



¿LOS PRECIOS FIJADOS POR EL SECTOR ENERGÉTICO AFECTAN EL NIVEL
DE ACTIVIDAD ECONÓMICA DEL PAÍS?

AUTORES:

ANDRES FELIPE SERRANO MONTENEGRO

KEVIN FABIAN DELGADO PULIDO,

DIRECTOR DEL PROYECTO:

JAIME ANDRES CARABALÍ MOSQUERA / JULIO CÉSAR ALONSO CIFUENTES

UNIVERSIDAD ICESI

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONÓMICAS

PROGRAMA DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS INTERNACIONALES

SANTIAGO DE CALI, VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

2020

Agradecimientos.

A nuestros padres y Madres que nos dieron la vida y tejieron un saber integral. A los Profesores que robustamente aportaron a nuestro conocimiento y entendimiento académico, a la universidad Icesi quien nos brindó la oportunidad de seguir adelante en el constructo del saber. A Jaime Andres Carabali nuestro respetado Tutor y maestro quien nos aportó lo mejor de su valioso capital humano, al también respetado Profesor Julio Cesar Alonso Cifuentes, en general a la facultad de ciencias Administrativas y Económicas de la universidad Icesi. Finalmente, a Dios quien en medio de situaciones y crisis bastante profundas nos brindó la capacidad de seguir adelante.

Summary

The analysis of spot energy prices in the Colombian market is largely related to the economic activity cycle of the countries. The objective of this research has been to find the causal relation between energy prices of energy sector and the level of economic activity of Colombia. We are using the methodology of the Autoregressive Vectors (VAR). We founded that it is not possible to find a two-way relationship between the price and the Economic Monitoring Indicator (ISE) in its acronym in Spanish. In the Colombian case, an internal effect of the energy market is reflected in the price for eight months. But the opposite situation, when occur the exogen event to economic activity is expected to continue for more than 25 months. When we analyze de relation between price spot and economic activity, we discovered that it is not significant, its result is so small that it done mean anything in the level of economic activity. However, an event in ISE would cause an effect of more than 25 months on energy prices. This is can occur because energy is an inelastic good, so in spite of the prices it will always be paid for.

Key words: Economic cycle, energy, VAR dynamic model, Energy demand, level of economic activity, energy prices, Colombian Economy.

Resumen:

El análisis de los precios Spot en el mercado energético están ampliamente relacionados con el ciclo de la actividad económica de los países. El objetivo de esta investigación es encontrar la relación de causalidad entre los precios fijados por el sector energético y el nivel actividad económica de Colombia. Empleando la metodología de los Vectores Autorregresivos VAR, se descubrió que no es posible hallar una relación en doble vía entre el precio y el Indicador de Seguimiento a la Economía (ISE). En el caso colombiano, un efecto interno del mercado energético se refleja en el precio durante ocho meses. Por otro lado, una coyuntura en la actividad económica se espera que dure más de 25 meses. Cuando se analiza el impulso en el tiempo del precio en la actividad económica, no es significativo, es decir su resultado es tan pequeño que no significaba nada en el nivel de actividad económica. Sin embargo, un evento en ISE si causara un efecto de más de 25 meses en los precios de la energía. Esto se debe a que la energía es un bien inelástico, por lo que a pesar de los precios siempre se pagará por él.

Palabras clave: Ciclo económico, energía, Modelo dinámico VAR, Demanda de energía, nivel de actividad económica, precios de la energía, Economía Colombiana.

Contenido

<i>Agradecimientos.</i>	<i>ii</i>
<i>Summary</i>	<i>iii</i>
<i>Resumen:</i>	<i>iv</i>
Contenido	v
<i>Índice de gráficas</i>	<i>vi</i>
<i>Índice de tabla</i>	<i>vii</i>
Capítulo I: Introducción	1
Capítulo II: Marco Teórico	3
Capítulo III: Metodología	8
<i>3.1 Datos.</i>	<i>9</i>
3.1.1 Análisis de series de tiempo	13
<i>3.2 Estrategia empírica: Modelo VAR</i>	<i>16</i>
3.2.1 Causalidad en el sentido de GRANGER	17
3.2.2 Análisis de impulso respuesta.	18
Capítulo IV: Resultados (efecto y análisis).	20
<i>4.1 Estimación del modelo VAR.</i>	<i>21</i>
<i>4.2 Causalidad de Granger</i>	<i>22</i>
<i>4.3 Impulso respuesta.</i>	<i>23</i>

4.4 Efecto a largo plazo.	27
Capítulo V: Conclusiones	28
Bibliografía:	31

Índice de gráficas

<i>Gráfica 1: serie de tiempo precio energía. Elaboración propia</i>	10
<i>Gráfica 2: series de tiempo ISE. Elaboración propia.</i>	11
<i>Gráfica 3: Histograma precio Spot Energía. Elaboración propia.</i>	12
<i>Gráfica 4: Histograma precio Spot Energía. Elaboración propia.</i>	12
<i>Gráfica 5: Logaritmo natural Precio Spot de la Energía. Elaboración propia.</i>	13
<i>Gráfica 6: descomposición serie de tiempo ISE. Elaboración propia.</i>	14
<i>Gráfica 7. Impulso respuesta precio spot vs precio spot. Elaboración propia.</i>	24
<i>Gráfica 8. Impulso respuesta ISE vs ISE.</i>	25
<i>Gráfica 9. Impulso respuesta precio spot vs ISE.</i>	26
<i>Gráfica 10. Impulso respuesta ISE vs precio spot.</i>	27

Índice de tabla

<i>Tabla 1: Estadísticas descriptivas. Elaboración propia.</i>	12
<i>Tabla 2: Prueba 1 de cointegración de Phillips y Outliers</i>	15
<i>Tabla 3: Estimación del modelo VAR.</i>	21
<i>Tabla 4: Causalidad de Granger en sentido precio spot - ISE. Elaboración propia.</i>	22
<i>Tabla 5: Causalidad de Granger en el sentido ISE- Precio Spot. Elaboración propia.</i>	23
<i>Tabla 6. Regresión de largo plazo. Elaboración propia.</i>	28

Capítulo I: Introducción

El sector energético es la principal fuente de productividad de cualquier país. Para el caso particular de Colombia, el crecimiento de la economía nacional se ha caracterizado por tener ciertos detonantes, dado que es una economía especializada y no muy diversificada. Además, la economía colombiana depende de los hidrocarburos, minería y del sector agropecuario. Precisamente este trabajo está encaminado a describir a profundidad cuál es el efecto de los precios fijados por este sector en el crecimiento económico del país.

A modo de contextualización, en Colombia se consumen más de 1.159 kWh por persona al año (Chiquiza, 2019). El sector eléctrico en el país aporta aproximadamente 13.4% del PIB (Revista Dinero, 2015) y se caracteriza por la poca competitividad en el mercado mayorista de energía, así como por los precios altos comparado con otros países. Esto último se da gracias a la reducción de las cantidades ofertadas, por falta de estandarización de contratos, por sensibilidades a fenómenos climáticos, entre otros.

Dentro de la estructura del mercado energético colombiano interactúan varios agentes económicos, públicos y privados que garantizan un escenario de competencia monopolística que se conectan al mercado mayorista y minorista. Así mismo, la reguladora XM se encarga de las operaciones y la administración del mercado, la cual tiene una entidad en cada área importante en el proceso como el Centro Nacional de Despacho (CND), la administración del sistema de intercambios comerciales y administración de cuentas de cargos del uso de la red (SNI-LAC). La

función de la reguladora principal es operar el sistema interconectado nacional a través del CND y administrar el mercado Energético Mayorista (MEM), las transacciones internacionales a corto plazo con Ecuador y coordinar las operaciones interconectadas con el sistema eléctrico venezolano (XM,2020).

Para el año 2019, la economía colombiana presentó un crecimiento del 2,9%, un aumento en cuanto al año anterior. Si bien el consumo y la demanda energética son dos grandes determinantes de la actividad económica, estos tuvieron una disminución significativa dado el nivel de confianza de los consumidores. En consecuencia, el Indicador de Seguimiento a la Economía (ISE) reporta que en el primer trimestre del 2019 la media del desempeño relativo por actividad económica presentó una disminución por debajo del promedio histórico en actividades como la construcción, la agricultura, la ganadería, la caza, la silvicultura y la pesca. Por otro lado, la actividad de suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado representó un desempeño entre cero y el promedio histórico del ISE para la apertura del segundo trimestre del 2019, es decir que este desempeño fue proporcionalmente menor al que venía presentando el promedio histórico para el primer trimestre del año.

