

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ECONOMÍA



**“IMPACTO MACROECONÓMICO DE UN SHOCK
ENERGÉTICO EN EL PERÚ”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

ECONOMISTA

BRUNO ARMANDO ZÁRATE CASALLO
EDINSON EDU TOLENTINO RAYMONDI

Callao – Perú

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ECONOMIA



TESIS DE GRADO

**"IMPACTO MACROECONÓMICO DE UN SHOCK
ENERGÉTICO EN EL PERÚ"**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

ECONOMISTA

BRUNO ARMANDO ZÁRATE CASALLO
EDINSON EDU TOLENTINO RAYMONDI

Bruno Zárate Casallo
DNI: 44963678
(Autor)

Edinson Tolentino Raymondi
DNI: 43989457
(Autor)

Juan Nunura Chully
DNI: 25463674
(Profesor Asesor)

Callao, noviembre 2014
PERÚ

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE ECONOMÍA

Siendo las 11:00 HORAS DEL DÍA 17 DE NOVIEMBRE DEL 2014, SE REUNIÓ EL JURADO EVALUADOR EN LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, CONFORMADO POR LOS SIGUIENTES DOCC

- PRESIDENTE DEL JURADO : MAG. DAVILA CATAHUANGA, DAVID
- SECRETARIO : ECON. DEL CARPIO ALVA, ISABEL MARGARITA
- VOCAL : DR. CARO ANCHAY, AUGUSTO
- SUPLENTE : MAG. MORE PALACIOS, RAÚL
- ASESOR : DR. NUNURA CHULLY, JUAN BAUTISTA

CON EL FIN DE EVALUAR LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS DE LOS BACHILLEROS BRUNO ARMANDO ZARATE CASALLO Y EDINSON EDO TOLENTINO RAYMONDI. TITULADA "IMPACTO MACROECONÓMICO DE UN SHOCK EMERGENTICO EN EL PERÚ, PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE ECONOMÍA CON EL QUÓRUM CORRESPONDIENTE DEL REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS VIGENTE, SE INICIÓ LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS POR PARTE DE LOS MENCIONADOS BACHILLEROS POR EL TIEMPO DE 40 MINUTOS LUEGO DE LA EXPOSICIÓN, EL JURADO HIZO LAS PREGUNTAS RESPECTIVAS LAS MISMAS QUE FUERON ABSUELTAS EN FORMA SATISFACTORIA. EN CONSECUENCIA, ESTE JURADO ACORDÓ DAR POR APROBADO, CON EL CALIFICATIVO DE MUY BUENO A LOS BACHILLEROS BRUNO ARMANDO ZARATE CASALLO Y EDINSON EDO TOLENTINO RAYMONDI. ACTO SEGUIDO EL PRESIDENTE DEL JURADO EVALUADOR TOMÓ EL JURAMENTO DE ESTILO

DEL CALLAO QUE SUPLENTE CERTIFICA QUE LA PRESENTE TESIS FUE FORMADA EN ESTA UNIVERSIDAD.

SIENDO LAS 12:20 HORAS DEL MISMO DÍA, SE DIÓ POR CONCLUIDA ES:

CEREMONIA ACADÉMICA DE TITULACIÓN PROFESIONAL.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO SECRETARÍA GENERAL

BELLAVISTA, 17 DE NOVIEMBRE DEL 2014

Mg. Christian J. Suárez Rodríguez SECRETARIO GENERAL

Mg. David Davila Catahuanga PRESIDENTE DEL JURADO

CON. Isabel M. del Carpio A. SECRETARIA



Dr. Caro Anchay Augusto VOCAL

Dr. Juan Nunura Chully ASESOR PRINCIPAL

DEDICATORIA:

A nuestra familia, por su constante apoyo en esta meta trazada y que hoy es una realidad.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento a mis padres y hermanos por su comprensión y apoyo durante nuestro periodo de estudios universitarios.

Un especial agradecimiento a nuestro profesor asesor Juan Nunura por su disposición y aliento al desarrollo de esta investigación.

Un sincero agradecimiento a los señores Alejandro Granda, José Carlos Richi, Erix Ruiz y Carlos García por su motivación, ejemplo profesional y contribución al desarrollo de esta investigación.

Un agradecimiento a los profesionales del Banco Central de Reserva del Perú y a los profesores del programa de la maestría en Economía de la Pontificia Universidad Católica del Perú, por sus acertados comentarios hacia esta investigación.

Finalmente, agradecemos profundamente a la Universidad Nacional del Callao, y en particular a la Facultad de Ciencias Económicas por darnos la oportunidad de ser profesionales.

**"IMPACTO MACROECONÓMICO DE UN SHOCK
ENERGÉTICO EN EL PERÚ"**

ÍNDICE

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Resumen & Abstract	7
I. Planteamiento del Problema	
1.1 Determinación del Problema	8
1.2 Formulación del Problema	12
1.3 Objetivos de la Investigación	12
1.4 Justificación	13
II. Marco Teórico	
2.1 Evidencias Empíricas	14
2.2 Marco Conceptual	16
2.3 Teorías	18
III. Hipótesis	
3.1 Hipótesis General	27
IV. Variables	
4.1 Variables de la Investigación	27
4.2 Operacionalización de Variables	29

V.	Metodología	
5.1	Tipo de Investigación	30
5.2	Diseño de Investigación	30
5.3	Población y Muestra	31
5.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
5.5	Plan de análisis estadísticos de datos	32
VI.	Conclusiones	38
VII.	Recomendaciones	43
VIII.	Referencias Bibliográficas	44
IX.	Anexos	
	Anexo 1 Generación Eléctrica según tipo	48
	Anexo 2 Evolución de la Máxima Demanda	48
	Anexo 3 Consumo Final de Electricidad por Sectores	49
	Anexo 4 Principales Proyectos de Generación Eléctrica	50
	Anexo 5 Efectos de un Shock de Precios Energéticos	51
	Anexo 6 Derivación del Modelo	52
	Matriz de Consistencia	55

TABLAS DE CONTENIDO

Índice de Cuadros:

Cuadro 1.1 Producción de Electricidad por tipo de Recurso Energético	9
Cuadro 1.2 Principales Proyectos de Demanda Eléctrica	10
Cuadro 6.1 Impacto del Shock Energético	38

Índice de Gráficos:

Gráfico 1.1 Estructura de Costos Energéticos por Sectores	11
Gráfico 2.1 Evolución del Costo Marginal de Generación Eléctrica	18
Gráfico N° 2.2 Estructura de Costos de una Firma, Efecto de un Incremento del Precio del Insumo Energía	20
Gráfico N° 6.1 Respuesta de la tasa de crecimiento del PBI al shock energético	40
Gráfico N° 6.2 Respuesta de la tasa de crecimiento de la Inflación al shock energético	40
Gráfico N° 6.3 Respuesta de la tasa de crecimiento del Consumo al shock energético	41
Gráfico N° 6.4 Respuesta de la tasa de crecimiento de la Inversión al shock energético	41
Gráfico N° 6.5 Respuesta de la tasa de crecimiento de la Minería Metálica al shock energético	42
Gráfico N° 6.6 Respuesta de la tasa de crecimiento de la Manufactura No Primaria al shock energético	42

Índice de Esquemas:

Esquema 5.1 Medición del Impacto	37
----------------------------------	----

RESUMEN

La demanda de electricidad se duplicará en diez años. La oferta futura de generación eléctrica, compuesta por proyectos que están en proceso, abarca hasta el año 2016, luego del cual no se tienen proyectos de generación comprometidos. Por lo tanto la posibilidad de un descalce entre el rápido crecimiento de la demanda eléctrica y la oferta de generación eficiente está latente. Esto originaría un alza de precios de la electricidad de manera continua por algunos años. ¿Cómo impactaría este shock energético en nuestra economía? En la presente investigación se simula un escenario de estrés en el cual se incrementa el precio de la electricidad por dos años consecutivos y se estima el impacto macroeconómico mediante un modelo VAR. Se concluye que el PBI se contraería hasta en un 0.37% en dos años.

ABSTRACT

The electricity demand will double in ten years. The future supply of electricity generation, given by projects that are in process, are guaranteed until 2016. After that, we do not have committed generation projects. Therefore there is a possibility of a mismatch between the fast growth of electricity demand and the efficient generation supply. This would rise steadily the price of the electricity the next years. How would this energy shock impact our economy? In this paper, we simulate a stress scenario in which the price of electricity rises for two years, and then estimate the macroeconomic impact using a VAR model. We conclude that GDP would contract by 0.37% in two years.

I. Planteamiento del Problema

1.1 Determinación del Problema

El sector energético juega un rol fundamental en el crecimiento y desarrollo de un país. Las empresas insumen energía para poder producir y las familias la demandan para su consumo. En ese sentido, el consumo energético nacional ha ido de la mano con el crecimiento de la economía. En los últimos 20 años la economía peruana ha crecido a una tasa promedio anual de 5.2%. Paralelamente, desde 1990 hasta el 2010, el consumo de energía secundaria¹ creció en promedio 3.6%; y el consumo de electricidad lo hizo en 5.4%. Esta dinámica muestra como la energía, y en particular la electricidad, está relacionada con el crecimiento económico. Adicionalmente, de acuerdo con el Balance Nacional Energético del Ministerio de Energía y Minas (BNE-MEM) en el 2010 el consumo final de energía se descompone en hidrocarburos (60%), electricidad (18%), leña, bosta y yareta (16%), y otras fuentes (6%).

1.1.1 El Mercado de Electricidad en el Perú

1.1.1.1 La Oferta.

En el sector eléctrico peruano se identifican 3 actividades que, en conjunto, forman la cadena de abastecimiento de la demanda. Estas son: generación, transmisión y distribución². La generación eléctrica la conforman diversas empresas a lo largo del territorio nacional cuya función es transformar alguna fuente de energía (térmica, mecánica, luminosa, etc.) en electricidad. Típicamente las tecnologías empleadas en este proceso son la hidráulica (agua de las represas) y la térmica (fundición de combustibles). En el caso peruano esta actividad se ajusta a un modelo de mercado potencialmente competitivo. Al 2013 las centrales hidroeléctricas producen el 51.81% de la electricidad y las térmicas el 45.67%. Un porcentaje menor se genera en centrales no convencionales que usan distintas fuentes de energía como la nuclear, eólica o solar. A su vez, el uso de recursos energéticos para producir electricidad esta dado

¹ Por ejemplo electricidad, hidrocarburos y derivados del carbón. La energía secundaria resulta de la transformación de energía primaria. Ésta última se presenta en forma natural como el petróleo, el gas o la energía solar.

² Para propósitos de esta reseña se utiliza la clasificación propuesta por Dammert, A et al (2011). Adicionalmente se considera la actividad de operación.

principalmente por el agua³ con un 53.26% de participación y el gas natural con 42.94% en el 2013, tal como muestra el siguiente cuadro:

Cuadro N° 1.1
Producción de Electricidad
por tipo de Recurso Energético 2013

Recurso	Gw.h	Porcentaje
Agua	21,129	53.26%
Gas natural	17,036	42.94%
D2 - residual	246	0.62%
Carbón	837	2.11%
Bagazo	195	0.49%
Biogás	31	0.08%
Solar	197	0.50%
Total	39,669	100.0%

Fuente: COES-SINAC

Mediante la actividad de transmisión, se transporta la electricidad mediante torres de alta tensión a altos voltajes para minimizar pérdidas de energía. Finalmente, la actividad que permite llevar la energía eléctrica desde el sistema de transmisión al consumidor final, se le conoce como distribución. Esta actividad la efectúan empresas que son monopolio natural geográfico concesionados por el Estado.

Sin embargo al 2013 el 41.12% de la producción de electricidad se genera en base al gas natural proveniente de Camisea⁴ (centrales térmicas). En la actualidad dicho ducto se viene ampliando, pero ha sufrido diversos retrasos debido a la falta de seguridad en la zona. Por último, en cuanto a la generación futura, existen actualmente proyectos que están en distintas etapas de maduración (en construcción, adjudicados y concesionados) los cuales dan un buen nivel de certidumbre de realización hasta el 2016⁵. Sin embargo a partir de ese año no se tienen proyectos de generación comprometidos.

³ Lo que la hace sensible a factores climáticos, como una sequía, que podría ocasionar racionamientos o un incremento en el costo de la electricidad.

⁴ COES-SINAC. Boletín Mensual Diciembre 2013.B-SGL-1113. Ver Anexo 1.

⁵ Algunos grandes proyectos de generación son las centrales hidroeléctricas: Fénix (junio 2013) y Cerro del Águila (enero 2016); y la reserva fría: Turbo Gas Dual Sur (octubre 2013). Ver anexo 4.

