



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA

CARRERA DE ECONOMÍA

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Economista.

Tema:

“La importancia del sector eléctrico en el Ecuador, el nexo entre el consumo de energía eléctrica y crecimiento económico en el contexto de un país petrolero.”

Autor: Espinosa Alarcón, José Fabián

Tutora: Eco. Vásquez Gavilanes, Lidia Rosario

Ambato – Ecuador

2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Eco. Lidia Rosario Vásconez Gavilanes, con cédula de ciudadanía N° 180161529-3, en mi calidad de Tutora del proyecto de investigación referente al tema: **“LA IMPORTANCIA DEL SECTOR ELÉCTRICO EN EL ECUADOR, EL NEXO ENTRE EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN EL CONTEXTO DE UN PAÍS PETROLERO”**, desarrollado por José Fabián Espinosa Alarcón de la carrera de Economía, modalidad presencial, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos, tanto técnicos como científicos y corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato y en el normativo para presentación de Trabajos de Graduación de la Facultad de Contabilidad y Auditoría.

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente, para que sea sometido a evaluación por los profesores calificadores designados por el H. Consejo Directivo de la Facultad.

Ambato, agosto del 2021

TUTORA



.....

Eco. Lidia Rosario Vásconez Gavilanes

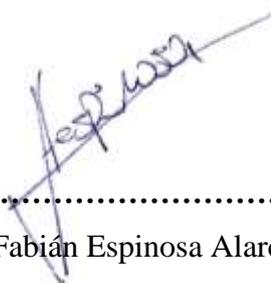
C.C. 180161529-3

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, José Fabián Espinosa Alarcón, con cédula de ciudadanía N°. 180328290-2, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el proyecto investigativo, bajo el tema: “**LA IMPORTANCIA DEL SECTOR ELÉCTRICO EN EL ECUADOR, EL NEXO ENTRE EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO EN EL CONTEXTO DE UN PAÍS PETROLERO**”, así como también los contenidos presentados, ideas, análisis, síntesis de datos, conclusiones, son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este proyecto de investigación.

Ambato, agosto del 2021

AUTOR


.....
José Fabián Espinosa Alarcón
C.C. 1803282902

CESIÓN DE DERECHOS

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto de investigación, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi proyecto de investigación con fines de discusión pública, además apruebo la reproducción de este proyecto de investigación, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial; y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, agosto del 2021

AUTOR


.....
José Fabián Espinosa Alarcón
C.C. 1803282902

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El Tribunal de Grado, aprueba el Proyecto de Investigación con el tema: “**LA IMPORTANCIA DEL SECTOR ELÉCTRICO EN EL ECUADOR, EL NEXO ENTRE EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO EN EL CONTEXTO DE UN PAÍS PETROLERO**”, elaborado por José Fabián Espinosa Alarcón, estudiante de la Carrera de Economía, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad de Contabilidad y Auditoría de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, agosto del 2021



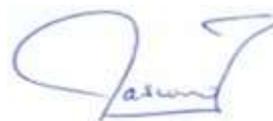
Dra. Mg. Tatiana Valle

PRESIDENTE



Eco. Elsy Alvarez

MIEMBRO CALIFICADOR



Eco. Nelson Lascano

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación lo quiero dedicar a mis padres Carlos Espinosa y Marlene Alarcón por su gran amor, a mi familia y amigos que me han apoyado en cada paso que doy.

Lo quiero dedicar a mis errores y defectos que han hecho de este, un largo, pero exitoso proceso

“La miseria se desperdicia en el miserable”

Louis C.K

José Fabián Espinosa Alarcón

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser quien sostiene a mi familia y me guía.

A mis padres por su paciencia y apoyo.

A mis hermanos, primos, amigos y todos aquellos que me impulsaron para conseguir este logro.

A mi tutora Rosario Vásconez por su fundamental apoyo en la realización de la presente investigación.

Siempre gracias.

José Fabián Espinosa Alarcón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA
CARRERA DE ECONOMÍA

TEMA: “LA IMPORTANCIA DEL SECTOR ELÉCTRICO EN EL ECUADOR, EL NEXO ENTRE EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO EN EL CONTEXTO DE UN PAÍS PETROLERO”

AUTOR: José Fabián Espinosa Alarcón

TUTOR: Eco. Lidia Rosario Vásconez Gavilanes

FECHA: agosto 2021

RESUMEN EJECUTIVO

Es de conocimiento público que el sector eléctrico es uno de los sectores estratégicos en el Ecuador, pero cuál es la implicación de dicha denominación en la economía del país, cuando la principal fuente histórica de ingresos ha sido la proveniente de la producción y exportación de petróleo, además que la fuente de energía más utilizada también es la derivada del valioso mineral. Esta investigación pretende responder estas inquietudes a través de examinar en primera instancia la historia del comportamiento del consumo de energía eléctrica y del crecimiento económico y contrastar este comportamiento con hitos que pueden haber marcado el cómo se relacionan en el largo plazo estas variables. Para probar la existencia de dicha relación se recurrirá a la aplicación de un Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) con el fin de probar que las variables ya mencionadas presenten una relación en el largo plazo, posteriormente con la ayuda de un Modelo de Corrección de Error (VECM) se pretende determinar la posible existencia de una relación causal y su direccionalidad, con el fin de conocer cuál es la influencia que tiene el sector eléctrico en el crecimiento económico del Ecuador, el periodo que se tomó en cuenta fue el comprendido entre los años 1971-2014.

PALABRAS DESCRIPTORAS: CONSUMO DE ELECTRICIDAD, CRECIMIENTO ECONÓMICO, RELACIÓN CAUSAL, COINTEGRACIÓN.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF ACCOUNTING AND AUDITING
ECONOMICS CAREER

TOPIC: “THE IMPORTANCE OF THE ELECTRICITY SECTOR IN ECUADOR, THE LINK BETWEEN ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION AND ECONOMIC GROWTH IN THE CONTEXT OF AN OIL COUNTRY”

AUTHOR: José Fabián Espinosa Alarcón

TUTOR: Eco. Lidia Rosario Vásconez Gavilanes

DATE: august 2021

ABSTRACT

It is public knowledge that the electricity sector is one of the strategic sectors in Ecuador, but what is the implication of this denomination in the country's economy, when the main historical source of income has been from the production and export of oil. In addition, the most used energy source is also derived from the valuable mineral. This research aims to answer these concerns by examining in the first instance the history of the behavior of electricity consumption and economic growth and contrasting this behavior with milestones that may have marked how these variables are related in the long term. To prove the existence of this relationship, the application of an Autoregressive Vector Model (VAR) will be used in order to prove that the variables already mentioned present a relationship in the long term, later with the help of an Error Correction Model. (VECM) is intended to determine the possible existence of a causal relationship and its directionality, in order to know what is the influence that the electricity sector has on the economic growth of Ecuador, the period that was taken into account was between the years 1971-2014.

KEYWORDS: ELECTRICITY CONSUMPTION, ECONOMIC GROWTH, CAUSAL RELATIONSHIP, COINTEGRATION.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
PÁGINAS PRELIMINARES	
PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iii
CESIÓN DE DERECHOS.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN EJECUTIVO	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE FIGURAS	xiv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	1
1.1.1 Justificación teórica	1
1.1.2 Justificación metodológica	4
1.1.3 Justificación práctica.....	5
1.2 Formulación del problema de investigación	6
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II	7

MARCO TEÓRICO	7
2.1 Revisión de literatura.....	7
2.1.1 Antecedentes investigativos.....	7
2.2 Fundamentos teóricos.....	12
2.2.1 Consumo de energía eléctrica.....	12
2.2.1.1 Estructura del sector eléctrico del Ecuador.....	16
2.2.2 Crecimiento económico.....	21
2.2.2.1 Teorías de crecimiento económico	22
2.2.2.2 Modelos de crecimiento económico	24
2.3 Hipótesis.....	34
CAPÍTULO III.....	35
METODOLOGÍA	35
3.1 Modalidad de investigación.....	35
3.3 Tratamiento de la información	36
3.4 Operacionalización de las variables.	48
CAPÍTULO IV	50
RESULTADOS.....	50
4.1 Resultados y discusión	50
4.1.1 Análisis descriptivo del consumo de energía eléctrica en el Ecuador	50
4.1.2 Análisis descriptivo del crecimiento económico en Ecuador	62
4.2 Planteamiento del posible modelo VAR a estimar.....	67
4.2.1 Verificación del estado de estacionariedad de las series de tiempo de las variables	68
4.2.2 Comprobación de una posible cointegración entre las series de tiempo de las variables.....	69
4.2.3 Planteamiento de un modelo VECM	71
4.2.4 Causalidad de Granger.....	74

4.2.5 Análisis impulso respuesta.....	76
CAPÍTULO V	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
5.1 Conclusiones	81
5.2 Recomendaciones	82
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA
Tabla 1. Ficha de observación de las series de tiempo	37
Tabla 2. Operacionalización variable consumo de energía eléctrica.....	48
Tabla 3. Operacionalización variable crecimiento económico	49
Tabla 4. Tabla comparativa fuentes secundarias de consumo de energía 1970-1990	50
Tabla 5. Tabla comparativa fuentes secundarias de consumo de energía 2000-2010	51
Tabla 6. Estructura porcentual del consumo de electricidad 1970-1988.....	52
Tabla 7. Estructura porcentual del consumo de electricidad 2007-2017.....	53
Tabla 8. Balance Nacional de energía eléctrica diciembre 2018.....	55
Tabla 9. Resultados de la aplicación del test de Dickey Fuller aumentado (ADF).....	69
Tabla 10. Resultados de la prueba de cointegración de Johansen.....	70
Tabla 11. Contrastes modelo VAR	71
Tabla 12. Contrastes modelo VECM	72
Tabla 13. Contrastes modelo VECM con variable dummy	73
Tabla 14. Pruebas de causalidad de Granger.....	75
Tabla 15. Consumo de electricidad por sector 1970-1988.....	90
Tabla 16. Capacidad de generación de electricidad 1980-2018.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINA
Figura 1: Mapa mundial de consumo de electricidad 2019.....	13
Figura 2: Curva de carga diaria de potencia en el Ecuador	16
Figura 3: Inversión anual en electricidad	56
Figura 4: Evolución histórica y proyección de la facturación total por grupo de consumo	59
Figura 5: Ingresos petroleros (% del PIB).....	63
Figura 6: Tasa de crecimiento del PIB.	65
Figura 7: Peso relativo por industria (2010-2019).....	66
Figura 8: Evolución de la tasa de crecimiento del PIB y el consumo de electricidad	67
Figura 9: Gráfico de series de tiempo de las variables	68
Figura 10: Gráfico de impulso respuesta	76
Figura 11: Prueba Dickey Fuller al consumo de electricidad.....	92
Figura 12: Prueba Dickey Fuller al PIBpc.....	92
Figura 13: Prueba Dickey Fuller a primeras diferencias de consumo electricidad	93
Figura 14: Prueba Dickey Fuller a primeras diferencias de PIBpc	93
Figura 15: Criterios de selección del orden del VAR.....	94
Figura 16: Resultados de la estimación VAR.....	96
Figura 17: Prueba de autocorrelación LM VAR.....	97
Figura 18: Prueba de autocorrelación Pormetau VAR	97
Figura 19: Prueba de normalidad VAR	98
Figura 20: Prueba de heterocedasticidad VAR.....	99
Figura 21: Prueba de autocorrelación Pormetau VECM	100

Figura 22:	Prueba de autocorrelación LM VECM	101
Figura 23:	Prueba de normalidad VECM	101
Figura 24:	Prueba de heterocedasticidad VECM.....	101
Figura 25:	Prueba de autocorrelación VECM con dummy	103
Figura 26:	Prueba de autocorrelación Pormentau VECM con dummy	103
Figura 27:	Prueba de normalidad de VECM con dummy	104
Figura 28:	Prueba de heterocedasticidad de VECM con dummy.....	104
Figura 29:	Prueba de causalidad de Wald	105
Figura 30:	Prueba de causalidad Granger por pares	105
Figura 31:	Impulso-respuesta modelo VECM.....	106

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

1.1.1 Justificación teórica

El aumento de la producción y el crecimiento económico conlleva a un incremento en la demanda de energía como lo afirman diversos estudios y autores, uno de ellos es Linares (2013) quien menciona que “es importante recordar la relación entre energía y crecimiento económico por que ha sido históricamente muy estrecha, la disponibilidad de energía puede condicionar el crecimiento económico futuro; y a su vez el mismo crecimiento amenaza la sostenibilidad energética y ambiental” (pág. 43).