A partir de esto surgen preguntas de si la economía colombiana depende del sector energético, en cierto sentido, porque la matriz productiva del país es energético dependiente. Por ello, es vital encontrar métodos que permitan predecir el efecto de los precios de la energía en la actividad económica del país. Para descubrir si la oferta puede afectar la demanda de energía. Se debe mencionar que existen estudios similares, los cuales se han hecho a partir de los precios del petróleo, la deuda externa, el sistema financiero, las exportaciones e importaciones, pero no desde el

sector energético y sus propios determinantes. Así que, lo dicho en este documento permitirá avanzar en los estudios empíricos de la relación energía- economía de la economía.

Para lograr esto es necesario implementar un modelo econométrico que permita estimar un modelo a partir de los datos históricos mensuales de los precios de la energía en Colombia y los datos del nivel de actividad económica presentados por el país hasta diciembre del 2019. Con estos datos obtenidos de XM y del DANE, serán tratados como series de tiempo y se implementará un modelo econométrico dinámico tipo VAR (Enders, 2015). La razón de usar este tipo de modelo dinámico es que se requiere captar las relaciones dinámicas que existen entre las series de los precios de la energía y el nivel de actividad económica del país. Cabe aclarar que asumimos que las dos series tienen dependencia bidireccional y que son estacionarias. Pero con este modelo dinámico no solo buscamos encontrar una relación entre ellas sino descubrir cuál es la dependencia entre estas (como los precios de hace un año influyen en el nivel de actividad económica de hoy y viceversa).

Capítulo II: Marco Teórico

Durante el recorrido por los distintos textos es evidente el amplio estudio con el que se cuenta para entender la forma en que la sociedad utiliza la energía, bajo que mecanismo redistribuyen estos recursos y que repercusión tienen sobre los ciclos económicos de las naciones. Antes de examinar las vastas ideas acerca del efecto sobre la producción doméstica, el flujo de inversiones y los patrones de consumo en el hogar de incrementos en el precio de la energía, es

pertinente analizar los mecanismos de transmisión que ocurren ya sea en la producción de las firmas o el consumo de los hogares.

Si bien desde siglo pasado ya se discutían resultados empíricos de los precios de energía sobre la actividad económica norteamericana basa en la competencia imperfecta del mercado (Rotemberg & Woodford, 1996), es hasta inicios del siglo XXI que *Mary Finn* responde a los efectos mencionados desde el supuesto de competencia perfecta mejorando y ampliando la explicación de la idea de choques tecnológicos adversos que solo había tenido éxito desde una perspectiva de competencia imperfecta. En este modelo teórico lo esencial que es la energía para el uso del capital en la producción de las firmas, teniendo en cuenta una determinación endógena de los precios que posteriormente mide sus efectos en los ciclos económicos (Finn, 2000).

Otro estudio relacionado con los dos artículos anteriores es el artículo: “*Productivity, energy prices and the great moderation: A new link*”, esta investigación empírica pretende estudiar el vínculo entre los precios de la energía y la productividad total de los factores y sus efectos en lo que el autor cataloga como la Gran Moderación, que en realidad quiere decir reducción de la volatilidad en el ciclo económico. Tiene relación con los anteriores debido a que muestra un elemento de transmisión desde el precio a la volatilidad del ciclo (Dhawan, Jeske & Silos, 2008). El método utilizado para llevar a cabo este estudio es un modelo de Equilibrio General Dinámico y Estocástico (DSGE) similar al propuesto por Kim and Loungani en 1992; cabe destacar que este modelo permite explicar y modelar los ciclos económicos a través de un conjunto de actores y ecuaciones de comportamiento y los hechos macroeconómicos observados. En este caso el modelo integra como variables principales las horas trabajadas, inversión, la producción y consumo, los cuales tienen su

respectiva función de comportamiento; el modelo cierra con dos shocks estocásticos: el del precio de la energía y del factor total de la productividad. Los resultados obtenidos de la aplicación del modelo DSGE arrojaron que la volatilidad de los datos se redujo de forma generalizada dado un aumento en la producción de energía, en aproximadamente un 55% para la producción y el consumo, un 47% para la inversión y un 36% para las horas trabajadas (Dhawan; Jeske; Silos, 2010). Cabe destacar que uno de los supuestos del modelo es que no existen inventarios. Los precios de la energía y el factor total de la productividad (TFP) no han sido ortogonales antes de 1982. Por el contrario, los dos procesos estocásticos han sido casi independientes desde entonces (Dhawan; Jeske; Silos, 2010). Este artículo, es de vital importancia para nuestra investigación puesto que es una opción que nos permitiría concluir e interrelacionar, a partir de los parámetros de nuestra investigación.

El anterior autor se basa en el estudio de *Huynh* el cual se refiere al estudio del nivel de afectación por parte de perturbaciones en el precio energético sobre los patrones de consumo de los hogares, Modela explícitamente el consumo de bienes duraderos y no durables en la función de utilidad del hogar. En síntesis, el consumo de los hogares es representado por una función CES que depende de los bienes durables y no durables, el problema de los hogares representativos es maximizar la utilidad del tiempo de vida esperado que está en función de la suma Inter temporal del consumo y las horas de ocio sujeto a la restricción presupuestaria de la suma de los ingresos laborales y los rendimientos u obligaciones de capital, que es igual a la suma de lo que paga por los bienes durables, no durables, inversión en durables y en capital (Huynh, 2015). Los resultados de su modelo empírico muestran que las perturbaciones de los precios de la energía afectan más al sector de bienes no dependientes de la energía por el lado de la oferta, mientras que el impacto es

relativamente más fuerte por el lado de la demanda del sector de bienes dependientes de la energía (Huynh, 2015).

Otro estudio que asimila los precios de la energía y la macroeconomía es el estudio que hicieron *Rajeev Dhawan* y *Karsten Jeske*; el estudio crea un modelo donde hay una distinción entre la inversión del consumidor, los bienes duraderos y bienes de capital, así como el uso de energía por parte de los hogares y las empresas, con el fin de evaluar la importancia de las crisis de los precios de la energía para las fluctuaciones de la producción (GDP). En comparación con el anterior autor, este concluye que las crisis de los precios de la energía no son un gran factor de las fluctuaciones del ciclo económico, incluso si se incorporan tres categorías distintas de consumo: bienes duraderos, no duraderos y energía. Las crisis energéticas causan una interrupción de la inversión en bienes duraderos, pero al mismo tiempo la interrupción de la inversión en bienes fijos la inversión de capital es menor que en una economía del tipo de Kim y Loungani, que sólo tiene un margen de ajuste, el capital fijo. lo que quiere decir que los hogares en el modelo de *Rajeev* y *Karsten* pueden amortiguar la caída de la producción y la oferta y demanda de la energía no será relevante en el consumo de otro tipo de bienes, debido a sus elasticidades (*Rajeev & Karsten, 2006*).

Ilhan Ozturk; Alper Aslan; Huseyin Kalyoncu (2010), con su estudio de relación entre esos dos, buscan hacer un modelo con datos de 51 países, y ver los efectos que se tienen en países de ingresos bajos, medios y altos, con un cambio en el consumo de energía. Ellos usan un modelo de cointegración y dos funciones, una de la producción y otra del consumo de energía, se implementa el modelo por MCO, y se concluye que existe una cointegración entre el crecimiento del PIB y el consumo de energía, y se presenta en los tres grupos de países que se estudian en esta investigación. Los países de ingresos bajos revelan que la causalidad va desde el crecimiento del PIB hasta el consumo energético, es decir que en los países de bajos ingresos, el detonante está en el crecimiento

y esto provoca aumentos en el consumo de energía. Por otro lado, en países de ingresos medios y medio-altos, la causalidad es bidireccional. Esto significa que el consumo de energía conduce positivamente al crecimiento, sugiere que el beneficio del uso de la energía es mayor que el costo externo del uso de la energía y el crecimiento de la economía trae consigo un aumento del consumo de energía, una externalidad en el uso de la energía hará retroceder el crecimiento económico (Ilhan Ozturk, Alper Aslan, Huseyin Kalyoncu, 2010).

