



TFG ADE

Prof. Elena María Díaz Aguiliz

Cómo afectan al riesgo base del petróleo diferentes tipologías de shocks a través de un modelo VAR

Carlos Boluda Gómez

E2+BA

Madrid

Junio 2026

Índice

1.Introducción	4
2. Revisión de la literatura.....	5
3. Indicadores	10
4. Modelo	13
5. Descripción de los datos.....	14
6. Funciones de impulso respuesta	15
6.1 Resumen Shocks sobre el Riesgo base	16
7. Descomposición histórica del riesgo base del petróleo.....	27
8. Conclusiones.....	33
9. Referencias	36

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 - Shocks de la Producción Mundial Industrial sobre el Riesgo base	17
Ilustración 2 - Shocks de la cotización del dólar sobre el Riesgo base	18
Ilustración 3 - Shock de la producción del petróleo sobre el Riesgo base	20
Ilustración 4 - Shocks de los Tipos de interés sobre el Riesgo base	21
Ilustración 5 - Shock de los Inventarios sobre el Riesgo base	23
Ilustración 6 - Shocks del Riesgo Geopolítico sobre el Riesgo base	24
Ilustración 7 - Shocks del GSCPI sobre el Riesgo base	26
Ilustración 8 - Shocks de incertidumbre climática sobre el Riesgo base	27
Ilustración 9.....	29
Ilustración 10.....	30
Ilustración 11.....	31

Resumen ejecutivo:

Este Trabajo de Fin de Grado analiza cómo distintas tipologías de shocks afectan al riesgo base del petróleo, entendido como la diferencia entre el precio spot y el precio futuro. Para ello, se estima un modelo de vectores autorregresivos, VAR, con datos mensuales entre enero de 2006 y diciembre de 2025. El modelo incorpora variables de demanda, oferta, condiciones financieras, inventarios, riesgo geopolítico, tensiones en cadenas globales de suministro e incertidumbre climática. A través de las funciones impulso-respuesta, el trabajo estudia la reacción dinámica del riesgo base ante shocks en cada una de estas variables. Los resultados sugieren que el riesgo base no depende principalmente de shocks físicos de producción, sino de factores vinculados a la demanda global, las expectativas, los inventarios y las condiciones financieras. La Producción Mundial Industrial genera una respuesta positiva inicial, coherente con una mayor presión sobre el mercado físico. El dólar tiende a reducir la base al encarecer el petróleo para compradores internacionales. Los inventarios aparecen como un canal clave, mientras que la producción de petróleo muestra un efecto menos claro y persistente. Finalmente, las cadenas de suministro y la incertidumbre climática aportan una contribución personal al análisis del riesgo base.

1.Introducción

El petróleo continúa siendo uno de los activos más relevantes de la economía mundial, no solo por su papel como fuente de energía y como materia prima industrial, sino también por su creciente protagonismo en los mercados financieros. Una de las aportaciones más influyentes de la literatura reciente, que además ha quedado demostrada en el TFG anterior es que el precio del crudo no puede entenderse únicamente a partir de la lógica clásica de la oferta y la demanda, sino que responde de manera heterogénea a distintos tipos de shocks de oferta, de demanda agregada global y de demanda precautoria cuyos efectos sobre el precio difieren tanto en magnitud como en persistencia (Kilian, 2009; Hamilton, 2009). Esta heterogeneidad es la que justifica el uso de modelos multivariantes de series temporales capaces de aislar el efecto dinámico de cada perturbación.

El presente Trabajo de Fin de Grado de Business Analytics da continuidad al trabajo previo del autor en el Grado en Administración y Dirección de Empresas, en el que se realizó un análisis detallado del mercado del petróleo y de los principales factores que condicionan el riesgo base. El anterior trabajo de carácter fundamentalmente descriptivo sirvió para identificar y documentar un conjunto de variables de oferta, de demanda y macrofinancieras, y para construir la base de datos que aquí se explota empíricamente. El objetivo de este trabajo es, por tanto, dar el paso del análisis descriptivo al análisis cuantitativo: en lugar de describir cómo se comportan esas variables, se trata de estimar de forma rigurosa cómo se transmiten sus shocks a una magnitud financiera concreta, el riesgo base del petróleo.

El riesgo base se define como la diferencia entre el precio al contado (spot) del crudo y el precio de los contratos de futuros. Lejos de ser un número determinado únicamente por los costes de almacenamiento y los tipos de interés, esta diferencia presenta fluctuaciones amplias y persistentes que están estrechamente ligadas al rendimiento de conveniencia, el valor económico de disponer físicamente del crudo en cada momento y, por tanto, a las expectativas, a la demanda precautoria y a la percepción de riesgo de los agentes (Alquist & Kilian, 2010; Kilian, 2009). El riesgo base es relevante por dos motivos. En primer lugar, sintetiza la relación entre el mercado físico y el mercado de

futuros y, en consecuencia, ofrece información sobre el grado de tensión y de escasez del mercado. En segundo lugar, constituye un riesgo real para quienes utilizan los futuros como instrumento de cobertura, ya que un movimiento inesperado de la base puede erosionar la eficacia de la cobertura. Comprender qué factores mueven el riesgo base es, por tanto, una cuestión de interés tanto académico como práctico.

Para abordar esta cuestión se estima un modelo de vectores autorregresivos (VAR) que incluye el riesgo base junto con un conjunto de indicadores de oferta, de demanda y macrofinancieros seleccionados a partir de la revisión de la literatura realizada en el trabajo previo. El núcleo del análisis lo constituyen las funciones impulso-respuesta, que cuantifican la respuesta dinámica del riesgo base ante un shock de una desviación típica en cada una de las variables del sistema, así como la descomposición histórica, que permite atribuir los movimientos observados del riesgo base a documento las distintas perturbaciones en cada momento del tiempo.

2. Revisión de la literatura

2.1 Lutz Kilian

El primero de los autores sobre el que se fundamentará este TFG es Lutz Kilian, su visión respecto al tema es que no puede interpretarse bien las fluctuaciones del precio del petróleo si no se distingue bien el origen del shock, justo el tema central a comentar en este documento. Una subida del petróleo puede venir dada por una interrupción de la oferta, un boom de la demanda global o un aumento de demanda específica del petróleo ligada a expectativas o incertidumbres. En caso de tratar todas las subidas por igual se sacarían conclusiones erróneas, por este motivo él plantea un enfoque estructural del mercado global de crudo, que propone identificar shocks diferenciados para que la interpretación de las IRFs (funciones de respuesta al impulso) y la descomposición histórica del precio del crudo tengan sentido económico.

A partir de ahí, con el fin de dar claridad en el tema es que el petróleo se trata en un mercado global en el que no solo es relevante el país que se encarga de todo el proceso de producción, sino que es verdaderamente importante ver cómo se combinan fuerzas

globales de oferta y demanda. A su parecer se pueden encontrar tres tipos de “shocks estructurales”: shocks de la oferta, shocks de la demanda agregada mundial (actividad), y shocks demanda específica del mercado del petróleo (Kilian, 2009).

Se refuerza esa misma visión con un matiz importante: incluso cuando hablamos de shocks de oferta “exógenos” (guerras, eventos políticos en países OPEP), Kilian argumenta con evidencia empírica, que su papel agregado en explicar la evolución macro de EE. UU. desde los 70 puede ser menor de lo que se suele asumir, aunque en episodios concretos sí importen (Kilian, 2008). Además, subraya algo muy útil para el VAR que se llevara a cabo en este trabajo: los efectos pueden aparecer con tardía (no necesariamente impacto instantáneo), lo que encaja con el enfoque de dinámica temporal propio de VAR/SVAR.

Introduce, explícitamente el papel de los inventarios para capturar la parte “forward-looking” del precio (expectativas). Su argumento esencial es que el petróleo no solo reacciona a flujos actuales de oferta y demanda: también incorpora expectativas sobre escasez futura, riesgo geopolítico o tensiones en el mercado, y eso se refleja en decisiones de acumulación/desacumulación de inventarios. Metodológicamente, Kilian y Murphy (2014) proponen un modelo estructural del mercado global que permite identificar shocks de demanda especulativa/stock demand además de shocks de flow supply y flow demand, usando inventarios como pieza clave de identificación. Además, sus investigaciones se emplean mucho porque pone límites a explicaciones simplistas del auge del precio en los años 2000 basadas en “especulación” como motor principal, insistiendo en que hay que mirar el sistema completo (oferta, demanda y expectativas).

Kilian nos da también una visión más amplia, explicando que el problema no es que suba el precio del petróleo sino el tipo de shock que ha provocado la subida y como se transmite a la economía. Se plantea de dónde vienen los energy price shocks, cómo responde la demanda, la manera en la que cambian los patrones de gasto de los consumidores y como estas tendencias afectan a los shocks. Nos da a entender que por mucho que las subidas en el precio del petróleo sean iguales, puede tener consecuencias muy distintas dependiendo de la causa que las provoca. (Kilian, 2008)

Por otra parte, afirma que el análisis debe ser muy diferente si se trata de un shock de la demanda o de la oferta. Esta diferenciación altera tanto la manera en la que se interpreta la subida del precio de la commodity, y por ello al riesgo base, como los efectos que desencadena sobre la inflación o los mercados financieros. También se le da bastante relevancia al canal de transmisión a la economía real. Un claro ejemplo es que cuando los precios energéticos suben, la capacidad adquisitiva de las personas se ve reducida afectando especialmente a sectores como la vivienda y los automóviles. (Kilian, 2008)

Desde el punto de vista metodológico, Kilian y Murphy (2012) destacan que la identificación de los shocks en modelos VAR del mercado del petróleo debe estar bien justificada económicamente. No basta con imponer restricciones estadísticas, ya que una mala identificación puede llevar a interpretar de forma incorrecta el origen de los movimientos observados. Esta idea es especialmente importante en este trabajo, porque el objetivo no es explicar el precio del petróleo en sí, sino el Riesgo Base, es decir, la diferencia entre el precio spot y el precio futuro.

En este contexto, una identificación adecuada es fundamental para distinguir si los cambios en el Riesgo Base proceden de shocks de oferta, de demanda, de inventarios, de condiciones financieras o de incertidumbre. Kilian (2022) refuerza esta idea al mostrar que la oferta de petróleo suele presentar una elasticidad muy reducida en el corto plazo, lo que implica que muchos movimientos relevantes del mercado petrolero no se explican únicamente por variaciones inmediatas de producción. Aplicado al Riesgo Base, esto sugiere que la base puede depender más de expectativas, demanda, inventarios y condiciones financieras que de shocks puros de oferta física.

Por tanto, estos trabajos justifican la necesidad de interpretar los resultados del VAR con cautela y desde una lógica económica clara. En el caso de este TFG, la identificación de los shocks no solo sirve para estudiar cómo se mueve el petróleo, sino para entender qué factores alteran la relación entre el mercado físico y el mercado de futuros.