En la Inglaterra los siglos XVI y XIX debido a que la producción agrícola tenía un incremento per cápita importante y también el área de pastura con respecto a cultivos se incrementó, hizo que la madera como combustible empezara a escasear lo que provoco que se empezara a emplear el carbón como fuente de energía, que a su vez tuvo repercusiones como que la mano de obra del agro se liberara a otras funciones lo que junto a algunos inventos fue lo que según (Cunningham, 2003) puso fin al círculo vicioso de los factores en auto competencia de Malthus.

El carbón y su extracción llegaron a convertirse en parte fundamental del desarrollo de revolución industrial junto a inventos como la máquina de vapor y el ferrocarril que llevaron a aumentar la productividad en Inglaterra del siglo XIX, pero Estados Unidos llego a convertirse en el mayor extractor de dicho mineral a finales del siglo XX; cabe destacar que para la mitad del siglo XIX ya comenzaron a realizarse estudios y textos acerca del agotamiento del carbón como el del físico alemán Rudolf Classius y del economista Stanley Jevons, de esta manera ya

podemos observar que se empieza a generar una problemática al utilizar fuentes de energía que no son renovables.

En 1882 nace la electricidad de la mano de Thomas Alba Edison con la primera central eléctrica situada en Nueva York, a esto se suman inventos como el uso de una Corriente Alterna por parte de George Westinghouse, la primera turbina de Vapor patentada por Charles Parsons o como el motor eléctrico producto del ingenio de Nikola Tesla. Esto llevo a que la industria manufacturera estadounidense fuese la primera en realizar el cambio de máquinas de vapor a la utilización de motores que funcionaban a base a la electricidad lo que para Pacheco y Melo (2015) consideran que facilitó los procesos industriales porque permitió la transmisión de potencia mecánica a las fábricas y redujo el consumo de energía gracias a su eficiencia teniendo un desarrollo exitoso en términos productivos y sociales.

La utilización del petróleo como fuente para la generación de energía se venía dando desde el siglo XIX principalmente en las lámparas de crudo que iluminaban las calles y el interior de los hogares, pero no era aún tan incipiente como la utilización del carbón, que en 1913 llegaría a su pico de producción donde la producción de petróleo que ya venía tomando relevancia gracias al auge del transporte automotor donde llegaría a convertirse en Estados Unidos la fuente primaria de Energía (Pacheco & Melo, 2015).

A partir de la elevación de precios del petróleo en 1973 que los llamaron los shocks petroleros, la perspectiva de que este recurso se podría agotar empezó a tomar relevancia al igual que los efectos adversos que conlleva la producción y consumo de energía proveniente de fuentes fósiles (Schoijet, 2002). Lo que le suma a la problemática a estudiar en la presente investigación que el consumir energía de fuentes no renovables tiene un costo ambiental y económico alto.

El desarrollo económico a nivel mundial y el incremento en el ingreso per cápita ha sido otra de las fuerzas motoras para originar un repentino aumento de la demanda de energía; en especial en la segunda mitad del siglo XX. De esta manera, el consumo de energía está estrechamente vinculada a la adquisición de bienes consumidores de energía, por lo tanto, mientras mayor desarrollo económico e ingreso, mayor es el consumo de estos bienes por parte de las personas y mayor será su consumo energético (Lescaroux, 2011).

La energía es un elemento fundamental en el desarrollo y crecimiento de la economía mundial. Sin embargo, no es la energía en sí misma la que tiene valor para las personas sino los servicios que presta (Rogner & Anca, 2004). La economía requiere energía para su funcionamiento y la tendencia mundial muestra crecimiento de la demanda energética conforme crece la economía (Anderson, 2000).

Es por esto que Melo (2013) afirma que el uso de la energía en sus diferentes formas muestra la estrecha relación que existe en la evolución de la civilización además que el nivel de desarrollo y de riqueza de una nación está en función de la energía derivada de los recursos naturales. La evidencia histórica, conceptual y empírica muestra a los recursos naturales y energéticos como fundamentales en la estructura organizacional moderna.

Por lo tanto, la demanda de energía también procede de la producción de bienes y esa determinada por la composición del sector productivo la cual evoluciona conforme una economía pasa por distintas etapas de desarrollo. En la primera fase de crecimiento económico cuando la industria pasa a jugar un rol más importante sustituyendo a los sectores primarios, crece la demanda de energía al requerirse mayores cantidades para la industrialización y producción de bienes y servicios. Si la economía continua su crecimiento, eventualmente la industria perderá protagonismo en el consumo de energía y la participación creciente se ubicará en el sector de servicios (Lescaroux, 2011).

Esto último justifica el hecho de que los países desarrollados como Japón, Estados Unidos o el Reino Unido poco a poco han pasado de ser países manufactureros a ser países con un gran aporte del sector de servicios, esto principalmente por el elevado costo mano de obra y las principales centrales manufactureras se encuentran en países con un costo de mano de obra más barato, con esto dicho el sector de servicios consume una cantidad de energía para su correcto funcionamiento, mientras que países manufactureros como China, India, Brasil entre otros en su proceso productivo involucran un mayor consumo energético debido a que utilizan tecnologías menos eficientes.

1.1.2 Justificación metodológica

Quienes plantaron las bases para estudiar la posible relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico fueron (Kraft & Kraft, 1978), de donde varios autores como (Asafu-Adjaye 2000; Cheng 1997; Odhiambo 2009) fueron desarrollando metodologías para poder estudiar la implicación que podría tener dicha relación entre las variables mencionadas.

Una herramienta común entre los distintos estudios que se han venido realizando con la finalidad de hallar una posible relación causal es la conocida como la causalidad de Granger que basa su premisa en que un evento ocurrido en el pasado puede causar un evento en el futuro, por lo que el insumo que se necesita en primera instancia son series de tiempo tanto del consumo de energía eléctrica como del crecimiento económico en el Ecuador.

Al trabajar con series de tiempo para la implementación de un modelo econométrico es necesario cumplir con la estacionariedad de las series de tiempo para poder aplicarlos en este caso en un Modelo de Vectores Autoregresivos (VAR) y posteriormente en un Modelo de Corrección de Error (VECM), herramientas para poder determinar si las variables de estudio pueden presentar una relación en el tiempo.

Con lo anterior mencionado las observaciones para la realización de la presente investigación fueron tomadas de las bases de datos del Banco Mundial que contienen la mayor información acerca de las variables de estudio.

1.1.3 Justificación práctica

El Ecuador ha basado su economía en petróleo desde el boom petrolero en 1972 y desde entonces pasó a ser el principal y más importante recurso generador de ingresos para el país, a esto se suma que es la principal fuente de energía utilizada, lo que ha llevado que la economía sea dependiente del petróleo. Lo que ha provocado estar expectantes del precio del mismo, es por esto que es relevante el estudio de fuentes de energía alterna que sea renovable y su producción y consumo no tenga un impacto negativo al medioambiente.

La energía eléctrica en el Ecuador proviene en su mayoría de fuentes hídricas y quienes consumen y se benefician de este tipo de energía somos prácticamente todos, las industrias tienen incorporados sistemas tecnológicos utilizados en sus procesos de producción, los hogares de igual manera también utilizan el servicio eléctrico para las actividades cotidianas y así se le puede dar un uso infinito a la electricidad en los sectores de la sociedad y la economía.

Es por eso que pretende con este estudio incluir al debate de como un elemento como es el de la electricidad debe ser tomado en cuenta al momento de analizar el crecimiento económico del Ecuador ya que a consideración del autor las políticas que se puedan tomar en relación al sector energético y principalmente al sector eléctrico pueden estar directamente relacionadas con el crecimiento económico del país.

1.2 Formulación del problema de investigación

¿Es el consumo de energía eléctrica el causante de un cambio en crecimiento económico en el Ecuador?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la relación causal entre el consumo de energía eléctrica y crecimiento económico en el Ecuador 1971-2014.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento del consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico para entender si tienen determinantes en común y comprender las variaciones en el periodo de estudio.
- Cumplir con las condiciones para trabajar con series de tiempo, sean estas las de consumo de electricidad y el crecimiento económico en el Ecuador en el periodo entre 1971-2014 para la correcta aplicación de una metodología econométrica.
- Aplicar una metodología econométrica para poder identificar la dirección de causalidad entre las variables consumo de energía eléctrica y crecimiento económico

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión de literatura

2.1.1 Antecedentes investigativos

La incorporación de la electricidad en la producción de bienes y el consumo en los hogares se masificó a finales del siglo XIX, llegando a ser uno de los motores más importantes en la segunda revolución industrial, a pesar de la gran trascendencia que llegó a tener el uso de electricidad cotidianamente, no se llegó a estudiar ni formular teorías en torno al impacto que representa el consumo de electricidad en la economía.

Los estudios de la relación entre el consumo de electricidad y crecimiento económico datan de los años 70 donde Kraft & Kraft (1978) en un estudio empírico entre los resultados se manifiesta que existe causalidad unidireccional del crecimiento económico hacia el consumo de energía en Estados Unidos tomando datos que correspondían al periodo comprendido entre 1947 al 1972, donde ya mencionaba que es importante encontrar la correcta relación para poder aplicar medidas y políticas adecuadas respecto al peso de la energía en la economía, con el pasar de los años se han seguido desarrollando diferentes estudios con diferentes metodologías y por consecuencia diferentes resultados.

Otro de los estudios tempranos realizados acerca de la relación causal entre el consumo de energía y el crecimiento económico es el de Yu & Choi (1985) donde se realizó pruebas de causalidad en diferentes países los cuales fueron Corea del Sur, Filipinas, Estados Unidos, Reino Unido y Polonia donde se dieron diferentes resultados utilizando la prueba de Granger dependiendo el país. Para Corea del Sur se evidenció un patrón causal del Producto Nacional Bruto hacia el Consumo de Energía, pero en

el caso de Filipinas el sentido de causalidad fue el contrario es decir del Consumo de Energía hacia el producto nacional bruto, mientras que para los demás países no se encontraron vínculos causales.

Estudios similares se realizaron para Latinoamérica como es el caso de Cheng (1997) quien implementaría una metodología similar a las anteriores, pero en este caso para países como Brasil, México y Venezuela. Donde se utilizaron dos modelos econométricos, en primera instancia un modelo bivariado donde se intenta encontrar la relación entre el crecimiento económico con su indicador del Producto Interno Bruto y el consumo de energía; el segundo modelo es un trivariado donde a las variables anteriores se añade el capital. En conclusión, el autor menciona lo siguiente:

Este estudio no encuentra causalidad entre el consumo de energía y crecimiento económico para México y Venezuela utilizando enfoque trivariante. Sorprendentemente y desconcertantemente, el capital es encontrado que causa negativamente (aunque débilmente) el crecimiento económico para México y Venezuela, lo cual es desconcertante con teoría económica estándar. Además, se encuentra que la energía causa crecimiento económico para Brasil. En resumen, no detectamos patrones causales consistentes entre energía y economía crecimiento basado en las pruebas de los tres países latinos, y, por tanto, se necesitan más estudios (Cheng, 1997, pág. 673).

Siguiendo la línea de este tipo de estudios Masih & Masih (1997) plantan un modelo multivariable en el que establecen la relación entre el ingreso real, los precios y el consumo de energía para los países de Corea y Taiwan en el cual se obtuvieron resultados similares en el largo plazo indicando que existía un flujo bidireccional entre el ingreso y el consumo de energía, pero no en el caso de los precios hacia el consumo de energía.

Los estudios multivariados empezaron a tomar relevancia como en los mencionados anteriormente bajo la premisa que incluir una tercera variable a los estudios causales podría explicar de mejor manera los nexos causales, como es el caso de (Asafu-Adjaye, 2000) quien realizó un estudio para los países de India, Indonesia, Filipinas y Tailandia, donde se buscó determinar la relación causal entre las variables ingreso, energía y los precios, investigación que obtuvo los siguientes resultados:

Para India en el corto plazo los resultados evidenciaron causalidad unidireccional del consumo de energía hacia los ingresos, mientras que la relación causal entre los precios y el consumo de energía y el ingreso de las personas es neutro es decir no existe. Indonesia presenta resultados similares a los de India a diferencia que en el largo plazo la relación consumo de energía – ingresos es débil. En el caso de Tailandia se puede ver que, desde la ecuación de los ingresos, el consumo de energía genera influencia positiva sobre los ingresos en el corto y largo plazo, mientras que desde la ecuación de la energía se demostró que el ingreso también causa el consumo de energía lo que explica una causalidad de Granger bidireccional. Para las Filipinas se observó causalidad que va desde la energía y los precios hacia los ingresos en el corto y largo plazo.