Por último, un estudio aterrizado a nuestro país y el cual es un estudio modelo para esta investigación analiza las elasticidades de demanda de la energía eléctrica para uso doméstico e industrial en Colombia (2000-2011), mediante las estimaciones de ecuaciones de demanda por MCO (mínimos cuadrados ordinarios). Asimismo, se estiman impactos en variables macroeconómicas que generarían variaciones en el precio de la energía eléctrica, mediante un modelo de Vectores Auto Regresivos Frecuentista VARX y un VARXB Bayesiano, utilizando la metodología apriorística (Sims y Zha, 1998). Para estimar las diferentes elasticidades, se plantea una ecuación de demanda de la energía doméstica a nivel nacional, incluyendo entre sus variables explicativas factores que influyen en el comportamiento de la demanda, tales como: Incremento del número de usuarios; aumento del ingreso real por familia; cambios en el precio real del bien energético en cuestión (electricidad para este caso), y cambios en el precio de bienes sustitutos. Este estudio es relevante porque es el único que emplea un modelo VARX para analizar los precios de la energía y variables macroeconómicas en Colombia, así que este es un modelo a seguir para lograr llegar a un modelo que garantice conclusiones relevantes y dinámicas en el contexto colombiano.

Por otro lado, para entender las fuerzas que en este se ejercen entre sí, los choques de los precios de energía. El modelo de Killian (2008) demuestra que no existe suficiente evidencia

estadística para rechazar la hipótesis nula de simetría en los choques de precios de energía. Bajo esta concepción se usa un vector autorregresivo (VARs) para realizar la estimación del efecto dinámico de un cambio del precio de la energía. El autor se centra en la linealidad del componente impredecible del incremento dentro en el precio del petróleo. Las aproximaciones trabajan mejor con datos trimestrales y también utiliza el mismo marco de modelo para medir la elasticidad precio de energía de la demanda de energía (Kilian, 2008). *Kilian* discute los canales más prominentes de transmisión. También adhiere la cuestión de si hay una asimetría en los incrementos del precio de la energía y los decrecimientos del precio de la energía. Hace una relación entre los precios del crudo de petróleo y la política monetaria (Edelstein & Kilian, 2007). Con esto podemos darnos cuenta cómo funcionan las metodologías implementadas en estudios de igual naturaleza.

Con la teoría ya dicha, se plantea una metodología conjunta, de las investigaciones teóricas y empíricas dicha en los párrafos anteriores, con el fin de encontrar un modelo funcional que nos permita analizar en el tiempo la reacción del nivel de actividad económica a los cambios en los precios de la energía en Colombia, estas ponencias también nos servirán para tener un lineamiento para hacer un correcto análisis, comparando los resultados con la evidencia empírica dicha en este marco teórico.

Capítulo III: Metodología

La estrategia empírica que se implementara es la de vectores autorregresivos (VAR), este es comúnmente utilizado cuando queremos descubrir el accionar de un grupo de variables, entre sí. Un modelo dinámico tipo VAR es un modelo de ecuaciones del mismo orden formado por un

sistema de ecuaciones no restringido. Los modelos VAR al utilizar más información puede servir para mejorar la predicción frente a los modelos de series de tiempo, para arrojar estimaciones en contextos multivariados.

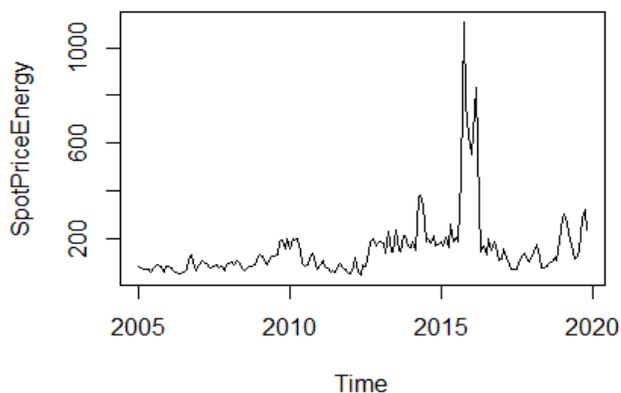
Estos modelos fueron introducidos por Sims en 1980 con el fin de tener una aproximación empírica alternativa cuando los modelos teóricos son en parte insuficientes o pueden ser igualmente consistentes con la aplicación. Para capturar la dinámica de las variables se incluyen los rezagos necesarios, si bien pueden existir diferencias en las aproximaciones a la teoría, cuando agregamos las variables exógenas y endógenas que se creen interactúan, con ello los vectores autorregresivos dentro un sistema multivariado permite analizar de manera flexible las series de tiempo y estimar impactos aleatorios que se generan a través del tiempo.

3.1 Datos.

La información utilizada para esta investigación fue tomada de los datos históricos de la organización reguladora de energía XM y del DANE. En esta ocasión se recoge una muestra desde enero del 2005 hasta noviembre del 2019, con 179 observaciones para cada variable cuantitativa, donde cada variable tiene una periodicidad mensual. Los precios fijados por el sector energético están dados en \$/KWh, este está sujeto a dos componentes, uno fijo y otro variable, el cual según resolución de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), está definido como \$/factura (componente fijo) para el mercado minorista regulado¹ y en su parte variable los factores relacionados con generación, transmisión, distribución, comercialización, pérdidas y restricciones (CREG, 2007).

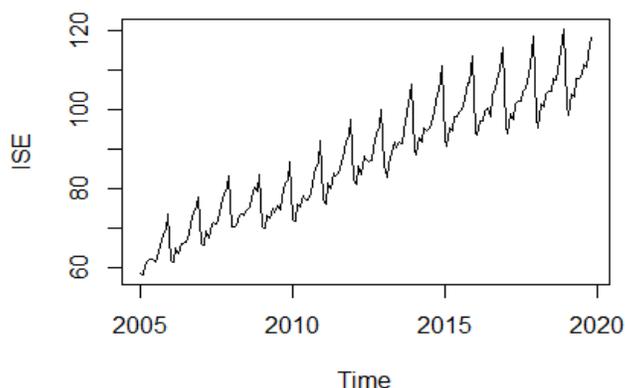
¹ La resolución 119 de la CREG de 2007 aprueba a los Comercializadores Minoristas de electricidad de establecer los costos de prestación del servicio de energía a los usuarios regulados en el Sistema Interconectado Nacional.

Gráfica 1: serie de tiempo precio energía. Elaboración propia



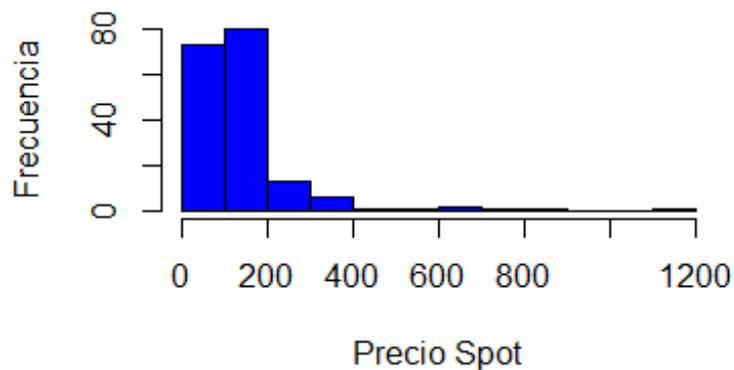
El índice de seguimiento a la economía (ISE) es un constructo que combina un conjunto heterogéneo de indicadores estadísticamente significativos de manera sectorial, “Al ISE se le pueden señalar algunas características importantes como indicador dinámico, de agregación, coyuntural y como indicador de volumen” (DANE, 2016). Esta estimación mensual, se realiza mediante el uso de un conjunto de indicadores sectoriales o se construye a partir de estimaciones estadísticas para actividades que carecen de información mensual confiable. “Son 111 indicadores que le dan seguimiento al comportamiento de nueve actividades económicas agregadas de la economía y que componen el Producto Interno Bruto (PIB). Estos indicadores son ponderados de acuerdo con la participación porcentual del sector en el valor agregado generado en la economía” (DANE, 2016).

Gráfica 2: series de tiempo ISE. Elaboración propia.