2.2 James D. Hamilton

Se trata de otra referencia fundamental en la literatura sobre petróleo. El autor pone uno de sus principales focos en explicar que se entiende realmente por un oil shock además de entender su transmisión a la economía real (alineado con Kilian en este punto). En su artículo “What is an oil shock” nos muestra que la relación entre el crecimiento del PIB y las fluctuaciones en el precio del petróleo no se pueden explicar en su totalidad empleando un esquema lineal. La explicación es simple, las subidas del precio tienen más peso en la economía real que las bajadas, y la capacidad de predecir con certeza las subidas tras descensos previos es menor, hechos que presentan un componente no lineal según Hamilton (Hamilton, 2003).

En su paper “Understanding Crude Oil Prices” Hamilton muestra su preocupación por ser aún más preciso a la hora de explicar el contenido económico de las variaciones del precio del petróleo. Lo hace desde tres perspectivas diferentes: los determinantes fundamentales de la oferta y la demanda, la evidencia estadística y las predicciones de la teoría económica. Explica que los cambios en el precio del petróleo históricamente se han caracterizado por ser difíciles de predecir, regidas por regímenes muy distintos. Explica también el papel del arbitraje de almacenamiento, la OPEP, el mercado de futuros entre otros con el fin de clarificar que el pleno entendimiento de todos ellos y su funcionamiento conjunto es el que determina la dinámica del petróleo (Hamilton, 2008).

En su paper Causes and Consequences of the Oil Shock, sostiene que, a diferencia de muchos shocks petroleros previos, causados por cambios físicos de oferta la subida del precio del petróleo durante los años 2007 y 2008 se debió a un incremento de la demanda a nivel mundial a de manera paralela a una producción estancada. Este es un claro ejemplo para ver que no vale tan solo con observar los valores que afectan a la oferta, sino que el apetito por crudo es clave para entender como fluctúa el precio del petróleo (Hamilton, 2008).

En el paper Historical Oil Shocks, Hamilton nos da una visión más profunda a nivel histórico. Trata periodos en los que hubo mayor tensión petrolera como es el caso de la crisis de Suez, embargo de la OPEP o la primera guerra del golfo. A partir de todos estos casos pasados Hamilton es capaz de concluir que la relación de estos periodos con la

recesión en Estados Unidos no es mera casualidad, aunque es cierto que ya hemos comprobado y visto como la literatura asegura que las fluctuaciones de deben a un conjunto de factores contribuyentes (Hamilton, 2011).

2.3 Christiane Baumeister

Christiane Baumeister también es una autora relevante para este trabajo porque insiste en que el mercado del petróleo no puede explicarse a partir de un único factor. En sus trabajos con Peersman, muestra que los efectos de los shocks de oferta han cambiado a lo largo del tiempo y que, en los periodos más recientes, estos shocks explican una parte menor de las fluctuaciones del mercado que los shocks de demanda (Baumeister & Peersman, 2013). Esta idea es importante para el Riesgo Base porque la base no depende solo de cuánto petróleo se produce, sino de cómo reaccionan de forma relativa el precio spot y el precio futuro.

En esta misma línea, Baumeister y Kilian (2016) explican que los grandes episodios históricos del petróleo no suelen estar provocados por una sola causa, sino por combinaciones distintas de oferta, demanda global y expectativas. Esta visión encaja directamente con el objetivo de este TFG. Si el Riesgo Base mide la diferencia entre el precio spot y el precio futuro, entonces su evolución puede estar afectada por varios canales al mismo tiempo: presión de demanda en el mercado físico, expectativas sobre escasez futura, acumulación de inventarios, incertidumbre financiera o cambios en las condiciones de almacenamiento.

Por último, Baumeister y Hamilton (2019) destacan que, en un modelo VAR estructural, no basta con incluir variables y observar sus respuestas. También es necesario justificar cómo se identifican los shocks, porque diferentes supuestos pueden llevar a interpretaciones distintas. Para este trabajo, esta idea es clave: una correcta identificación permite interpretar si los movimientos del Riesgo Base proceden realmente de shocks de oferta, de demanda, de inventarios, de tipos de interés o de incertidumbre. Por tanto, la aportación de Baumeister refuerza la necesidad de analizar el Riesgo Base como una variable compleja, ligada tanto al mercado físico como al mercado de futuros.

2.4 Ana María Herrera

Ana María Herrera aporta una visión útil para este trabajo porque estudia cómo se transmiten los shocks petroleros a la economía y si sus efectos son siempre iguales. En su trabajo con Lagalo y Wada, analiza distintos países de la OCDE y encuentra poca evidencia de que la actividad económica responda de forma claramente distinta ante subidas y bajadas del precio del petróleo. Esto es relevante para este TFG porque respalda el uso de un modelo lineal como el VAR para estudiar la respuesta del Riesgo Base ante distintos shocks, sin necesidad de asumir desde el inicio una estructura asimétrica más compleja (Herrera et al., 2015).

Además, Herrera et al. (2019) muestran que los shocks petroleros no afectan a la economía por un único canal, sino a través de producción, consumo, inversión, empleo, mercados financieros e incertidumbre. Esta idea encaja con el enfoque del Riesgo Base, ya que la diferencia entre el precio spot y el precio futuro también puede verse afectada por varios canales al mismo tiempo. Por ejemplo, un mismo shock puede modificar la demanda física de petróleo, las expectativas sobre precios futuros o la percepción de riesgo de los agentes.

Por último, Herrera, Hu y Pastor (2018) destacan la importancia de la volatilidad del petróleo, especialmente en periodos de tensión. Esta aportación es relevante porque el Riesgo Base tiende a ser más importante precisamente cuando el mercado entra en fases de inestabilidad. En esos momentos, el spot y el futuro pueden dejar de moverse de forma paralela, aumentando el riesgo para quienes utilizan futuros como instrumento de cobertura o inversión.

3. Indicadores

Para el análisis de las funciones impulso-respuesta se seleccionan ocho indicadores que recogen los principales canales económicos, financieros y de incertidumbre que pueden afectar al riesgo base del petróleo. La elección de estas variables responde a la necesidad

de incorporar shocks de demanda, oferta, condiciones financieras, expectativas e incertidumbre global.

En primer lugar, se incluye la Producción Mundial Industrial, medida a través del Monthly World Industrial Production Index. Esta variable se utiliza como aproximación de la demanda global de petróleo, ya que una mayor actividad industrial mundial suele estar asociada a un mayor consumo de energía y materias primas. Por tanto, permite capturar el efecto de un shock de demanda agregada sobre el riesgo base. La serie temporal se obtiene de la base de datos de Christiane Baumeister, donde se publica el índice mensual WIP, y está asociada al trabajo de Baumeister y Hamilton (2019).

En segundo lugar, se incorpora la cotización del dólar estadounidense. Dado que el petróleo se negocia internacionalmente en dólares, una apreciación de esta divisa encarece el crudo para compradores que operan con otras monedas, pudiendo reducir la demanda efectiva y afectar a la relación entre el precio spot y el precio futuro. Para representar este canal se emplea el Nominal Broad U.S. Dollar Index publicado por FRED, serie DTWEXBGS (Board of Governors of the Federal Reserve System, s. f.).

En tercer lugar, se introduce la producción mundial de petróleo, medida en millones de barriles diarios. Esta variable representa el canal de oferta física del mercado del crudo. Su inclusión permite analizar si un aumento inesperado de la producción tiene capacidad para modificar el riesgo base o si, por el contrario, el diferencial spot-futuro responde más a otros factores como demanda, inventarios o expectativas. La serie procede de la U.S. Energy Information Administration, dentro de la base International Petroleum and Other Liquids, en concreto la producción mundial de crude oil including lease condensate (U.S. Energy Information Administration, s. f.).

En cuarto lugar, se incluyen los tipos de interés, representados por la Federal Funds Effective Rate. Esta variable es relevante porque los tipos afectan directamente a la valoración de los contratos de futuros: un mayor tipo de interés incrementa el coste financiero asociado a mantener posiciones y puede modificar la relación entre el precio spot y el precio futuro. La serie se obtiene de FRED, serie FEDFUNDS (Board of Governors of the Federal Reserve System, s. f.).

En quinto lugar, se incorporan los inventarios de crudo. Los inventarios son especialmente importantes porque conectan el mercado físico con el mercado de futuros y recogen información sobre almacenamiento, expectativas de escasez futura y demanda preventiva. Por tanto, son una variable clave para analizar el componente forward-looking del mercado del petróleo. La serie utilizada corresponde a los U.S. Ending Stocks excluding SPR of Crude Oil, publicada por la U.S. Energy Information Administration. Al estar expresada originalmente en miles de barriles, se transforma a millones de barriles dividiendo entre 1.000 cuando sea necesario (U.S. Energy Information Administration, s. f.).

En sexto lugar, se incluye el índice de riesgo geopolítico. Esta variable permite recoger tensiones internacionales, amenazas de conflicto, guerras, terrorismo y otros eventos que pueden afectar tanto a la oferta de petróleo como a las expectativas de los agentes. La serie procede del Geopolitical Risk Index desarrollado por Caldara e Iacoviello, construido a partir del recuento de noticias relacionadas con tensiones geopolíticas en prensa internacional (Caldara & Iacoviello, s. f.).

En séptimo lugar, se incorporan las tensiones en las cadenas globales de suministro mediante el Global Supply Chain Pressure Index. Este indicador resulta relevante porque las disrupciones logísticas pueden afectar al transporte, disponibilidad y coste de acceso a materias primas, incluido el petróleo. Su inclusión permite analizar si el riesgo base responde a problemas de abastecimiento global más allá de los shocks tradicionales de oferta y demanda. La serie se obtiene de la Federal Reserve Bank of New York (Federal Reserve Bank of New York, s. f.).

Por último, se incluye la incertidumbre climática, medida a través del Climate Policy Uncertainty Index. Esta variable permite capturar el efecto de la incertidumbre asociada a regulación climática, transición energética y expectativas sobre el consumo futuro de combustibles fósiles. Su inclusión es especialmente relevante porque permite estudiar si el mercado del petróleo incorpora este tipo de información de forma inmediata o con retraso. La serie procede de la base Economic Policy Uncertainty, que ofrece datos mensuales de incertidumbre climática y climática-regulatoria (Gavriilidis et al., 2021).

En conjunto, estos ocho indicadores permiten analizar el riesgo base desde una perspectiva amplia: demanda global, fortaleza del dólar, oferta física, tipos de interés, inventarios, riesgo geopolítico, tensiones de suministro e incertidumbre climática. De esta forma, el modelo no se limita a los determinantes tradicionales del mercado del petróleo, sino que incorpora también variables más recientes que pueden aportar una contribución propia al análisis.