Las implicaciones que empezaron a generar los distintos estudios y sus resultados como, por ejemplo, en un estudio para las islas Fiji se menciona que “encontrar evidencia positiva a favor de que existe causalidad unidireccional del consumo de energía hacia el crecimiento económico implica que el país en cuestión es dependiente de la energía y choques negativos para la energía” (Kumar Narayan & Singh, 2007, pág. 1149). El estudio mencionado utiliza como variables de estudio a el crecimiento económico representado como el producto interno bruto (PIB), el consumo de electricidad y además se incluye a la fuerza laboral en el periodo comprendido entre 1971-2002 y el resultado más relevante que arroja es que en el largo plazo el consumo de energía y la fuerza laboral causan al crecimiento económico, lo que sugiere que Fiji es dependiente de la energía.

Como en la anterior investigación en la cual los resultados pueden aclarar la dependencia o no a la electricidad de un país, uno de los autores que aporta a esta discusión es Nicholas Odhiambo con su investigación para Sudáfrica, quien basándose en algunos estudios previos como en los aquí citados menciona que “un hallazgo a favor de causalidad del PIB hacia el consumo de energía puede implicar que ese país no es enteramente dependiente de la electricidad para su crecimiento económico” (Odhiambo, 2009, pág. 639). Por otro lado, el mismo autor dice que la unidireccionalidad causal que parte del consumo de energía hacia el crecimiento económico implica que ese crecimiento económico depende del consumo de electricidad y que un decremento en el consumo de electricidad inevitablemente terminará en un decrecimiento en el ingreso real, lo que provocará un efecto negativo en el empleo y la creación de nuevas fuentes de trabajo.

Las variables utilizadas para el análisis en la investigación de Odhiambo (2009) fueron para el crecimiento económico el PIB real, el consumo de energía eléctrica per cápita y se añade como tercera variable a la tasa de desempleo para el periodo comprendido entre 1971-2006, los resultados empíricos de este estudio muestran que existe una causalidad bidireccional entre el crecimiento económico y el consumo de electricidad, adicionalmente los resultados muestran que existe causalidad unidireccional del empleo al crecimiento económico, pero no se encontró un vínculo entre el consumo de electricidad y el empleo.

Los estudios revisados fueron realizados en diversos países y con distintas metodologías, por lo que el debate sobre el nexo causal existente entre el consumo de energía y el crecimiento económico puede hacernos llegar a distintas conclusiones, como es en el caso del Ecuador, donde también se han realizado distintas investigaciones sobre el tema, las cuales serán revisadas a continuación.

Uno de los estudios que hace referencia al tema que estamos tratando en la presente investigación es la de Rentería, Toledo, Bravo, & Ochoa, (2016) con el título “Relación entre Emisiones contaminantes, crecimiento Económico y Consumo de

energía. El caso de Ecuador 1971-2010”, que a pesar de tener un direccionamiento hacia las emisiones de CO₂ y la conservación del medioambiente incluye la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico con un modelo econométrico multivariado y busca las relaciones entre las variables Emisiones de CO₂, PIB per cápita y Consumo de Energía, con métodos de cointegración para los cuales se obtuvo los siguientes resultados: que al largo plazo entre las emisiones de CO₂, el consumo de energía y el Producto interno bruto mantienen una relación estable en el largo plazo, lo que se traduce en que las emisiones de dióxido de carbono aumentan con el crecimiento económico lo que provoca la disminución de la calidad ambiental en el Ecuador.

El estudio de Loaiza (2018) nombrado “Crecimiento económico y el uso de energía sustentable y no sustentable: un enfoque del caso ecuatoriano usando técnicas de cointegración”, donde la investigadora se enfocó en analizar la relación entre las energías renovables tomando como variable a la tasa de consumo de energía eléctrica sustentable, las energías no renovables con la tasa de consumo de energía derivada del petróleo y para el crecimiento económico en el Ecuador se tomó el PIB per cápita, tomando datos para el periodo comprendido entre 1970-2014, para el análisis econométrico se utilizaron Modelos de Vectores Autorregresivos (VAR) y Modelos de Corrección de Error (VEC), donde los resultados empíricos del estudio indica que el test de causalidad de Granger, señala que existe causalidad unidireccional de energía sustentable hacia el crecimiento económico, por lo que la autora del estudio concluye que: el uso de energías sustentables tienen un efecto positivo en relación con el crecimiento económico en el Ecuador.

La evidencia empírica de los estudios revisados nos indica que pueden existir distintos resultados dependiendo del país y el espacio temporal que se analice, pero la mayor parte de estudios en los distintos países según los resultados tras la aplicación de distintos modelos econométricos y metodologías prueban que al menos existe una relación y posible el encontrar un nexo causal entre el Consumo de Energía y el Crecimiento Económico.

2.2 Fundamentos teóricos.

2.2.1 Consumo de energía eléctrica

Debemos partir de que el servicio de eléctrico es considerado como un servicio público, esto implica que es el Estado quien tiene que proveer o regular y controlar dicho servicio. El factor que hace que el servicio eléctrico sea considerado como público radica en que la mayor parte por no decir toda la población necesita de las bondades que implica consumir electricidad ya sea para el uso de una persona en su hogar o el de una industria al encender sus maquinarias y producir con las mismas.

Ahora si partimos únicamente por el consumo, debemos considerar lo que Keynes (1965) consideró al determinar la función del consumo; y es que el consumo de las familias está en función del ingreso, de tal manera que la función del consumo es la siguiente:

$$C = C_0 + (c_1 * Yd)$$

Donde:

C_0 = *Consumo* autónomo

c_1 = Propensión marginal al consumo

Yd = *Ingreso disponible*

Existen dos partes en esta función la primera que representa el consumo autónomo al cual se lo considera también como consumo de subsistencia, que constituye el gasto que se realice sin depender del nivel de ingreso, es decir que es necesario para satisfacer las necesidades básicas y la siguiente parte que es el producto de la propensión marginal a consumir y el ingreso disponible, tomando a la propensión marginal a consumir como la medida para determinar que parte del ingreso se dedica para el consumo y la parte que no se destina a consumir es conocida como ahorro.

Ahora bien, esta función es la que se desagrega de función de la demanda agregada y solo hace referencia al consumo de los hogares y debemos tener en cuenta que el consumo de energía eléctrica no se utiliza únicamente en los hogares, si no también tiene su intervención en varios procesos productivos al ser la fuente para accionar maquinaria o utilizamos la electricidad para el alumbrado público y nos damos cuenta así que el consumo de electricidad depende de cómo se la utilice y es por eso que existen distintos grupos de consumo de electricidad que tienen distintos factores determinantes que se trataran posteriormente.

Es por esto que la elasticidad de la demanda de electricidad es prácticamente inelástica, el valor monetario de la misma casi no afecta la cantidad de kilovatios por hora (kWh) que se consuma, de tal manera que, si tendríamos que graficar la curva de demanda de electricidad tendríamos que trazar una línea vertical, para representar que el precio que se le asigne al servicio no incide en la cantidad que se consuma del mismo. En la asamblea general de la Organización de Naciones Unidas (ONU), (2012) se mencionó que la energía es el nexo entre el crecimiento económico, una mayor equidad social y la sostenibilidad lo que permitiría que el mundo prospere ya que el uso responsable de energía puede brindarnos grandes beneficios.



Figura 1: Mapa mundial de consumo de electricidad 2019
Fuente: Anuario estadístico mundial de energía

En la figura 1 se muestra un mapa mundial, donde se describe el consumo de electricidad por países que de acuerdo a la tonalidad de cada país demuestra si su consumo es mayor o menor, mientras la tonalidad que tome un país sea más oscura se hace referencia a que su consumo es mayor y si toma un color claro representa un menor consumo de electricidad, con esto dicho se puede destacar que los principales países que tienen un requerimiento alto de esta fuente energética son los países que se los conoce como desarrollados, siendo así China el país que mayor concentración de demanda tiene en el año 2019 consumiendo el 28% de electricidad mundial, seguido por Estados Unidos que demanda casi el 17% de electricidad mundial.

La discusión de que el consumo de electricidad tenga una fuerte relación con crecimiento económico no es planteada frecuentemente al hablar de los determinantes del crecimiento, pero existe evidencia como la presentada anteriormente en los estudios previos, sumándose a esta tendencia (Shengfeng, Sheng, Tianxing, & Xuelli, 2012) realizaron un estudio para China donde según las estimaciones realizadas concluyen que para el periodo de 1953 al 2009 existe una relación causal que su dirección es del consumo de electricidad hacia el Producto interno Bruto, China se caracteriza por ser un país manufacturero y por lo tanto un mayor consumo de electricidad representa que el sector industrial produce una mayor cantidad de bienes por lo que su demanda energética es mayor.

Otro de los estudios esta vez para una de las economías emergentes que tienen un crecimiento económico importante es decir un estudio realizado para India y que en el 2015 estuvo tercero en el ranking de países que más consumen energía, el autor (Ohlan, 2018) concluye dicho estudio mencionando que la evidencia empírica demuestra que tanto en el corto como en el largo plazo el consumo de electricidad tiene un impacto positivo en el crecimiento económico en el periodo comprendido entre los años 1971 a 2016, las principales actividades económicas en india son las de agricultura y de manufactura por lo cual se puede decir que al igual que el caso de China un incremento en la demanda de electricidad provoca que la tasa de crecimiento económico reaccione positivamente.

Por su parte un estudio similar realizado para el Reino Unido por Altunbas & Kapusuzoglu (2011) para los años 1987-2007, el resultado es el contrario al presentado en los dos estudios anteriormente mencionados ya que tras la aplicación de la metodología común en estos estudios que es encontrar la relación causal entre las variables aplicando una prueba de causalidad de Granger, este estudio concluye que en el Reino Unido los resultados empíricos demuestran que la dirección causal es del crecimiento económico hacia el consumo de electricidad por lo que un shock negativo a la tasa de variación del PIB puede llegar a afectar negativamente al consumo de electricidad.

Estos estudios son mencionados por que se dice que los países con economías emergentes o que un factor importante de sus economías es el sector industrial y por ende manufacturero son los que más demandan recursos energéticos en forma de electricidad como es el caso de India y China mientras que en países desarrollados la dependencia de electricidad para fomentar el crecimiento tiene su importancia, pero no influye directamente en las variaciones del Producto Interno Bruto.

Sabemos que para graficar la curva de la demanda generalmente se utiliza el precio y la cantidad demandada con la finalidad de conocer cómo reaccionan los demandantes ante una variación en el precio, pero en la figura 2 los factores que se toman para graficar la demanda de electricidad son la potencia requerida que en cierto modo hace referencia a la cantidad demandada y cada hora del día, de tal manera que si en una hora del día se requiere toda la potencia que puede generar el sector eléctrico, este tomara el valor de 1 y si no se necesita potencia para satisfacer la demanda de una hora esto quiere decir que no existió un consumo, pero como se pudo notar en el grafico tomado del plan maestro de electricidad del 2007 se puede evidenciar que a todas las horas del día existe un consumo de energía eléctrica y como ya se dijo al ser este un servicio público y una necesidad de la población en general, es por esto que el estado satisfacer dicho servicio y por esto se revisara la situación del sector eléctrico en el presente capítulo.



Figura 2: Curva de carga diaria de potencia en el Ecuador
Fuente: Plan maestro de electricidad 2007

Con esto dicho la manera de calcular el consumo de electricidad es tomando en cuenta la potencia utilizada multiplicando por el número de uso por día y a su vez por el número de días de uso al mes. Teniendo en cuenta que la potencia eléctrica es la proporción de electricidad consumida a través de un circuito por unidad de tiempo, es por esto que la unidad de consumo es el Kilovatio por hora (KW/h).

Con esto se puede decir que cuando un mayor consumo de electricidad es requerido se necesita también una proporción mayor de potencia de tal manera que el consumo de un hogar es distinto al consumo de una industria y es por esto que se sectoriza a los consumidores generalmente por sus necesidades socio-económicas.

2.2.1.1 Estructura del sector eléctrico del Ecuador.

Para conocer la situación del sector eléctrico en el (Ministerio de Energía y Recursos No Renovables, 2019) en su plan maestro de Electricidad nos invita a

revisar ciertos hitos que marcaron el desarrollo del sector eléctrico en cuanto a normativa e institucionalidad, la cual parte en 1897 con la formación de la empresa “Luz y Fuerza” para la provincia de Loja.

En 1940 se dispuso que las municipalidades sean los entes responsables del servicio eléctrico en el país lo que llevo a que se disparara la creación e instalación de pequeñas centrales hidroeléctricas, lo que provocó que en la década de los cincuenta la capacidad instalada solo permitiera que un 17% de la población tuviese acceso al servicio debido a un sistema eléctrico aislado y por ende desordenado al no crear una legislación alrededor del naciente sector eléctrico en el país.