En cuanto a la estadística descriptiva de nuestros datos, (véase tabla.1) podemos observar que la energía en Colombia para el periodo de estudio tuvo un precio mínimo de 46.86 y un techo de 1106 COP\$/KWh, sin embargo, su distribución localiza los precios en su mayoría entre 46.86 y 200 (Gráfica 3), con una media muestral de 118 COP\$/KWh. Por otro lado, las estadísticas descriptivas para el ISE ubican el índice en un rango de 58 a 120, donde la mayoría de los datos de índice se ubican entre 70 y 10, con una media de 87,7. Más que sus estadísticas básicas, resulta interesante observar el comportamiento de cada una de las variables presentadas. El ISE y el precio spot de la energía presentan un comportamiento no estacionario, es decir, tienen su media, varianza y covarianza no constante en el tiempo, (observe gráfica 1 y gráfica 2). Estas series las analizaremos más detenidamente en la sección 3.1.1, pues es necesario descubrir la naturaleza de ambas series de tiempo y si existe una relación entre sí, debido a que su comportamiento nos sugiere que puede presentarse una correlación espuria entre los datos.

Gráfica 3: Histograma precio Spot Energía. Elaboración propia.



Gráfica 4: Histograma precio Spot Energía. Elaboración propia.

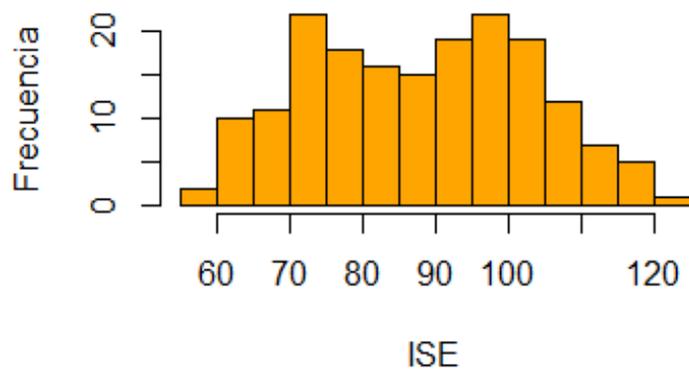


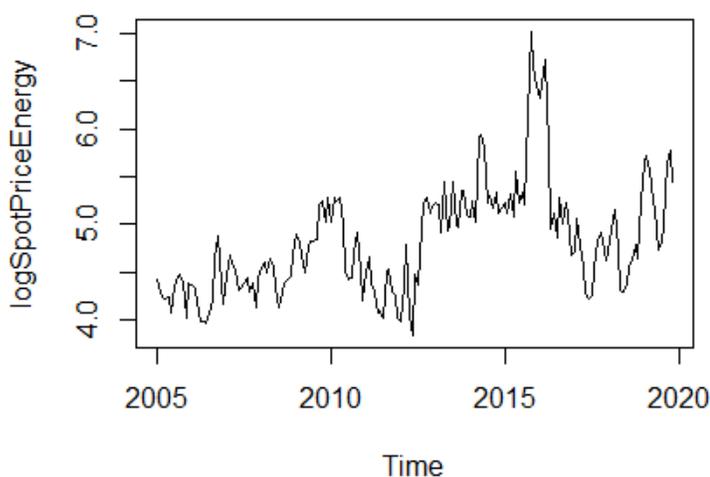
Tabla 1: Estadísticas descriptivas. Elaboración propia.

spot	ise
Min. : 46.86	Min. : 58.50
1st Qu.: 80.35	1st Qu.: 75.01
Median : 118.08	Median : 87.87
Mean : 153.16	Mean : 87.87
3rd Qu.: 180.76	3rd Qu.: 99.90
Max. : 1106.62	Max. : 120.39

3.1.1 Análisis de series de tiempo

Para hacer un análisis más profundo de los datos del precio de la energía se debe tener en cuenta que intervienen distintos factores que hacen del precio muy volátiles, pues se caracteriza por comportamientos bruscos en periodos cortos, asimetría en su distribución (véase gráfica 3) y no cumple con los supuestos de estacionariedad siendo necesario cubrir su heterocedasticidad (Vanstrahlengs, Otero y Lombana, 2017). Para ello se aplica el logaritmo natural dentro la serie, demostrando un comportamiento desestacionalizado, que corrija los posibles problemas econométricos (véase gráfica 4).

Gráfica 5: Logaritmo natural Precio Spot de la Energía. Elaboración propia.

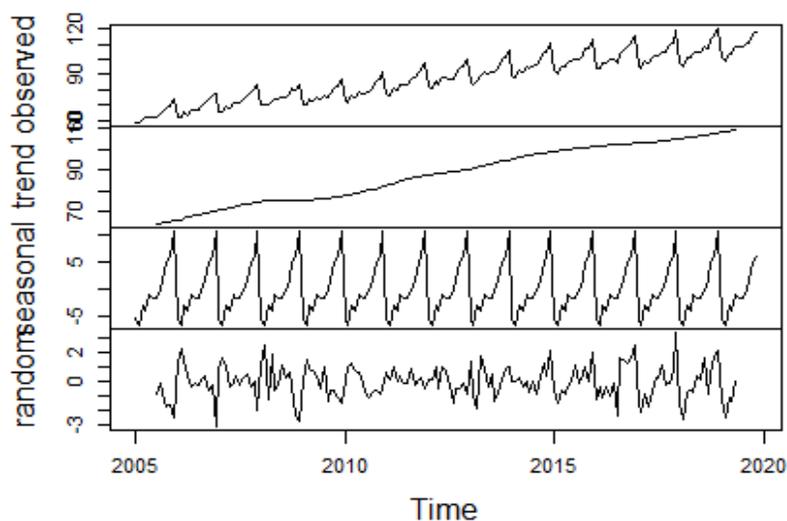


Por otro lado, para el análisis del indicador de seguimiento de la economía, se emplea el modelo aditivo (Vanstrahlengs, Otero, & Lombana, 2017)² para describir su comportamiento, pues se busca desagregar la serie en sus tres componentes principales: la tendencia, el ciclo y la

² Este es un modelo de datos donde se pueden observar los efectos de cada factor individual, por ejemplo desagrega la parte tendencial, la parte cíclica y paramétrica de los datos y los agrega.

parte aleatoria (gráfica 5). En concreto, el comportamiento del ISE cambia por el componente aleatorio de la serie, el cual explica que el crecimiento de cada ciclo histórico del índice; puede responder también al crecimiento del país y a los hechos coyunturales que afectan el desarrollo económico. Esto es claro porque desde el 2005 ha venido presentando un incremento poco restringido de la actividad económica, algo que no debería sorprendernos pues en teoría la economía crece constantemente, sin embargo, este crecimiento se vio afectado entre los años 2008 y 2010 donde el crecimiento del ciclo económico doméstico se desacelera y para el 2009 muestra un movimiento brusco a la baja, reportando incluso periodos de recesión de la actividad económica.

Gráfica 6: descomposición serie de tiempo ISE. Elaboración propia.



Descrita la naturaleza de las series, es necesario verificar la relación entre ambas, dado que, para efectos de este estudio es necesario, encontrar si las variables están cointegradas³. Dicho de otro modo, se busca encontrar si en el largo plazo las variables podrían estar relacionadas o si presentan una relación espuria; es decir, que su relación es falsa o de casualidad, porque de esto dependerá el encontrar el efecto deseado en nuestro modelo. Para encontrar si nuestras variables están cointegradas, hacemos la prueba de Phillips y Ouliaris (Tabla 2) en la cual se hacen dos pruebas de hipótesis; la prueba se plantea una hipótesis nula de: las variables no están cointegradas, y una alternativa de estar cointegradas. Los resultados muestran que la hipótesis nula se rechaza con un nivel de confianza del 99%, en la primera prueba, sin embargo, en la segunda se rechaza para un nivel de confianza del 90%, en conclusión, nuestras series están cointegradas, por lo que existe una relación de equilibrio a largo plazo entre el precio spot de la energía y el nivel de actividad económica del país.