4. Modelo

Con el fin de analizar la dinámica del crudo de la forma precisa se emplea un modelo vectorial autorregresivo (VAR) con frecuencia mensual. En este tipo de modelo, cada variable se explica por sus propios retardos y por los retardos del resto de variables del sistema, lo que permite captar la interacción dinámica entre varias series temporales de forma conjunta. (Stock & Watson, 2001) Este enfoque resulta adecuado para el análisis de mercados de materias primas, ya que permite distinguir entre distintos tipos de perturbaciones. En el caso del petróleo, esperamos por lo estudiado previamente que los precios del petróleo puedan reflejar shocks de oferta, shocks de demanda global o shocks de demanda específicos del propio mercado del crudo, y que cada uno de ellos tiene efectos diferentes sobre el precio y sobre las variables macroeconómicas.

A partir del VAR estimado se obtendrán funciones de impulso-respuesta, que permitirán hacer un análisis de las reacciones cada una de las variables ante un shock en otra variable del sistema a lo largo del tiempo. Para que sea posible analizar estos shocks desde una perspectiva económica, es necesario establecer algunos supuestos o de cómo se relacionan las variables entre sí, ya que la correlación estadística por sí sola no sería suficiente para establecer relaciones causales claramente (Stock & Watson, 2001)

En este trabajo, se realizará la identificación a través de la descomposición de Cholesky. El orden de las variables constituye una hipótesis económica relevante del modelo. Este procedimiento es habitual en la literatura VAR recursiva, ya que la descomposición de la matriz de covarianzas de los residuos permite identificar respuestas impulso estructurales bajo una determinada ordenación de las variables (Keating, 1996).

Finalmente, el modelo se complementa efectuando una descomposición histórica, que permite interpretar la tipología de shocks que tienen mayor relevancia y causan en consecuencia los principales movimientos observados en el precio a lo largo de la muestra. (Kilian, 2009)

5. Descripción de los datos

El modelo se construye a partir de una matriz mensual de datos entre enero de 2006 y diciembre de 2025, recogida en un archivo Excel. Esta matriz integra las variables utilizadas para estimar el modelo VAR y obtener las funciones impulso-respuesta del riesgo base.

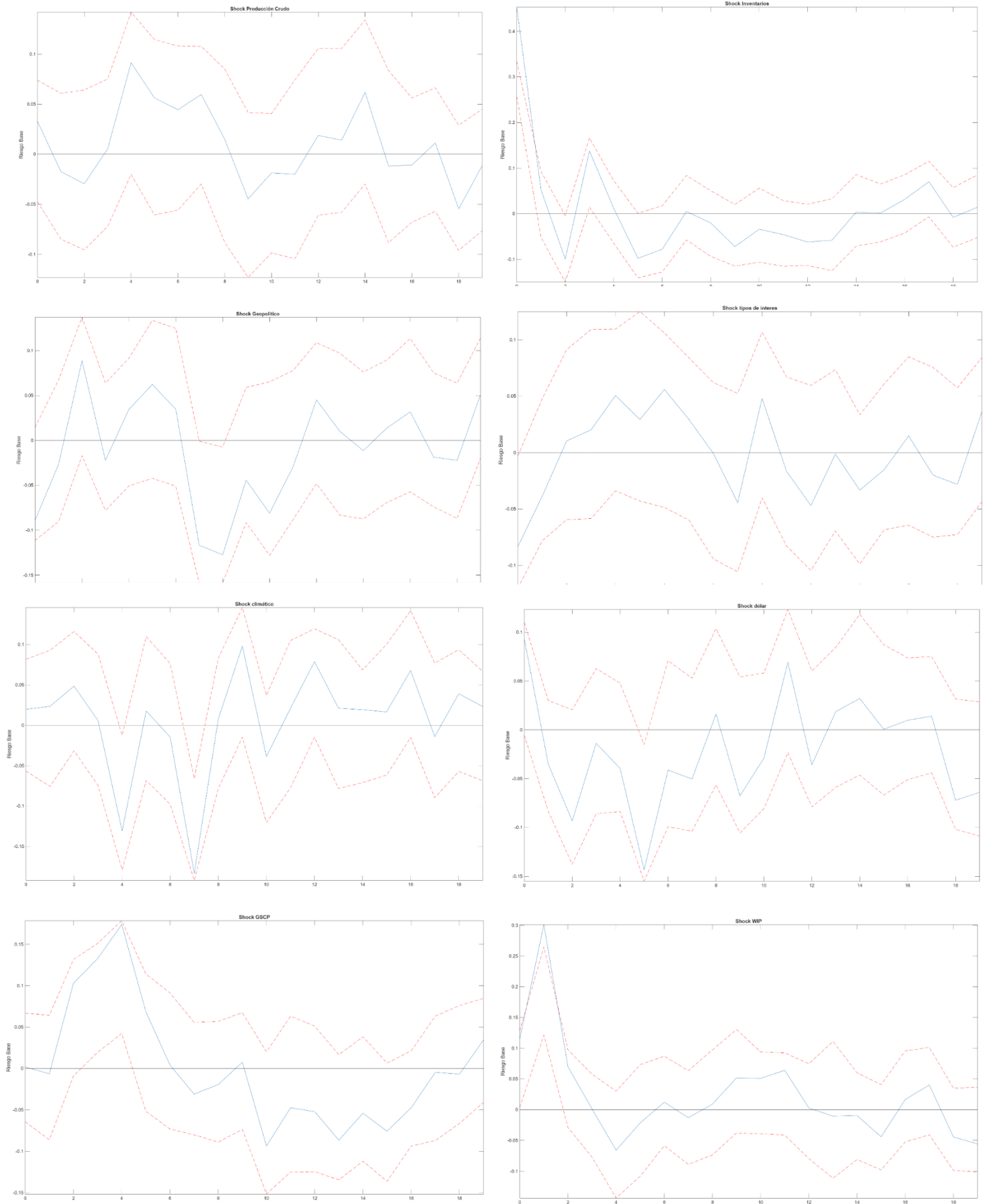
La variable dependiente es el Oil Basis Risk, definido como la diferencia entre el precio spot y el precio futuro del petróleo. Esta serie se incorpora sin transformación adicional, al estar ya construida como diferencial spot-futuro.

Las variables de incertidumbre Climate Change Index, Geopolitical Risk Index y Global Supply Chain Pressure Index se introducen en valores enteros, ya que son índices previamente contruidos y su interpretación económica procede directamente de su valor. Lo mismo ocurre con los shocks de la OPEP, que se incorporan sin transformación al estar ya definidos como perturbaciones.

Por otro lado, la producción mundial de petróleo, la Producción Mundial Industrial, la cotización del dólar y los inventarios se transforman en cambio porcentual. Esta transformación permite capturar variaciones relativas en oferta, demanda, condiciones financieras y almacenamiento, en lugar de trabajar únicamente con niveles absolutos.

Finalmente, los tipos de interés se introducen sin transformación. Para ello, se combina la Shadow Rate con la Federal Funds Rate con el objetivo de obtener una serie continua, sin aplicar ninguna transformación adicional.

6. Funciones de impulso respuesta



6.1 Resumen Shocks sobre el Riesgo base

BLOQUE	SHOCKS
1. Resultado Esperado	1.1 Producción Mundial Industrial (Demanda)
	1.2 Dólar
2. Resultado Curioso	2. Producción del petróleo
3. Validación del modelo	3.1 Tipos de interés
	3.2 Inventarios
4. Resultado Secundario	4. Riesgo Geopolítico
5. Contribuciones personales	5.1 Tensiones en las cadenas globales de suministro
	5.2 Incertidumbre climática

La lectura conjunta de las funciones impulso-respuesta permite interpretar los resultados como una historia económica común, y no como una sucesión de gráficos independientes. Para ello, los shocks se agrupan en cinco bloques: resultados esperados, resultado curioso, validación del modelo, resultado secundario y contribuciones personales.

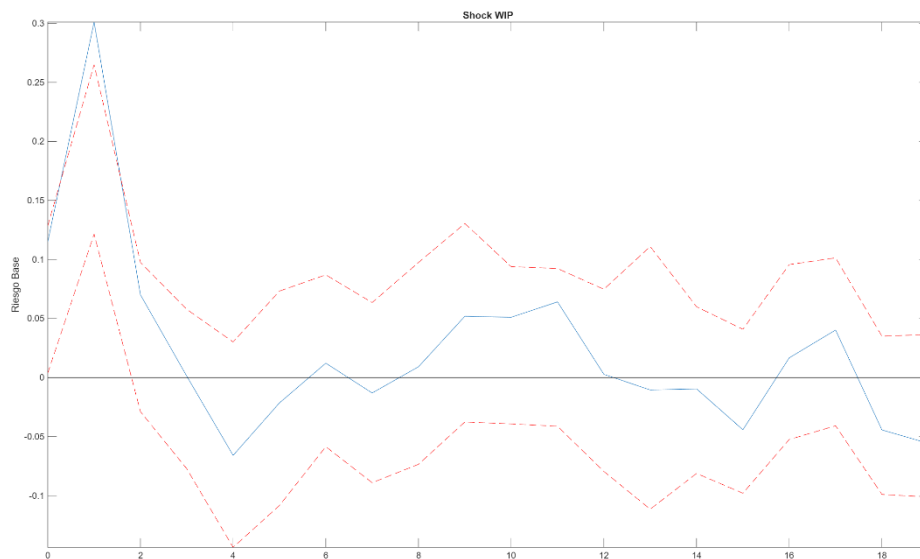
Los resultados esperados son la Producción Mundial Industrial y el dólar, ya que ambos reflejan canales ligados a la demanda global y a las condiciones financieras internacionales. En cambio, la producción del petróleo aparece como un resultado curioso, al no mostrar un efecto claro y persistente sobre el riesgo base, algo que puede enmarcarse en Kilian (2009), donde los shocks de oferta tienen menor peso que los de demanda y expectativas.

Los tipos de interés y los inventarios sirven como validación del modelo: los primeros ofrecen el signo esperado por construcción financiera, mientras que los segundos refuerzan el canal forward-looking del mercado. El riesgo geopolítico se interpreta como resultado secundario, al no presentar una respuesta estable. Finalmente, las tensiones en cadenas globales de suministro y la incertidumbre climática constituyen la principal contribución del trabajo, ya que sugieren una posible incorporación retardada de esta información por parte del mercado.

A continuación, se analiza con mayor profundidad cada uno de estos bloques.

Bloque 1

Ilustración 1 - Shocks de la Producción Mundial Industrial sobre el Riesgo base



En este gráfico, la reacción de riesgo base ante un shock en WIP es especialmente intensa en el corto plazo. La variable registra una subida muy pronunciada en los primeros periodos, alcanza un máximo temprano y posteriormente corrige con rapidez. Tras ese impacto inicial, la respuesta pierde fuerza y entra en una fase más moderada, con alternancia entre valores ligeramente positivos y negativos.