La desorganización del sistema eléctrico respondía a la falta de planificación, especialmente porque no existía una política clara y mucho menos de largo plazo, si no a que la estructura eléctrica estaba ajustada a necesidades particulares lo que provoco que el servicio eléctrico no sea unificado en el territorio ecuatoriano y que las 1.106 centrales generadoras se encontraran aisladas.

De esta manera la institución que se creó para la unificación del sistema eléctrico fue al Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) mediante Decreto Ley de Emergencia No.24 en 1961, que estaría a cargo de se elaborara el primer Plan Maestro de Energía Eléctrica con el cual se pretendía llegar a normalizar el servicio eléctrico en el país. Esto debido a la corriente regional de planificación económica y social que correspondió a la cumbre de la OEA celebrada en Punta del Este donde se promovía el desarrollo económico y social de los países latinoamericanos con la ayuda de recursos financieros extranjeros.

Este primer plan de electrificación llevado a cabo por el INECEL se dio en el contexto de la Junta militar y respondió a los objetivos del Plan de desarrollo económico y social que se promulgo en 1964, el cual además de cubrir temas como la regulación y planificación, se encargaba también de la construcción de

centrales de generación eléctrica ya sean estas hidroeléctricas o termoeléctricas, cabe destacar que para 1967 la participación de las centrales termoeléctricas era del 60% en cuanto a generación, y en dicho año la población que tenía acceso a este servicio era del 35%, colocando así al Ecuador en los países de la región con menos desarrollo en el sector eléctrico.

Las políticas expedidas por el Gral. Guillermo Rodríguez Lara en el periodo que se lo conoce como “la dictadura militar” promovía el desarrollismo estatal es decir colocar al Estado como el motor que impulse la economía, así nace un nuevo Plan de electrificación que abarcaba el periodo 1971-1985 parte de los recursos para cumplir con los objetivos de este nuevo plan se recaudaron gracias a la creación del Fondo Nacional de Electrificación, el mismo que destino el 47% de los ingresos percibidos por la venta y distribución de crudo. De esta manera se logró concretar y ejecutar importantes proyectos hidroeléctricos como Agoyán, Pisayambo, Esmeraldas y otros más que permitieron abastecer las zonas de principal consumo que son las áreas urbanas e incluso empezar a abastecer a los sectores rurales y marginales.

El Estado se convirtió en el principal accionista de varias de las empresas de distribución gracias a los aportes y desembolsos generados a través del fondo de electrificación, lo que acompañado de la construcción del sistema de transmisión provoco que la interconexión entre las centrales de generación y las empresas distribuidoras sea cada vez más eficiente y los usuarios tengan un mejor servicio.

Tras realizar importantes avances como la construcción de centrales de distribución y generación la institución que fuere la accionista mayoritaria en gran parte de las empresas de distribución, mediante decreto ejecutivo se declaró su cierre el 14 de abril de 1999. En el contexto de una importante disminución en cuanto a la inversión estatal destinada al sector eléctrico debido a la caída de los precios del petróleo, a la destinación de recursos al pago de la deuda externa, la imposibilidad de nuevos créditos, sumado a la dependencia de la economía al

precio del petróleo y la no diversificación en cuanto a exportaciones desembocó en un periodo de crisis acarreada desde la década de los ochentas.

El Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) es la institución que en el año 2000 pasaría a administrar económica y operativamente de manera autónoma, como persona jurídica y con patrimonio propio el sector eléctrico, en base a lo que promulgado en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) en el registro oficial No.43 la cual entre sus objetivos se destacaba el proteger los derechos de los consumidores tanto, así como fomentar el desarrollo y el uso de recursos energéticos no convencionales.

Hay que tener en cuenta que la Ley de Régimen del Sector Eléctrico que fue promulgada en el año 1996 es la responsable de la privatización de las centrales eléctricas, ya que en dicha ley el servicio eléctrico paso de ser un servicio público a ser considerado como un bien de mercado lo cual invitaba a la inversión privada en entidades estatales, lo cual reducía la intervención del estado, de tal manera que la generación de energía eléctrica se concesionaron a 6 empresas como Hidropaute, Hidroagoyán, Hidropucara, Termoesmeraldas, Termopichincha y Electroguayas todas sociedades anónimas las cuales ofertaban el 51% de sus acciones a operadores privados y un 10% era exclusivo para trabajadores o ex trabajadores.

La última Asamblea Constituyente del 2007-2008 fue la responsable de que tras varios mandatos constituyentes promulgo en primera instancia que los recursos del Fondo de solidaridad anteriormente conocido como Fondo de Electrificación fuese invertido en la capitalización de empresas eléctricas desplazando así a los inversores privados.

La reciente Constitución del Ecuador que fue expedida en octubre del año 2008 contempla en varios artículos como el 313, 314, 315 que se debe considerar en primer lugar a la energía en todas sus formas como uno de los sectores estratégicos

en el Ecuador, por lo que el Estado es el responsable de proveer el servicio eléctrico y por lo tanto es quien establece el control de los precios y tarifas a través de las pertinentes empresas públicas y mixtas de maneras sustentable. Es por este motivo que se constituyó la Corporación Nacional de Electricidad S.A. (CNEL S.A.) y la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC S.A.) resultado de la agrupación varias empresas de generación y transmisión.

La más reciente ley emitida para administrar y regular el Sector Eléctrico en el Ecuador fue la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía (LOSPEE) emitida en 2015 mediante Registro Oficial Nro. 418, donde se vuelve a destacar al suministro eléctrico como servicio público estratégico y la apertura para la participación privada en el sector. Estableciendo una nueva estructura formada por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables; la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL); el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) y varios institutos especializados.

De tal manera que el sector eléctrico ecuatoriano al ser considerado un sector estratégico en el Ecuador, las instituciones que lo controlan y regulan son: el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), el Centro Nacional de Energía (CENACE) y la Corporación Eléctrica Ecuador (CELEC EP).

Además, el sector eléctrico para su funcionamiento cuenta con empresas generadoras, una empresa transmisora y la empresas distribuidoras que como sus nombres las describen respectivamente como las generadoras que son las encargadas de realizar el proceso de transformación de la energía en electricidad, la empresa transmisora que es la encargada de la red eléctrica que une a las empresas distribuidoras con las de distribución, es decir es la que transporta la energía que se produce en las distintas centrales eléctricas a las empresas distribuidoras que son las encargadas de brindar el servicio eléctrico a los clientes

finales y categorizarlos de acuerdo a las características socio-económicas, y necesidades de potencia que se establecen en los tarifarios elaborados por la ARCONEL.

La corporación eléctrica Ecuador es quien está a cargo de las 113 centrales de generación eléctrica y su concesión, de las cuales 71 son centrales hidroeléctricas, 3 centrales de biomasa, 3 centrales generadoras a partir de energía eólica, 24 centrales de energía solar y 2 de biogás. Las principales centrales hidroeléctricas son: Coca codo Sinclair, Paute, Sopladora, San francisco, Mazar y Agoyán. Mientras que la empresa encargada de la transmisión de electricidad en el Ecuador se la nombro TRANSELECTRIC creada en el año 2010 la cual cuenta con un conjunto de subestaciones y líneas de transmisión que se ubican a lo largo del territorio ecuatoriano.

Las empresas distribuidoras en el Ecuador son: Empresa Eléctrica Ambato, Empresa Eléctrica Azogues, Empresa Eléctrica Cotopaxi, Empresa Eléctrica Centro Sur, Empresa Eléctrica Riobamba, Empresa Eléctrica Quito, Empresa Eléctrica Norte, Empresa Eléctrica Sur y Corporación Nacional de Electricidad en sus diferentes líneas de negocio.

2.2.2 Crecimiento económico

Se considera al Crecimiento Económico como la expansión o cambio cuantitativo creciente de la economía de un país en un periodo determinado, generalmente en un año. Dicho de otra manera, es un desplazamiento de la frontera de posibilidades de producción hacia la derecha.

Para (Lin, 2015) el crecimiento económico implica un incremento anual de la producción que se expresa generalmente en la tasa del crecimiento del Producto Interno Bruto o el ingreso nacional. De tal manera la manera común de cuantificar el Crecimiento Económico es atreves del Producto Interno Bruto (PIB), este indicador fue desarrollado por el economista Simon Kuznets.

Gregorio (2012) menciona que “el nivel de actividad de un país se mide a través del Producto Interno Bruto (PIB), que representa el valor de la producción final de bienes y servicios en un periodo” (pág. 14). Existen distintos métodos para medir el PIB, pero el más utilizado es el que es calculado por el lado del gasto, donde los componentes son: el consumo, inversión, gasto del gobierno y las exportaciones netas.

Mientras que Haller (2012) nos dice que el crecimiento económico es el proceso en el cual el tamaño de una economía nacional crece ya sea de manera lineal o exponencial, expresado en los indicadores macroeconómicos principalmente en el Producto Interno Bruto per cápita, además se considera que el sentido en el que puede crecer una economía son positivamente o negativamente. Además, considera que el crecimiento económico es un fenómeno que en el largo plazo se vuelve complejo debido al incremento de la población, los limitados recursos y su mala o ineficiente utilización, una inadecuada infraestructura, los modelos culturales o institucionales que hacen que se dificulte el crecimiento y otros factores.

De acuerdo con Balcerowicz (2008) el proceso de crecimiento involucra cambios a nivel cualitativo, cuantitativo y cambios estructurales con un impacto positivo en la economía y el estilo de vida de la población, con esto hay que tener claro que el crecimiento económico y el desarrollo son conceptos diferentes, ya que el último a pesar de hacer referencia a la capacidad que tiene un país para generar riqueza, el concepto desarrollo económico está encaminado al bienestar y la sustentabilidad.

2.2.2.1 Teorías de crecimiento económico

El debate que se genera en torno al crecimiento económico es quizá el que más promueva la discusión debido a las distintas corrientes de pensamiento económico, lo que ha dado origen a distintas posturas y modelos.

Históricamente los principales estudios acerca del crecimiento económico fueron desarrollados en el siglo XX ya que los economistas mercantilistas no exploraron el tema y relacionaban la riqueza de las naciones con los minerales, especialmente con los metales y la cantidad que podían poseer. Por su lado los economistas pertenecientes a la fisiocracia se limitaron a delimitar las relaciones socio-económicas con la tabla económica, donde consideraban a la agricultura la base de la economía.

Mientras que los economistas clásicos como por ejemplo Adam Smith y David Ricardo empezaron a determinar que el crecimiento económico está en función de la producción, de tal manera que Smith consideraba que un incremento en la producción se vería reflejado en el mercado basándose en la “Ley de Say” quien mencionaba que la oferta genera su propia demanda. En contraposición Karl Marx al reconocer que la oferta cumple con un papel importante en la economía, pero no estaba de acuerdo con los postulados de Jean Baptiste Say, aludiendo que la sobreproducción y los problemas que vienen con ella radicaba en el suponer que la demanda era generada por la oferta no tenía justificación lógica.

Por su parte Malthus con un punto de vista diferente propuso que la demanda es independiente de oferta, con lo que Keynes estaba de acuerdo ya que consideraba que la demanda es el factor más importante en el crecimiento Económico.

Para Piętak (2014) quien considera que uno de los economistas al cual se le debe prestar atención en su razonamiento sobre el análisis de la teoría del crecimiento económico es Joseph Schumpeter quien basaba sus teorías en la asunción de la propiedad privada, un mercado competitivo y que la eficiencia de los mercados financieros podría solventar la producción de nuevos inventos, ya que este consideraba y asignaba una gran importancia a la innovación del emprendedor ya que estaba convencido de que la creatividad e innovación determinan el desarrollo económico.

2.2.2.2 Modelos de crecimiento económico

Modelo Keynesiano

El contexto en el que se desarrolló este modelo fue el de la gran depresión de 1929 en Estados Unidos Rochon (2009) hace un recuento donde nos indica que John Maynard Keynes fue el economista que destacó en las propuestas teóricas, especialmente en las del empleo ya que apoyó la existencia de equilibrio en una economía con desempleo masivo. Es por esto que el modelo keynesiano asume la rigidez de salarios, lo que ante una caída en la demanda agregada se considera que la autorregulación del mercado no sería capaz de recuperar el pleno empleo y por esto el estado debe jugar un papel importante en la economía siendo quien controle la demanda agregada mediante mecanismos como el gasto fiscal, para mantener una prosperidad continua.

Keynes propone un modelo de demanda agregada que se considera como un modelo de gasto agregado, principalmente porque quería conocer como la gente tomaba sus decisiones de gasto en relación a sus ingresos, al considerar esto Keynes y no los precios para determinar el equilibrio, asume que los precios son fijos.