1.1.1.2 La Demanda.

Durante los últimos años la demanda de electricidad ha aumentado notoriamente debido a múltiples factores, entre ellos el crecimiento de la población junto con nuevos hábitos de consumo; y la inversión en los sectores más dinámicos de la economía como la minería, la construcción y la manufactura. Un indicador comúnmente utilizado para medir la demanda de electricidad es la máxima demanda, que se define como el mayor registro de demanda eléctrica en un período de tiempo. Desde 1995 hasta el 2012 éste indicador creció a un 5.8% promedio. (Ver Anexo 2)

1.1.1.2.1 Consumo Sectorial de Electricidad

Según el BNE-MEM, al 2009, los sectores que mayor demandan electricidad son la minería metalúrgica (25.7%), industrial (26.7%), residencial (24.5%) y comercial (19.3%). (Ver Anexo 3). Es decir, más de la mitad del consumo eléctrico nacional es absorbido por la minería metálica y el sector industrial. Esto demuestra la importancia energética de la electricidad para dichos sectores económicos. Además se espera que el consumo eléctrico del sector minería aumente en el corto plazo dado los megaproyectos mineros que se vienen ejecutando, en especial los de Toromocho, las Bambas y Cerro Verde que son de marcada importancia para el crecimiento económico en los próximos años, según lo muestra el siguiente cuadro:

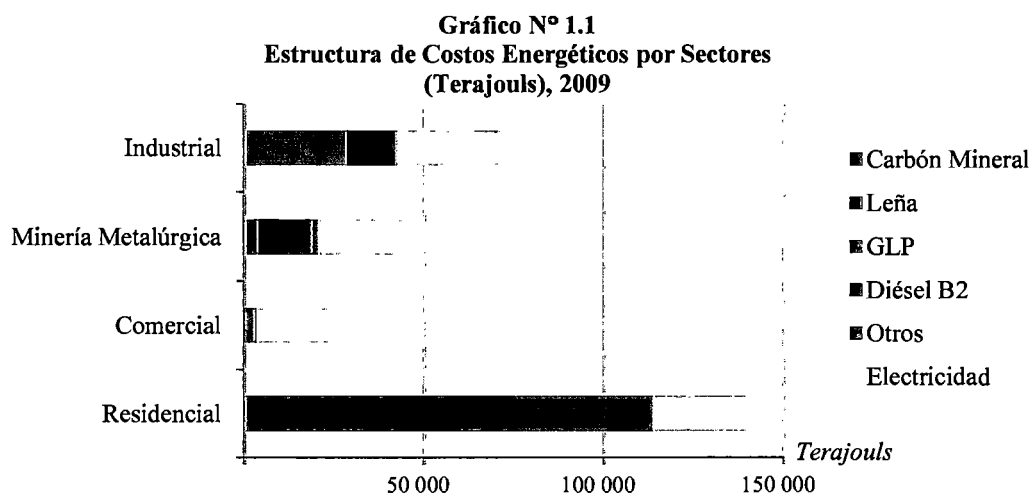
Cuadro N° 1.2
Principales Proyectos de Demanda Eléctrica

Proyecto	Departamento	Potencia (MV)			
		2013	2014	2015	2016
Ampliación Cerro Verde	Arequipa			200	406
Las Bambas	Apurímac	28	113	157	158
Toromocho	Junín	114	152	152	152
Ampliación Antamina	Áncash	48	48	48	104
Antapacay	Cusco	90	93	96	96

Fuente: COES-SINAC

1.1.2 Estructura de Costos Energéticos

En el gráfico 1.1 se muestra la estructura de costos energéticos de los principales sectores que insumen electricidad. El input energético más usado por los sectores económicos, minería metalúrgica e industrial, es la electricidad. (52.8% y 25.8% del total de costos energéticos, respectivamente).



Fuente: BNE-MEM.
Elaboración propia.

Dado que la minería metalúrgica y la industria son los principales sectores económicos que demandan la mayor cantidad de energía eléctrica a nivel nacional, y además su consumo energético está concentrado también en la electricidad, son muy susceptibles ante fuertes incrementos del precio de este insumo.

Finalmente, en los próximos años se ha estimado un mayor crecimiento de la demanda eléctrica en un rango que oscila entre 3.8% y 8.8% anual en diversos escenarios⁶. Asumiendo solo el escenario base de 7.2%, significa que en 10 años se duplicará la demanda eléctrica. En ese sentido, se espera que la oferta de generación eléctrica sea de tal envergadura, que pueda satisfacer el rápido crecimiento de la demanda.

⁶ COES-SINAC simuló 4 escenarios o nudos de demanda que reflejan tanto la magnitud como la ubicación geográfica, representando de mejor manera la incertidumbre.

1.2 Formulación del Problema

Esta situación hace que sea proclive la existencia de un descalce entre la demanda eléctrica y la oferta de generación eficiente (centrales en base a agua y gas) en el corto plazo, con lo cual entrarían a operar centrales térmicas de alto coste para cubrir la demanda, lo que ocasionaría un incremento importante del costo de generación eléctrica de manera continua en los próximos años. Por tal motivo, esta investigación intenta dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Cuáles serían los efectos de un shock energético, producido por un incremento persistente del precio de la electricidad, sobre la economía peruana? ¿Cómo se afectarían las principales variables macroeconómicas? ¿Cómo se transmite el shock energético a la economía?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General.

Analizar el impacto de un shock energético producido por un fuerte incremento del costo de la electricidad sobre la economía peruana.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- a) Explicar el canal de transmisión de un shock energético sobre la economía.
- b) Identificar los sectores económicos más sensibles a un fuerte incremento del costo de la electricidad.
- c) Estimar el impacto del shock energético sobre las principales variables macroeconómicas como el PBI, la inflación, el consumo, la inversión y sectores económicos.

1.4 Justificación

Medir el impacto de un incremento en los precios de la energía, específicamente de la electricidad, cobra marcada relevancia dado que informes y estudios recientes^{7, 8} advierten que en el corto plazo (2016-2017), existe un escenario de descalce energético entre la creciente demanda por electricidad y la oferta de generación eficiente⁹, lo que desencadenaría altos precios de la energía eléctrica, hasta incluso interrupciones del suministro. A su vez, opiniones de expertos como Jaime Quijandría (ex ministro de Energía y Minas) afirman que el precio se puede hasta quintuplicar en los próximos años.¹⁰

a) Importancia social.

De producirse dicho shock, tendría graves implicancias macroeconómicas, como una caída del PBI, la inversión y el consumo; así como también la desaceleración de sectores dinámicos de la economía como la minería metalúrgica y la industria.

b) Aporte metodológico.

La propuesta de un modelo VAR en el contexto de un shock energético y la aplicación de la econometría de impacto para estimar un escenario de estrés, representa el principal aporte metodológico del presente estudio.

c) Aporte Teórico.

Estudios de este tipo para el caso peruano son muy escasos. Las investigaciones económicas orientados a la energía eléctrica usualmente son enfocados desde una perspectiva microeconómica, principalmente con un enfoque regulatorio. Por tal motivo la presente investigación representa una primera aproximación del sector eléctrico desde un enfoque macroeconómico.

⁷ Informe COES/DP-01-2013. "Informe de Diagnóstico de las Condiciones Operativas del SEIN 2015-2024". COES-SINAC, 2013

⁸ "Mercado Eléctrico en el Perú: Balance de corto plazo y agenda pendiente". USMP-Instituto del Peru, 2013.

⁹ Específicamente del orden de 980 megavatios (MV) entre el 2017 y 2022, considerando solo proyectos hidroeléctricos; y de 490 MV entre el 2017 y 2018 incluyendo proyectos a gas natural.

¹⁰ Diario Gestión. Martes 25 de junio de 2013.

II. Marco Teórico

2.1 Evidencias Empíricas

2.1.1 El Caso Internacional

El interés de la economía por cuantificar el impacto de shocks energéticos tiene sus orígenes en la crisis internacional del petróleo en 1973¹¹, el cual tuvo grandes consecuencias en las economías desarrolladas del momento. Este acontecimiento abrió la discusión en la literatura ya que era importante entender cómo se contagian las variables macroeconómicas (por ejemplo el producto, el empleo o la inflación) ante un shock de esta naturaleza, y conocer en cuanto podía afectar una nueva escasez de fuentes energéticas en el futuro. Cabe mencionar que la revisión de la literatura en este tema es muy extensa. A continuación se mencionan algunos de los principales trabajos en la materia.¹²

Las primeras investigaciones buscaban reconocer el vínculo entre el sector energético y el sector real de la economía (que hasta ese entonces, era usualmente subestimado) y cuan vulnerable es éste frente a un shock del primero. Así, se describía el impacto a nivel macroeconómico de la crisis del petróleo con un soporte teórico. Dentro de estos trabajos se puede mencionar a Pierce & Enzler (1974) quienes explican diversos tipos de shocks externos inflacionarios, en especial el incremento del precio del petróleo, usando un modelo de demanda de dinero. Desde un punto de vista microeconómico, Rasche & Tatom (1977) explican el cambio en la estructura de costos de las empresas producido por un shock energético.

Un intento de formalizar el análisis llega con los trabajos de diversos autores que modelan una economía con sector energético dentro de una función de producción neoclásica. Sin embargo, esto trajo consigo una discusión relevante: la elasticidad de

¹¹ Prueba de ello es la creación de The Energy Modeling Forum por la Universidad de Stanford. El foro publicaría su primer documento en 1977.

¹² Una revisión detallada se puede encontrar en Stephen et al (2002). Federal Reserve Bank of Dallas.

sustitución entre la energía y los demás factores de producción.¹³ Hogan (1977) estudia el tema entre el capital y la energía desde un enfoque conceptual. En esa línea, una revisión interesante del mecanismo de transmisión de un cambio de precios en la energía hacia las variables macroeconómicas lo encontramos en Pyndic & Rotemberg (1983).

Estudios empíricos posteriores como los de Burbidge & Harrison (1984), testean los efectos de un encarecimiento del precio del petróleo usando vectores autoregresivos (VAR). Estos documentos confirman la relación inversa entre shocks energéticos y el sector real. Sin embargo, un consenso parece llegar con la publicación de Hamilton (1983), quien demuestra que salvo una de todas las recesiones luego de la segunda guerra mundial, fueron precedidos por un incremento de precios del petróleo.

A partir de entonces, conforme progresaban los modelos de los ciclos económicos reales (RBC por sus siglas en inglés de *Real Business Cycles*) y la técnica econométrica, salían a la luz nuevos trabajos como los de Saunders (1984) que modela una economía con energía donde muestra con simulaciones la convergencia del corto al largo plazo. Mork (1994), por su parte, propone un RBC para analizar cómo reaccionan las variables ante un shock energético. Bernanke et al (1997) usan un VAR para modelar como responde la economía americana ante el shock y cómo actúa la política monetaria en tal escenario. Stern (2000) utiliza un análisis de cointegración incorporando la energía para el caso de EE.UU. Rotemberg & Woodford (1996), usando un esquema de crecimiento, añaden competencia imperfecta y demuestran que se agudizan los impactos de un shock energético, decayendo más el producto y el salario real.

2.1.2 El Caso Nacional

La discusión de los efectos de un shock energético sobre economías emergentes, como es el caso de Perú, es menos amplia. Van De Klundert (1984), realiza un primer intento en ese sentido a nivel teórico. Literatura más reciente y aplicada a la región

¹³ Como se verá más adelante, este asunto es clave para entender el canal de transmisión de un shock energético.

sudamericana la encontramos principalmente en Chile, y está mayoritariamente enfocada a shocks de precios del petróleo. Por ejemplo Pincheira & García (2007) realizan un análisis comparativo mediante un VAR cómo afecta un shock de precios del petróleo sobre Chile y diversos países industriales. Similarmente, Pendersen & Ricaurte (2013) amplían el análisis sobre sus socios comerciales. Un modelo dinámico de equilibrio general para economías pequeñas lo encontramos en Medina y Soto (2005).

Dentro de las investigaciones que discuten el impacto de los precios de la electricidad sobre la economía, está el de Blümel et al. (2010) quienes usando un modelo de crecimiento, aplican un análisis de cointegración y demuestran la existencia de una relación estable y de largo plazo entre el producto y el precio de la electricidad. Por otro lado, García (2012) desarrolla un VAR en el cual analiza el impacto del costo de la energía eléctrica (simulando un escenario de estrés) sobre el PBI sectorial, la inflación, el consumo y la inversión; incluyendo una respuesta de política monetaria.

Finalmente, en cuanto a investigaciones nacionales, nuevamente los modelos VAR toman relevancia. Así, Barrera (2010) analiza el impacto de un shock de precios del petróleo internacional sobre los combustibles domésticos y la inflación. También encontramos modelos de equilibrio general donde se analiza los efectos de un shock de precios del petróleo como Montoro (2007) y Castillo et al. (2010).

Sin embargo, documentos nacionales que discutan el sector eléctrico dentro de un contexto de shocks exógenos, aún no han sido publicados hasta la fecha. Por tal motivo el presente trabajo, se convierte en una primera aproximación de este tipo para el caso peruano.

2.2 Marco Conceptual.

En esta sección se definen algunos conceptos usados en el contenido de la presente investigación.

2.2.1 Costo Marginal de generación eléctrica.

Dado que el costo de almacenaje de la electricidad es muy alto y por lo tanto, no eficiente; la producción eléctrica debe estar siempre al ritmo de la demanda. Por tal motivo existe un operador del sistema que coordina la producción de electricidad con las generadoras para poder así abastecer la demanda a cada instante y al menor costo posible. La institución encargada de la actividad de operación en nuestro país es el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC).

