52.67	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.33	
10/01/19	60.06	58.891.75%	1.091750	53.60	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.33	
09/30/19	60.99	59.251.75%	1.090200	54.09	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.33	
09/27/19	62.48	61.041.75%	1.094750	55.95	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.37	
09/26/19	62.08	61.741.75%	1.094150	56.24	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.37	
09/25/19	62.41	61.431.75%	1.095800	56.38	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.37	
09/24/19	64.13	62.121.75%	1.099700	57.22	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.37	
09/23/19	64.66	64.771.75%	1.099550	58.69	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.37	
09/20/19	65.23	64.281.75%	1.101150	57.92	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0.37	

09/19/19	64.25	64.41.75%	1.10565058.19	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.37
09/18/19	64.29	63.62.00%	1.10595058.19	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.37
09/17/19	65.59	64.552.00%	1.10495059.26	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.37
09/16/19	68.42	69.022.00%	1.09975063.10	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.37
09/13/19	61.25	60.222.00%	1.10840054.76	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
09/12/19	60.76	60.382.00%	1.10305055.13	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
09/11/19	63.02	60.812.00%	1.09970055.66	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
09/10/19	64.67	62.382.00%	1.10410057.37	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
09/09/19	63.99	62.592.00%	1.10570057.88	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
09/06/19	61.28	61.542.00%	1.10475056.45	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.34
09/05/19	62.70	60.952.00%	1.10435056.33	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.34
09/04/19	60.68	60.72.00%	1.10295056.22	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.34
09/03/19	57.93	58.262.00%	1.09625053.91	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.34
08/30/19	61.04	59.252.00%	1.10125055.07	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
08/29/19	60.59	60.492.00%	1.10665056.67	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
08/28/19	60.42	59.932.00%	1.10755055.76	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
08/27/19	58.44	59.512.00%	1.11010054.99	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
08/26/19	58.64	58.72.00%	1.11135053.54	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
08/23/19	58.64	59.342.00%	1.11085054.08	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
08/22/19	59.81	59.922.00%	1.10805055.33	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
08/21/19	60.60	60.32.00%	1.10935055.65	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
08/20/19	59.03	60.032.00%	1.10890056.18	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
08/19/19	59.79	59.742.00%	1.10955056.24	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
08/16/19	59.00	58.642.00%	1.11045054.83	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.33
08/15/19	57.37	58.232.00%	1.11085054.51	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.33
08/14/19	57.86	59.482.00%	1.11500055.16	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.33
08/13/19	59.90	61.32.00%	1.11880057.05	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.33
08/12/19	57.13	58.572.00%	1.12190054.98	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.33
08/09/19	57.37	58.532.00%	1.12015054.41	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.38
08/08/19	56.29	57.382.00%	1.12005052.60	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.38
08/07/19	55.03	56.232.00%	1.12155051.14	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.38
08/06/19	58.63	58.942.00%	1.11865053.60	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.38
08/05/19	59.32	59.812.00%	1.11850054.63	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0.38
08/02/19	61.12	61.892.00%	1.11020055.67	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.43
08/01/19	62.90	60.52.00%	1.10585053.64	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.43
07/31/19	64.07	65.052.25%	1.11340058.53	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.43
07/30/19	62.55	64.632.25%	1.11395058.04	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.43
07/29/19	62.29	63.622.25%	1.11315056.85	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.43
07/26/19	62.46	63.372.25%	1.11265056.04	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.29
07/25/19	63.47	63.392.25%	1.11585055.88	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.29
07/24/19	63.83	63.182.25%	1.11430055.90	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.29
07/23/19	62.28	63.832.25%	1.11500056.58	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.29
07/22/19	61.96	63.282.25%	1.12225055.87	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.29
07/19/19	61.04	62.472.25%	1.12220055.42	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0.32
07/18/19	60.70	61.932.25%	1.12185055.08	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
07/17/19	63.67	63.662.25%	1.12255056.50	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
07/16/19	65.87	64.352.25%	1.12235057.44	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
07/15/19	66.86	66.482.25%	1.12620059.30	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
07/12/19	66.65	66.722.25%	1.12525059.99	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.31
07/11/19	67.64	66.522.25%	1.12530059.93	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.31
07/10/19	66.41	67.012.25%	1.12510060.28	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.31
07/09/19	64.30	64.162.25%	1.12065057.57	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.31
07/08/19	64.89	64.112.25%	1.12155057.35	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.31
07/05/19	64.23	64.232.25%	1.12225057.06	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
07/03/19	63.53	63.822.25%	1.12815057.06	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
07/02/19	62.72	62.42.25%	1.12950056.00	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
07/01/19	65.10	65.062.25%	1.13245058.91	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.32
06/28/19	67.52	64.742.25%	1.13880058.20	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.37
06/27/19	66.78	65.672.25%	1.13685059.18	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0.37
06/26/19	66.85	65.692.25%	1.13765059.17	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.37
06/25/19	66.24	65.052.25%	1.13825057.63	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.37
06/24/19	65.16	64.862.25%	1.13895057.73	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.37
06/21/19	65.99	65.22.25%	1.13205057.35	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.37
06/20/19	65.44	64.452.25%	1.12910056.88	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.37
06/19/19	62.85	61.822.25%	1.12155053.74	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.37
06/18/19	63.35	62.142.25%	1.11855053.86	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.37
06/17/19	62.56	60.942.25%	1.12260051.94	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.37
06/14/19	63.28	62.012.25%	1.12250052.47	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.41
06/13/19	61.66	61.312.25%	1.12725052.38	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0.41
06/12/19	63.56	59.972.25%	1.13205051.13	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.41
06/11/19	64.31	62.292.25%	1.13145053.30	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.41
06/10/19	64.31	62.292.25%	1.13150053.33	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.41
06/07/19	64.10	63.292.25%	1.13375053.95	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.45
06/06/19	62.77	61.672.25%	1.12825052.59	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.45
06/05/19	62.14	60.632.25%	1.12620051.57	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.45
06/04/19	63.56	61.972.25%	1.12330053.50	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.45
06/03/19	63.16	61.282.25%	1.12015053.25	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0.45