De tal manera que la demanda agregada para Keynes está compuesta por cuatro elementos que a su vez son los componentes del producto nacional, y estos son:

1. El consumo de los hogares
2. Inversión
3. Gasto del Estado
4. Exportaciones netas

Destacando el consumo como uno de los elementos más significativos, sin desmerecer a los otros componentes ya que para Keynes la inversión causa las fluctuaciones y el gasto gubernamental es quien puede compensar dichas fluctuaciones.

Como ya se mencionó anteriormente el factor determinante del consumo más importante es el ingreso disponible, esto quiere decir que mientras el ingreso sea mayor, mayor será el consumo. Mientras que el consumo autónomo puede depender de la riqueza acumulada y el ingreso futuro, con esto se puede decir que en el largo plazo quien no percibe ingresos su consumo puede llegar a ser nulo.

A la inversión se le define como el gasto de las empresas en nuevos bienes de capital, lo que se conoce como formación bruta de capital fijo que son operaciones que realizan las empresas para aumentar su stock de capital o remplazar al que se ha depreciado, y esta inversión en capital está en función de la tasa de retorno que a su vez está influenciada por tasa de interés, por lo cual a la tasa de interés se le considera como un costo de oportunidad y se considera que tiene una relación inversamente proporcional con la inversión, generalmente se toma como constante a la inversión.

Por su parte el gasto del gobierno que es el gasto en bienes y servicios depende directamente de la política fiscal de un gobierno y no del ingreso de una economía por lo que se hace difícil determinar el accionar del gobernante de turno, por lo que se la considera una variable constante.

Y las exportaciones netas que es el resultado de restar las exportaciones y las importaciones.

De tal manera que el modelo Keynesiano se lo puede definir de la siguiente manera:

$$DA = C + I + G + (X - N)$$

De la teoría Keynesiana se desprenden varios modelos como el de Harrod el cual parte de la premisa de que un aumento en la demanda de inversión con el efecto multiplicador generara un incremento en la renta, lo cual provocara que una parte

de esa renta se destinara al consumo y a la inversión en primera instancia y otra parte se destina al ahorro.

Para este modelo se toman dos funciones, la del ahorro y la de producción que se expresan de la siguiente manera:

Función de Ahorro:

$$S = sY$$

Donde s que es la propensión marginal a ahorrar que se desprende a su vez de la resta a la unidad la propensión marginal a consumir y se multiplica por el ingreso disponible.

Función de producción:

$$Y = \min\left(\frac{K}{v}, \frac{N}{u}\right)$$

Donde v y u son los coeficientes capital producto y trabajo producto respectivamente, por lo que se considera que v mide la relación de la inversión y un incremento de la capacidad productiva resultante. Por lo que para un incremento en la demanda se tendría que invertir en una proporción v para cumplir con la utilización plena de la capacidad productiva.

De tal manera que Fanco y Ramirez (2005) consideran que un cambio en la tasa de flujo de inversión generara dos efectos que son en primera instancia cambiar la capacidad productiva de la economía y el segundo efecto será afectar la demanda agregada a través un efecto multiplicador.

Para Moroianu (2012) los modelos keynesianos y post keynesianos están direccionados a la estabilidad o equilibrio de la economía y es necesario es uso de políticas macroeconómicas para alcanzar el equilibrio y estimular la economía mientras que los economistas neo clásicos mantienen que la economía se autorregula y el equilibrio se debe generar naturalmente.

Modelo Solow Swan

El modelo de Solow - Swan explica como la tasa de crecimiento de la economía, el incremento de la población y el progreso tecnológico generan un proceso de crecimiento económico en un periodo determinado las premisas en las que se basó (Solow, 1956) fueron las siguientes:

- La competencia perfecta
- Los factores productivos trabajo y capital son sustituibles
- La perfecta movilidad de los factores de producción
- El pleno empleo en el uso de los recursos

El modelo toma en consideración una economía cerrada con un solo sector donde la producción homogénea es destinada al consumo o a la inversión, para crear nuevas unidades de capital y que los ahorros sean iguales a las inversiones. Además, considera que el capital sufre de una constante depreciación a una tasa determinada, el ahorro está determinado por el ingreso y es una parte constante del mismo y que la población crece a una tasa exógena.

Este modelo fue planteado en contraposición al modelo de demanda de Harrod donde el crecimiento económico es expresado en función del consumo o la inversión, la diferencia es que al modelo neoclásico se lo puede categorizar como uno de oferta que no pretende tomar en cuenta los problemas del mercado, donde para explicar la producción las variables que se consideran son el capital, el trabajo y el conocimiento, representada en la siguiente expresión:

$$Y(t) = F(K(t), A(t)L(t))$$

Donde el resultado de multiplicar el trabajo (L) por el nivel de conocimiento (A), es una medida para conocer la cantidad producida a un nivel de trabajo y conocimiento disponible o, dicho de otra manera, se calcula la efectividad del trabajo en el tiempo (t). Esta función considera rendimientos constantes a escala.

Este es un modelo neoclásico que para (Acevedo, Cano, Zuluaga, & Gómez, 2004) el progreso tecnológico puede tener dos utilidades que son en primera instancia explicar el “residual de Solow” que como el mismo Solow explica este residual es la parte del crecimiento del que no se podía atribuir a la acumulación de factores, y la segunda función del progreso tecnológico en este modelo es el de que permite que la formación de capital se mantenga creciente.

Solow planteó un modelo simple el cual se caracteriza por ser un modelo de oferta donde no se consideran como tal los problemas del mercado y se acepta y verifica los postulados de la “Ley de Say”. De este modelo simplificado se desarrolló el modelo ampliado de Solow que es el siguiente:

$$Y = K^{\alpha} H^{\lambda} A L^{1-\alpha-\lambda}$$

Donde

Y= Producto

K= Capital físico

H= Capital humano

A=Nivel de tecnología

L= Trabajo

El modelo ampliado contempla que el producto será destinado al consumo o a la inversión mas no al ahorro ya que se considera que tarde o temprano este ahorro se convertirá en inversión es decir tendrá que ser gastado. También se considera que los parámetros α y λ son positivos y la suma de los mismos es menor a uno, el trabajo y la tecnología crecen a tasas constantes pero diferentes, además se debe considerar que el capital físico y el capital humano se ven envueltos en un proceso de depreciación.

Uno de los aportes que se le atribuyen al modelo de Solow es el de al saber que los países no crecen a un mismo ritmo y por eso la distinción entre países desarrollados y los no desarrollados, el planteamiento de este modelo indaga que en el largo plazo los países menos desarrollados puedan crecer en términos similares a los desarrollados.

Modelos de crecimiento endógeno

Para Benavides (1997) los cuestionamientos que se realizaron a la teorización del modelo de Solow son las bases para las teorías de lo que se conoce como modelos de crecimiento endógeno, principalmente debido a que se cuestiona el supuesto de que la tecnología es el detonante del crecimiento económico ya que, sin un cambio en la tecnología el producto crecía debido a que el capital físico y humano no mostraba señales de rendimientos decrecientes.

Debido a que la teoría de los modelos endógenos nace del revisar el modelo neoclásico de Solow según Hernández (2002) existen dos principales diferencias en la teorización de ambos modelos y la primera es que la teoría del crecimiento endógeno se enfoca en el importante papel que ejerce el capital humano mientras que el modelo neoclásico le da especial importancia a la inversión en el capital físico; la segunda diferencia tiene que ver con la tecnología ya que el planteamiento de los neoclásicos la colocan como una variable exógena mientras que los desarrolladores de la teoría del crecimiento endógeno consideran a la tecnología como parte del modelo es decir una variable endógena.

La teoría en la que se basan los modelos de crecimiento endógeno suponen varias implicaciones, en la que se destaca la de que la acumulación de capital puede ser promovida si se presentan las condiciones en las que los rendimientos a escala crecientes generen que el producto marginal del capital se mantenga creciente en el tiempo, de esta manera la inversión en capital humano y en incentivar el desarrollo de nuevas tecnologías, se convierten en las determinantes para la nueva

teoría de los modelos endógenos que explica el crecimiento económico en el largo plazo.

Teorías del consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico

Existen planteamientos que involucran al fisiócrata Quesnay y mencionan que tuvo una aproximación para incluir a la energía al estudio al plantear que solo la agricultura era capaz de generar excedente de producción con la división de clases sociales planteada en su trabajo *Tableau Economique* en 1766, donde se considera a los agricultores como clase productiva y como clase estéril a los comerciantes, afirmación válida para la Francia previa a la revolución industrial, donde hay quienes consideran que la energía que se venía utilizando era la solar de la cual los productos agrícolas se beneficiaban absorbiéndola y almacenándola para luego satisfacer las necesidades de los seres humanos y los animales utilizados en el proceso de producción.

Con el surgimiento de la revolución industrial y los postulados de los economistas clásicos como Adam Smith, David Ricardo, Thomas Maltus, Jhon Stuart Mill y Karl Marx; dieron una visión diferente a la de los fisiócratas especialmente con la teoría del valor donde se manifiesta que la riqueza se produce por la acción del hombre y no la tierra cultivable o la agricultura, a pesar que los economistas clásicos no involucraban explícitamente a los recursos naturales como factores de producción en el proceso de producción y que su interés se viera fijado en la construcción de una teoría de la renta de la tierra lo que lograra distribuir eficazmente los ingresos provenientes del proceso de producción, otro de los aportes importantes fue la teoría del crecimiento económico con la publicación de “la riqueza de las naciones” en 1776.

Para tratar de explicar como un país crece en términos económicos han sido muchas las teorías que se han planteado y se ha generado alrededor un largo debate sobre cuáles son las causas de que una economía crezca, uno de los

modelos que pretende explicar dicho crecimiento es el de (Solow 1956) donde la acumulación de capital no es relevante, si no la variable que toma relevancia y mayor impacto es el avance tecnológico, esto en razón de que el capital está ligado a los rendimientos decrecientes y los países con un bajo stock de capital pueden llegar a obtener tasas de crecimiento comparables con la de países ricos especialmente por la depreciación que un alto stock de capital supondría.

Debido a que en el modelo de Solow el avance tecnológico es cuantificado de manera residual se le conoce también como “el residuo de Solow” y literatura reciente especialmente en la de crecimiento endógeno se la toma como la productividad total de los factores, el autor Prescott (1998) realizó una investigación en la cual afirma que el aporte de este modelo neoclásico puede llegar a explicar en el caso de países desarrollados un 80% del crecimiento económico y en el caso de países en vías de desarrollo un valor cercano al 40%, pero también menciona que el estudio del avance tecnológico es aún muy precario especialmente porque en ciertos casos el aporte del progreso tecnológico al crecimiento económico supera el 100%.

Los economistas Lindenberg y Kumel consideran que la mayoría de residuos que explican el modelo de Solow de crecimiento pueden ser removidos si se incluye adecuadamente como factor a la tecnología, en una investigación previa mencionan que:

El inexplicable progreso tecnológico revela dos principales elementos. El primero es la activación del incremento de stock de capital automatizado por energía y por supuesto el personal que maneja el capital debe estar calificado adecuadamente. El segundo consiste en las mejoras en cuanto a lo organizacional y eficiencia energética del stock de capital. En el corto plazo el impacto del primer elemento puede ser mayor al del primero, pero puede ser al contrario en el largo plazo si la eficiencia de las mejoras fundamentalmente cambian el curso de la evolución económica (Kümel, Henn, & Lindemberger, 2002, pág. 418)

Para analizar el incremento del capital automatizado por energía los autores anteriormente mencionados proponen un modelo llamado PRISE por sus siglas en inglés “Price-Induced Sectoral Evolution” o evolución sectorial inducida por el precio, el cual está diseñado para analizar potenciales cambios en los ingresos, salidas y ganancias en diferentes sectores económicos de energía y laborales en respuesta a cambio de precios.

Para empezar a desarrollar su modelo hacen una aclaración importante del cual parten que es “en las economías industriales el stock de capital se compone de todos los dispositivos de conversión de energía y las instalaciones necesarias para su operación y protección. Sus componentes fundamentales son los motores y transistores activados por energía y manejados por el personal” (Kümel, Henn, & Lindemberger, 2002, pág. 418) por lo que concluyen en que las leyes de la termodinámica están por encima de las leyes económicas y que ningún proceso de producción podría ser llevado a cabo sin la conversión de energía y que a pesar de que en su modelo aún se mantienen residuos sin explicar se le debería asignar una mayor importancia a la energía en el estudio de cómo crece económicamente un país.