Tabla 2: Prueba 1 de cointegración de Phillips y Ouliaris

Test de Cointegración		
Variable	Po Pu	Po Pz
T-Estático	49,1203	51,2512
Signif.	0.0 '***'	0.001 '***'
		0.05 '**'

Confirmada la relación y la naturaleza de nuestras series de tiempo, es pertinente poder seguir en el desarrollo de un modelo autorregresivo VAR, hay que tener en cuenta que para lograr un modelo exitoso, el modelo debe presentar simultaneidad, y sus términos de error estar correlacionados, porque su estimación por MCO sería inconsistente. Esto es de suma importancia

³ Entiéndase cointegración entre variables como el efecto entre cada una que se conserva a lo largo del tiempo.

porque si no el modelo autorregresivo no tendría sentido, dado que el modelo es útil sólo cuando existe sincronía entre las variables, y que su relación se preserva a lo largo del tiempo. De hecho, el principal objetivo de realizar los modelos VAR es el inconveniente de identificar variables exógenas significativas de una variable. De acuerdo con lo anterior, el modelo a estima va alineado con la estrategia empírica, la cual se basa en estadística y no en teoría económica para poder describir ampliamente el objeto causal entre el precio de la energía y el nivel de actividad económica.

3.2 Estrategia empírica: Modelo VAR

En este documento se utiliza un modelo de vectores autorregresivos para caracterizar la relación entre las variables de interés. Tal como se evidenció en la introducción y revisión de la literatura, este tipo de modelos son los más utilizados para abordar el objeto de estudio de esta investigación. De hecho, muchos autores arguyen que esta herramienta es capaz de resumir satisfactoriamente las relaciones empíricas en los datos. De modo que, se espera que el modelo VAR estimado aproxime lo suficientemente bien el proceso generador de datos del cual se desprende, la interacción dinámica entre el precio Spot y el ISE de la economía colombiana. Por simplicidad se asume que el modelo VAR es de orden 1:

$$y_t = \beta_{11} + \beta_{12}y_{t-1} + \beta_{13}x_{t-1} + \epsilon_{1t}$$

$$x_t = \beta_{21} + \beta_{22}y_{t-1} + \beta_{23}x_{t-1} + \epsilon_{2t}$$

y_t representa el ISE y x_t el precio spot. ϵ_{1t} y ϵ_{2t} son los errores del sistema, los cuales son ruido blanco (tienen media cero, varianza constante y no están autocorrelacionados) y están correlacionados:

$$E[\epsilon_{1t} \ \epsilon_{2t}] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$var[\epsilon_{1t} \ \epsilon_{2t}] = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22}^2 \end{bmatrix}$$

$$E_t([\epsilon_{1t} \ \epsilon_{2t}][\epsilon_{1t-1} \ \epsilon_{2t-1}]') = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Para la estimación de este sistema, se aplica MCO a cada ecuación.

3.2.1 Causalidad en el sentido de GRANGER

Una variable causa en el sentido de Granger a otra cuando tiene poder predictivo sobre la misma. Entre otras cosas, esto implica que, si x_t causa en el sentido de Granger a y_t , entonces, cuando x_t aumenta, se espera que y_t también varíe (aumente o disminuya según el sentido de la relación) en un futuro cercano. Tomando como ejemplo la primera ecuación del sistema en forma reducida.

$$y_t = \beta_{10}^* + \beta_{12}^* y_{t-1} + \beta_{13}^* x_{t-1} + \epsilon_{1t}^*$$

x causa en el sentido de Granger a y , si el coeficiente β_{13}^* es estadísticamente diferente de 0. Esto quiere decir que, después de controlar por la propia historia de y_t (y_{t-1}), la historia de x_t (x_{t-1}) influye (o al menos sirve para predecir) los valores futuros de y . La explicación es idéntica en el caso de que y cause en el sentido de Granger a x , es decir, la causalidad en el sentido contrario. Todo esto implica que, para contrastar si x causa a y o viceversa, se debe verificar la significancia estadística de los coeficientes β_{13}^* y β_{22}^* .

3.2.2 Análisis de impulso respuesta.

El análisis de impulso respuesta describe la forma en que reacciona una variable, a través del tiempo, ante un choque inesperado en otra o en ella misma. El impulso-respuesta se obtiene al expresar el sistema en forma de media móvil.

$$\begin{bmatrix} y_t \\ x_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{10}^* \\ \beta_{20}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ x_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t}^* \\ \epsilon_{2t}^* \end{bmatrix}$$

rezagando el modelo a un periodo.

$$\begin{bmatrix} y_{t-1} \\ x_{t-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{10}^* \\ \beta_{20}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-2} \\ x_{t-2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t-1}^* \\ \epsilon_{2t-1}^* \end{bmatrix}$$

incluyendo esto en el sistema original

$$\begin{bmatrix} y_t \\ x_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{10}^* \\ \beta_{20}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{10}^* \\ \beta_{20}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix}^2 \begin{bmatrix} y_{t-2} \\ x_{t-2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{1t-1}^* \\ \epsilon_{2t-1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t}^* \\ \epsilon_{2t}^* \end{bmatrix}$$

Ahora, sustituyendo el valor del segundo rezago $\begin{bmatrix} y_{t-2} \\ x_{t-2} \end{bmatrix}$.

$$\begin{bmatrix} y_{t-2} \\ x_{t-2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{10}^* \\ \beta_{20}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-3} \\ x_{t-3} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t-2}^* \\ \epsilon_{2t-2}^* \end{bmatrix}$$

se obtiene que

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} y_t \\ x_t \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \beta_{10}^* \\ \beta_{20}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{10}^* \\ \beta_{20}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix}^2 \left(\begin{bmatrix} \beta_{10}^* \\ \beta_{20}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-3} \\ x_{t-3} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t-2}^* \\ \epsilon_{2t-2}^* \end{bmatrix} \right) \\ &+ \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{1t-1}^* \\ \epsilon_{2t-1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t}^* \\ \epsilon_{2t}^* \end{bmatrix} \end{aligned}$$

A partir de aquí se puede ver el patrón. Con base en el patrón se cumple que, iterando el sistema infinitas veces se obtiene:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ x_t \end{bmatrix} = \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} \beta_{10}^* \\ \beta_{20}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} y_{t-i} \\ x_{t-i} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} \epsilon_{1t-i}^* \\ \epsilon_{2t-i}^* \end{bmatrix}$$

Suponiendo que la matriz:

$$\begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix}$$

tiene valores propios menores a uno en valor absoluto, entonces se cumple que:

$$\begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} y_{t-i} \\ x_{t-i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Por tanto, la forma del sistema en media móvil es la siguiente:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ x_t \end{bmatrix} = \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} \beta_{10}^* \\ \beta_{20}^* \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} \epsilon_{1t-i}^* \\ \epsilon_{2t-i}^* \end{bmatrix}$$

Las impulso-respuesta a través del tiempo estarán dadas por los componentes de la matriz:

$$\begin{bmatrix} \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \\ \beta_{20}^* & \beta_{23}^* \end{bmatrix}^i$$

El contador i representa el número de momentos después del choque inesperado en alguna de las variables. El adjetivo inesperado proviene de que el choque se da sobre uno de los componentes del vector de residuales.

Capítulo IV: Resultados (efecto y análisis).

La evidencia empírica encontrada en nuestro estudio es similar a la hallada por *Rajeev Dhawan y Karsten Jeske* en su modelo para evaluar la importancia de las crisis de los precios de la energía en las fluctuaciones de la producción estadounidense (GDP). Este concluye que las crisis de los precios de la energía no son un gran factor de las fluctuaciones del ciclo económico, incluso si se incorporan tres categorías distintas de consumo: bienes duraderos, no duraderos y energía. es decir que su efecto, en la producción no es significativo para explicar las fluctuaciones, *Dhawan y Jeske*, concluyen que solo se puede dar un efecto duradero en el sentido contrario, es decir de la fluctuación del GDP a los precios, y que otros factores como el consumo si podían explicar de mejor manera las fluctuaciones. Para llegar a esta conclusión en nuestro estudio, nuestros resultados se

dividirán en tres momentos, el primero la estimación del modelo VAR, seguido de la causalidad de Granger entre nuestras dos ecuaciones y el impulso respuesta entre ellas, por último, se emplea el método de regresión por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para descubrir el efecto a largo plazo de la variable causal encontrada.