05/31/19	66.78	61.992.25%	1.11435053.49	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0.47
05/30/19	69.55	65.332.25%	1.11265056.47	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0.47
05/29/19	70.64	69.452.25%	1.11425058.84	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0.47
05/28/19	70.19	70.112.25%	1.11740058.91	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0.47
05/24/19	67.98	68.692.25%	1.12040058.40	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0.37
05/23/19	68.37	67.762.25%	1.11500057.65	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0.37
05/22/19	71.94	70.992.25%	1.11540061.42	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0.37
05/21/19	72.94	72.182.25%	1.11815063.02	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.37
05/20/19	73.21	71.972.25%	1.11650063.12	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.37
05/17/19	73.94	72.212.25%	1.11595062.77	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.35
05/16/19	74.70	72.622.25%	1.11790062.93	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.35
05/15/19	73.09	71.772.25%	1.12065062.03	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.35
05/14/19	72.53	71.242.25%	1.12120061.82	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.35
05/13/19	72.35	70.232.25%	1.12430060.97	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.35
05/10/19	71.63	70.622.25%	1.12440061.65	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.36
05/09/19	70.61	70.392.25%	1.12295061.58	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.36
05/08/19	71.09	70.372.25%	1.12020062.13	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.36
05/07/19	70.98	69.882.25%	1.11880061.41	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0.36
05/06/19	71.95	71.242.25%	1.11950062.30	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.36
05/03/19	71.95	70.852.25%	1.11875061.98	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.34
05/02/19	70.56	70.752.25%	1.11835061.75	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.34
05/01/19	72.01	71.952.25%	1.12405063.55	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.34
04/30/19	72.19	72.062.25%	1.12070063.83	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.34
04/29/19	71.22	71.542.25%	1.11660063.39	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.34
04/26/19	71.03	71.632.25%	1.11625063.29	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.37
04/25/19	74.94	74.352.25%	1.11440065.23	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.37
04/24/19	73.59	74.572.25%	1.12025065.96	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.37
04/23/19	74.39	74.512.25%	1.12070066.24	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.37
04/22/19	70.71	722.25%	1.12550065.66	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.37
04/18/19	70.71	71.972.25%	1.12435064.02	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.46
04/17/19	71.14	71.622.25%	1.13025063.74	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.46
04/16/19	70.71	71.722.25%	1.13000064.01	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.46
04/15/19	70.90	71.182.25%	1.13095063.43	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.46
04/12/19	71.57	71.552.25%	1.13140063.86	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.28
04/11/19	71.30	70.832.25%	1.12730063.61	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.28
04/10/19	71.63	71.732.25%	1.12510064.62	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.28
04/09/19	71.02	70.612.25%	1.12730064.05	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.28
04/08/19	71.12	71.12.25%	1.12615064.37	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.28
04/05/19	69.93	70.342.25%	1.12230063.10	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.35
04/04/19	69.80	69.42.25%	1.12165062.12	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.35
04/03/19	69.21	69.312.25%	1.12295062.46	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.35
04/02/19	69.68	69.372.25%	1.11905062.53	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.35
04/01/19	69.08	69.012.25%	1.12210061.59	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.35
03/29/19	67.93	67.582.25%	1.12285060.19	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.33
03/28/19	68.08	67.12.25%	1.12350059.29	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.33
03/27/19	67.35	67.242.25%	1.12520059.39	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.33
03/26/19	67.51	67.432.25%	1.12805059.87	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.33
03/25/19	67.37	67.212.25%	1.13225058.71	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.33
03/22/19	68.29	67.032.25%	1.12830058.87	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0.29
03/21/19	68.30	67.862.25%	1.13605059.98	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.29
03/20/19	68.35	68.52.25%	1.13520060.12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.29
03/19/19	67.13	67.612.25%	1.13465059.12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.29
03/18/19	66.65	67.542.25%	1.13375059.09	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.29
03/15/19	66.11	67.162.25%	1.13260058.51	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.32
03/14/19	66.18	67.232.25%	1.13045058.59	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.32
03/13/19	65.89	67.552.25%	1.13095058.27	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.32
03/12/19	65.33	66.672.25%	1.12745056.89	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.32
03/11/19	65.06	66.582.25%	1.12240056.79	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.32
03/08/19	65.66	65.742.25%	1.12345055.77	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.33
03/07/19	64.82	66.32.25%	1.12315056.60	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.33
03/06/19	64.51	65.992.25%	1.13175056.22	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.33
03/05/19	64.24	65.862.25%	1.13055056.55	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.33
03/04/19	64.44	65.672.25%	1.13215056.60	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.33
03/01/19	63.71	65.072.25%	1.13875055.76	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.3
02/28/19	65.03	66.312.25%	1.13870057.21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.3
02/27/19	65.55	66.582.25%	1.13825056.92	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.3
02/26/19	64.51	65.212.25%	1.13585055.40	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.3
02/25/19	64.02	64.762.25%	1.13475055.32	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.3
02/22/19	68.91	67.122.25%	1.13395057.01	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.37
02/21/19	66.91	67.072.25%	1.13475056.95	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.37
02/20/19	66.82	67.082.25%	1.13490056.90	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.37
02/19/19	65.86	66.452.25%	1.13345056.12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.37
02/15/19	65.65	66.252.25%	1.12635055.58	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.35