Partiendo de que se debe tomar muy en cuenta el aporte que brinda la energía eléctrica al desarrollo económico y social en un país, autores como (Odhiambo, 2009) (Payne, 2010) han aportado con sus estudios mencionando que el saber la dirección de causalidad entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico es importante para la aplicación de políticas energéticas planteando cuatro puntos de vista, estos son:

El primer punto de vista establece que el consumo de electricidad causa en sentido Granger al crecimiento económico, el segundo punto de vista es que el crecimiento económico es el que conduce el consumo de electricidad, mientras que el tercer punto de vista es el escenario en que tanto el consumo de electricidad como el crecimiento económico se causan entre sí, es decir la causalidad es

bidireccional y finalmente el último punto de vista es el que las variables no tienen influencia y no tienen incidencia una sobre la otra.

Si se plantean las hipótesis con esta premisa podríamos establecer que a la hipótesis nula se la podría llamar también la de “neutralidad” ya que la relación entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico, mientras que a la primera hipótesis alterna se la podría denominar de “crecimiento” ya que la direccionalidad es desde el consumo de electricidad hacia el crecimiento económico, lo que representaría que el sector eléctrico es representativo en la economía del país; por otro lado el escenario contrario al anterior que sería la segunda hipótesis alterna se la conoce como “conservadora” ya que el sector eléctrico no representaría un factor determinante en la economía y su crecimiento, al ser el crecimiento económico la variable que determine el comportamiento del consumo de electricidad, y finalmente si el sentido de causalidad es bidireccional que se asignaría a la tercera hipótesis alterna se la conocería como “retroalimentación”.

Es por esto que en la presente investigación se pretende determinar la existencia de una relación causal entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico en base a que al ser el PIB el valor agregado de la producción de un país y sabiendo que la electricidad es un factor importante para el correcto desempeño de las diferentes industrias, el objetivo de este estudio es saber si un mayor consumo de electricidad determina el crecimiento económico del país, si el crecimiento del PIB representa un mayor consumo de electricidad o si no tienen relación mediante un modelo econométrico, planteando las hipótesis que se presentan a continuación.

2.3 Hipótesis

Primera

H_0 = No existe relación causal entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico en el Ecuador.

Segunda

H_1 = Existe una relación causal unidireccional del consumo de energía eléctrica hacia el crecimiento económico en el Ecuador.

Tercera

H_2 = Existe una relación causal unidireccional del crecimiento económico hacia el consumo de energía eléctrica en el Ecuador.

Cuarta

H_3 = Existe una relación causal bidireccional entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico en el Ecuador.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de investigación

El presente estudio puede tomar diferentes aspectos de las varias modalidades de investigación científicas, es por tal razón que algunos de los tipos estudio que enmarcan esta investigación son los siguientes:

Estudio descriptivo: Según Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista (1997) este tipo de estudios tienen que ver con el estudio de manera independiente de los conceptos de las variables de estudio, la razón por la que se puede decir que este es un estudio descriptivo es porque en el capítulo anterior de manera separada se han teorizado a las variables de estudio, si bien es cierto que el objetivo central del presente estudio es encontrar la relación entre ambas variables, el motivo para describir a las variables de manera independiente es el de que al conceptualizar de manera individual cada una de ellas, se pueda entender con mayor precisión el por qué estas pueden compartir características y tener algún tipo de relación.

Estudio Explicativo: Citando nuevamente a Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista (1997) quienes mencionan que este tipo de estudios están orientados a la obtención de respuestas de distintos eventos sean estos fenómenos físicos o sociales además de establecer relaciones entre los conceptos de las variables. Bajo esta premisa se puede decir que esta investigación es de carácter explicativa ya que se pretende a través de la aplicación de una metodología econométrica probar la existencia de una relación causal entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico y de esta manera en el caso de una posible relación entre las variables explicar el por qué mantienen dicha relación.

3.2 Recolección de la información

Los recursos para la presente investigación que son datos históricos de las variables a analizar como: El crecimiento económico expresado en el Producto Interno Bruto per cápita del Ecuador y El consumo de Energía eléctrica (kwh) se encuentran en las bases de datos del Banco Mundial, fuente a la que se accedió debido a que es la que contienen una mayor cantidad de datos en el tiempo, es por esto que la recopilación de datos está comprendida entre los años 1971 hasta 2014, cabe recalcar que las bases de datos son de acceso público y su información es completamente confiable.

Se puede afirmar que las fuentes de donde se recopiló la información es de fuentes secundarias ya que se extrajo de las bases de datos de instituciones respetables que ya trataron la información previamente y publican datos precisos y confiables como son el Banco Central del Ecuador y el Banco mundial.

Las series que fueron tomadas fueron producto de la revisión de varias metodologías las cuales fueron analizadas en distintos artículos científicos, en los cuales se basó el investigador para el desarrollo de la presente investigación.

El instrumento utilizado en este caso el cual es la ficha de observación cuenta con una alta confiabilidad debido a que la información que esta contiene es verificable en las bases de datos y las distintas publicaciones del Banco Central del Ecuador y del Banco Mundial. La validez de la información es validada con la aplicación de distintos análisis estadísticos necesarios para la aplicación de un modelo econométrico y cumplimiento de los objetivos planteados.

3.3 Tratamiento de la información

Con la recuperación de la base de datos del Banco mundial se procedió a tabular las series de tiempo en el software Excel para poder manejar de una manera organizada y posteriormente poder exportar los mismos a un software econométrico, de tal manera que las observaciones a tomar en cuenta son 44 las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Ficha de observación de las series de tiempo

<i>Año</i>	Consumo electricidad per cápita	PIB Per cápita	<i>Año</i>	Consumo electricidad per cápita	PIB Per cápita
1971	144,539712	495,535764	1993	517,357806	2026,11272
1972	149,470112	588,336798	1994	549,87504	2132,90697
1973	163,269181	970,011439	1995	552,150795	2155,51723
1974	174,327677	1105,42008	1996	612,141629	2356,37084
1975	196,158777	1264,91287	1997	654,732161	2293,88974
1976	223,295432	1493,33136	1998	686,562693	1578,93354
1977	251,905407	1572,40136	1999	634,779537	1445,27932
1978	291,598136	1821,04765	2000	634,880681	1894,61517
1979	327,078167	2238,21484	2001	646,861433	2172,10188
1980	359,611104	2660,6115	2002	688,479027	2425,85184
1981	384,378356	2369,95038	2003	715,79884	2691,27808
1982	403,715035	1988,78732	2004	823,821739	3002,13687
1983	408,598944	1912,43149	2005	794,526368	3328,88297
1984	411,716588	1891,5606	2006	862,484445	3567,83644
1985	397,524451	1648,0158	2007	952,816822	4249,01926
1986	417,972652	1464,49324	2008	1077,4134	4231,6158
1987	451,883777	1337,88948	2009	1104,95001	4633,59036
1988	451,844017	1390,21311	2010	1137,95662	5200,55579
1989	445,862486	1489,52951	2011	1212,02715	5682,04501
1990	480,699025	1622,20824	2012	1277,03695	6056,33083
1991	508,953232	1688,50507	2013	1329,36715	6377,09153
1992	522,483445	1727,75406	2014	1376,39312	6124,49164

Fuente: Base de datos del Banco Mundial

Elaborado por: Espinosa (2021)

El análisis descriptivo tanto del consumo de energía eléctrica, como del crecimiento económico en el Ecuador, se centrará en recopilar información

histórica como hitos que marcaron el comportamiento de las variables y presentarlos ya sea a manera de tablas o figuras para un mejor entendimiento y de esta manera poder encontrar posibles similitudes en eventos que hicieron que las variables se vieran relacionadas.

Para poder dar seguimiento a la ejecución de los objetivos de esta investigación se requiere cumplir con varios requisitos por lo que se consideran tres etapas en donde la información es procesada de manera en la cual se pueden evitar errores de estimación es por eso que con la ayuda del software econométrico EViews y las bondades que nos brinda podremos ir cumpliendo con las siguientes etapas.

Primera etapa

En esta etapa se pretende determinar el orden de integración de las series de tiempo con las que trabajaremos, debido a que uno de los problemas que se pueden presentar tiene que ver con la estacionariedad de las series, según Gujarati & Porter (2009) una serie es estacionaria cuando “su media y varianza no cambian de manera sistemática a través del tiempo” (pág.345).

Es por esto que se parte de las siguientes hipótesis, la hipótesis nula $H_0 \delta = 1$ donde se considera que la serie tiene un problema de raíz unitaria y por lo tanto no es estacionaria; y la hipótesis alternativa $H_1 \delta \neq 1$ que afirma que la serie es estacionaria.

Se puede comprobar la estacionariedad de una serie con diferentes métodos, uno de ellas es con un análisis gráfico donde principalmente se observa si una serie de tiempo posee una tendencia lo cual puede ser síntoma de la no estacionariedad de la serie, además el correlograma puede ser una herramienta gráfica para detectar si las series son estacionarias o no.

Otro de los métodos utilizados es el de la utilización de la prueba de Dickey Fuller la cual parte de la siguiente premisa:

Se parte de un proceso estocástico de raíz unitaria.

$$Y_t = pY_{t-1} + u_t \quad -1 \leq p \leq 1$$

Donde Y_t es una serie de tiempo y u_t es un término de error de ruido blanco

Y se puede decir que si $p = 1$ nos encontramos frente a un problema de raíz unitaria, es decir que la serie no es estacionaria, pero si el valor absoluto de p es menor a 1 se puede llegar a demostrar que dicha serie es estacionaria.

Si manipulamos la ecuación anterior y restamos a ambos miembros Y_{t-1} tendríamos la siguiente expresión.

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t$$

Donde $\delta = (p - 1)$ y hace relación al parámetro de deriva.

Δ es el operador de primeras diferencias.

Por lo tanto, para probar que una serie de tiempo es estacionaria se plantea la hipótesis nula de que si $\delta = 0$ dicha serie es no estacionaria y la hipótesis alternativa de que si $\delta < 0$ se puede decir que una serie es estacionaria.

Por lo que es común que al trabajar con series de tiempo se apliquen las primeras diferencias y sean estas el insumo con el cual se aplique una metodología econométrica.

De tal manera que en esta etapa se establece el orden de integración de las series, la orden de integración hace referencia al número de veces que a una serie se le deben aplicar las diferencias para que esta sea estacionaria, siendo este el caso en que a una serie Y_t se le tenga que aplicar las primeras diferencias, su orden de

integración será $Y_t \sim I(1)$. Esto es importante porque debemos trabajar que mantengan el mismo orden de integración.

Segunda etapa

Al trabajar con series de tiempo es común escuchar el termino rezago, un rezago en econometría hace referencia al tiempo que tarda en hacer efecto un cambio en una variable sobre otra variable, es por eso que el escoger el número de rezagos con el que se trabajara es importante, ya que al trabajar con un mayor número de rezagos se dice que se pierde grados de libertad en las estimaciones.

Existen varios criterios al momento de elegir el número de rezagos que se van a utilizar en las estimaciones, Montero (2013) menciona que se recomienda elegir en función de la naturaleza temporal de las series, es decir si estos se presentan anuales, trimestrales o mensuales se debería usar un numero distinto de rezagos, pero también se recomienda utilizar dos criterios los cuales son el de Akaike (AIC) o el criterio Bayesiano (BIC), los cuales se pueden representar de la siguiente manera:

$$AIC = -2 * \ln(v) + 2 * k$$

$$BIC = -2 * \ln(v) + \ln(N) * k$$

Donde:

$\ln(v)$ = *logaritmo de la verosimilitud*

k = *Número de parametros estimados (variables + constante)*

N = *Número de observaciones*

El criterio de selección es escoger el número de rezagos que tras la aplicación de las formulas anteriores obtenga un resultado menor.

Tras haber escogido el número de rezagos con el que se va a trabajar, lo que se quiere determinar en esta etapa es que, si las series presentan o no cointegración esto quiere decir en términos económicos que, dos series pueden estar cointegradas si muestran que están relacionadas en el largo plazo o tienen una relación de equilibrio, esto evitara que las regresiones que se realicen sean espurias.

La herramienta que se utiliza para conocer si existe o no cointegración entre dos series es el test de (Johansen, 2003) el cual nos permite aceptar o rechazar que las series tienen una relación a largo plazo, para contrastar las hipótesis esta prueba utiliza el estadístico de traza y de raíz máxima. La importancia de obtener los resultados de estos estadísticos radica en que gracias a ellos se puede determinar en el largo plazo la existencia de una ecuación de cointegración, estos estadísticos se pueden representar de la siguiente manera:

$$\lambda_{traza} = -T \sum_{i=r+1}^k \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$$

$$\lambda_{max}(r, r + 1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+a})$$

Según Lütkepohl, Saikkonen y Carsten (2001) el criterio de selección parte de que estos estadísticos además de probar la existencia de cointegración entre las variables, permiten conocer el número de ecuaciones lineales existen entre las mismas esto es importante porque en caso de que las series de tiempo se encuentren cointegradas quiere decir que si trabajamos con dos variables debe existir al menos una ecuación de cointegración.