4.1 Estimación del modelo VAR.

En particular, cuando se estima el modelo VAR se encuentra que en la ecuación para el precio spot cuando el precio spot en el momento t-1 aumenta en una unidad se espera que en promedio el precio spot en el momento t aumente en promedio 0.82601%, además cuando el nivel de actividad económica en el periodo t-1 aumenta en una unidad se espera que en promedio el precio spot aumente en 0.3142%. Por otro lado cuando el precio spot $t-1$ aumenta en una unidad se espera que en promedio el ISE aumente en 0.0123%, el ISE_{t-1} cuando aumenta en una unidad se espera que en promedio aumente en 0.9219% el ISE_{t-1} , la actividad económica tiene un nivel 0.2923 independiente de las variables explicativas.

$$Spot_t = -0.555 + 0.8260 Spot_{t-1} + 0.3142 ise_{t-1}$$

$$ISE_t = 0.2923 + 0.0123 Spot_{t-1} + 0.9219 ise_{t-1}$$

Tabla 3: Estimación del modelo VAR.

Coeficientes Estimados	Ecuación		
	Spot	ISE	
Spot.l1	0.82602***	0.012369	
ISE.l1	0.31421*	0.921936***	
Constante	(-0.55592)	0.292342**	
Signif.	0.0 ****	0.001 ***	0.05 **

4.2 Causalidad de Granger

Cuando se analizan dos series temporales es necesario evaluar cómo se comporta la relación unidireccional o bidireccional de las mismas, en concreto la relación aquí evaluada no sería interesante si las ecuaciones del modelo no están cointegradas, sin embargo, la cointegración no es suficiente, porque se tiene que saber si existe un efecto instantáneo o a corto plazo de la serie en ambos sentidos, por eso es vital evaluar la relación de Granger presente en nuestras variables.

Cuando se evalúa la causalidad de Granger se realiza una prueba de hipótesis. Si estudiamos el sentido del precio spot de la energía sobre el nivel de actividad económica doméstica, la hipótesis nula será que la relación no tiene una causalidad instantánea y la alternativa lo contrario. Como podemos ver en la Tabla 4, no se rechaza la hipótesis nula, porque su p-valor es cercano a 1. Lo que nos indica que efectivamente no se tiene causalidad instantánea; en otras palabras, no se puede afirmar que un efecto en el precio spot produciría un efecto instantáneo en el ISE. Sin embargo, puede ser que si se de en un futuro cercano.

Tabla 4: Causalidad de Granger en sentido precio spot - ISE. Elaboración propia.

Spot-ISE		
Causalidad	Granger	Instantaneo
p-valor	0.1507	0.9527

Por otro lado, cuando se hace la prueba de Granger en sentido contrario, es decir el efecto del ISE en el precio spot, encontramos que un cambio en este si afecta instantáneamente el precio. Por lo que, podemos afirmar que el ISE tiene causalidad sobre el precio spot, a un nivel de confianza del 95% (véase tabla 5). Esto es un importante hallazgo puesto que resuelve el dilema

de cual de nuestras variables iba a ser la verdadera variable independiente del modelo. Sabiendo esto, es necesario buscar el comportamiento causal en el tiempo de ambas variables, el método de impulso respuesta nos da una visión más aterrizada de cuánto durará el efecto de una variable en la otra.

Tabla 5: Causalidad de Granger en el sentido ISE- Precio Spot. Elaboración propia.

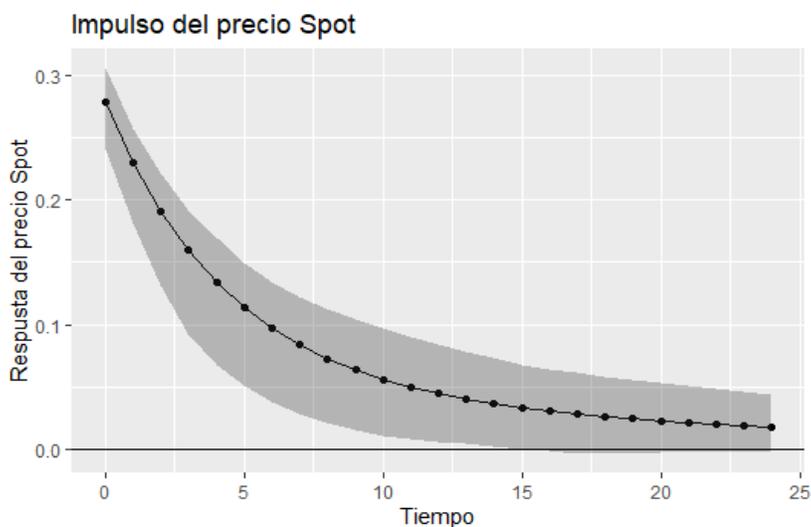
ISE-Spot		
Causalidad	Granger	Instantáneo
p-valor	0.02268	0.9527

4.3 Impulso respuesta.

Ahora bien, cuando se decide evaluar el impulso respuesta de una serie frente a todas sus posibles alternativas rezagadas es pertinente hallar todos sus autovectores ortogonales incluyendo sus variables opuestas, de acuerdo a esta función se obtendrá un rango de confianza para evaluar si su efecto es significativo en la determinación de valores futuros en el tiempo, o también llamados efectos contemporáneos sobre otra variable, incluyendo los valores mínimos y máximos de cada serie. Como dijimos anteriormente, el análisis impulso respuesta es importante para ver el efecto en el tiempo de una variable en la otra, cabe destacar que el efecto será significativo siempre y cuando el rango de significancia sea mayor que cero, de lo contrario, implicaría que el efecto es nulo. Como estamos ante un modelo VAR de orden 1 (solo dos ecuaciones) se deben hacer cuatro análisis impulso respuesta, dos comparando un efecto en ellas misma y otros dos observando el efecto en el tiempo de una en la otra. El cual se enseñará a continuación.

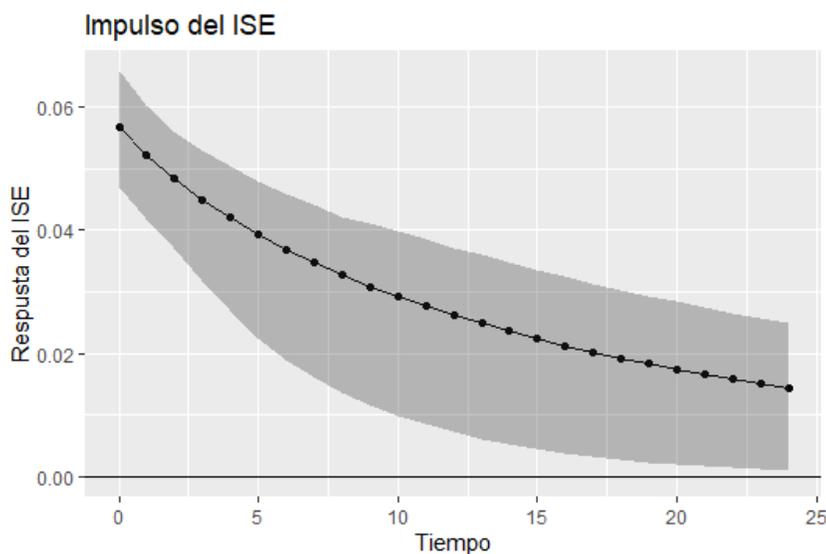
En primer lugar, observemos el impulso respuesta del spot sobre el mismo (Gráfica 5) aquí se busca ver qué ocurriría con el precio hoy, si tuviera un shock exógeno de cualquier orden y su efecto en el tiempo. En el muy corto plazo el precio cambiaría, pero con el tiempo su afecto irá disminuyendo y será significativo hasta 14 periodos (meses) después, en el periodo 15 el efecto desaparecerá, esto tienen que ver con la mano invisible que existe en cualquier mercado donde se presente la competencia. Sin embargo, lo más concluyente de esto es que la significancia, de este efecto, el cual es de corto plazo.

Gráfica 7. Impulso respuesta precio spot vs precio spot. Elaboración propia.



Por otro lado, observemos el impulso respuesta del ISE sobre el mismo (Gráfica 6) aquí resulta interesante el efecto de shock exógeno en el nivel de actividad económica, puesto que su efecto dura más en el tiempo; comparándolo con el del precio spot. Es posible que este cambio en el nivel de actividad económica genere un efecto superior a los 25 meses, sin embargo, el efecto de igual forma es decreciente en el tiempo.