Cada central eléctrica, dada la tecnología con que opera, y el recurso que usa, tiene asociados distintos costos variables¹⁴. Según lo dispuesto por el COES, las centrales operan progresivamente en el sistema priorizándose aquellas con menor costo variable. El costo de referencia del sistema se le denomina "costo marginal de generación eléctrica" y viene dado por el costo variable de la última central que entra en operación. Este costo marginal refleja el costo operativo del sistema para producir una unidad de energía eléctrica adicional¹⁵. La manera de cómo se transmite este costo marginal a la tarifa final de electricidad se da dependiendo si los clientes son libres o regulados¹⁶.

Según muestra el gráfico 2.1 el costo marginal fluctúa por diversos factores, entre ellos el climático como la avenida y estiaje¹⁷ y shocks de oferta tal como pasó en el año 2004 cuando se produjo una sequía (en ese año el 90% de la generación provenía de plantas hidroeléctricas). Otra fuente de volatilidad se da por el congestionamientos de ductos. En el 2008 ocurre una saturación de las vías de trasmisión junto con una congestión en el ducto de Camisea, lo que originó un incremento importante del costo marginal.

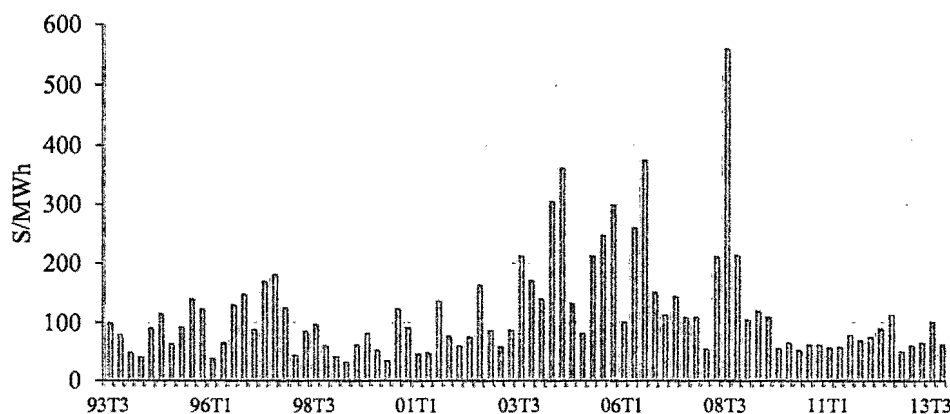
¹⁴ Las centrales hidroeléctricas tienen los menores costes variables, seguido por las térmicas a gas, y luego por las térmicas a diesel.

¹⁵ Procedimiento Técnico COES-SINAC. Cálculo de los costos marginales de energía de corto plazo.

¹⁶ Para los clientes regulados (pequeños clientes), se establece un contrato entre distribuidoras y generadoras, regulándose el precio resultante por OSINERGMIN. Los clientes libres (grandes usuarios) negocian su abastecimiento eléctrico directamente con las empresas de generación y/o distribución.

¹⁷ Períodos naturales que se dan en el año hidrológico. Durante la avenida aumentan las precipitaciones y los caudales de los ríos, se da entre noviembre y mayo. En el estiaje se presentan pocas precipitaciones.

Gráfico N° 2.1
Evolución del Costo Marginal de Generación Eléctrica 1993-2013



Fuente: COES-SINAC.

2.2.2 Shock Energético.

En esta investigación, el término “shock energético” está referido a la ocurrencia de una fuerte alza en los costos de la energía, particularmente, un incremento del precio de la electricidad medido por el costo marginal de generación eléctrica.

2.2.3 Actividad Económica.

Refleja el comportamiento de la economía en general y se mide por el Producto Bruno Interno, el consumo y la inversión; y también a nivel sectorial como la minería metálica y la manufactura no primaria.

2.3 Teorías.

En esta sección se detallan las diversas teorías económicas asociadas y relevantes para explicar la dinámica de un shock energético. En particular, se desarrollará el mecanismo o canal de transmisión de un shock energético a la economía. Un shock energético, como por ejemplo un incremento repentino en el precio de la electricidad, afecta diversas variables macroeconómicas como el producto, la inflación, el empleo o la inversión. La manera del cómo se contagian estas variables depende estrictamente de las características de cada economía. Por ejemplo, no es el mismo efecto para un país

importador de energía que para otro exportador. Adicionalmente, como se verá en adelante, el impacto dependerá también de las rigideces del mercado y de la elasticidad de sustitución de la energía con otros insumos de producción. Finalmente, la respuesta de política económica para frenar el impacto también es discutida.

2.3.1 Teoría Clásica

Explica el shock energético en dos etapas: primero a nivel microeconómico ya que ocasiona un aumento de los costos variables de las empresas y luego a nivel macroeconómico, generalizándose el incremento de precios y ocasionando inflación.

Para entender la dinámica del efecto de un shock energético, presentamos un sencillo modelo presentado por Hamilton (2005). Analizamos una economía que produce un nivel de output Y , usando como insumos de producción: trabajo (N), capital (K) y energía (E).

$$Y = f(N, K, E) \quad (1)$$

Dónde $f()$ es una función de producción CES¹⁸. Definimos el precio del output como p , y el costo del trabajo es el salario w , el capital se renta a una tasa r , y el costo de la energía es q . Por lo tanto el costo total (C) de producción queda dado por:

$$C = wN + rK + qE \quad (2)$$

2.3.1.1 Efecto Microeconómico

El incremento del precio de la energía ($\uparrow q$) implica un incremento en el costo total, según (2) y en el costo marginal de producción (a un output constante):

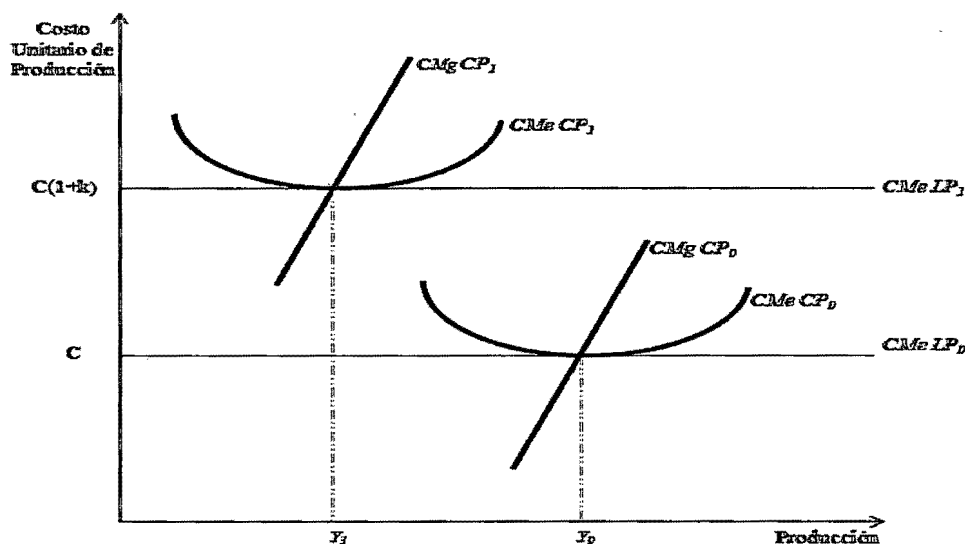
$$\uparrow Cmg = \frac{\partial(\uparrow C)}{\partial Y}$$

Esto induce a las firmas a reducir el nivel de producción, luego, su demanda por energía y, finalmente, la demanda de los demás factores productivos., dado que los demás factores productivos también se producen usando energía, en consecuencia tenemos un incremento generalizado de los costos de producción.

¹⁸ Elasticidad de Sustitución Constante

Esto se ve claramente en el gráfico 2.2 que describe la estructura de costos de corto y largo plazo de una empresa representativa. En el largo plazo, cuando la empresa puede cambiar el uso de todos sus insumos, el costo medio de largo plazo (*CMe LP*) para un nivel de output es constante. Dada una cierta tecnología y dados los precios de cada insumo, la firma produce al mínimo coste total (*C* en el gráfico). Ante el aumento de 1% en el precio de la energía se produce un aumento de *k*% en el *CMe LP*. Donde *k* es el porcentaje del costo de la energía sobre el costo total, es decir *q/C*. El grado de incremento en el *CMe LP* depende del tamaño de *k*. Adicionalmente el costo marginal de corto plazo (*Cmg CP*) también se incrementa dado que se encarece la producción.

Gráfico N° 2.2
Estructura de Costos de una Firma
Efecto de un Incremento del Precio del Insumo Energía



Fuente: Rasche & Tatom (1977)

2.3.1.1.1 Elasticidad entre insumos de producción

De la ecuación (1) dado, que es una CES, se define la elasticidad de sustitución entre la energía y el capital (σ_{EK}); y la energía y el trabajo (σ_{EN}) como:

$$\sigma_{EK} = \frac{d \ln(K/E)}{d \ln(f'_E / f'_K)} = \sigma_{EN} = \frac{d \ln(N/E)}{d \ln(f'_E / f'_N)}$$

Donde $f'_i = \frac{\partial f(N,K,E)}{\partial i}$. Si el valor de σ_{EK} , σ_{EN} es bajo significa que es muy difícil para las empresas intercambiar energía por otro factor y mantener sus niveles de producción, es posible que se permitan prescindir de menos capital o trabajo, lo cual ocasiona un aumento del desempleo.

Naturalmente, a mayor elasticidad de sustitución entre la energía y los demás factores productivos como el capital o trabajo, menor será el impacto de un incremento repentino en el insumo energía, ya que las empresas podrán sustituir la energía por otros factores de producción.

2.3.1.2 Efecto Macroeconómico

Siguiendo a Pyndic & Rotemberg (1983), un incremento del precio de la energía afecta principalmente a dos variables macroeconómicas clave: el ingreso disponible y la inflación. A continuación se detallan ambos efectos.

a) Efecto en el ingreso disponible.

Dado el incremento de precios energéticos ($\uparrow q$), tanto los consumidores como los productores se enfrentan a un mayor coste. Esto ocasiona una reducción inmediata su ingreso disponible. En consecuencia, una disminución del poder real de compra, lo que disminuye el salario real, los beneficios, el consumo y la inversión. Este efecto ocurre independientemente si el incremento de precios es repentino o suavizado. En teoría, ninguna política puede eliminar este efecto, dado que es un mecanismo natural de transmisión. En resumen se tiene:

$$\uparrow q \rightarrow \uparrow \text{Costos}_{\text{empresas-consumidores}}$$

A su vez, la magnitud del impacto depende del costo de participación de la energía como fracción de PBI, que, de (1) y (2) se deriva como: qE/pY . Este índice es una cota superior para evaluar como impactaría el alza del precio de la energía. Según (1) y (2), el beneficio (Π) estará dado por:

$$\Pi = pY - wN - rK - qE$$

En una economía perfecta la producción de las empresas no influye en el precio y por lo tanto se dice que son "precio-aceptantes". Racionalmente decidirán insumir el nivel de energía que iguale a su productividad marginal, es decir.

$$f'_E(N, K, E) = q/p$$

Multiplicando ambos lados por E/Y , tenemos:

$$\frac{\partial \ln f}{\partial \ln E} = \frac{qE}{pY}$$

Esto es, la elasticidad del output respecto a un cambio energético se puede estimar como la fracción entre el costo energético y el PBI. Mientras menor sea esta elasticidad menor será el impacto de un shock energético en la economía.

b) Efecto sobre la inflación.

El segundo efecto, llamado también *efecto de ajuste*, se da ante un incremento persistente del precio de la energía. García (2012) analiza este canal de la siguiente manera: un mayor precio de la energía a nivel agregado incrementa de manera directa los costos marginales de las empresas, y éstas finalmente trasladan el costo a los consumidores, generando inflación.

$$\uparrow q \rightarrow \uparrow Cmg \rightarrow \uparrow \text{Inflación}$$

Adicionalmente, el efecto sobre la inflación se da principalmente por las rigideces que presenta la economía. Por ejemplo en un mercado con precios rígidos, ante el shock energético, los precios de los demás bienes demoran en ajustarse a su nuevo nivel de equilibrio. Esto ocasiona que el salario real caiga drásticamente una vez que los precios se ajustan. Por añadidura, la tasa de desempleo tiende a subir ya que, dado que la producción disminuye, el pleno empleo resulta ineficiente para la economía. Este efecto de ajuste, a diferencia del primero, si puede ser amortiguado con la ejecución de correctas políticas económicas como se verá más adelante.

2.3.1.3 Impacto en el precio de bienes no energéticos.

Finalmente el shock energético afecta la inflación, incrementando el precio de bienes no energéticos. La magnitud de este impacto depende de las características de la demanda de dinero. Como cae el ingreso nacional disponible y, dado que la demanda de dinero depende del ingreso¹⁹, entonces se demanda menos dinero. Para equiparar esto, el nivel de precios debe aumentar. Pero como el nivel de precios es una composición de los precios de bienes energéticos y no energéticos, estos últimos tenderán a aumentar. Esta lógica depende de 3 factores clave:

- a) La sensibilidad de la demanda de dinero a cambios en el ingreso.
- b) La magnitud de la caída del ingreso.
- c) El peso de los precios energéticos en el nivel de precios.