Tras haber establecido el orden de integración de las series y comprobar que están cointegradas el siguiente paso es establecer la estructura de un modelo VAR, esto debido a que:

Utilizamos un modelo del tipo vector autorregresivo (VAR) cuando queremos caracterizar las interacciones simultaneas entre un grupo de variables. Un VAR es un modelo de ecuaciones simultaneas formado por un sistema de ecuaciones de forma reducida sin restringir. Que sean ecuaciones de forma reducida quiere decir que los valores contemporáneos de las variables del modelo no aparecen como variables explicativas en ninguna de las ecuaciones. Por el contrario, el conjunto de variables explicativas de cada ecuación está constituido por un bloque de retardos de cada una de las variables del modelo. Que sean ecuaciones no restringidas significa que aparece en cada una de ellas el mismo grupo de variables explicativas (Novales, 2017, pág. 2).

Un modelo VAR se puede representar de la siguiente manera:

$$Y_t = A_0 + \sum_{s=1}^n A_s Y_{t-s} + GZ_t + u_t$$

Para la ecuación de la representación de un modelo VAR el autor Novales (2017) menciona lo siguiente “ Y_t es un vector de la columna $k \times 1$, n es el orden del modelo VAR, o número de retardos de cada variable en cada ecuación y u_t es un vector $k \times 1$ de innovaciones, es decir, procesos sin autocorrelación, con $Var(u_t) = \Sigma$ ” (pág. 5).

Tras la aplicación de un modelo VAR es importante realizar los contrastes necesarios para corroborar que los estimadores sean consistentes los contrastes más importantes y a los que se les debe tener especial importancia son los de autocorrelación, normalidad de los residuos y de heterocedasticidad.

En esta etapa también se puede recurrir a un mecanismo de corrección de error (MCE) debido a que Gujarati & Porter (2009) mencionan que, si dos series muestran una tendencia lineal o una relación de equilibrio a largo plazo, por lo que también mencionan que “un importante teorema conocido como teorema de representación de Granger, afirma que, si dos variables Y y X están cointegradas, la relación se expresa como MCE” (pág. 764).

Un MCE sirve para conciliar el comportamiento de corto plazo de una variable con su comportamiento a largo plazo y este es el motivo más importante por el cual se debe usar dicho mecanismo Gujarati menciona que si existe una relación de equilibrio entre dos variables es posible que en el corto plazo se puedan presentar desequilibrios y de esta manera se puede tratar el termino de error como un “error de equilibrio” lo que nos llevaría a relacionar el comportamiento de corto plazo con su valor de largo plazo.

Un modelo de corrección de error se compone de dos partes estas son:

$$H_0(r); \prod = \alpha\beta$$

Donde

α = una matriz de parametros de velocidad de ajuste al equilibrio

β = matriz de cointegración

Tercera Etapa

Tras haber cumplido con los requisitos de las etapas anteriores y haber aplicado un modelo econométrico de manera que se cumpla con lo necesario para avalar que dicho modelo tiene una especificación correcta, en esta etapa se procede a tratar de hallar una posible relación causal entre las series de tiempo pertenecientes a las variables de estudio.

Para abarcar el tema de la causalidad, Gujarati y Porter (2009) nos dicen que “aunque el análisis de regresión trata sobre la dependencia de una variable sobre otras variables, esto no implica causalidad ..., la existencia de una relación entre las variables no prueba causalidad ni la dirección de la influencia” (pág. 652). Por lo que para probar que relación causal existe entre variables es necesario aplicar una prueba de causalidad.

La premisa en la que se basa la prueba de causalidad de Granger es en que, el tiempo tiene su curso hacia adelante y no hacia atrás, por lo que se puede llegar a determinar que, si un suceso A acontece antes que un suceso B, es probable que A cause B, pero es imposible que un evento B cause un suceso A. Es lógico que el futuro no puede causar el pasado, por lo que la causa es predecesora al efecto.

Cabe recalcar que cualquier modelo econométrico al cual se le quiera aplicar la prueba de Granger previamente se debe comprobar que cumpla los 10 principios de econometría propuestos en el teorema de Gauss-Markov los cuales son: La especificación correcta del modelo, los parámetros deben ser lineales, la media condicional debe ser igual a cero, no debe haber heterocedasticidad, no debe existir correlación entre las perturbaciones, covarianza entre x y u debe ser igual a cero, el número de observaciones debe ser mayor al número de parámetros, existencia de variabilidad entre los datos x , la multicolinealidad no debe ser perfecta y finalmente las x no son estocásticas.

Además, para la correcta aplicación de prueba de causalidad de Granger se supone que con las series de tiempo que se trabajara son no estacionarias es por esto que tras la asunción de estos requisitos previos (Rodríguez, 2018) para una mejor comprensión acerca de prueba de Granger nos dice lo siguiente:

Sea v_t toda la información en el universo acumulado desde el tiempo $t - 1$ y sea $v_t - y_t$ toda esta información excepto aquella de la serie especificada y_t .

Por lo que se define a la causalidad de la siguiente manera: Si $\sigma^2(x|v) < \sigma^2(x|\overline{v} - \overline{y})$ se dice que y está causando (Granger causando) a x $\left(x_t \xrightarrow{GC} y_t\right)$. Se dice que y_t esta Granger causando a x_t usando toda la información disponible que si la información exceptuando aquella de y_t hubiera sido usada (pág. 20).

Lo que se pretende determinar con esta investigación es que si el consumo de electricidad causa el crecimiento económico o que si el crecimiento económico es el causante del consumo de electricidad es por eso que para realizar la prueba de causalidad de Granger, se utilizaran las siguientes regresiones

$$CElec_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i PIBpc_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_j CElec_{t-k} + u_{1t}$$

$$PIBpc_t = \sum_{i=1}^n \delta_i PIBpc_{t-i} + \sum_{j=1}^n \tau_j CElec_{t-k} + u_{2t}$$

Donde se considera que las perturbaciones no están correlacionadas, la primera ecuación considera que el consumo de electricidad actual se relaciona con los valores pasados del mismo consumo de electricidad al igual que con los del crecimiento económico expresados en el Producto interno bruto per cápita. Mientras que la segunda ecuación postula un comportamiento similar al de la primera pero esta vez con el PIB per cápita.

Se distinguen los siguientes casos:

- La causalidad unidireccional de consumo electricidad hacia el PIB per cápita, se tendría este escenario si los coeficientes estimados sobre PIBpc rezagados en la primera ecuación son estadísticamente diferentes de cero y los coeficientes del Consumo eléctrico rezagado en la segunda ecuación no son estadísticamente diferentes de cero.
- Se puede dar el caso contrario, es decir la dirección de causalidad es unidireccional del PIB per cápita hacia el crecimiento económico si, el conjunto de coeficientes rezagados del PIB pc en la primera ecuación no son estadísticamente diferentes de cero y los coeficientes del Consumo eléctrico rezagado de la segunda ecuación son diferentes de cero estadísticamente hablando.
- Existe una dirección bilateral o retroalimentación cuando en conjunto los coeficientes del consumo eléctrico tanto como los del PIBpc son

estadísticamente significativos es decir diferentes de cero en ambas regresiones.

- Y finalmente puede darse el caso de independencia es decir no existe relación causal si los coeficientes de ambas series de tiempo de las dos variables son estadísticamente igual a cero.

El criterio para probar la hipótesis de que los coeficientes son distintos de cero estadísticamente es la siguiente:

$$F = \frac{(SCR_R - SCR_{NR})/m}{SCR_{NR}/(n - k)}$$

Donde:

SCR_R = Suma de cuadrados residuales restringidos

SCR_{NR} = Suma de cuadrados residuales no restringidos

m = Número de terminos rezagados

k = numero de parámetros estimados en la regresión no restringida

Por lo que aplicamos la prueba del estadístico F, con el criterio de que, si el valor F calculado excede al valor F crítico, con un nivel de significancia determinado se rechaza la hipótesis nula, que es la de que los coeficientes son estadísticamente igual a cero y por lo tanto existe causalidad entre las variables ya que al rechazar la hipótesis nula aceptamos la hipótesis de que los términos rezagados pertenecen a la regresión.

Además, se han derivado distintos test basándose en el mismo principio de la prueba de Granger para determinar la Causalidad entre variables, como la prueba de Wald que es también conocida como un test de exogeneidad o como la prueba de chi cuadrado de Wald cuya fórmula estadística es la siguiente:

$$W_T \frac{[\hat{\theta} - \theta]^2}{Var(\hat{\theta})}$$

Donde:

$\hat{\theta}$ = *Estimadores de máxima verosimilitud*

Var = *varianza*

De esta manera se pretende determinar la posible existencia de una relación causal entre las series de tiempo de las variables consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico y también esta metodología nos permite saber cuál es la dirección de causalidad para poder probar las hipótesis planteadas en el capítulo anterior.

3.4 Operacionalización de las variables.

Tabla 2. Operacionalización variable consumo de energía eléctrica				
Variable: Consumo de Energía Eléctrica				
Concepto	Categoría/ Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Se refiere al uso de energía eléctrica o la proporción de potencia utilizada en una unidad de tiempo kW/h por parte de los distintos grupos de consumo los cuales son Hogares, Industriales, Comerciales, etc. En un tiempo determinado	Consumo de electricidad per cápita	Tasa de variación del consumo de electricidad per cápita	¿Cómo se ha comportado el consumo de electricidad según el consumo de electricidad per cápita?	Organización de fichas de observación a partir de la base de datos del Banco mundial o del Banco Central de Ecuador
	Número de nuevos clientes	Tasa de variación acumulada de nuevos clientes	¿Cómo responde consumo de electricidad ante el incremento de nuevos clientes en el sector eléctrico?	
	Perdidas Eléctricas	-Pérdidas técnicas -Perdidas No técnicas	¿Qué implica para el sector eléctrico un aumento en las pérdidas eléctricas tanto técnicas como no técnicas?	
Elaborado por: Espinosa (2021)				

Tabla 3. Operacionalización variable crecimiento económico				
Variable: Crecimiento Económico				
Concepto	Categoría/ Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Se refiere al uso de energía eléctrica o la proporción de potencia utilizada en una unidad de tiempo kW/h por parte de los distintos grupos de consumo los cuales son Hogares, Industriales, Comerciales, etc. En un tiempo determinado	Producto Interno Bruto Nominal	Tasa de variación del PIB Nominal	¿ Cómo se ha comportado el crecimiento económico visto desde perspectiva de la tasa de variación del PIB Nominal ?	Organización de fichas de observación a partir de la base de datos del Banco mundial o del Banco Central de Ecuador
	Producto Interno Bruto Real	Tasa de variación del PIB Real	¿ Cómo se ha comportado el crecimiento económico visto desde perspectiva de la tasa de variación del PIB Real ?	
	Producto Interno Bruto Per Cápita	Tasa de variación del PIB per cápita	¿ Cómo se ha comportado el crecimiento económico visto desde perspectiva de la tasa de variación del PIB per cápita ?	
Elaborado por: Espinosa (2021)				

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Resultados y discusión

4.1.1 Análisis descriptivo del consumo de energía eléctrica en el Ecuador

Previo al análisis del consumo de energía eléctrica en el Ecuador como tal, es importante abordar el análisis partiendo de que nos encontramos en un país que es productor y exportador de petróleo por lo que cabe recalcar que al ser este mineral una importante fuente de ingresos para el país, gran parte de la inversión y políticas en relación al sector energético están destinadas o relacionadas con el petróleo, y también se debe tener en cuenta que la fuente de energía tanto primaria como secundaria que más se produce y consume en el Ecuador es y seguirá siendo por varios años las provenientes del petróleo.

Las fuentes de energía primaria de las cuales el Ecuador puede tener acceso debido principalmente a su posición geográfica y dado que se considera a las fuentes de energía primaria a aquellas que no han sufrido o se han visto expuestas a ninguna transformación son: petróleo, líquidos de gas natural, gas natural, hidrogenaría, productos de caña, leña y otras primarias.

Las fuentes secundarias que hacen referencia a aquellas que ya han tenido cierto tipo de intervención o transformación de su estado natural son: Electricidad, gas licuado, gasolinas, jet fuel, diésel oíl, fuel oíl, gases y otras secundarias.