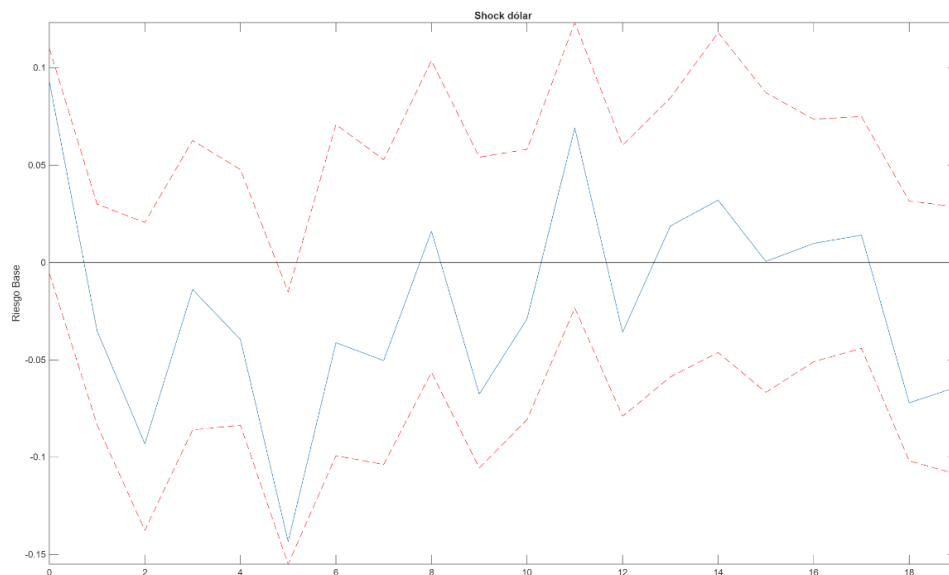
Este resultado puede interpretarse de forma especialmente interesante a la luz de Kilian (2009). En su análisis del mercado del petróleo, Kilian defiende que no todos los shocks del precio del crudo son iguales y que buena parte de las fluctuaciones relevantes no se explican tanto por interrupciones de oferta, sino por shocks de demanda agregada y por shocks asociados a expectativas de escasez futura. En este sentido, si WIP se interpreta como un indicador de actividad o demanda industrial global, la respuesta positiva inicial de Riesgo base es coherente con la idea de que el mercado reacciona con fuerza cuando percibe presión por el lado de la demanda.

La lógica económica sería la siguiente: un shock positivo en WIP apunta a una mayor actividad industrial y, por tanto, a una mayor demanda esperada de petróleo. Si el mercado interpreta ese aumento de actividad como una señal de mayor presión sobre la disponibilidad física del crudo, el precio spot puede reaccionar con más intensidad que

el precio futuro. Dado que riesgo base se define como spot menos futuro, esta mayor presión sobre el spot se traduce en una respuesta positiva de la base. El resultado sugiere, por tanto, que el mercado ajusta con fuerza cuando la demanda presiona y genera expectativas de escasez, más que cuando simplemente se producen alteraciones por el lado de la oferta.

Una vez absorbida la sorpresa inicial, el mercado reajusta expectativas, inventarios y precios futuros, lo que reduce la intensidad de la respuesta. Sin embargo, lo relevante del gráfico no es tanto la persistencia del efecto, sino la magnitud de la reacción inicial. Esta reacción es consistente con el argumento central de Kilian, mencionado antes, los shocks de demanda pueden tener un papel dominante en la dinámica del mercado del petróleo, al activar expectativas de escasez y tensionar de forma inmediata la relación entre el precio spot y el precio futuro. En conjunto, este gráfico aporta evidencia favorable a la interpretación de que el modelo está captando correctamente la importancia de los shocks de demanda.

Ilustración 2 - Shocks de la cotización del dólar sobre el Riesgo base



La interpretación más relevante es que el petróleo se comercializa internacionalmente en dólares. Por tanto, cuando el dólar se aprecia, el petróleo se encarece en términos relativos para los compradores que operan con otras divisas. Esto puede reducir la demanda global efectiva de crudo o, al menos, moderar la presión compradora sobre el

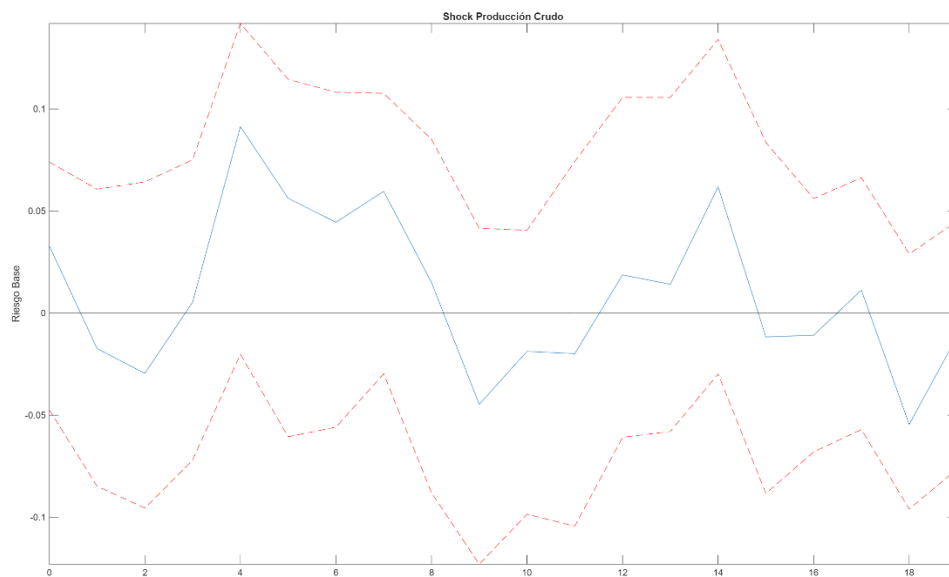
mercado físico. En ese contexto, tendría sentido que riesgo base disminuyera, ya que una menor presión de demanda sobre el spot reduce su fortaleza relativa frente al precio futuro. Dado que riesgo base se define como spot menos futuro, una caída relativa del spot se traduce en una reducción de la base.

Este resultado puede entenderse de forma similar al shock climático, pero también como el reverso del shock de demanda. Cuando la demanda global o la actividad industrial presionan al alza, como ocurría en la respuesta ante WIP, el riesgo base tiende a aumentar porque el mercado percibe mayor escasez física. En cambio, cuando el dólar se fortalece, el efecto esperado es el contrario: el encarecimiento del petróleo para compradores internacionales puede debilitar la demanda y reducir la presión sobre el mercado spot.

Por tanto, más que interpretar el dólar como un canal autónomo y aislado, conviene entenderlo como una variable que afecta a la demanda global de petróleo a través del precio relativo de la commodity. La respuesta negativa observada tras el impacto inicial es coherente con esta lógica: un dólar más fuerte encarece el petróleo, reduce la demanda efectiva y, con ello, presiona a la baja el riesgo base. Aunque la trayectoria posterior es volátil y no permite extraer una conclusión fuerte de persistencia, el signo de la respuesta inicial corregida sí resulta consistente con la teoría económica y con el papel del dólar en el mercado internacional del crudo.

Bloque 2

Ilustración 3 - Shock de la producción del petróleo sobre el Riesgo base



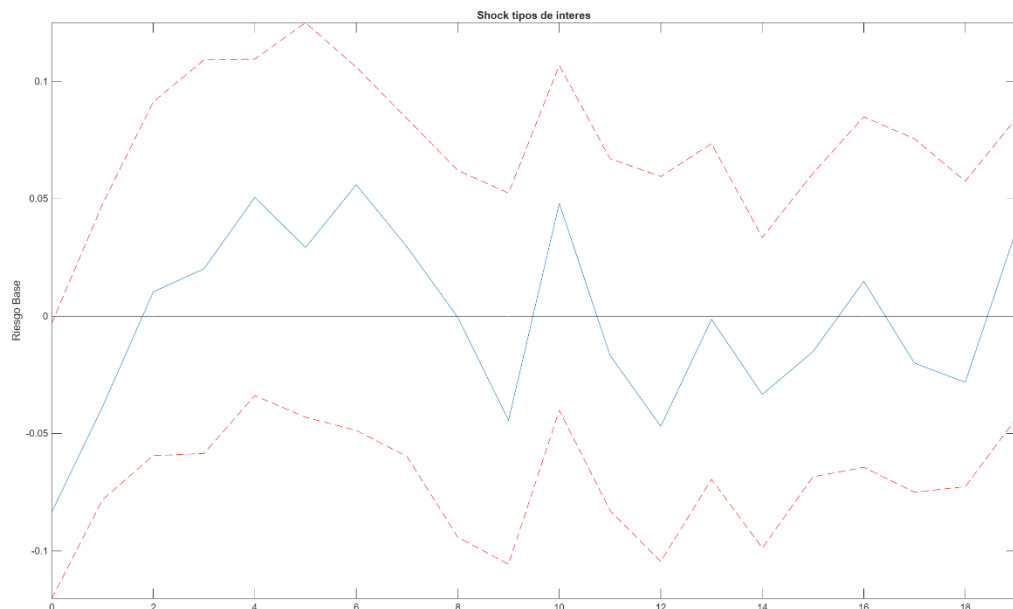
En este gráfico se representa la respuesta de riesgo base ante un shock en la producción de crudo. La línea azul muestra la respuesta estimada de la variable riesgo base a lo largo del horizonte temporal. Las líneas rojas discontinuas recogen el intervalo de confianza, es decir, el margen dentro del cual puede moverse esa respuesta estimada. La línea negra horizontal marca el valor cero, que sirve como referencia para distinguir si el efecto es positivo o negativo. A partir de ahí, se observa que la respuesta de riesgo base empieza cerca de cero, pasa a terreno negativo en los primeros periodos y después entra en una fase positiva relativamente clara, con sus valores más altos alrededor de los periodos 4 a 7. Más adelante, la respuesta pierde intensidad, cae a valores negativos en la parte central y termina con oscilaciones pequeñas alrededor de cero.

La principal implicación económica es que, dentro de la especificación del modelo estimado, no se encuentra evidencia suficiente de que las innovaciones en la producción de crudo expliquen de forma clara la evolución del riesgo base. Una posible explicación es que el riesgo base esté más vinculado a factores relacionados con expectativas, condiciones financieras, inventarios o incertidumbre de mercado que a variaciones inesperadas en la producción contemporánea.

Esta falta de influencia podría deberse a que el riesgo base no mide el precio del petróleo en sí, sino la diferencia entre el precio spot y el precio futuro. Por ello, aunque un shock de producción pueda afectar al mercado del crudo, si el spot y el futuro reaccionan de forma parecida, el efecto sobre la base queda reducido. Además, la producción recoge un canal físico de oferta, mientras que la base suele estar más relacionada con expectativas, inventarios, costes de almacenamiento y percepción de escasez futura. Por tanto, el resultado sugiere que los cambios inesperados en producción no se trasladan de forma directa al diferencial spot-futuro.