2.3.1.4 Implicaciones de Política Económica²⁰

Si el shock energético es persistente, el efecto inflacionario genera un efecto sistémico que se transmite a toda la economía (efecto Fischer). La autoridad monetaria, encargada de la estabilidad de precios y dentro de un esquema de metas de inflación, responde aumentando la tasa de interés de referencia.

\uparrow *Inflación* \rightarrow \uparrow *tasa de interés* \rightarrow \downarrow *consumo, inversión, producto,*
 \downarrow *empleo y salario*

Como se discutió, el shock energético ocasiona una caída del ingreso disponible, y si es persistente, eleva las tasas de inflación y desempleo. Este efecto depende de las rigideces que caracterizan la economía, como la de los salarios. La magnitud del impacto dependerá de la elasticidad de sustitución entre la energía y otros insumos de producción y de la respuesta de la autoridad monetaria. A continuación se discutirá este punto.

¹⁹ El modelo más conocido de demanda por dinero es de la teoría cuantitativa. En su versión más simple postula: $M/P=L(y,i)$. Donde L es una función creciente, "y" es el ingreso e "i" es la tasa de interés

²⁰ Pyndick & Rotemberg (1983) muestran una tabla con los efectos de los shocks energéticos y medidas de política económica. Ver Anexo 5.

2.3.2 Aproximación Neo-Keynesiana

Explica el enlace entre la política monetaria y el sector real de la economía basado con criterios de optimalidad e incorporando el comportamiento racional de los agentes económicos como lo son las expectativas. Se fundamenta en la teoría del Real Business Cycles (RBC) incorporando características de modelos keynesianos. A esta aproximación también se le conoce también como “la nueva síntesis neoclásica”²¹.

2.3.2.1 Respuesta de Política Monetaria: El esquema de Metas de Inflación.

En este contexto una respuesta de política monetaria ante un shock tiene un respaldo de optimalidad a nivel teórico. Si la autoridad monetaria posee una política agresiva contra la inflación, menor será el impacto producido por el shock energético. El banco central, dentro de un esquema de metas de inflación, aumentará la tasa de referencia para "enfriar" la economía. Actualmente se sigue una política monetaria basada en metas de inflación, lo que implica el compromiso por parte de la autoridad monetaria de un nivel de inflación bajo y estable. Esto aumenta la credibilidad de la autoridad en combatir la inflación generando bajas expectativas inflacionarias por parte de los agentes económicos. Siguiendo a Zimmermann (2003), el concepto de metas de inflación se basa en tres pilares fundamentales:

a) Brecha Producto.

Se define como la desviación del output respecto a su estado natural o de equilibrio. El banco central intenta reducir la brecha del output real respecto al potencial.

b) Regla de Taylor.

Este principio indica que el banco central ajusta su tasa de interés nominal ante cambios en el nivel de inflación. Con esto se encarece o reduce el costo de fondeo afectando de manera directa al consumo y a la inversión. Se basa en el trabajo de Taylor (1993).

²¹ Goodfriend & King (1997)

c) Expectativas del Banco Central.

La política monetaria afecta el sector real con cierto rezago. Un cambio en la tasa de interés tiene un impacto máximo entre 12 y 18 meses. Por tal motivo la autoridad no puede esperar un nivel de inflación observado para recién intervenir.

2.3.2.2 Modelo Simple de Metas de Inflación

El presente modelo presenta dos componentes: una curva de Phillips con expectativas que representa la oferta de la economía y una regla de política monetaria que captura el trade-off entre la inflación y el desempleo. La curva de Phillips relaciona la inflación (π), la inflación esperada (π^e) y la brecha producto (x) definida como $x = y - y^n/y^n$, donde y es el producto y; y^n el output de nivel potencial. La curva de Phillips está dado por:

$$\pi = \pi^e + ax + e \quad (2.1)$$

En cuanto a la demanda agregada se asume que la autoridad intenta sistemáticamente minimizar la brecha producto y las desviaciones de la inflación respecto al rango meta π^t . Dado que la autoridad se comporta de manera eficiente, los costos marginales de cambios en la brecha producto y la inflación, son proporcionales a las desviaciones respecto a cero y al nivel de meta de inflación respectivamente.

El costo marginal de las fluctuaciones en el output se define como λx y el de la inflación como $k(\pi - \pi^t)$. Donde λ y k son una medida del costo de la fluctuación en el producto y la inflación, respectivamente. Se asume que inicialmente $x < 0$, es decir que el producto está por debajo de su estado potencial. Un pequeño incremento de la brecha, Δx significa una ganancia de $\lambda x \Delta x$. El efecto de la inflación es, según (2.1), $a \Delta x$ y el costo resultante $ak(\pi - \pi^t) \Delta x$. Igualando el costo y la utilidad marginal, tenemos:

$$x = - \left[\frac{ak}{\lambda} \right] (\pi - \pi^t) + u \quad (2.2)$$

Esta ecuación describe la relación entre la brecha producto y las desviaciones de la inflación respecto a su meta; y es consistente con una política monetaria que minimiza el costo de la variabilidad del output y la inflación. El término u es una perturbación. Resolviendo para la inflación:

$$\pi = \pi^t - \frac{\lambda}{ak}(x - u) \quad (2.3)$$

De (2.3) se puede inferir que si la autoridad se enfoca más por reducir la brecha producto, acepta una mayor volatilidad en la inflación. Sin embargo, la variable control de política monetaria es la tasa de interés. La ecuación que relaciona la tasa de interés nominal, el producto y la inflación viene dada por la curva IS:

$$\frac{y}{y^n} = \frac{y_0}{y^n} - b(i - \pi^e) + u \quad (2.4)$$

Dónde: i es la tasa de interés nominal. El signo negativo refleja el mayor costo de fondeo. El shock de demanda agregada (u) no es anticipado por la autoridad. Resolviendo para la tasa de interés real de equilibrio de largo plazo:

$$r^* = \frac{(y_0 - y^n)}{by^n} \quad (2.5)$$

Dándole la forma de brechas a (2.4); y considerando $x_0 = \frac{(y_0 - y^n)}{y^n}$

$$x = x_0 - b(i - \pi^e) \quad (2.6)$$

Reemplazando (2.5) en (2.6):

$$x = -b(i - \pi^e - r^*) + u \quad (2.7)$$

Una regla de política monetaria especifica el instrumento de política, la tasa de interés nominal, como una función de la inflación y la brecha producto. Resolviendo²²:

$$i = r^* + \pi^e - \frac{\pi^t - \pi^e - e}{b(a + \lambda/ak)} \quad (2.8)$$

Definimos $i^T = r^* + \pi^e$ como la tasa de interés nominal de equilibrio de largo plazo.

Reescribiendo (2.8):

$$i = i^T + \left[1 + \frac{1}{b(a + \lambda/ak)} \right] (\pi^e - \pi^T) + \frac{e}{b(a + \lambda/ak)}$$

²² No aparece el término de perturbación ya que se asume que el banco central ajusta la tasa de interés nominal antes de observar el shock de demanda.

III. Hipótesis

3.1 Hipótesis General:

UN SHOCK ENERGÉTICO EN LA ECONOMÍA PERUANA TIENE UN IMPACTO DIRECTO Y CONTRACTIVO SOBRE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA.

IV. Variables

4.1 Variables de la Investigación.

Se usarán las siguientes variables en la presente investigación:

4.1.1 Actividad Económica.

Refleja el comportamiento de la economía en general como el Producto Bruto Interno, el consumo y la inversión; y también a nivel sectorial como la minería metálica y la manufactura no primaria.

4.1.2 Inflación.

Aumento general del nivel de precios de la economía.

4.1.3 Política Monetaria.

Representada por la tasa de interés de referencia y/o interbancaria, se ajusta para incentivar o suavizar el consumo y la inversión en base a un esquema de metas de inflación.

4.1.4 Costo de la energía eléctrica.

Es el precio que los agentes económicos pagan por usar el insumo energético.

4.1.5 Términos de Intercambio.

Es la relación que existe entre los precios medios de importación y de exportación para todos los bienes y servicios que son objeto del intercambio. Refleja el poder adquisitivo de nuestras exportaciones respecto de los productos que importamos del exterior.

4.2 Operacionalización de Variables.

4.2.1 Variables Endógenas

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores
Actividad Económica	Comportamiento de la economía en general. Producción total, consumo e inversión; y producción sectorial para el caso de la minería metalúrgica y la industria.	Método del gasto para estimar la producción, el consumo y la inversión. A nivel sectorial, se usan diversas metodologías de como el índice de volumen físico de producción manufacturera.	Producto Bruto Interno Minería Metálica Manufactura No Primaria Inversión Bruta Fija Privada Consumo
Inflación	Aumento persistente del nivel general de los precios de la economía, con la consecuente pérdida del valor adquisitivo de la moneda.	Variación porcentual del costo de la canasta básica de Lima Metropolitana a precios corrientes respecto al año base 2009.	Índice de Precios al Consumidor
Política Económica	Respuesta de las autoridades fiscal y monetaria frente al comportamiento de la economía.	Reglas de política monetaria como el esquema de metas de inflación y la regla de Taylor.	Tasa de Interés de Referencia Tasa de Interés Interbancaria

4.2.2 Variables Exógenas

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores
Costo de la Energía Eléctrica	Costo del insumo de producción para las empresas. Costo o precio del bien de consumo para las familias.	Nuevos soles por Megavatio- hora (S/MVh)	Costo Marginal de Generación Eléctrica
Términos de Intercambio	Relación entre los Precios medios de importación y de exportación para todos los Bienes y servicios que son objeto del intercambio.	Índice encadenado de Fisher: Promedio geométrico del índice de precios relativos de Paasche y Laspeyres.	Índice de Términos de Intercambio

V. Metodología

5.1 Tipo de Investigación.

La presente investigación es de tipo correlacional dado que permite relacionar el comportamiento de diversas variables macroeconómicas como la actividad económica, la inflación, la tasa de interés, los términos de intercambio y el precio de la electricidad a través de un modelo econométrico.

5.2 Diseño de la Investigación.

Se seguirá un diseño de investigación no experimental longitudinal de tendencia, esto porque se evalúa a un grupo de variables en el tiempo. Para medir el impacto de un shock de precios energéticos sobre la economía peruana, se propone el uso de un modelo econométrico multivariado de series de tiempo. Esto con el fin de diseñar un sistema de variables interdependientes que permita una relación entre todas ellas. De esta manera podemos analizar el mecanismo de transmisión de un shock exógeno y su respectivo impacto en todas las variables. En ese sentido, la literatura ofrece al menos dos maneras de abordar el problema. El primer enfoque recae en utilizar un modelo de ecuaciones simultáneas y el segundo, en usar un modelo de vectores autoregresivos (VAR).

Los modelos de ecuaciones simultáneas fueron muy populares durante el período 1945-1970 para hacer pronósticos y política macroeconómica. Sin embargo en 1970 dada las características de la economía mundial (colapso del sistema Bretton Woods y la crisis del petróleo), estos modelos fueron cuestionados por fallar en sus predicciones. En 1980 C. Sims hace una dura crítica contra estos modelos²³, centrándose en el problema de endogeneidad y la arbitrariedad para elegir a una variable como dependiente o independiente, así como también restricciones forzadas para lograr la identificación. Como resultado Sims propone el VAR como alternativa.

Desde entonces, en muchos ambientes de la investigación, los VAR han sustituido a los modelos de ecuaciones simultáneas y son usados actualmente para modelar sistemas de ecuaciones interdependientes, encontrándose múltiples extensiones al propuesto

²³ Sims (1980), "Macroeconomics and Reality".

originalmente. Por tal motivo, en este trabajo se emplea el uso de un VAR para modelar el impacto de un shock energético en la economía peruana.

5.3 Población y muestra.

Las variables utilizadas son de frecuencia trimestral y corresponden al período 2003: I-2013: IV, esto debido principalmente a las series de Política Monetaria, específicamente la tasa de referencia empieza a registrarse a partir del 2003 debido al cambio de metas monetarias a metas de inflación del BCRP. Sin embargo una buena proxy de esta variable es la tasa interbancaria, la cual está disponible a partir de 1995.

La variable actividad económica agrupa cinco variables distintas: PBI, consumo, inversión, minería metálica y manufactura no primaria. Esto con la finalidad de poder estimar el impacto del shock energético sobre la economía en general y también a los sectores más sensibles a éste según su lo discutido en el marco teórico. La disponibilidad de datos del costo marginal corresponde a partir de mayo de 1993 según las estadísticas del COES.

Finalmente se incorpora una variable control²⁴ llamada Termino de intercambio, la cual refleja el poder adquisitivo de nuestras exportaciones respecto de los productos que importamos del exterior, de esta manera capturamos nuestra situación respecto a la economía internacional, que también afecta a las variables exógenas.