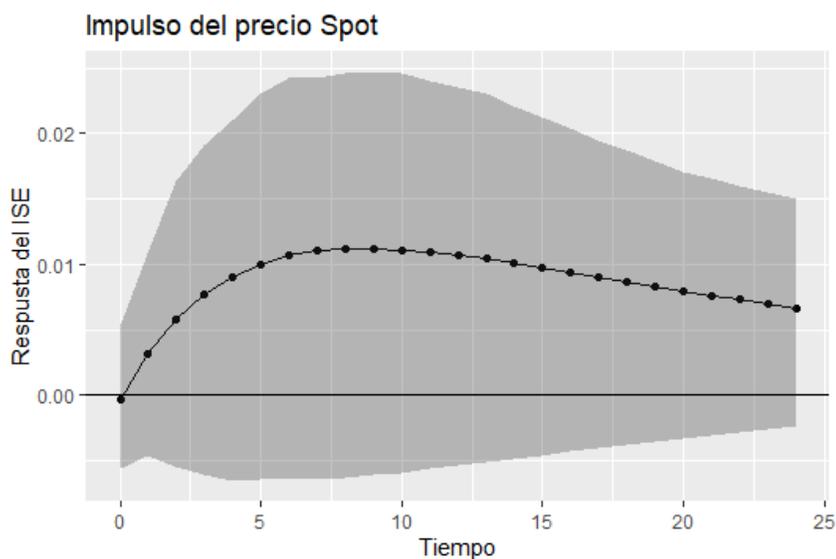
Gráfica 8. Impulso respuesta ISE vs ISE.



Si hacemos el análisis de impulso cruzado, es decir un efecto en el precio spot como afectaría el nivel de actividad económica encontramos, que tiene un efecto nulo⁴ (observe gráfica 7) desde el momento cero, en otras palabras, nunca un cambio en el precio lograra ser significativo en el nivel de actividad económica de Colombia. Con esto confirmamos lo obtenido en la prueba de Granger donde el precio spot no alcanzaba a tener un efecto inmediato en el ISE. Esto nos hace pensar que los precios fijados por el sector energético colombiano no son influyentes, porque la energía es un bien inelástico, ósea que siempre será demandado, así que, cada que aumente el precio, el mercado siempre pagará, por ende, ante estos cambios la estructura productiva del país no se vería afectada.

⁴ Observe, el rango de significancia (nube de color gris), esta incluye el 0, por lo que, aunque estadísticamente si tenga cierta relación (problema de ruido blanco), el efecto numérico es casual, y el verdadero efecto responderá a otras variables que no están en el modelo (termino error).

Gráfica 9. Impulso respuesta precio spot vs ISE.

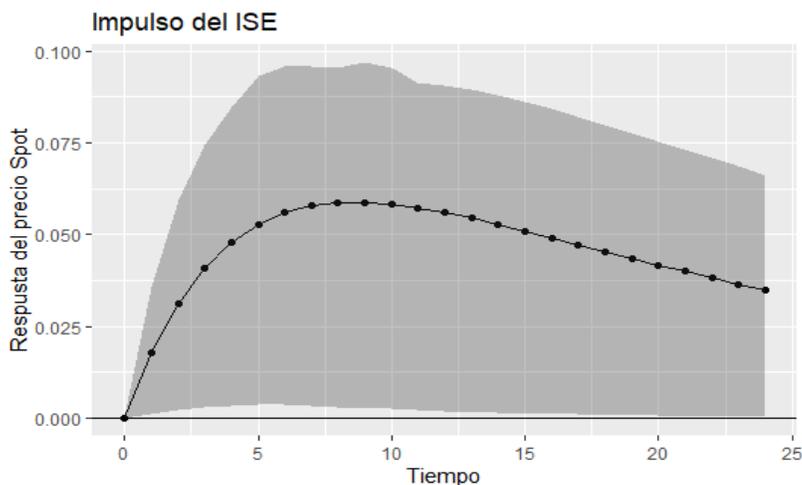


Por último, el impulso contrario, es decir el efecto de un cambio en el nivel de actividad económica en el precio spot de la energía. el resultado obtenido en esta relación es el más importante e influyente de esta investigación empírica, puesto que se obtuvo, que el precio si se afectará por un cambio en el nivel de actividad económica; puesto que, la distribución de efecto será significativa. Observemos la gráfica 8, cuando ocurre un cambio en el ISE, el efecto en el corto plazo es que cambiará el precio y con el paso del tiempo el efecto irá disminuyendo. La evidencia nos indica que este efecto en la actividad económica causaría un efecto duradero en los precios del sector energético, se esperaría que el precio volviera a su tendencia natural, hasta pasados los 20 meses.

Analizado el efecto en el corto plazo de las variables de estudio, es pertinente evaluar el largo plazo para poder tener un resultado concluyente, de la vía en la que las variables se afectan,

por ahora sabemos que un cambio en el precio no afectará el ISE, pero un cambio en el ISE si provocara un efecto de aproximadamente 20 meses en el precio spot fijado por el sector energético,

Gráfica 10. Impulso respuesta ISE vs precio spot.



4.4 Efecto a largo plazo.

Sin embargo, surgen dudas de la durabilidad del efecto en el largo plazo, porque el impulso respuesta nos da señales del efecto hasta 25 periodos después, pero para ver lo que ocurre constantemente en el tiempo analizamos una regresión por mínimos cuadrados ordinarios entre el spot y el ISE, siendo el segundo la variable independiente, pues sabemos que esta variable tiene un efecto significativo en el precio spot durante el tiempo. En el largo plazo nos interesa conocer el efecto constante que tendrán las dos series, con ello es posible evaluar la pendiente de la recta que relaciona todos los puntos dispersos sobre un plano cartesiano de estas dos variables a largo plazo, donde el precio spot de la energía tendrá aumentos en 1.6642% cuando el nivel de actividad económica aumenta en un 1%, con una confianza del 99%.

$$Spot = \beta_0 + \beta_1 ISE + \varepsilon$$

Tabla 6. Regresión de largo plazo. Elaboración propia.

ISE~Spot				
Coefficientes	Estimado	Std. Error	T value	Pr(> t)
Intercepto	(-2.5959)	0.9305	-2.790	0.005**
ISE	1.66	0.2084	7.984	1.73e-13***
Signif.	0.0	****	0.001	***

Capítulo V: Conclusiones

En definitiva, responder la pregunta central de esta investigación, (*¿los precios fijados por el sector energético afectan el nivel de actividad económica del país?*) si es posible. Porque se pudo hallar que no existe evidencia para afirmar que el precio spot de la energía afecta el nivel de actividad económica del país. Se llega a esta conclusión, ya que no se pudo evidenciar la causalidad instantánea existente entre el precio Spot y el ISE. Incluso para el efecto instantáneo no hubo evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Pero también, al practicar la misma técnica para el ISE respecto al precio Spot es posible rechazar la hipótesis nula de no causalidad de Granger a largo plazo con un nivel de confianza del 95%, sin embargo, en un efecto instantáneo se acepta la no causalidad, es decir, se obtiene una causalidad significativa del ISE respecto al precio Spot solo en el largo plazo. Cabe aclarar que, lo anterior no es posible de afirmar si las series de tiempo no están cointegradas hacia un equilibrio en el futuro, pues en ausencia de él estaríamos evaluando una simple relación espuria.

Además, es necesario evaluar la magnitud causal entre las variables a lo largo de los periodos, el análisis impulso respuesta, permite ver este efecto entre variables a través del tiempo. Hecha esta salvedad, un cambio intrínseco del mercado energético, provoca un efecto instantáneo aproximado del 30% en el precio Spot, impacto que será decreciente a lo largo del tiempo, hasta en 8 periodos (Gráfica 6). Es decir, si hoy ocurre un hecho coyuntural en el mercado energético el precio instantáneamente cambia, pero en un lapso de 8 meses desaparecerá. Ahora bien, en cuanto al ISE, cuando ocurre una variación interna, el indicador aumenta cerca de 5%, y con el tiempo, el impulso se perderá (Gráfica 7). Por otro lado, en las relaciones entre variables, cuando observamos si una reacción en el precio spot de la energía puede afectar el ISE (Gráfica 8), encontramos que un aumento en el precio no es significativo en el nivel de actividad económica; en otros términos, a lo largo del tiempo el efecto de un aumento en el precio será insignificante en el ISE. Con esto, se explica la respuesta al interrogante principal de esta investigación, con lo que se puede concluir con certeza que los precios no tienen ningún efecto significativo en el nivel de actividad económica de Colombia.