Bloque 3

Ilustración 4 - Shocks de los Tipos de interés sobre el Riesgo base



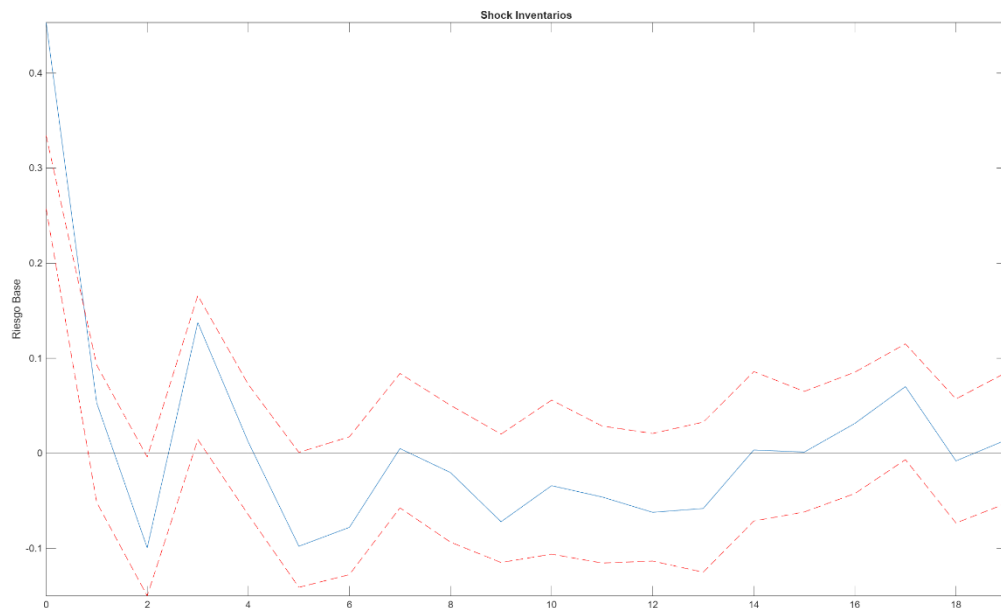
En este gráfico, la reacción de riesgo base ante un shock en los tipos de interés muestra de nuevo un patrón bastante irregular.

No obstante, en este caso la interpretación debe hacerse principalmente desde la propia fórmula de valoración de los precios de futuros. Dado que riesgo base se define como spot menos futuro, un aumento del tipo de interés tiende, por construcción financiera, a reducir la base, ya que incrementa el precio futuro en relación con el precio spot. En este sentido, la respuesta negativa inicial observada en el gráfico resulta coherente con la relación teórica esperada entre tipos de interés, precios de futuros y riesgo base.

Por ello, más que extraer una interpretación económica amplia del shock de tipos de interés, este resultado puede entenderse como una evidencia de validación del modelo. El hecho de que el modelo recoja inicialmente el efecto esperado de los tipos sobre el precio futuro indica que el componente financiero está siendo controlado adecuadamente. Esto es relevante porque permite aislar con mayor precisión el efecto directamente asociado al convenience yield, evitando que este quede contaminado por movimientos mecánicos derivados de los tipos de interés.

A partir de los primeros periodos, la respuesta se vuelve menos clara y alterna signos, por lo que no conviene concluir que exista un efecto persistente y estable de los tipos de interés sobre riesgo base. En conjunto, el gráfico sugiere que el modelo capta correctamente el canal financiero inicial de los tipos de interés sobre la relación spot-futuro, y su principal utilidad reside en reforzar la coherencia interna del modelo antes de analizar el comportamiento del convenience yield.

Ilustración 5 - Shock de los Inventarios sobre el Riesgo base



En este gráfico se representa la respuesta de riesgo base ante un shock en Inventarios. La respuesta inicial es positiva, intensa y estadísticamente significativa, lo que constituye el principal resultado del gráfico. También se observa un segundo repunte positivo en torno al periodo 3. A partir de ese momento, el intervalo de confianza contiene la línea de cero, por lo que los movimientos posteriores no deben interpretarse como efectos robustos desde el punto de vista estadístico.

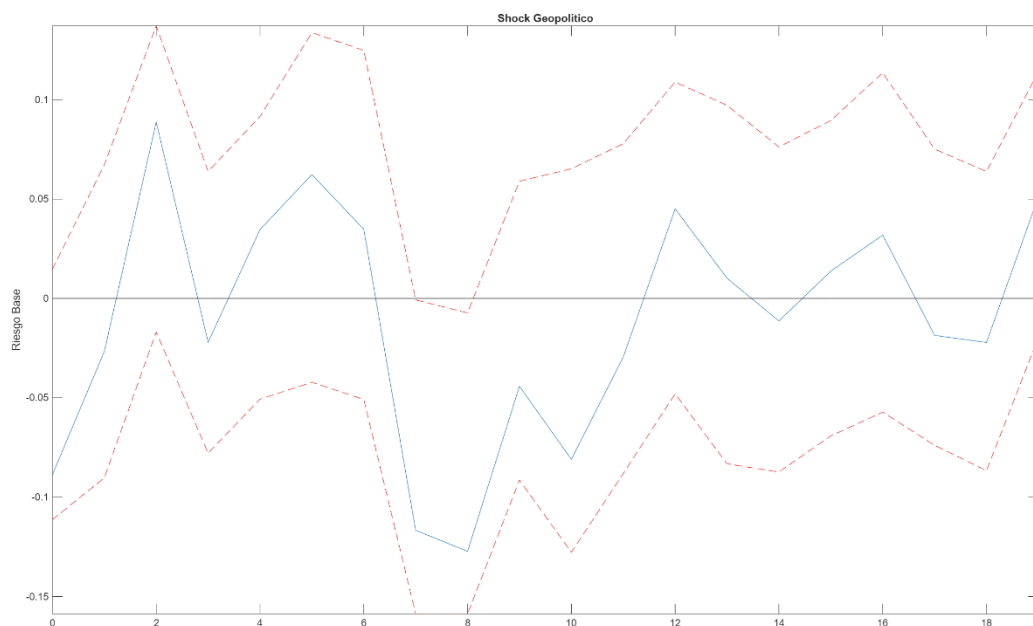
Este resultado es especialmente relevante porque muestra que los inventarios tienen una relación directa con el riesgo base. Los inventarios actúan como puente entre el mercado físico y el mercado de futuros, ya que no solo reflejan disponibilidad actual de crudo, sino también expectativas sobre escasez, almacenamiento y precios futuros. Ante un aumento inesperado de inventarios, el mercado puede interpretarlo de dos formas. Si se entiende como exceso de oferta o debilidad de la demanda, el precio spot tendería a caer más que el futuro, reduciendo la base. Sin embargo, si la acumulación responde a motivos preventivos o especulativos, es decir, a expectativas de mayor tensión futura,

los agentes demandan crudo físico para almacenarlo, lo que presiona al alza el precio spot de forma inmediata.

La respuesta positiva observada al inicio sugiere que domina esta segunda interpretación: el shock de inventarios eleva el valor relativo del crudo disponible hoy frente al precio futuro. El futuro también puede incorporar expectativas de precios más altos, pero si reacciona menos que el spot, la diferencia spot-futuro aumenta. Por tanto, el resultado confirma que los inventarios son un canal fundamental para explicar el riesgo base, especialmente en el corto plazo. Esta evidencia encaja con la literatura de Kilian y Murphy, que incorpora los inventarios precisamente para capturar la dimensión forward-looking del mercado del petróleo, ligada a expectativas, almacenamiento y percepción de escasez futura.

Bloque 4

Ilustración 6 - Shocks del Riesgo Geopolítico sobre el Riesgo base



En este gráfico se representa la respuesta de riesgo base ante un shock geopolítico. A diferencia del caso de Inventarios, no se observa un efecto inmediato claramente significativo. Durante la mayor parte del horizonte, el intervalo de confianza contiene la línea de cero, por lo que no conviene interpretar los movimientos puntuales de la línea

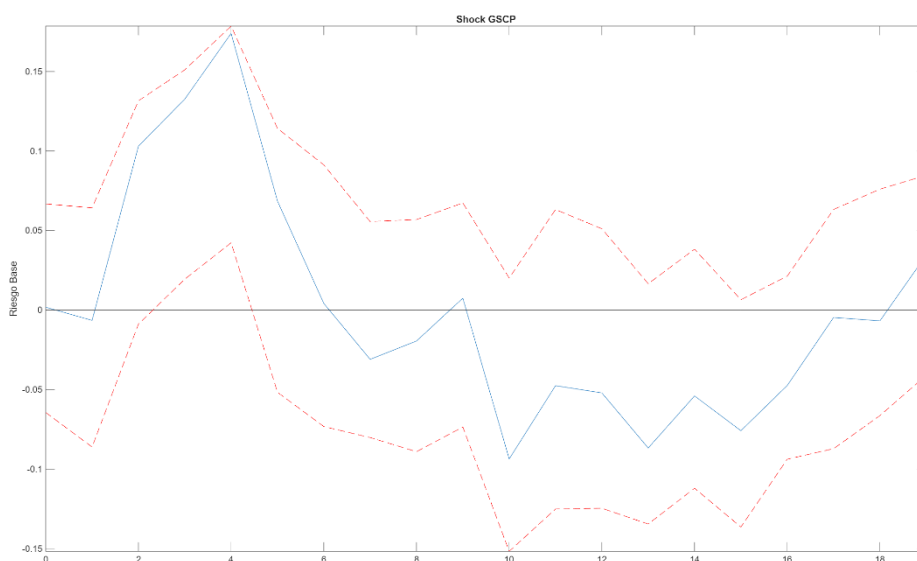
azul como una respuesta robusta. El único tramo que merece atención es la caída en torno a los periodos 7 y 8, donde la respuesta se sitúa en terreno negativo y parece presentar cierta significancia estadística. No obstante, este efecto es transitorio, ya que posteriormente la respuesta vuelve a niveles no significativos.

Desde un punto de vista económico, este resultado sugiere que el riesgo geopolítico no tiene un efecto directo y estable sobre riesgo base. En principio, cabría esperar que un aumento del riesgo geopolítico elevase el valor del crudo disponible en el presente, al aumentar el temor a interrupciones futuras de suministro. En ese caso, el precio spot podría subir más que el futuro y la base aumentaría. Sin embargo, el gráfico no muestra con claridad ese patrón. Una posible explicación es que el shock geopolítico no esté capturando únicamente riesgo de oferta petrolera, sino también incertidumbre macroeconómica, caída esperada de la demanda, aversión al riesgo o ajustes financieros. Si el mercado interpreta el evento geopolítico como una amenaza para la actividad económica global, el efecto sobre la demanda esperada de petróleo puede compensar o incluso dominar el canal de escasez de oferta.

La caída negativa observada en torno a los periodos 7 y 8 puede interpretarse como una corrección retardada del mercado. Tras el impacto inicial del shock, los agentes pueden revisar sus expectativas si el evento geopolítico no termina generando una disrupción real de suministro. En ese contexto, el precio spot podría perder fuerza frente al futuro, reduciendo riesgo base. También es posible que el mercado de futuros incorpore con mayor intensidad la incertidumbre futura, haciendo que el futuro se comporte relativamente mejor que el spot. En conjunto, el gráfico apunta a que el riesgo geopolítico no aparece como un determinante claro y persistente de riesgo base, salvo por una reacción negativa puntual y transitoria que puede entenderse como un proceso de reajuste de expectativas.