02/14/19	64.00	64.572.25%	1.12750054.40	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.35
02/13/19	63.27	63.612.25%	1.12875053.84	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.35
02/12/19	62.58	62.422.25%	1.12995053.14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.35
02/11/19	61.30	61.512.25%	1.12760052.43	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.35
02/08/19	61.37	62.12.25%	1.13280052.75	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.33
02/07/19	61.01	61.632.25%	1.13560052.68	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.33
02/06/19	62.22	62.692.25%	1.13785053.94	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.33
02/05/19	61.67	61.982.25%	1.14100053.69	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.33
02/04/19	62.26	62.512.25%	1.14285054.57	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.33
02/01/19	61.86	62.752.25%	1.14680055.29	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.35
01/31/19	62.46	60.842.25%	1.14880053.84	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.35
01/30/19	61.89	61.542.25%	1.43500054.18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.35
01/29/19	60.98	61.22.25%	1.14300053.07	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.35
01/28/19	59.71	59.932.25%	1.14130051.79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.35
01/25/19	61.49	61.642.25%	1.13130053.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
01/24/19	61.09	61.092.25%	1.13880052.94	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.4
01/23/19	61.05	61.142.25%	1.13640052.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
01/22/19	60.90	61.52.25%	1.13690052.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
01/18/19	62.04	62.72.25%	1.13930053.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.41
01/17/19	59.85	61.182.25%	1.13980051.83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.41
01/16/19	59.81	61.322.25%	1.14170052.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.41
01/15/19	58.65	60.642.25%	1.14730051.80	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.41
01/14/19	58.80	58.992.25%	1.14600050.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.41
01/11/19	59.24	60.482.25%	1.15100051.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.48
01/10/19	60.47	61.682.25%	1.15550052.42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.48
01/09/19	59.46	61.442.25%	1.14560052.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.48
01/08/19	56.91	58.722.25%	1.14800049.58	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.48
01/07/19	57.10	57.332.25%	1.14100048.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.48
01/04/19	55.64	57.062.25%	1.13180047.76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.55
01/03/19	53.23	55.952.25%	1.13180046.92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.55
01/02/19	54.06	54.912.25%	1.14620046.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.55

## 10. Bibliografía

Al Sadoon, H., Ward, C., Considine, J., & Aldayel, A. (2019). *A Short-Term Forecasting Model for Brent Oil Prices*. King Abdullah Petroleum Studies and Research Center.