5.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Se utilizan datos oficiales de diversas instituciones como el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), el Comité de Operación del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC). La fuente de información proviene principalmente de descargas de la página web cada institución, así como también de memorias institucionales y diversos informes técnicos anuales y mensuales.

²⁴ Evita una posible sobreestimación del shock de energía y también una mala especificación del modelo por variables omitidas.

5.5 Plan de análisis estadísticos de datos.

5.5.1 Modelo de Vectores Autoregresivos

Los vectores autoregresivos son la generalización de los modelos autoregresivos univariantes (AR) al caso multivariante, tienen la ventaja de incorporar mucha más información, esto para la proyección de cada variable endógena, se considera toda su historia, y también la historia de todas las otras variables que forman parte del modelo. Asimismo se consideran varias fuentes de choques como las generadoras de fluctuaciones. Usualmente se lee $VAR_k(p)$ como un VAR de “k” variables y “p” rezagos. Un VAR puede presentarse en forma estructural o reducida.

Sea el siguiente sistema simple bivariado, un $VAR_2(1)$:

$$y_t = b_{10} - b_{12}z_t + \alpha_{11}y_{t-1} + \alpha_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \quad (5.1)$$

$$z_t = b_{20} - b_{21}y_t + \alpha_{21}y_{t-1} + \alpha_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \quad (5.2)$$

Donde las variables en cuestión, y_t y z_t son estacionarias y los errores (también llamados shocks primitivos o estructurales) tienen la siguiente ley de movimiento:

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{pmatrix} = i.i.d \left(\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_y^2 & 0 \\ 0 & \sigma_z^2 \end{pmatrix} \right)$$

Es decir ε_{yt} , ε_{zt} no están correlacionados entre sí. Por lo que son “*shocks limpios*” de cada variable.

Se observa que y_t (z_t) está afectado por el valor contemporáneo y el rezago de z_t (y_t) y un rezago de sí misma. De (5.1) se observa que $-b_{12}$ es el efecto contemporáneo de z_t sobre y_t . Nótese que el shock ε_{yt} afecta indirectamente a z_t a través de $-b_{21}$; de la misma manera ε_{zt} tiene un efecto indirecto sobre y_t a través de $-b_{21}$.

Las ecuaciones (5.1) y (5.2) se les denomina *sistema estructural o primitivo* dado que y_t tiene un efecto contemporáneo sobre z_t ; y z_t tiene un efecto contemporáneo sobre y_t . Usando matrices podemos re-escribir el sistema como:

$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

Definimos:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \quad x_t = \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} \quad \tau = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{bmatrix} \quad \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

Reemplazando en (5.3):

$$Bx_t = \tau + Ax_{t-1} + \varepsilon_t$$

Pre-multiplicando por B^{-1}

$$x_t = B^{-1}\tau + B^{-1}Ax_{t-1} + B^{-1}\varepsilon_t$$

Haciendo $\phi_0 = B^{-1}\tau$ y $\phi_1 = B^{-1}A$

Adicionalmente:

$$u_t = B^{-1}\varepsilon_t \quad (5.4)$$

Finalmente tenemos:

$$x_t = \phi_0 + \phi_1 x_{t-1} + u_t \quad (5.5)$$

La cual es la versión del VAR en forma *estándar o reducida*. El VAR en forma reducida se caracteriza porque el vector de variables solo depende exclusivamente de sus rezagos y un shock. Ahora cada variable depende de todas las fuentes de fluctuaciones puesto que u_t es una combinación lineal de las fuentes de choques primarias en el modelo (ε_t). Esta información se obtiene del hecho que:

Resolviendo (5.4)

$$u_t = \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt}}{1 - b_{12}b_{21}} \\ \frac{\varepsilon_{zt} - b_{21}\varepsilon_{yt}}{1 - b_{12}b_{21}} \end{bmatrix} \quad (5.6)$$

De (4.6) se deduce que $E[u_t] = 0$ y también que:

$$\text{cov}(u_t) = E[u_t u_t'] = \Omega = \begin{vmatrix} \omega_1^2 & \omega_{12} \\ \omega_{12} & \omega_1^2 \end{vmatrix} \quad (5.7)$$

Resolviendo (5.7):

$$\Omega = \frac{1}{1-b_{12}b_{21}} \begin{vmatrix} \sigma_y^2 + b_{12}^2 \sigma_z^2 & -(b_{21} \sigma_y^2 + b_{12} \sigma_z^2) \\ -(b_{21} \sigma_y^2 + b_{12} \sigma_z^2) & \sigma_z^2 + b_{21}^2 \sigma_y^2 \end{vmatrix} \quad (5.8)$$

Se observa que $E[\mu_{it}, \mu'_{it}] \neq 0$. La covarianza entre los choques u_t no son cero, es decir estas variables no son independientes. Esto quiere decir que si u_{2t} cambia, también lo hará u_{1t} , afectado a la variable y_t . Los shocks ahora están correlacionados (no ortogonales). En general (5.8) será diagonal sí y solamente sí $b_{12} = b_{21} = 0$. Es decir, si no existen efectos contemporáneos en (5.1) y (5.2). Por lo tanto en un VAR reducido solo tendremos relaciones dinámicas, no podremos determinar las relaciones contemporáneas. Sin embargo asumir dicha igualdad es una forma simple de resolver el sistema en forma reducida, y está sujeto al fundamento teórico detrás.

Re-escribiendo (5.7)

$$\Omega = B^{-1} E[\varepsilon_{yt} \varepsilon_{zt}'] B^{-1'}$$

Las correlaciones que se observan en los choques de la representación en forma reducida contienen información sobre las relaciones contemporáneas de las variables bajo análisis. Para poder realizar proyecciones en este modelo, primero debemos estimar B , puesto que dada esta información podemos transformar los residuos de la forma reducida, que son estimables directamente en residuos ortogonales que pueden utilizarse para hacer simulaciones dinámicas. Para recuperar los errores estructurales, de (5.4) se obtiene que $\varepsilon_t = B u_t$ e imponemos restricciones a B , en este caso particular:

$$B = \begin{vmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Un modelo VAR en su **forma estructural**²⁵, permite capturar y determinar la relación de los errores estructurales, es decir, podemos obtener las relaciones contemporáneas, para ello debemos imponer restricciones, respetando la teoría económica. Una de las restricciones más usadas es la de Cholesky.

5.5.2 Especificación del Modelo Econométrico

En base a la teoría desarrollada en el anterior punto, especificaremos a continuación la relación entre las variables dependientes y sus respectivas variables explicativas y la relación del impacto del costo marginal de la energía eléctrica sobre la economía. Se seguirá el esquema de modelación de García (2012)²⁶. Un VAR se puede representar como aquellas variables que se determinan entre ellas (variables endógenas) más las que se determinan independientemente (variables exógenas), más los shocks. Según esto planteamos el siguiente modelo VAR de orden p ²⁷:

$$\Psi Y_t = C_0 + \sum_{s=1}^p \lambda_s Y_{t-s} + \sum_{s=1}^p \phi_s X_{t-s} + \varepsilon_t \quad (5.5.2)$$

Donde $Y_t = [z_t, \pi_t, \tau_t]$ es el vector de variables dependientes: z_t es la actividad económica, π_t es la inflación y τ_t es la tasa de referencia (interbancaria). El vector $X_t = [ce_t, \phi_t]$ contiene las variables exógenas del modelo donde ce_t es el costo marginal de energía eléctrica y ϕ_t , los términos de intercambio. El orden del VAR o número de rezagos está dado por p y u_t es un vector de innovaciones, o shocks sin autocorrelación.

La variable z_t , que mide la actividad económica, tomará en este caso diversas variables. Para nuestro propósito emplearemos el PBI, el consumo y la inversión; y a nivel sectorial se emplearán la minería metálica y la manufactura no primaria. Es decir estimaremos cinco veces el modelo, manteniendo constante las demás variables.

²⁵ Los choques de la forma reducida son una combinación lineal de los choques estructurales

²⁶ *Impacto del Costo de Energía Eléctrica en la Economía Chilena: Una Perspectiva Macroeconómica*

²⁷ Esta presentación del VAR, usualmente se le conoce también como VARX, ya que incorpora a priori variables exógenas al modelo.

La ecuación (5.5.2) establece que las variables macroeconómicas antes mencionadas y el precio de la energía están mutuamente relacionados. La matriz ψ mide los efectos contemporáneos entre las variables macro (actividad, inflación y tasa de referencia) que a su vez dependen de sus propios rezagos, capturados por la matriz λ_s , y también de los rezagos de las variables exógenas X_t medidos por la matriz ϕ_s . Finalmente la matriz C_0 representa los interceptos y ε_t , los shocks de las variables exógenas. En este caso simularemos un shock energético asociado a un incremento del costo marginal de energía eléctrica.

5.5.3 Medición del Impacto.

Para poder medir el impacto del shock energético en nuestro modelo creamos un escenario de estrés donde asumimos que el costo marginal de electricidad crece a una tasa constante del 20% durante 8 trimestres consecutivos²⁸, es decir, estresamos la serie del costo marginal en los últimos 2 años.

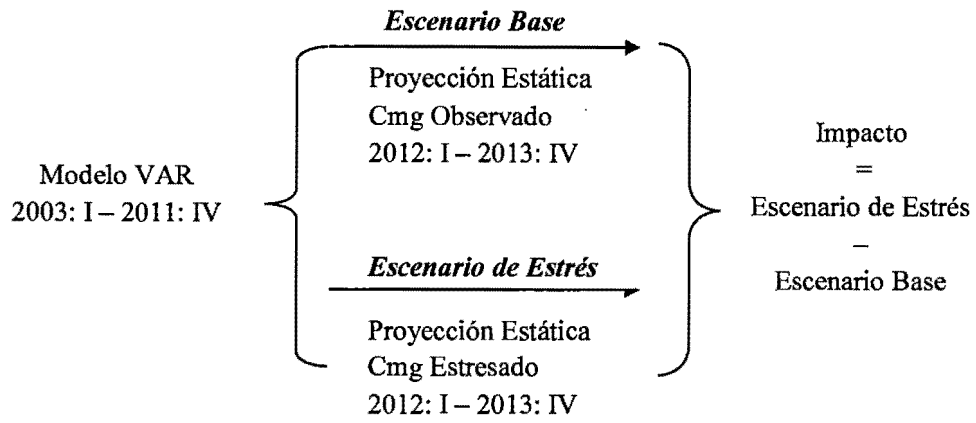
La estrategia para estimar el impacto es la usada por García (2012) y propuesta por Hamilton (2009). Se estima (5.5.2) por M.C.O cortando la muestra desde el período 2003: I²⁹ hasta el 2011: IV. Luego se hace una proyección estática (condicionada a los valores observados de las variables exógenas) para el período 2012: I - 2013: IV. A este cálculo se le denomina: "Escenario Base". Posteriormente se repite el ejercicio pero proyectando con la serie estresada. A este cálculo lo llamamos: "Escenario de Estrés".

Finalmente medimos el impacto como la diferencia entre ambos escenarios, como ilustra el siguiente esquema:

²⁸ El estrés de 20% es el promedio histórico de las variaciones porcentuales bienales (8 trimestres consecutivos) del costo marginal para alcanzar un rendimiento aproximado al percentil 95 de la serie histórica. Esta manera de estresar se le conoce como un Value at Risk (VaR) histórico.

²⁹ Se considera el período inicial de la estimación dado que en esa fecha existió un cambio de régimen de la política monetaria adoptando el esquema de metas de inflación.

Esquema 5.1 Medición del Impacto



VI. Conclusiones

En esta sección se presenta la estimación del impacto de un aumento persistente del precio de la electricidad al 20% por 8 trimestres consecutivos sobre las principales variables macroeconómicas. Para ello se estimó (5.5.2) en su forma reducida lo cual implica imponer una restricción para identificar el modelo³⁰.

Las estimaciones mostradas son concernientes a las variables endógenas, es decir al vector Y_t , y en particular a la actividad económica (z_t). Dichos resultados se muestran en el cuadro 6.1 donde se puede apreciar la magnitud del impacto sobre las variables PBI, Inflación, Consumo, Inversión, Minería y Manufactura para cada trimestre respectivo. Estas estimaciones están expresadas en porcentajes y representan las variaciones del escenario de estrés respecto al escenario base.

Cuadro N° 6.1
Impacto del Shock Energético
Variación porcentual del escenario de estrés respecto al escenario base

	PBI	Inflación	Consumo	Inversión	Minería	Manufactura
2012.1	-0.02%	0.09%	-0.25%	-0.18%	-0.06%	-0.16%
2012.2	-0.05%	0.16%	-0.44%	-0.41%	-0.1%	-0.32%
2012.3	-0.11%	0.21%	-0.56%	-0.74%	-0.13%	-0.49%
2012.4	-0.15%	0.27%	-0.7%	-1.06%	-0.16%	-0.67%
2013.1	-0.18%	0.58%	-1.39%	-1.61%	-0.29%	-1.24%
2013.2	-0.39%	0.75%	-1.72%	-2.82%	-0.33%	-1.82%
2013.3	-0.57%	0.85%	-1.93%	-3.85%	-0.38%	-2.24%
2013.4	-0.68%	0.87%	-1.95%	-4.49%	-0.39%	-2.42%

Fuente: Elaboración Propia.