Bloque 5

Ilustración 7 - Shocks del GSCPI sobre el Riesgo base



En este gráfico, la respuesta de riesgo base ante un shock en GSCPI muestra un resultado especialmente interesante. El efecto más relevante no aparece de forma contemporánea, sino con cierto retraso: tras una reacción inicial prácticamente nula, la variable aumenta con fuerza entre los periodos 2 y 4, alcanzando su máximo alrededor del cuarto mes. A partir de ese punto, la respuesta se corrige progresivamente, entra en terreno negativo en la parte central del horizonte y solo muestra una recuperación parcial hacia el final.

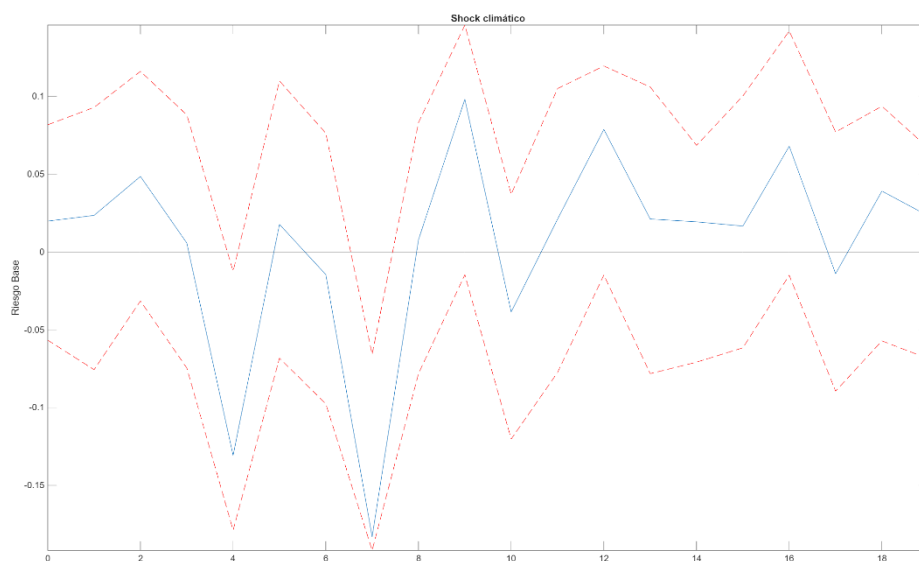
El signo positivo observado entre los meses 2 y 4 es coherente con lo que cabría esperar ante un shock de tensiones en las cadenas globales de suministro. Un aumento de GSCPI refleja mayores disrupciones logísticas, cuellos de botella y dificultades en el abastecimiento. En ese contexto, el mercado puede percibir una mayor escasez física o una mayor dificultad para acceder al producto en el corto plazo, lo que elevaría el valor relativo del precio spot frente al precio futuro. Dado que riesgo base se define como spot menos futuro, este aumento relativo del spot se traduce en una respuesta positiva de la base.

Lo más llamativo del resultado, sin embargo, no es únicamente el signo positivo, sino el retraso con el que aparece. Si las disrupciones de oferta y transporte fueran incorporadas

de forma inmediata por el mercado, cabría esperar una reacción positiva desde el primer periodo. Sin embargo, el gráfico sugiere que el impacto tarda varios meses en trasladarse plenamente a riesgo base. Esto puede interpretarse como evidencia de que el mercado no incorpora de manera instantánea toda la información asociada a las tensiones de supply chain, o bien de que estas tensiones necesitan cierto tiempo para materializarse en restricciones efectivas de disponibilidad física.

En este sentido, el gráfico aporta un resultado relevante para el modelo: los shocks de GSCPI parecen afectar positivamente a riesgo base en el corto plazo, pero con un retardo de entre dos y cuatro meses. Esta dinámica puede ser consistente con una transmisión gradual desde las disrupciones logísticas hacia el mercado físico de la commodity. Posteriormente, una vez que el mercado ajusta expectativas, inventarios y decisiones de aprovisionamiento, el efecto inicial se corrige y la respuesta pierde persistencia.

Ilustración 8 - Shocks de incertidumbre climática sobre el Riesgo base



La intuición más interesante de este resultado aparece al compararlo con la respuesta obtenida ante shocks de demanda. Si el shock climático se interpreta no solo como un evento físico que puede afectar a la producción o al transporte, sino también como una señal de transición energética, presión regulatoria o menor demanda esperada de petróleo, entonces tiene sentido que riesgo base disminuya. En este caso, el shock climático actuaría como una fuerza que reduce la presión de demanda sobre el mercado

físico del crudo. Al debilitarse esa presión, el precio spot tendería a perder fuerza relativa frente al precio futuro, lo que reduciría la base, definida como spot menos futuro.

Esta lectura es coherente con la lógica observada en el shock de WIP, pero en sentido contrario. En el caso de WIP, un aumento de la actividad industrial o de la demanda global generaba una respuesta positiva de riesgo base, porque el mercado percibía mayor presión sobre la disponibilidad física del petróleo. En cambio, ante un shock climático, la reacción negativa en determinados periodos puede interpretarse como una señal de menor demanda esperada de crudo o de menor escasez relativa en el mercado físico. Por tanto, el gráfico puede estar mostrando que el mercado ajusta la base no solo cuando la demanda aumenta, sino también cuando aparecen señales que reducen las expectativas de consumo futuro de petróleo.

Esta interpretación encaja con el argumento de Kilian (2009), según el cual las fluctuaciones relevantes del mercado del petróleo no deben explicarse únicamente desde la oferta, sino distinguiendo cuidadosamente entre shocks de oferta, shocks de demanda agregada y shocks ligados a expectativas. En este caso, el shock climático parece comportarse más como un shock de demanda negativo que como un shock puro de oferta. Es decir, más que generar una percepción persistente de escasez física, podría estar transmitiendo al mercado una expectativa de menor demanda futura de petróleo.

7.Descomposición histórica del riesgo base del petróleo

Mientras que las funciones impulso-respuesta muestran cómo reacciona el riesgo base ante un shock aislado, la descomposición histórica permite estudiar qué perturbaciones explican los movimientos observados de la variable a lo largo del tiempo. Esta herramienta complementa a las IRF porque conecta los shocks del modelo con episodios reales de la muestra.

La referencia metodológica principal es Kilian (2009), que distingue entre shocks de oferta, shocks de demanda agregada global y shocks de demanda específica del mercado petrolero. Esta clasificación es clave porque no todos los movimientos del petróleo tienen el mismo origen ni las mismas implicaciones económicas. Aunque las tres figuras

siguientes se refieren al precio real del petróleo y no directamente al riesgo base, sirven como marco conceptual para este trabajo, ya que muestran por qué es necesario separar los shocks según su naturaleza económica antes de interpretar sus efectos.

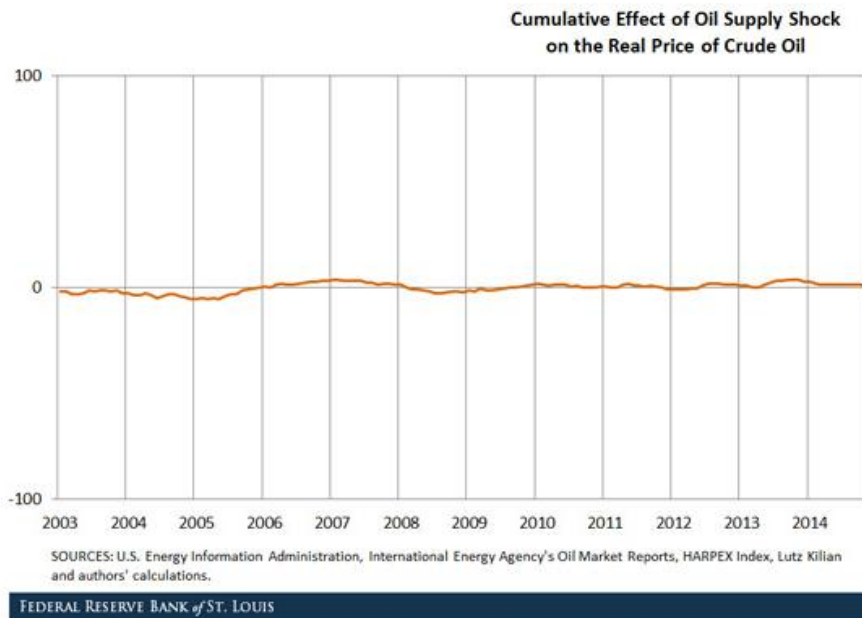


Ilustración 9

Source: Federal Reserve Bank Saint Louis

La figura representa el efecto acumulado de un shock de oferta de petróleo sobre el precio real del crudo. La serie se mantiene prácticamente plana y cercana a cero durante todo el periodo, lo que indica que, en ese ejercicio, las perturbaciones de oferta física tienen una contribución reducida a los grandes movimientos del precio real del petróleo. Este resultado es relevante para este TFG porque conecta directamente con uno de los resultados obtenidos en las funciones impulso-respuesta: la producción de petróleo no parece generar una respuesta clara y persistente del riesgo base. La explicación económica es que el riesgo base no mide el precio del petróleo en sí, sino la diferencia entre el precio spot y el precio futuro. Por tanto, aunque un shock de producción afecte al mercado del crudo, si el spot y el futuro reaccionan de forma similar, el efecto sobre la base puede quedar muy limitado.

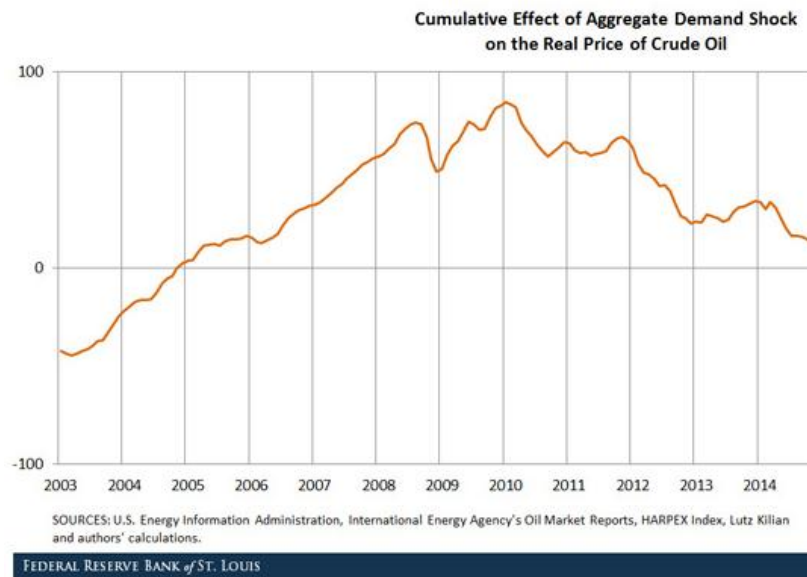


Ilustración 10

Source: Federal Reserve Bank Saint Louis

La segunda figura muestra el efecto acumulado de los shocks de demanda agregada. A diferencia de la oferta, esta contribución aumenta con fuerza entre 2003 y 2008, se mantiene elevada durante los años posteriores y empieza a moderarse a partir de 2012-2014. Esta evolución refleja que los shocks de demanda global tienen capacidad para explicar movimientos importantes del mercado petrolero. Para el riesgo base, este resultado es especialmente importante porque la presión de demanda no afecta únicamente al nivel del precio, sino también a la relación entre el mercado físico y el mercado de futuros. Cuando aumenta la actividad económica mundial, la demanda inmediata de crudo puede elevar el precio spot con más intensidad que el precio futuro, sobre todo si el mercado percibe tensión en la disponibilidad física. En ese caso, el riesgo base, definido como spot menos futuro, tendería a aumentar. Por ello, esta figura justifica que en este trabajo la Producción Mundial Industrial se interprete como uno de los shocks esperados más relevantes.