No obstante, cuando existe un impulso del ISE sobre el precio spot, se encuentra que en el momento cero no se obtiene una réplica instantánea, lo que corrobora nuestra conclusión del análisis de Granger donde no se obtiene ningún efecto inmediato. Es a través del tiempo donde su respuesta es evidente (Gráfica 9), pues es en el periodo 8 que alcanza su máximo crecimiento del precio spot en 6% aproximadamente, además se espera que este impacto dure más de 25 periodos. Esta resulta ser la verdadera relación significativa entre las series de tiempo aquí estudiadas, por tanto, que es una solución pragmática al objetivo principal de la investigación. Ya que, el nivel de actividad económica si puede causar un impacto en los precios fijados por el sector energético. En

este punto de la investigación, se tiene suficiente evidencia para plantear una ecuación de largo plazo, donde el precio spot es la variable dependiente y el ISE la variable independiente que mediante mínimos cuadrados ordinarios se estima el parámetro largo plazo. En concreto, en el futuro el cambio en el ISE causará en promedio un aumento de 1.6642% en los precios de la energía en el país.

Se obtuvo una conclusión similar a la obtenida por *Rajeev Dhawan* y *Karsten Jeske*, guardando las proporciones y los objetivos entre ambas investigaciones. En su modelo donde se evaluó la relación causal de los precios de la energía en las fluctuaciones de la producción estadounidense (GDP); concluye que las crisis de los precios de la energía no son un gran factor de las fluctuaciones del ciclo económico. Como se ha mencionado anteriormente, aquí se concluye que cualquier efecto en los precios no influye en el nivel de actividad económica. Esto nos hace pensar que la relación causal de la energía en los factores económicos no tiene relevancia en ningún país. Probablemente las razones sean de fondo, es decir que el problema esté en la naturaleza del bien el cual estamos estudiando, puesto que la energía puede considerarse un bien inelástico, el cual tiene una demanda constante, por lo que aumentos en el precio no afectarían la demanda y por ende el nivel de actividad económica del país (Atkerson y Kehoe, 1999).

En secuencia con lo anterior, es insuficiente no aprovechar otras conclusiones que nos arroja el modelo VAR que planteamos en esta investigación, por lo que; vemos la situación contraria, es decir, el nivel de actividad económica si puede afectar los precios de la energía, no inmediatamente, pero sí hace que el precio se incremente en el corto plazo, esto se refiere a que si ocurre un fenómeno coyuntural que afecte el nivel de actividad económica, como por ejemplo, la

pandemia del COVID-19, su efecto se verá reflejado 8 meses después y seguirá siendo relevante en menor medida con el paso del tiempo hasta que desaparece. Con esto finalizamos, esta investigación empírica, dejando como legado una descripción más profunda de la influencia de los precios del sector energético en la economía nacional. Sin embargo, queda por desarrollar modelos más profundos que propongan una radiografía de la estructura de efectos que otros factores pueden tener en los precios de la energía y el nivel de actividad económica. Esto con el fin de lograr aproximarnos a la naturaleza causal de cada una de las variables anteriormente mencionadas.

Bibliografía:

1. Enders, W. (2015). *Applied Econometric Times Series, 4rd Edition*. editorial Pearson.
2. Alquist, R. and Kilian, L., (2010). What do we learn from the price of crude oil futures? *Journal of Applied Econometrics*, 25(4), pp.539-573.
3. Espinosa Acuña, O., Vaca González, P. and Ávila Forero, R. (2013). Elasticidades De Demanda Por Electricidad E Impactos Macroeconómicos Del Precio De La Energía Eléctrica En Colombia. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa* (16). Páginas 216–249.
4. Edelstein, P. and Kilian, L.(2007). The Response of Business Fixed Investment to Changes in Energy Prices: A Test of Some Hypotheses about the Transmission of Energy Price Shocks. *The B.E. Journal of Macroeconomics*, 7(1). Pp 1-41.
5. Dhawan, R., Jeske, K. and Silos, P. (2010). Productivity, energy prices and the great moderation: A new link. *Review of Economic Dynamics*. (13). pp, 715-724.
6. Dhawan, R. and Jeske, K. (2006). Energy Price Shocks and the Macroeconomy: The Role of Consumer Durables. *SSRN Electronic Journal*.
7. Finn, M., (2000). Perfect Competition and the Effects of Energy Price Increases on Economic Activity. *Journal of Money, Credit and Banking*, 32(3), p.400
8. Huynh, B. (2015). Macroeconomic effects of energy of energy prices shocks on the business cycles. *Macroeconomic Dynamics*, 20(3), pp.623-642.
9. Kilian, L. (2008). The Economic Effects of Energy Price Shocks. *Journal of Economic Literature*, 46(4), pp.871-909.
10. Menegaki, A., (2014). On energy consumption and GDP studies; A meta-analysis of the last two decades. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, pp.31-36.

11. Ozturk, I., Aslan, A. and Kalyoncu, H. (2010). Energy Consumption And Economic Growth Relationship: Evidence From Panel Data For Low And Middle Income Countries. volumen 38. revista: *La política energética*, pp.páginas 4422-4428.
12. Dinero. (2015, 13 de agosto). ¿Por qué es tan cara la energía eléctrica en Colombia ?. *Revista Dinero*. Sección economía. <https://www.dinero.com/pais/articulo/costos-energia-colombia/212216>
13. Chiquiza, J. (2019, 19 de marzo) El consumo per cápita de energía fue de 1.159 kWh durante el año pasado. *Periodico La República*, sección de energía. <https://www.larepublica.co/especiales/efecto-hidroituango/el-consumo-per-capita-de-energia-fue-de-1159-kwh-durante-el-ano-pasado-2829778>.
14. ANIF. (2020). *Perspectivas de Corto Plazo del Sector Eléctrico en Colombia*. Tomado de:<https://www.anif.com.co/sites/default/files/uploads/Carlos%20Alberto%20Rodr%C3%ADGuez%20-%20ISA.pdf>
15. XM,(2020), Demanda de energía nacional. *Informe de operación del SIN*, tomado de: <http://informesanuales.xm.com.co/2015/SitePages/operacion/3-1-Demanda-de-energia-nacional.aspx>.
16. Dane. (2020). *Boletín de Indicador de seguimiento a la economía.cuentas nacionales*. Boletín 20. tomado de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/presentacion_ISE_abril2020.pdf
17. XM.(2019). *Estructura de Mercado*. Tomado de: <https://www.xm.com.co/Paginas/Mercado-de-energia/descripcion-del-sistema-electrico-colombiano.aspx>
18. Informe Precios Xm (2014, junio) Versión liquidación TRX
19. Comisión de regulación de energía y gas CREG. Resolución 119, 2007.
20. DANE .(2016). metodología general indicador de seguimiento. cuentas nacionales.
21. Vanstrahlengs, Otero, Lombana. (2017). *Pronóstico del precio de la energía en Colombia ARIMA con IGARCH*. Revista económica del rosario, 25-35.
22. XM.(2015). Análisis del mercado versión liquidación TXR, mercado energético. mayo 2015. tomado de : https://www.xm.com.co/Informes%20Mensuales%20de%20Anlisis%20del%20Mercado/Ejecutivo_mes_MAYO_2015.pdf
23. Huynh, B (2015). Macroeconomic Effects of Energy Price Shocks on the Business Cycle. *Macroeconomic Dynamics*. 20(1), 623-642.
24. Angeliki N. Menegaki. (2014). On energy consumption and GDP studies; A meta-analysis of the last two decades. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29(1), 31-36.
25. Ilhan Ozturk. Alper Aslan, Huseyin Kalyoncu. (2010). *Energy consumption and economic growth relationship: evidence from panel data from low and middle income countries*. Energy Policy, 38(8), 4422-4428.
26. Cramton, P & Stoft, S. (2007). *Colombia Firm Energy Market*. 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Waikoloa, HI, USA, pp. 124.
27. Kilian, L. (2008). *The Economic Effects of Energy Price Shocks*. Journal of Economic Literature, 46(4), 871-909.

28. Alquist, R. Kilian, L. (2010). *What do we learn from the price of crude futures?*. Journal of Applied Econometrics, 25(1), 539-573.