³⁰ Se impuso una restricción de Cholesky. Ver Anexo 6.

Se observa que para todas las variables, a excepción de la inflación, existe un claro efecto contractivo. El PBI cae hasta en 0.68% en el último trimestre. Se ha estimado que, en promedio, el crecimiento trimestral del PBI se resiente en un 0.27%.

Del mismo modo, el consumo y la inversión, muestran una caída progresiva en todos los períodos proyectados. Sin embargo el impacto es mayor para la inversión, llegando a contraerse hasta 4.49% en el último período del shock. Resulta interesante notar que la actividad económica cae de manera progresiva conforme pasan los trimestres, al respecto, la teoría dice que el shock energético tiene un efecto directo y negativo sobre el ingreso disponible (Pyndic & Rotmeberg, 1983), lo que ocasiona una caída en el consumo y la inversión.

A nivel sectorial, la manufactura no primaria, la cual involucra un conjunto de actividades no extractivas, es el sector económico que mayor absorbe el impacto, contrayéndose en promedio, 1.17% trimestral. Este efecto era previsible dado que, según lo discutido en el planteamiento del problema, dicho sector consume alrededor del 27% del consumo nacional de electricidad.

El impacto en la minería metálica es en promedio 0.23% trimestral, menor incluso que la manufactura. Esto se debe principalmente a que las mineras establecen contratos directos con las empresas generadoras, con lo cual acceden a un precio que está por debajo del costo marginal. Adicionalmente, una parte importante del financiamiento de este sector no depende del sistema financiero tradicional (en particular las grandes mineras cotizan en bolsa y obtienen financiamiento internacional) y por lo tanto, la política monetaria es débil para afectarla a través del crédito bancario nacional mediante tasa de referencia.

Con respecto a la inflación, se estima la inflación extra por el aumento del precio de la electricidad en relación al escenario base. Esto significa un aumento promedio trimestral de 0.47%.

A su vez, también se presentan los siguientes gráficos que muestran el crecimiento de las series mencionadas anteriormente en el escenario base y durante el estrés. De esta manera vemos claramente el comportamiento de las series cuando sufren el shock energético.

Gráfico N° 6.1
Respuesta de la tasa de crecimiento del PBI al shock energético

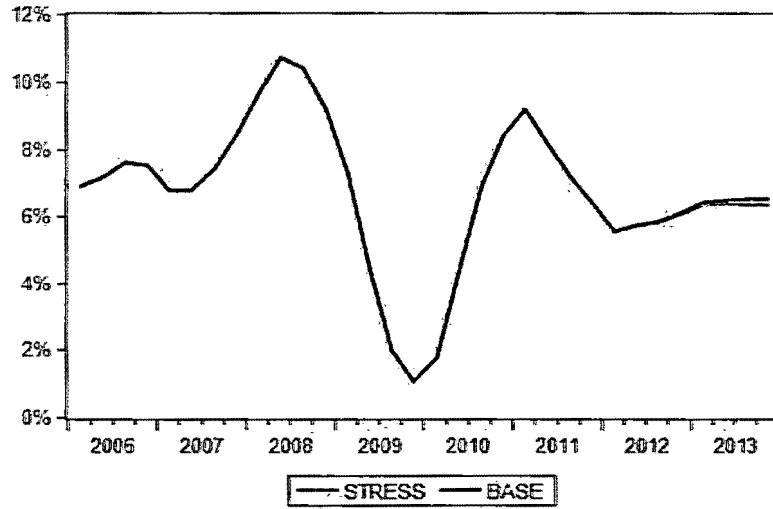


Gráfico N° 6.2
Respuesta de la tasa de crecimiento de la Inflación al shock energético

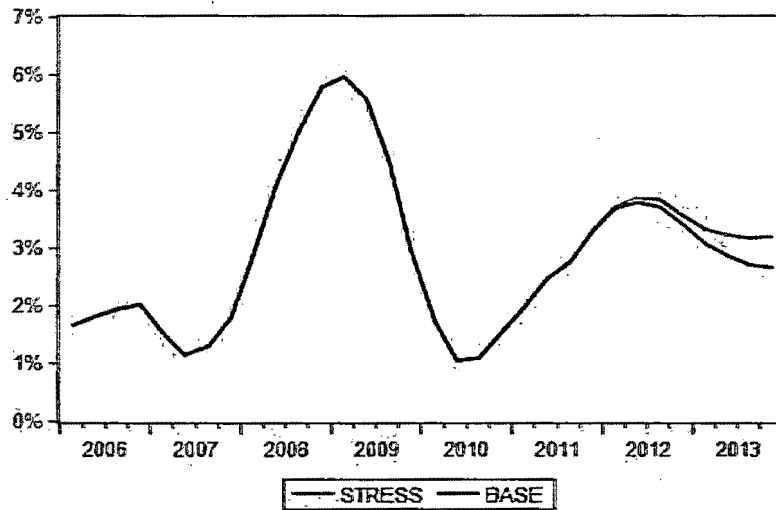


Gráfico N° 6.3
Respuesta de la tasa de crecimiento del Consumo al shock energético

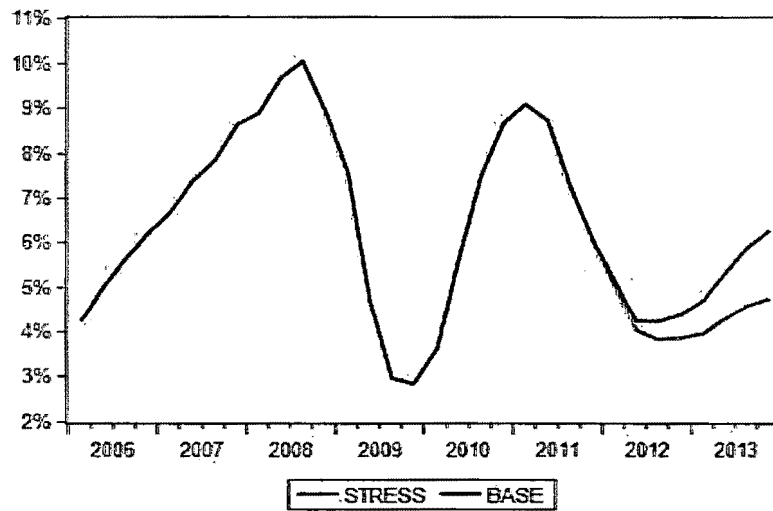


Gráfico N° 6.4
Respuesta de la tasa de crecimiento de la Inversión al shock energético

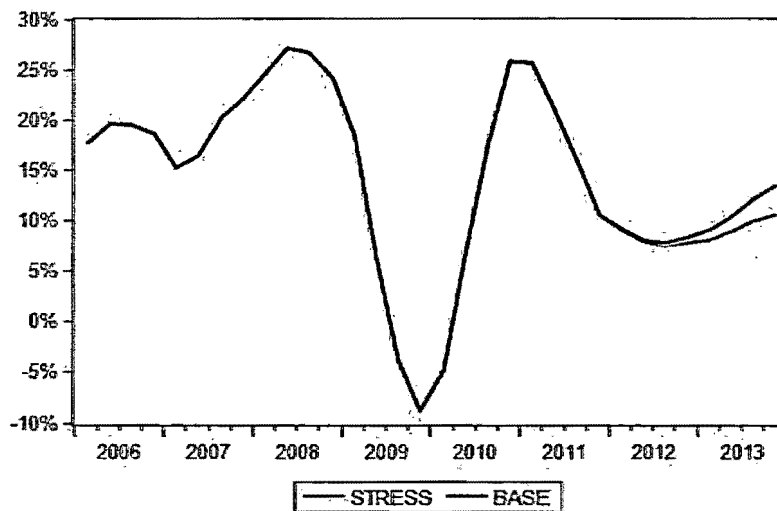


Gráfico N° 6.5

Respuesta de la tasa de crecimiento de la Minería Metálica al shock energético

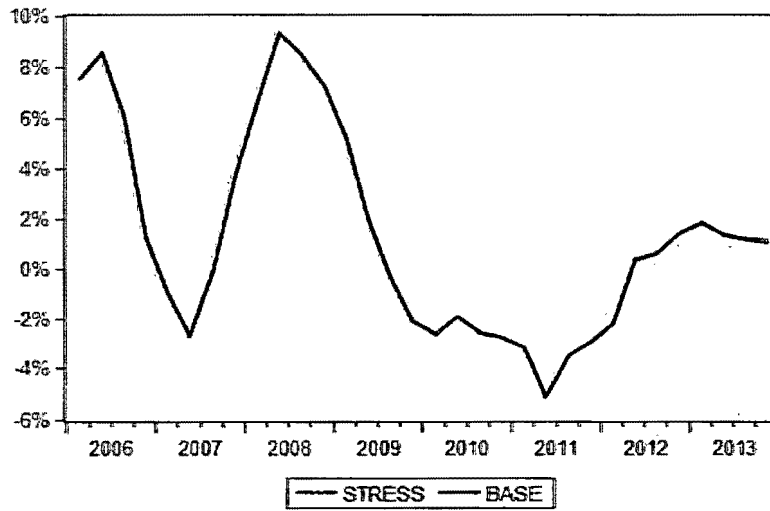
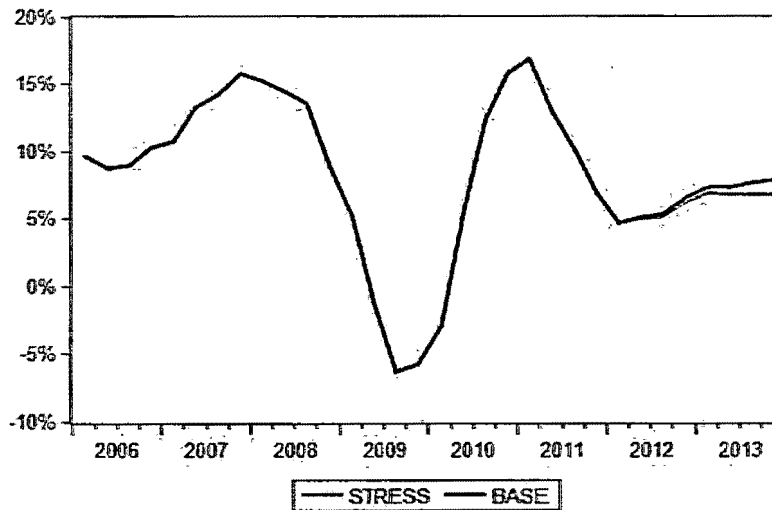


Gráfico N° 6.6

Respuesta de la tasa de crecimiento de la Manufactura No Primaria al shock energético



VII. Recomendaciones

El propósito de esta investigación ha sido estimar el impacto macroeconómico que puede generar un shock energético producido por un incremento persistente del costo de la energía eléctrica. Este incremento tiene un efecto directo sobre el ingreso disponible lo que ocasiona una caída del producto y también del consumo y la inversión. Por añadidura, si el shock es fuerte, eleva el nivel de precios de la economía, magnificándose aún más su impacto. Finalmente esto conlleva a una respuesta de política monetaria aumentando la tasa de referencia para mantener el rango meta de inflación.

Evidentemente, los resultados confirman lo establecido por la teoría: el shock energético es claramente contractivo. En particular se estimó una reducción de 21 puntos básicos³¹ en la tasa de crecimiento del PIB, lo que puede frenar en cierto punto la dinámica sostenida en los últimos años.

Nuestra economía es susceptible a un shock de esta naturaleza en el corto plazo. Sin duda, la problemática del sector eléctrico es extensa pero si nos preguntáramos ¿Cuáles son las implicancias de estos resultados a nivel de políticas energéticas? Básicamente es importante una mayor agilización de los proyectos de generación eléctrica, así como también los proyectos de transmisión. En ese sentido las recomendaciones de esta investigación van en línea con las de trabajos como José Gallardo (2005) y Defilippi, et al (2013); quienes advierten una creciente intervención del Estado en el sector energético que deteriora el clima de inversión.

³¹ Un punto básico es 0.01%, de manera que se necesitan 100 puntos básicos para un punto porcentual.