Álvarez Fernández, C., Borrás Palá, F., Budría Rodríguez, S., Curto González, T., Martínez de Ibarreta Zorita, C., & Rúa Vieites, A. (2017). *Modelos Cuantitativos para la Economía y la Empresa en 101 ejemplos*. EV Services.

Ambientum. (2018). *El petróleo*. Ambientum Portal del Medioambiente. Obtenido en [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/energia/el\\_petroleo.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/el_petroleo.asp)

Bank, D. (2013). *Oil & Gas for Beginners*.

Castelo, M. (2003). *Diccionario Comentado de Términos Financieros Ingleses de Uso Frecuente Español*. A Coruña: Netbiblo.

CIA (s.f) Obtenido de <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2244rank.html>

Downey, M. (2009). *Oil 101*.

Economou, A., & Agnolucci, P. (2016, September). Oil Price Shocks: A Measure of the Exogenous and Endogenous Supply Shocks of Crude Oil. In *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.

EIA (s.f) obtenido de [www.eia.gov](http://www.eia.gov)

de España, B. (2019). Recuadro 1. Los factores explicativos de la evolución reciente del mercado del petróleo. *Boletín económico/Banco de España [Artículos]*, n. 2, 2019, p. 9-11.

FACSET (s.f) obtenido en [www.facset.com](http://www.facset.com)

Gkanoutas-Leventis, A., & Nesvetailova, A. (2015). Financialisation, oil and the Great Recession. *Energy policy*, 86, 891-902.

Google Trends (2019) obtenido en [www.trends-google.com](http://www.trends-google.com)

IEA (2019). *IEA Oil Market Report – March 2019*, 4.

IEA (s.f) obtenido en [www.iea.org](http://www.iea.org)

- Kilian, L. (2009). Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. *American Economic Review*, 1053-1069.
- Kilian, L. (2015). Why did the price of oil fall after June 2014? *CEPR*.
- Kilian, L., & Baumeister, C. (2015). Understanding the Decline in the Price of Oil. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 3.
- Kilian, L., & Lee, T. K. (2014). Quantifying the speculative component in the real price of oil: The role of global oil inventories. *Journal of International Money and Finance*, 42, 71-87.
- Lozano Heredero, D. (2019). *El precio del crudo en la última década* (Trabajo fin de grado). Universidad Pontificia de Comillas, Madrid.
- Matarise F. (2011) *Intervention Analysis in Time Series*. In: Lovric M. (eds) International Encyclopedia of Statistical Science. Springer, Berlin, Heidelberg
- Novales, A. (2011). Modelos vectoriales autoregresivos (VAR). *Universidad Complutense*, 1-26.
- OPEC. (2019) *Annual Statistical Bulletin*.
- OPEC. (s.f.). Obtenido de [www.opec.org](http://www.opec.org)
- RAE. (2005) *Diccionario panhispánico de dudas*. Real Academia Española
- Ruiz, E. (2007). *Tema 2Bis*. Universidad Carlos III de Madrid. Obtenido de [http://www.est.uc3m.es/esp/nueva\\_docencia/comp\\_col\\_get/lade/econometria\\_II/documentacion/Tema2bis\\_esther\\_ruiz\\_2007.pdf](http://www.est.uc3m.es/esp/nueva_docencia/comp_col_get/lade/econometria_II/documentacion/Tema2bis_esther_ruiz_2007.pdf)
- Ruiz Caro, A. (2001). *El papel de la OPEP en el comportamiento del mercado petrolero internacional*. Cepal.
- Standard Oil*. (2020). Obtenido de <https://www.britannica.com/topic/Standard-Oil>.
- Sevilla, B. (2019) *Empresas de gas y petróleo líderes a nivel mundial según ingresos 2019*. Statista. Obtenido en <https://es.statista.com/estadisticas/600787/empresas-de-gas-y-petroleo-lideres-a-nivel-mundial-segun-ingresos/>
- Wells, R., & Krugman, P. (2013). *Microeconomía*. Zanichelli.