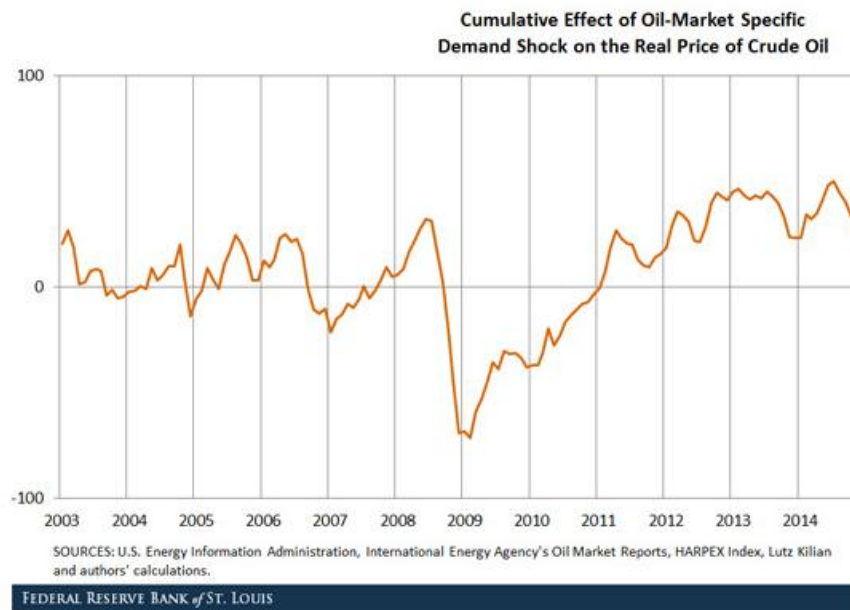


Ilustración 11

Source: Federal Reserve Bank Saint Louis

La tercera figura recoge el efecto de los shocks de demanda específica del mercado petrolero. Esta serie es mucho más volátil que las anteriores y muestra cambios bruscos, especialmente durante la crisis financiera de 2008-2009. Este tipo de shock es especialmente relevante para el riesgo base porque recoge elementos ligados a expectativas, demanda preventiva, inventarios, percepción de escasez futura y comportamiento del mercado de futuros. Es decir, se aproxima más a los mecanismos que pueden alterar la diferencia entre el precio spot y el precio futuro. Mientras que un shock de demanda agregada afecta al petróleo a través del canal de actividad económica mundial, un shock específico del mercado petrolero puede modificar directamente cómo los agentes valoran disponer de crudo hoy frente a disponer de él en el futuro.

A partir de esta referencia, la descomposición histórica del Riesgo base se interpreta agrupando los shocks en los mismos bloques utilizados en las funciones impulso-respuesta. La Producción Mundial Industrial y el dólar recogen los resultados esperados, asociados a demanda global y condiciones financieras internacionales. La producción del petróleo representa el canal de oferta física, aunque se interpreta como resultado curioso porque no parece tener un efecto claro y persistente sobre la base.

Los tipos de interés y los inventarios sirven como validación del modelo. Los primeros afectan a la relación financiera entre el precio spot y el precio futuro, mientras que los inventarios capturan expectativas, almacenamiento y demanda preventiva, en línea con Kilian y Murphy (2014). El riesgo geopolítico se interpreta como resultado secundario, ya que puede afectar a la base por canales distintos e incluso opuestos: riesgo de oferta, incertidumbre macroeconómica, aversión al riesgo o expectativas sobre demanda futura.

Finalmente, las tensiones en cadenas globales de suministro y la incertidumbre climática constituyen la principal contribución del trabajo. Estas variables permiten analizar si el Riesgo base responde a shocks más recientes vinculados a disrupciones logísticas, transición energética e incertidumbre regulatoria. Si estos shocks afectan a la base con retraso, ello sugeriría que el mercado no incorpora de forma inmediata toda la información asociada a estas nuevas fuentes de incertidumbre.

Durante el periodo enero 2006-diciembre 2025, la descomposición histórica permite relacionar el riesgo base con episodios como la crisis financiera global de 2008-2009, la caída del petróleo de 2014-2016, la pandemia de 2020, las tensiones de suministro posteriores y la guerra de Ucrania. Estos episodios no deben entenderse como movimientos causados por un único factor, sino como periodos en los que varios shocks actúan simultáneamente sobre la relación spot-futuro.

En conjunto, la descomposición histórica permite comprobar si la historia sugerida por las IRF se mantiene en la evolución real de la muestra. La idea central es que el riesgo base parece estar más relacionado con demanda, expectativas, inventarios, condiciones financieras y fricciones de ajuste que con shocks puros de producción física.

8. Conclusiones

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado ha sido analizar cómo diferentes tipologías de shocks afectan al riesgo base del petróleo, entendido como la diferencia entre el precio spot y el precio futuro. Para ello, se ha estimado un modelo VAR con datos mensuales entre enero de 2006 y diciembre de 2025, incorporando variables de demanda, oferta, condiciones financieras, inventarios, riesgo geopolítico, tensiones en cadenas globales de suministro e incertidumbre climática.

La principal conclusión del trabajo es que el riesgo base no parece estar determinado únicamente por shocks físicos de producción, sino por una combinación más amplia de demanda, expectativas, inventarios, condiciones financieras y fricciones de ajuste. Este resultado encaja con la literatura de Kilian (2009), que muestra que las fluctuaciones del mercado del petróleo no deben interpretarse de forma homogénea, sino distinguiendo entre shocks de oferta, shocks de demanda agregada y shocks específicos del mercado petrolero.

Dentro de los resultados esperados, la Producción Mundial Industrial aparece como uno de los canales más relevantes. La respuesta positiva inicial del riesgo base ante un shock de demanda sugiere que, cuando aumenta la actividad industrial global, el mercado percibe una mayor presión sobre la disponibilidad física del crudo. En ese contexto, el precio spot puede reaccionar con más fuerza que el precio futuro, elevando la base. Por el contrario, el dólar actúa como un canal financiero y de demanda internacional: una apreciación de la divisa puede encarecer el petróleo para compradores que operan con otras monedas, reducir la demanda efectiva y presionar a la baja el riesgo base.

Uno de los resultados más interesantes es que la producción mundial de petróleo no muestra un efecto claro y persistente sobre el riesgo base. Aunque este resultado puede parecer llamativo, es coherente con la idea de que la base no mide el precio del petróleo en sí, sino la diferencia entre spot y futuro. Por tanto, un shock de producción puede afectar al mercado del crudo, pero si ambos precios reaccionan de forma parecida, el efecto sobre la base será limitado. Esto refuerza la idea de que el riesgo base está más ligado a expectativas, inventarios y condiciones de mercado que a variaciones contemporáneas de producción física.

Desde un punto de vista práctico, estos resultados son especialmente relevantes para los agentes que utilizan contratos de futuros como instrumento de cobertura. Para un hedger, el riesgo base es importante porque una cobertura con futuros no elimina por completo la exposición al precio del petróleo: elimina parte del riesgo asociado al movimiento general del precio, pero no el riesgo de que el precio spot y el precio futuro se separen. En este sentido, los resultados del trabajo muestran que esa separación no depende únicamente de la producción física de petróleo, sino también de demanda global, dólar, inventarios, tipos de interés, cadenas de suministro e incertidumbre climática.

Esto afecta de forma distinta según el tipo de hedger. Un productor de petróleo que vende futuros para cubrir su producción está especialmente expuesto a una reducción inesperada de la base, ya que el precio spot perdería fuerza relativa frente al futuro y la cobertura sería menos favorable. En cambio, una empresa consumidora de petróleo, como una aerolínea o una refinería, que compra futuros para cubrirse frente a subidas del crudo, puede verse perjudicada cuando la base aumenta, porque el spot se encarece relativamente más que el futuro. Por tanto, conocer qué shocks tienden a ampliar o reducir el riesgo base permite ajustar mejor el momento, el vencimiento y la intensidad de la cobertura.

Los resultados también tienen implicaciones para un especulador, aunque deben interpretarse con más cautela. Si determinados shocks afectan al riesgo base con retraso, como ocurre con las tensiones en cadenas globales de suministro, un inversor podría analizar estrategias de spread entre el mercado spot y el mercado de futuros, o entre contratos de distintos vencimientos. Por ejemplo, si un aumento de las tensiones logísticas tiende a elevar la base pasados unos meses, el especulador podría vigilar ese indicador como señal de posible presión futura sobre el spot. Del mismo modo, si un fortalecimiento del dólar o un shock climático se asocian con una caída de la base, podrían utilizarse como señales para esperar un debilitamiento relativo del spot frente al futuro.

No obstante, estas implicaciones no deben entenderse como una regla automática de inversión. El modelo identifica relaciones medias dentro de la muestra, pero en la práctica intervienen costes de transacción, liquidez, márgenes, costes de

almacenamiento, cambios de expectativas y riesgo de modelo. Por ello, la principal utilidad para el especulador no es garantizar una oportunidad de arbitraje, sino ofrecer un marco para interpretar qué shocks pueden estar detrás de los movimientos de la base y cuándo el mercado podría estar ajustando con retraso.

En conjunto, el trabajo muestra que el riesgo base del petróleo es una variable especialmente útil para estudiar la relación entre el mercado físico y el mercado financiero del crudo. Su comportamiento no depende únicamente del nivel del precio del petróleo, sino de cómo reaccionan de forma relativa el spot y el futuro ante distintos shocks. La evidencia obtenida sugiere que los factores de demanda, expectativas, inventarios, condiciones financieras y nuevas fuentes de incertidumbre explican mejor la evolución de la base que los shocks puros de producción física.