VIII. Referencias Bibliográficas

- [1] AMISANO, Gianni & GIANNINI, Carlo. **Topics in Structural VAR Econometrics**. Second Edition. Berlin: Springer. 1997
- [2] BARRERA, Carlos. **¿Respuesta asimétrica de precios domésticos de combustibles ante choques en el WTI?** Banco Central de Reserva del Perú. Working Paper Series. DT. N° 2010-016. Diciembre 2010.
- [3] BERNANKE, Ben; GERTLER, Mark & WATSON, Mark. **Systematic Monetary Policy and the Effects of Oil Price Shocks**. Brookings Papers on Economic Activity. Volumen 28 (01). Pgs: 91-157. Junio 1997.
- [4] BLÜMEL, Gonzalo.; DOMPER, María. & ESPINOZA, Ricardo. **Crecimiento Económico, Precios de la Energía e Innovación Tecnológica**. Libertad y Desarrollo. Serie Informe Económico N° 206. Junio 2010.
- [5] BURDBIDGE, John. & HARRISON, Alan. **Testing for the effects of oil-price rises using vector autoregressions**. International Economic Review. Volumen 25 (2). Pgs: 459-484. Junio 1984
- [6] BROWN, Stephen & YÜCEL, Mine. **Energy Prices and Aggregate Economic Activity: An Interpretative Study**. The Quarterly Review of Economic and Finance. Volumen 42 (2). Pgs 193-208. Verano 2002.
- [7] CASTILLO, Paul; MONTORO, Carlos & TUESTA, Vicente. **Inflation, Oil Price Volatility and Monetary Policy** Banco Central de Reserva del Perú. Working Paper Series. DT. N° 2010-002. Enero 2010.
- [8] COMITÉ DE OPERACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL (COES-SINAC). **Informe de Diagnóstico de las Condiciones Operativas del SEIN, Período 2015-2024**. Informe COES / DP 01-2013. Lima 2013.
- [9] COMITÉ DE OPERACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL (COES-SINAC). **Boletín Mensual Diciembre 2013. B-SGL-1213**. Lima 2013.
- [10] DAMMERT, Alfredo; MOLINELLI, Fiorella & CARBAJAL, Max. **Fundamentos Técnicos y Económicos del Sector Eléctrico Peruano**. OSINERGMIN. Lima 2011.

- [11] DEFILIPPI, Enzo; PAREDES, Carlos & VERA, Rafael. **Mercado Eléctrico en el Perú: Balance de corto plazo y agenda pendiente.** Instituto del Perú. Universidad San Martín de Porres. Cuadernos de Investigación N° 18. Marzo 2013.
- [12] ENDERS, Walter. **Applied Econometric Time Series.** Second Edition. New York... John Wiley & Sons, Inc. 1995.
- [13] GARCÍA, Carlos. **Impacto del Costo de la Energía Eléctrica en la Economía Chilena: Una Perspectiva Macroeconómica.** ILADES-Georgetown University, Universidad Alberto Hurtado/School of Economics and Business. Working Papers. N° Inv 281. Junio 2012.
- [14] GARCÍA, E. (2013) **Perú requiere US\$ 26,500 Mills para asegurar abastecimiento de energía.** Diario Gestión. Economía. Consulta: 25/06. <http://gestion.pe/economia/peru-requiere-us-26500-mills-asegurar-abastecimiento-energia-2069487?utm_source=gestion&utm_medium=mailing&utm_campaign=newsletter_2013_06_25>
- [15] GARCÍA, Alvaro & PINCHEIRA, Pablo. **Oil Shocks and Inflation The Case of Chile and a Sample of Industrial Countries.** Banco Central de Chile. Working Paper Series. N°413. Marzo 2007
- [16] GOODFRIEND, Marvin & KING, Robert. **The New Neoclassical Synthesis and the Role of Monetary Policy.** Federal Reserve Bank of Richmond. Working Paper 98-05. Junio 1997
- [17] HAMILTON, James. **Oil and the Macroeconomy since World War II.** The Journal of Political Economy. Volumen 91 (02). Pgs: 228-248. Abril 1983
- [18] HAMILTON, James. **Oil and the Macroeconomy.** The New Palgrave Dictionary of Economics. Second Edition. Agosto 2005.
- [19] HAMILTON, James. **Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007 08".** Brookings Papers on Economic Activity. Volumen 40 (01). Pgs: 215-283. Mayo 2009.
- [20] HOGAN, William. **Capital-Energy Complementarity in Aggregate Energy-Economic Analysis.** Energy Modeling Forum. Volumen 2 (01). Pgs: C1-C23. September 1977.
- [21] KILIAN, Lutz. **The Economic Effects of Energy Price Shocks...** Journal of Economic Literature. Volumen 46 (04). Pgs: 871-909. Noviembre 2007.

- [22] MEDINA, Juan & SOTO, Claudio. **Oil Shocks and Monetary Policy in an Estimated DSGE Model for a Small Open Economy.** Banco Central de Chile. Working Paper Series. N° 353. Diciembre 2005.
- [23] Ministerio de Energía y Minas. **Documento Promotor del Subsector Electricidad 2012.** Lima 2012
- [24] Ministerio de Energía y Minas. **Balance Nacional de Energía 2010.** Lima 2010.
- [25] MONTORO, Carlos. **Oil Shocks and Optimal Monetary Policy** Banco Central de Reserva del Perú. Working Paper Series. DT. N° 2007-010. Agosto 2007.
- [26] MORIK, Knut. **Business Cycles and the Oil Market.** The Energy Journal. Volumen 15. Edición Especial. Pgs: 19-38. Enero 1995.
- [27] PENDERSEN, Michael & RICUARTE, Miguel. **Efectos de Shocks al Precio del Petróleo sobre la Economía de Chile y sus Socios Comerciales.** Banco Central de Chile. Working Papers Series. N° 691. Junio 2013.
- [28] PIERCE, James & ENZLER, Jared. **The Effects of External Inflationary Shocks.** Brookings Papers on Economic Activity. Volumen 5 (01). Pgs: 13-62. Enero 1974.
- [29] PINDYCK, Robert. & ROTEMBERG, Julio. **Energy Price Shocks and Macroeconomic Adjustments.** Natural Resources Journal. Volumen 24 (02). Pgs.277–296. Abril 1984.
- [30] RASCHE & TATOM. **The Effects of the New Energy Regime on Economic Capacity, Production, and Prices.** Federal Reserve Bank of St. Louis. Pgs: 2-12. Mayo 1977.
- [31] ROTEMBERG, Julio & WOODFORD, Michael. **Imperfect Competition and the effects of energy price increases on economic activity.** Journal of Money, Credit & Banking. Volumen 28 (04). Pgs 549-577. Junio 1996.
- [32] SAUNDERS, Harry. **The Macrodynamics of Energy Shocks, Short and Long Run.** Energy Economics. Volumen 6 (01). Pgs: 21-34. Enero 1984.
- [33] SIMS, Christopher. (1980) **Macroeconomics and Reality.** Econometrica. Volumen 48 (01). Pgs 1-48. Enero 1980.

- [34] STERN, David. **A Multivariate Cointegration Analysis of the Role of Energy in the US Macroeconomy.** Energy Economics. Volumen 22(02). Pgs: 267-283. Abril 2000.
- [35] STOCK, James & WATSON, Mark. **Vector Autoregressions the Journal of Economics Perspectives.** Volumen 15 (04). Pgs: 101-115. Julio 2001.
- [36] VAN DE KLUNDERT, Theo. **The Energy Problem in a Small Open Economy.** Journal of Macroeconomics. Volumen 5 (02). Pgs: 211-222. Primavera 1984.
- [37] Zimmermann, Guido. **Optimal Monetary Policy: A New Keynesian View.** The Quarterly Journal of Austrian Economics. Volumen 6 (01). Pgs: 61-72. Invierno 2003.

IX. Anexos

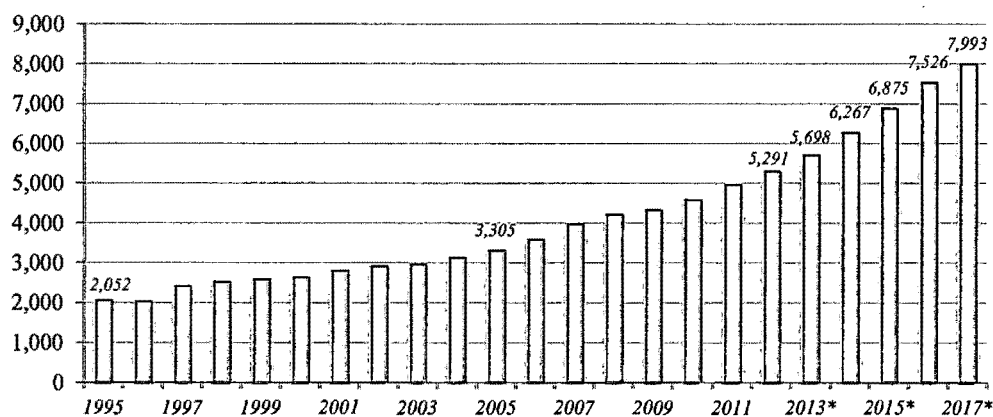
Anexo N° 1
Generación Eléctrica según tipo
2013

Tipo de Generación	Gw.h	Porcentaje
Hidráulica	20,552	51.8%
Gas Natural de Camisea	16,313	41.1%
Gas Natural de Aguaytía	391	1.0%
Gas Natural de Malacas	133	0.3%
Gas Natural de La Isla	192	0.5%
Carbón	837	2.1%
Residual 500	130	0.3%
Residual 6	5	0.0%
Diesel 2	117	0.3%
RER	999	2.5%
Total	39,669	100.0%

Fuente: COES-SINAC

RER: Recursos Energéticos Renovables

Anexo N° 2
Evolución de la Máxima Demanda (MV)
1995-2017*



Fuente: MEM-COES

* Proyectado

Anexo N° 3
Consumo Final de Electricidad por Sectores, 2009

Sector	TJ	Porcentaje
Residencial	26,211	24.5%
Comercial	20,588	19.3%
Público	1,435	1.3%
Agropecuario y agroindustrial	1,874	1.8%
Pesca	806	0.8%
Transporte	0	0.0%
Minería Metalúrgica	27,411	25.7%
Industrial	28,527	26.7%
Total	106,852	100.0%

Fuente: BNE-MEM.
Elaboración Propia.
TJ: Terajouls.

Anexo N° 4
Principales Proyectos de Generación Eléctrica 2013-2016

Central	Mes	Potencia (MV)			
		2013	2014	2015	2016
CT. Mollendo - Emergencia	enero	60	0	0	0
CH. Huanza	marzo	90.6	90.6	90.6	90.6
Reserva Fría - Planta Talara Dual D2/ Gas Natural	abril	183	183	183	183
CH. Las Pizarras	abril	18	18	18	18
CT. Fenix - TG1+TG2+TV (Ciclo Combinado)	junio	534	534	534	534
Reserva Fría - Turbo Gas Dual D2/Gas Natural - Sur	octubre	460	460	460	460
CT. Santo Domingo de los Olleros - TG1	octubre	197.6	197.6	197.6	197.6
CT. Piura - Emergencia	octubre	80	0	0	0
Central Eólica Cupisnique	noviembre	80	80	80	80
Central Eólica Talara	noviembre	30	30	30	30
CH. Manta	diciembre	19.8	19.8	19.8	19.8
Central Eólica Marcona	enero	0	32	32	32
CH. Tingo	enero	0	8.8	8.8	8.8
Reserva Fría - Turbo Gas Dual D2/Gas Natural - Norte	junio	0	219	219	219
CH. Santa Teresa	julio	0	98.1	98.1	98.1
CH. Pelagatos	julio	0	20	20	20
CH. San Marcos	julio	0	11.9	11.9	11.9
CH. Quitanacsa	noviembre	0	112	112	112
CH. Machupicchu	diciembre	0	99.9	99.9	99.9
CH. Muchapata	diciembre	0	8.1	8.1	8.1
CH. Cheves	enero	0	0	168	168
Parque Eólico Tres Hermanas	enero	0	0	90	90
CH. Runatullo III	enero	0	0	20	20
CH. RenovAndes H1	enero	0	0	20	20
CH. Rucuy	enero	0	0	20	20
CH. 8 de Agosto	enero	0	0	19	19
CH. Vilcanota 2	enero	0	0	19	19
CH. Runatullo II	enero	0	0	17.6	17.6
Central Solar Moquegua FV	enero	0	0	16	16
CH. Charapata III	enero	0	0	12.8	12.8
CH. Huatziroki I	enero	0	0	11.1	11.1
Reserva Fría - Dual Planta Pucallpa	marzo	0	0	40	40
Reserva Fría - Dual Planta Puerto Maldonado	marzo	0	0	18	18
CH. Chaglla	julio	0	0	456	456
CH. Tulumayo V	julio	0	0	65	65
CH. Tulumayo IV	julio	0	0	40	40
CH. Angel III	julio	0	0	20	20
CH. Chanchay	julio	0	0	19.2	19.2
CH. Cola 1	julio	0	0	10.4	10.4
CH. Zaña	octubre	0	0	13.2	13.2
CH. Cerro del Águila	enero	0	0	0	525
CH. La Virgen	febrero	0	0	0	64
CH. Chancay 2	marzo	0	0	0	40
CH. Pucará	octubre	0	0	0	149.8
CH. Quillabamba - 4 TGs - 50MW - Gas Natural	diciembre	0	0	0	200

Fuente: COES-SINAC.