9. Referencias

- Baumeister, C., & Hamilton, J. D. (2022). Structural Vector Autoregressions with Imperfect Identifying Information. *AEA Papers and Proceedings*, 112, 466-470.
<https://doi.org/10.1257/pandp.20221044>
- Baumeister, C., & Kilian, L. (2016). Forty Years of Oil Price Fluctuations: Why the Price of Oil May Still Surprise Us. *Journal of Economic Perspectives*, 30(1), 139-160.
<https://doi.org/10.1257/jep.30.1.139>
- Baumeister, C., & Peersman, G. (2013). Time-Varying Effects of Oil Supply Shocks on the US Economy. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 5(4), 1-28.
<https://doi.org/10.1257/mac.5.4.1>
- Hamilton, J. (2009). Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007-08 (No. W15002; p. w15002). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w15002>
- Hamilton, J. D. (2003). What is an oil shock? *Journal of Econometrics*, 113(2), 363-398.
[https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(02\)00207-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(02)00207-5)
- Herrera, A. M., Hu, L., & Pastor, D. (2018). Forecasting crude oil price volatility. *International Journal of Forecasting*, 34(4), 622-635.
<https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2018.04.007>
- Herrera, A. M., Karaki, M. B., & Rangaraju, S. K. (2019). Oil price shocks and U.S. economic activity. *Energy Policy*, 129, 89-99. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.011>
- Herrera, A. M., Lagalo, L. G., & Wada, T. (2015). Asymmetries in the response of economic activity to oil price increases and decreases? *Journal of International Money and Finance*, 50, 108-133. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2014.09.004>
- Keating, J. W. (1996). *Structural information in recursive VAR orderings*. *Journal of Economics and Business*, 48(5), 463-479.

- Kilian, L. (2008a). Exogenous Oil Supply Shocks: How Big Are They and How Much Do They Matter for the U.S. Economy? *Review of Economics and Statistics*, 90(2), 216-240.
<https://doi.org/10.1162/rest.90.2.216>
- Kilian, L. (2008b). The Economic Effects of Energy Price Shocks. *Journal of Economic Literature*, 46(4), 871-909. <https://doi.org/10.1257/jel.46.4.871>
- Kilian, L. (2009). Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market. *American Economic Review*, 99(3), 1053-1069.
<https://doi.org/10.1257/aer.99.3.1053>
- Kilian, L. (2022). Understanding the estimation of oil demand and oil supply elasticities. *Energy Economics*, 107, 105844. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105844>
- Kilian, L., & Murphy, D. P. (2012). WHY AGNOSTIC SIGN RESTRICTIONS ARE NOT ENOUGH: UNDERSTANDING THE DYNAMICS OF OIL MARKET VAR MODELS. *Journal of the European Economic Association*, 10(5), 1166-1188. <https://doi.org/10.1111/j.1542-4774.2012.01080.x>
- Kilian, L., & Murphy, D. P. (2014). THE ROLE OF INVENTORIES AND SPECULATIVE TRADING IN THE GLOBAL MARKET FOR CRUDE OIL. *Journal of Applied Econometrics*, 29(3), 454-478. <https://doi.org/10.1002/jae.2322>
- Alquist, R., & Kilian, L. (2010). What do we learn from the price of crude oil futures? *Journal of Applied Econometrics*, 25(4), 539–573. <https://doi.org/10.1002/jae.1159>
- Baumeister, C. (s. f.). Datasets: Monthly World Industrial Production (WIP) index. Recuperado el 17 de junio de 2026, de <https://sites.google.com/site/cjsbaumeister/datasets>
- Baumeister, C., & Hamilton, J. D. (2019). Structural interpretation of vector autoregressions with incomplete identification: Revisiting the role of oil supply and demand shocks. *American Economic Review*, 109(5), 1873–1910. <https://doi.org/10.1257/aer.20151569>

Board of Governors of the Federal Reserve System (US). (s. f.-a). Nominal Broad U.S. Dollar Index [DTWEXBGS] [Data set]. FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis.

<https://fred.stlouisfed.org/series/DTWEXBGS>

Board of Governors of the Federal Reserve System (US). (s. f.-b). Federal Funds Effective Rate [FEDFUNDS] [Data set]. FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis.

<https://fred.stlouisfed.org/series/FEDFUNDS>

Caldara, D., & Iacoviello, M. (2022). Measuring geopolitical risk. *American Economic Review*, 112(4), 1194–1225. <https://doi.org/10.1257/aer.20191823>

Caldara, D., & Iacoviello, M. (s. f.). Geopolitical Risk Index [Data set].

<https://www.matteoiacoviello.com/gpr.htm>

Economic Policy Uncertainty. (s. f.). Climate Policy Uncertainty Index [Data set]. Recuperado el 17 de junio de 2026, de https://www.policyuncertainty.com/climate_uncertainty.html

Federal Reserve Bank of Atlanta. (s. f.). Wu-Xia Shadow Federal Funds Rate [Data set].

<https://www.atlantafed.org/research-and-data/data/wu-xia-shadow-federal-funds-rate>

Federal Reserve Bank of New York. (s. f.). Global Supply Chain Pressure Index (GSCPI) [Data set].

<https://www.newyorkfed.org/research/policy/gscpi>

Gavrilidis, K. (2021). Measuring climate policy uncertainty. *SSRN Electronic Journal*.

<https://doi.org/10.2139/ssrn.3847388>

Hamilton, J. D. (2009a). Causes and consequences of the oil shock of 2007–08. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2009(1), 215–261. <https://doi.org/10.1353/eca.0.0047>

Hamilton, J. D. (2009b). Understanding crude oil prices. *The Energy Journal*, 30(2), 179–206.

<https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol30-No2-9>

Hamilton, J. D. (2011). Historical oil shocks. NBER Working Paper No. 16790. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w16790>

Stock, J. H., & Watson, M. W. (2001). Vector autoregressions. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 101–115. <https://doi.org/10.1257/jep.15.4.101>

U.S. Energy Information Administration. (s. f.-a). Crude oil including lease condensate production, World, monthly [Data set].

<https://www.eia.gov/international/data/world/petroleum-and-other-liquids/monthly-petroleum-and-other-liquids-production>

U.S. Energy Information Administration. (s. f.-b). U.S. Ending Stocks excluding SPR of Crude Oil (Thousand Barrels) [Data set].

<https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?f=M&n=PET&s=MCESTUS1>

Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa en Trabajos Fin de Grado

ADVERTENCIA: Desde la Universidad consideramos que ChatGPT u otras herramientas similares son herramientas muy útiles en la vida académica, aunque su uso queda siempre bajo la responsabilidad del alumno, puesto que las respuestas que proporciona pueden no ser veraces. En este sentido, NO está permitido su uso en la elaboración del Trabajo fin de Grado para generar código porque estas herramientas no son fiables en esa tarea. Aunque el código funcione, no hay garantías de que metodológicamente sea correcto, y es altamente probable que no lo sea. Por la presente, yo, Carlos Boluda Gómez, estudiante del Doble Grado en Administración y Dirección de Empresas y Análisis de Negocios (E2+Analytics) de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado, “Cómo afectan al riesgo base del petróleo diferentes tipologías de shocks a través de un modelo VAR”, declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

- 1. Brainstorming** de ideas de investigación: Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
- 2. Crítico:** Para encontrar contra-argumentos a una tesis específica que pretendo defender.
- 3. Constructor de plantillas:** Para diseñar formatos específicos para secciones del trabajo.
- 4. Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
- 5. Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
- 6. Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.
- 7. Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y 4 se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: 15 de junio de 2026

Carlos Boluda

ANEXO

Modelo VAR en Matlab

<pre>clear clc close all</pre>	
<pre>%% Input (esto lo debéis rellenar con la información correspondiente) Y = readmatrix("Matrizf_v.5.xlsx"); % Sólo incluir el periodo donde la muestra está completa para todas las % variables p = 12; start_date = 2006 + 1/12; Variable_name = [{'Cambio climático'} {'Riesgo Geopolítico'} {'Presión Supply Chain'} ... {'OPEP'} {'Producción petroleo'} ... {'Tipos de intereses'} {'USD'} {'Inventarios'} ... {'Riesgo Base'}}; Shock_name = [{'Shock climático'} {'Shock Geopolítico'} {'Shock GSCP'}... {'Shock Opep'} {'Shock Producción Crudo'} {'Shock WIP'} {'Shock tipos de intereses'}... {'Shock dólar'} {'Shock Inventarios'} {'Shock Riesgo Base'}};</pre>	<pre>% Definir Y como la serie de datos (mensuales) % Lags del modelo (12 por default o según la literatura que habéis revisado) % Poner año y mes donde empiezan los datos (p.e. Marzo de 1975) % Introducir el nombre de las variables en Y, todas con el mismo formato % Introducir el nombre de los shocks, todos con el mismo formato</pre>
<pre>%% Parámetros del modelo [T,N] = size(Y);</pre>	<pre>% Lee el tamaño de la muestra y número de variables</pre>
<pre>%% Estimación de funciones impulso respuesta mdl = varm(N,p); [EstMdl,~,~,Error] = estimate(mdl,Y); [response,lower,upper] = irf(EstMdl); horizon = 0:size(response,1)-1; for k = 1:N for j = 1:N subplot(N,N,j+N*(k-1)) h = figure('WindowState','maximized'); plot(horizon,response(:,j,k)) hold on plot(horizon,zeros(size(horizon,2),1),'k-') axis tight hold on plot(horizon,lower(:,j,k),'r--') hold on plot(horizon,upper(:,j,k),'r--') ylabel(Variable_name{1,k}) title(Shock_name{1,j}) axis tight filename = [Variable_name{1,k} '_' Shock_name{1,j} '.png']; saveas(h,filename) end end</pre>	<pre>% Definir modelo % Estimar modelo % Estimar funciones impulso respuesta del modelo % Definir el horizonte de las IRF % Plotear la respuesta media % Plotear la línea de zeros % Plotear el intervalo de confianza inferior % Plotear el intervalo de confianza superior % Colocar el nombre de la variable de respuesta % Colocar el nombre del shock</pre>
<pre>%% Historical Decomposition B0 = chol(EstMdl.Covariance); shocks = Error*inv(B0); sample = size(shocks,1)-size(horizon,2); Historical_Decomp = nan(sample,N,N); for k = 1:N for t = 1:sample Historical_Decomp(t,:,k) = sum(response(:, :,k) .*... flipud(shocks(t:t+size(horizon,2)-1,:))); end end DATES = start_date:1/12:start_date+T/12-1/12; DATES = DATES(end-size(Historical_Decomp,1)+1:end); for k = 1:N h = figure('WindowState','maximized'); area(DATES,Historical_Decomp(:, :,k)) legend(Shock_name) title(['Historical Decomposition of ' Variable_name{1,k}]) axis tight filename = ['HD_' Variable_name{1,k} '.png']; saveas (h,filename) end</pre>	<pre>% Estimar la matriz de respuesta instantánea % Estimar los shocks históricos % Definir el sample que nos queda % Matriz vacía para estimar las historical decompositions % Estimación de la historical decompositions % Vector de fechas de los datos % Eliminar fechas donde perdemos observaciones</pre>