Anexo N° 5
Efectos de un Shock de Precios Energéticos

Efectos

Implicaciones de política

I. Efectos Directos

1. Reducción del ingreso nacional real. La magnitud depende de la participación de la energía y su elasticidad de demanda.
2. Caída en el corto plazo del gasto de inversión. El comportamiento de la demanda de factores en el tiempo depende del patrón de cambio de precios y si logra ser anticipado.
3. El PBI real no cambia si la demanda por energía es precio-inelástica y los factores de familia son ofertados inelásticamente. De lo contrario el PBI real cae.
4. En general, el salario real disminuye. Teóricamente es posible que suba si (a) la sustitución de los factores es muy fuerte, o (b) una gran caída de la oferta de trabajo, por ejemplo, los trabajadores sustituyen ocio por trabajo.

La política económica no puede reducir este efecto. Sin embargo, para mantener la participación de gobierno fija, el gasto de gobierno debería disminuir considerablemente

II. Efectos de Ajuste

(Asume una caída en salario real en (4).)

5. Alza de la inflación en el corto plazo. Será mayor si es mayor la reducción del ingreso real y mientras más elástica sea la demanda por dinero con respecto a cambios en el ingreso real.
6. Si el salario real es rígido, el producto cae más en el corto plazo, y cae el empleo.
7. Si el salario nominal es rígido, la inflación reduce los salarios reales.
 - (a) Si el salario real cae más de lo que debería en ausencia de rigidez, entonces el producto se reduce menos.
 - (b) Si el salario real cae menos que en ausencia de rigidez, el producto cae más.
8. Si los precios de bienes no-energéticos son rígidos y:
 - (a) Aumentan menos de lo que deberían en ausencia de rigidez, el producto cae menos.
 - (b) Aumentan más que en ausencia de rigidez, el producto cae más.

Los efectos inflacionarios son inevitables. No responder con una política monetaria contractiva severa.

Reducir la importancia del valor de impuestos. Usar incentivos de impuestos para estimular la inversión.

Contraer la oferta monetaria.

Expandir la oferta monetaria.

Contraer la oferta monetaria.

Expandir la oferta monetaria.

Dado que 7(a) vs 7(b) y 8(a) vs 8(b) son empíricamente temas sin resolver, el crecimiento de dinero debería mantenerse estable.

III. MERCADO ENERGÉTICO

9. El control de precios transformará el shock de precios a un shock cuantitativo, que tendrá un peor impacto económico.
10. Los efectos de ajustes macroeconómicos añaden una prima social al valor del barril del petróleo.

Evitar el uso de control de precios y/o esquemas de asignación.

Imponer una tarifa para el petróleo importado. Escalonar tarifas gradualmente en 2 o 3 años.

Fuente: Pyndick & Rotemberg (1983)

Anexo 6
Derivación del modelo

Desagregando la ecuación (4.5.2),

$$\Psi Y_t = C_0 + \sum_{s=1}^p \lambda_s Y_{t-s} + \sum_{s=1}^p \phi_s X_{t-s} + \varepsilon_t$$

tenemos un VAR₅(1)³²:

Variables Endógenas:

$$\pi_t = C_{10} - \psi_{12}z_t - \psi_{13}\tau_t - \psi_{14}ce_t - \psi_{15}g_t + \lambda_{11}\pi_{t-1} + \lambda_{12}z_{t-1} + \lambda_{13}\tau_{t-1} + \phi_{11}ce_{t-1} + \phi_{12}g_{t-1} + \varepsilon_\pi$$

$$\tau_t = C_{20} - \psi_{21}z_t - \psi_{23}\pi_t - \psi_{24}ce_t - \psi_{25}g_t + \lambda_{21}\tau_{t-1} + \lambda_{22}z_{t-1} + \lambda_{23}\pi_{t-1} + \phi_{21}ce_{t-1} + \phi_{22}g_{t-1} + \varepsilon_\tau$$

$$z_t = C_{30} - \psi_{31}\tau_t - \psi_{32}\pi_t - \psi_{34}ce_t - \psi_{35}g_t + \lambda_{31}z_{t-1} + \lambda_{32}\tau_{t-1} + \lambda_{33}\pi_{t-1} + \phi_{31}ce_{t-1} + \phi_{32}g_{t-1} + \varepsilon_z$$

Variables Exógenas:

$$ce_t = C_{40} - \psi_{41}z_t - \psi_{42}\pi_t - \psi_{43}\tau_t - \psi_{45}g_t + \lambda_{41}z_{t-1} + \lambda_{42}\pi_{t-1} + \lambda_{43}\tau_{t-1} + \phi_{31}ce_{t-1} + \phi_{32}g_{t-1} + \varepsilon_{ce}$$

$$g_t = C_{50} - \psi_{51}z_t - \psi_{52}\pi_t - \psi_{53}\tau_t - \psi_{55}ce_t + \lambda_{51}z_{t-1} + \lambda_{52}\pi_{t-1} + \lambda_{53}\tau_{t-1} + \phi_{31}ce_{t-1} + \phi_{32}g_{t-1} + \varepsilon_g$$

Ordenando en forma de matriz y asignando valores a los coeficientes según (3.1):

$$\begin{pmatrix} 1 & \psi_{12} & \psi_{13} & 0 & 0 \\ \psi_{21} & 1 & \psi_{23} & 0 & 0 \\ \psi_{31} & \psi_{32} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \pi_t \\ \tau_t \\ z_t \\ ce_t \\ g_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{10} \\ C_{20} \\ C_{30} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \lambda_{13} & 0 & 0 \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \lambda_{23} & 0 & 0 \\ \lambda_{31} & \lambda_{32} & \lambda_{33} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \pi_{t-1} \\ \tau_{t-1} \\ z_{t-1} \\ ce_{t-1} \\ g_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_\pi \\ \varepsilon_\tau \\ \varepsilon_z \\ \varepsilon_{ce} \\ \varepsilon_g \end{pmatrix}$$

Hacemos: $\begin{pmatrix} \pi_t \\ \tau_t \\ z_t \\ ce_t \\ g_t \end{pmatrix} = W_t$; y los choques limpios o estructurales $\begin{pmatrix} \varepsilon_\pi \\ \varepsilon_\tau \\ \varepsilon_z \\ \varepsilon_{ce} \\ \varepsilon_g \end{pmatrix} = \varepsilon_t$ tenemos:

$$\Psi W_T = C + \Gamma W_{T-1} + \varepsilon_t \quad (*)$$

La distribución de ε_t viene dado por:

$$\varepsilon_t \sim (0, \Omega)$$

$$\text{Donde: } \Omega = \begin{pmatrix} \sigma_\pi^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_\tau^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_z^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_{ce}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_g^2 \end{pmatrix}$$

Es decir son choques con media cero y sin correlación entre ellos.

³² Vector autoregresivo de orden 1 y con 5 variables. Los criterios de información indicaron un rezago óptimo.

De (*) pre-multiplicamos por A^{-1} para obtener el VAR en forma reducida:

$$W_T = \Psi^{-1}C + \Psi^{-1}\Gamma W_{T-1} + \Psi^{-1}\varepsilon_t$$

Calculamos los choques en forma reducida (e_t):

$$e_t = \Psi^{-1}\varepsilon_t \quad (i)$$

$$e_t = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} \psi_{32}\psi_{23} - 1 & -(\psi_{12} - \psi_{32}\psi_{13}) & \psi_{23}\psi_{12} - \psi_{13} & 0 & 0 \\ -(\psi_{21} - \psi_{31}\psi_{23}) & 1 - \psi_{31}\psi_{13} & -(\psi_{23} - \psi_{21}\psi_{13}) & 0 & 0 \\ \psi_{32}\psi_{21} - \psi_{31} & -(\psi_{32} - \psi_{31}\psi_{12}) & 1 - \psi_{21}\psi_{12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \varepsilon_\pi \\ \varepsilon_\tau \\ \varepsilon_z \\ \varepsilon_{ce} \\ \varepsilon_g \end{vmatrix}$$

Donde $\Delta = \det(\Psi)$

Finalmente:

$$e_t = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} (\psi_{32}\psi_{23} - 1)\varepsilon_\pi - (\psi_{12} - \psi_{32}\psi_{13})\varepsilon_\tau + (\psi_{23}\psi_{12} - \psi_{13})\varepsilon_z \\ -(\psi_{21} - \psi_{31}\psi_{23})\varepsilon_\pi + (1 - \psi_{31}\psi_{13})\varepsilon_\tau - (\psi_{23} - \psi_{21}\psi_{13})\varepsilon_z \\ (\psi_{32}\psi_{21} - \psi_{31})\varepsilon_\pi - (\psi_{32} - \psi_{31}\psi_{12})\varepsilon_\tau + (1 - \psi_{21}\psi_{12})\varepsilon_z \\ \varepsilon_{ce} \\ \varepsilon_g \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \end{vmatrix}$$

Se deduce que

$$e_t \sim (0, \Sigma)$$

Donde:

$$\Sigma = E[e_t e_t'] = \begin{vmatrix} var(e_1) & cov(e_1, e_2) & cov(e_1, e_3) & cov(e_1, e_4) & cov(e_1, e_5) \\ & var(e_2) & cov(e_2, e_3) & cov(e_2, e_4) & cov(e_2, e_5) \\ & & var(e_3) & cov(e_3, e_4) & cov(e_3, e_5) \\ & & & var(e_4) & cov(e_4, e_5) \\ & & & & var(e_5) \end{vmatrix}$$

Es decir, estos shocks reducidos se encuentran correlacionados entre sí.

A partir de aquí se estima el modelo en forma reducida, pero habrá primero que imponer una restricción para identificarlo. En este caso se opta por una restricción tipo Cholesky en la matriz de efectos contemporáneos (Ψ), en particular sobre su inversa (Ψ^{-1}), lo que implica hacerla triangular inferior.

Sin embargo, en el programa Eviews esto no se puede hacer directamente ya que el programa parte de una especificación del VAR tipo *modelo AB*. (Amisano & Giannini, 1997). Lo que implica hacer una combinación lineal del shock reducido, tal que se cumpla:

$$Ae_t = B\mu_t$$

Donde:

$$E[\mu_t \mu_t'] = I, \text{ y } A \Sigma A' = B B'$$

De (i):

$$e_t = \Psi^{-1} \varepsilon_t$$

Pre-multiplicamos por A:

$$A e_t = A \Psi^{-1} \varepsilon_t = B \mu_t$$

Pre-multiplicamos por B⁻¹:

$$\mu_t = B^{-1} A \Psi^{-1} \varepsilon_t$$

Se observa que este nuevo shock (μ_t), es una combinación lineal del shock estructural (ε_t). Lo que hace la pre-multiplicación de B⁻¹ A es afectar la matriz Ψ^{-1} de tal manera que sea triangular inferior. Para ello se especifica en Eviews las restricciones para las variables endógenas³³, en nuestro caso son tres:

$$A = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{vmatrix}, \quad B = \begin{vmatrix} b_{11} & 0 & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} \end{vmatrix}$$

$$A e_t = B \mu_t$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} b_{11} & 0 & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{vmatrix}$$

$$e_1 = b_{11} u_1$$

$$e_2 = -a_{21} e_1 + b_{22} u_2$$

$$e_3 = -a_{31} e_1 - a_{32} e_2 + b_{33} u_3$$

³³ El programa Eviews solo considera restricciones en variables endógenas ya que las exógenas, por definición, no dependen de ninguna otra variable o shock.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Metodología	Variables e Indicadores
<p>Problema Principal</p> <p>El posible escenario de un descalce entre la demanda eléctrica y la oferta de generación eficiente (centrales en base a agua y gas) en el corto plazo, con lo cual entrarían a operar centrales térmicas de alto coste para cubrir la demanda. Esto ocasionaría un incremento importante del costo de generación eléctrica (shock energético) de manera continua en los próximos años.</p> <p>Problemas Secundarios</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Desaceleración de la economía b) Posible incremento de la inflación. c) La minería metalúrgica y la industria son los sectores más afectados. 	<p>Objetivo General</p> <p>Analizar el impacto de un shock energético producido por un fuerte incremento del costo de la electricidad sobre la economía peruana.</p> <p>Objetivo Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Explicar el canal de transmisión de un shock energético sobre la economía. b) Identificar los sectores económicos más sensibles a un fuerte incremento del costo de la electricidad. c) Estimar el impacto del shock energético sobre las principales variables macroeconómicas 	<p>Hipótesis General</p> <p>Un shock energético en la economía peruana tiene un impacto negativo y directo sobre la actividad económica.</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>Correlacional.</p> <p>Diseño de Investigación</p> <p>No experimental, longitudinal y de tendencia.</p> <p>Población y muestra</p> <p>Las variables utilizadas son de frecuencia trimestral y corresponden al período 1993: III 2013: IV</p>	<p>Variables dependientes</p> <p>Actividad Económica.</p> <p>Indicadores: PBI, Inversión, Consumo, Minería Metálica e Industria.</p> <p>Inflación.</p> <p>Indicadores: Índice de Precios al Consumidor (IPC)</p> <p>Política Monetaria.</p> <p>Indicadores: Tasa de interés de referencia / interbancaria.</p> <p>Variables independientes</p> <p>Costo de la electricidad.</p> <p>Indicador: Costo marginal de generación eléctrica.</p> <p>Términos de Intercambio.</p> <p>Indicador: Índice de Términos de Intercambio.</p>