Tabla 4. *Tabla comparativa fuentes secundarias de consumo de energía 1970-1990*

Año	G.L.P	Gasolinas	Turbo oíl	Pesados	Electricidad	Diésel
1970	0,70%	42%	12,80%	19%	6,80%	19,00%

1980	3,70%	43,10%	12%	13,70%	8,20%	19,30%
1990	7,80%	30,20%	8,50%	20,00%	9%	24,70%

Elaborado por: Espinosa (2021)

Fuente: (Acosta, Vjekoslav, & Granja, 1989)

En la tabla 4 se presentan los porcentajes de los distintos tipos fuentes secundarias en periodos de 10 años abarcando tres décadas que van desde el 1970 hasta el 1990 donde se puede apreciar que los derivados del petróleo en este periodo son la forma más común de consumir energía. El uso más común que se le da a la energía es el destinado al transporte. Al conocer que la mayor parte de medios de transporte utilizan motores de combustión, lo que puede explicar que en este periodo las fuentes secundarias más utilizadas son la de gasolinas y diésel, es importante notar que el uso del gas licuado de petróleo tiene un importante crecimiento en estos treinta años esto obedece a que se normalizó el uso de cocinas y calentadores en las viviendas y finalmente se puede destacar un leve incremento en el consumo de electricidad que se le puede atribuir a la innovación tecnológica ya sea en lo referente a la producción o elementos de uso cotidiano.

Tabla 5. **Tabla comparativa fuentes secundarias de consumo de energía 2000-2010**

	Unidades	2000	2010	Variación
Consumo total de energía	kBEP*	60.237	93.629	55%
Consumo energético sector transporte	kBEP	25.069	45.121	80%
Consumo energético sector industrial	kBEP	11.476	15.572	36%
Consumo de electricidad	GWh	7.904	18.175	130%
Consumo de Diésel	kBEP	15.905	27.024	70%
	miles gal	667.000	1.133.303	
Consumo de gasolinas y naftas	kBEP	10.804	20.443	89%
	miles gal	507.918	961.072	
Consumo de GLP	kBEP	5.181	7.922	53%
	miles kg	678.967	1.038.314	

Elaborado por: Espinosa (2021)

Fuente: (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015)

* kBEP. Kilo equivalente a barriles de petróleo

En la tabla 5 se trae a colación los valores de los consumos de energías de las distintas fuentes secundarias en el año 2000 y 2010 y su respectiva variación porcentual, para

poder analizar si el consumo de las fuentes secundarias de energía se incrementó o disminuyó y efectivamente como muestra la tabla el consumo de energía en general se incrementó en un 55%. Lo que se destaca en esta tabla es la diferencia entre el incremento de consumo de energía de parte del sector transporte y el sector industrial, esto responde a que como se mencionó anteriormente el sector que más energía utiliza es el de transporte.

Se destaca de igual manera que el consumo de electricidad en estos 10 años de análisis creció en un 130% esto se debe en gran medida a que los avances tecnológicos en su mayoría necesitan de una fuente de electricidad para su funcionamiento y estos usos de los avances tecnológicos se masificaron en los hogares, en el sector de los servicios y en el sector industrial.

Para categorizar los tipos de consumidores de energía eléctrica final Acosta, Vjekoslav y Granja (1989) explican dichas categorías y mencionan que las mismas fueron realizadas en función de las actividades socio-económicas de los distintos grupos de consumidores y estas categorías son: Residencial, Comercial, industrial y otros donde se cuenta el consumo generado por las entidades oficiales y alumbrado público de tal manera que si analizamos como fue el comportamiento de los grupos de consumo tendríamos lo siguiente

Tabla 6. **Estructura porcentual del consumo de electricidad 1970-1988**

Año	Residencial	Comercial	Industrial	Otros
1970	40,6%	15,5%	31,9%	12,0%
1971	40,8%	16,0%	31,3%	11,9%
1972	40,8%	16,7%	30,8%	11,7%
1973	40,3%	16,8%	30,1%	12,8%
1974	39,0%	17,8%	30,2%	13,1%
1975	37,6%	17,0%	33,5%	11,9%
1976	40,6%	16,5%	30,7%	12,1%
1977	40,4%	16,0%	32,2%	11,4%
1978	40,2%	15,3%	33,8%	10,8%
1979	39,8%	14,9%	34,9%	10,3%
1980	39,8%	14,7%	35,8%	9,7%
1981	39,5%	14,7%	36,6%	9,2%

1982	39,5%	14,9%	35,2%	10,4%
1983	41,3%	15,3%	33,0%	10,4%
1984	40,5%	15,6%	32,3%	11,6%
1985	39,2%	15,5%	33,7%	11,6%
1986	39,4%	15,8%	33,0%	11,7%
1987	39,7%	16,0%	32,5%	11,8%
1988	39,2%	15,9%	32,5%	12,4%
Elaborado por: Espinosa (2021)				
Fuente: (Estadísticas Energéticas del Ecuador, 1989)				

En la tabla 6 que nos presenta el porcentaje de electricidad que los distintos sectores utilizaron en el periodo comprendido entre 1970 y 1988 se puede evidenciar que la mayor participación o en este caso el mayor consumo de electricidad se dió de parte del sector residencial, si tomamos la tasa de variación de cada 10 años podemos decir que basándonos en los datos presentados en el anexo 1, en los 10 primeros años es decir del 1970 a 1980 el consumo de electricidad casi se triplica en los sectores residenciales, comerciales y los que abarca otros, en cuanto al sector industrial la variación del consumo eléctrico nos indica que aumento en un 344% lo que es un indicio de que el sector industrial empezó a tecnificar sus procesos productivos requiriendo así una mayor cantidad de potencia para hacer trabajar especialmente a la maquinaria.

No existen datos precisos de cómo evolucionó la estructura del consumo por sectores entre los años 1990 y 2000, lo cual no nos permite apreciar lo sucedido en los sectores especialmente en la crisis económica del 1999 y 2000 los datos por sectores que se pueden encontrar en las bases de datos de los entes reguladores más recientes empiezan en el año 2007.

Año	Transporte	Industria	Residencial	Comercial Serv. Pub	Otros,
2007	0,10%	32,7%	31,7%	30,9%	4,7%
2008	0,10%	32,2%	32,2%	29,2%	6,3%
2009	0,10%	39,8%	31,0%	26,7%	2,4%
2010	0,10%	40,7%	31,4%	25,7%	2,1%
2011	0,10%	40,7%	30,3%	26,3%	2,6%

2012	0,10%	41,7%	29,4%	26,4%	2,5%
2013	0,00%	40,0%	29,3%	27,6%	3,1%
2014	0,00%	39,3%	29,7%	28,2%	2,7%
2015	0,00%	38,0%	30,7%	28,6%	2,6%
2016	0,04%	38,7%	30,8%	28,8%	1,6%
2017	0,04%	39,5%	30,4%	28,3%	1,7%
Elaborado: Espinosa (2021)					
Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2019)					

Lo relevante de la tabla 7 que igualmente presenta las tasas de variación anual de consumo de electricidad en el Ecuador por sectores es que en el año 2007 se puede evidenciar que prácticamente el consumo de electricidad se divide en tres partes casi iguales que son los sectores industrial, residencial y comercial, servicio público. También se destaca que el transporte en una mínima proporción empezó a utilizar un insumo eléctrico. Al final de la tabla es decir en el año 2017 se puede observar que la tendencia de que el sector industrial es el sector que más suministro electro energético necesita, llegando casi al 40% del total del suministro eléctrico y evidenciando que para el sector productivo el insumo de la energía eléctrica es un factor importantísimo.

Oferta de electricidad.

La oferta de electricidad en el Ecuador basa su capacidad de generar energía en los recursos naturales a los que por su ubicación geográfica puede acceder, al día de hoy la principal fuente de generación eléctrica a la que se recurre son las hidroeléctricas, pero no siempre fue esta fuente principal ya que como se mencionó anteriormente en 1967 las centrales termoeléctricas fueron las principales abastecedoras del sistema eléctrico.

Posteriormente con el primer Plan Nacional de Electrificación se realizaron los estudios pertinentes para evaluar el sistema hídrico del país, lo cual es la base para que se realizaran grandes proyectos hidroeléctricos en los cuales hoy se basa el sistema eléctrico como lo conocemos. La evolución de la capacidad de generación se presenta en el Anexo I, donde se puede confirmar que la generación se ha

incrementado constantemente para poder abastecer las necesidades de los consumidores.

En la tabla 8 se puede ratificar que el país basa su potencial eléctrico en sus recursos hídricos tanto así que en el 2018 el aporte de energía eléctrica renovable fue del 72,58%, donde la energía hidráulica es la que tiene una mayor participación en generación con un 70,45%, mientras que la no renovable generó un 27,42% de la electricidad del país y el restante 0,36% fue producto de la interconexión que mantiene el Ecuador con Colombia y Perú.

Tabla 8. Balance Nacional de Energía Eléctrica Diciembre 2018			
Producción Total de Energía e Importaciones		GWh	%
Energía Renovable	Hidráulica	20.678	70,45%
	Eólica	80,26	0,27%
	Fotovoltaica	38,08	0,13%
	Biomasa	382,44	1,30%
	Biogás	45,52	0,16%
Total Energía Renovable		21.224,3	72,32%
No Renovable	Térmica MCI	4.942,06	16,84%
	Térmica Turbogás	1.339,29	4,56%
	Térmica Turbo vapor	1.737,93	5,92%
Total Energía No Renovable		8.019,28	27,32%
Total Producción Nacional		29.243,58	99,64%
Interconexión	Colombia	106,07	0,36%
	Perú	-	0,00%
	Importación	106,07	0,36%
Total Producción Nacional + Importación		29.349,65	100,00%
Elaborado Por: Ministerio de Energía			
Fuente: Plan Maestro Energía 2018			

Para el mes de diciembre del 2018 en el Ecuador existían 317 centrales eléctricas entre el sistema nacional interconectado (SNI) y sistemas no incorporados que son aquellos que proveen de electricidad a lugares donde se dificulta el acceso, para las petroleras, mineras o el caso particular de Galápagos que se considera como aislado. De esta manera la cobertura del servicio eléctrico alcanzó el 97,05%, contando con 4,5 millones de clientes residenciales.

La capacidad instalada para generar electricidad con la que cuenta el país es de 8.826,89 MW de potencia lo que ha permitido alcanzar eficiencia energética en el Ecuador con un servicio de mejor calidad, esto debido especialmente a inversiones que se muestran en la figura 3, donde se puede observar que en la década 2008-2018 se llegó a invertir en el sector eléctrico más de 10.000 millones de dólares y de esta manera fue posible que el Ecuador además de cubrir la demanda interna, exporte electricidad a los países vecinos con los que mantiene un sistema interconectado.

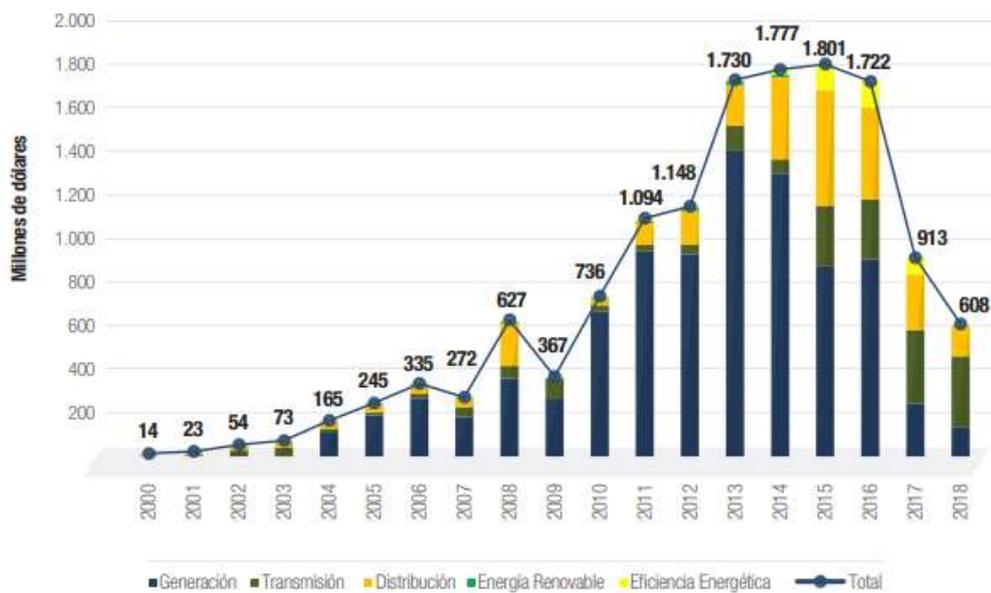


Figura 3: Inversión Anual en Electricidad
Elaborado por: Ministerio de Energía y Recursos renovables.
Fuente: (Plan Maestro de Electricidad, 2019)

Como conocemos el sector eléctrico se estructura en este orden: las empresas generadoras, la empresa transmisora y las empresas distribuidoras, donde para que el servicio eléctrico llegue a los clientes o consumidores finales conlleva un proceso en el cual las empresas generadoras tras llevar a cabo el proceso de transformación de energía en las diferentes centrales eléctricas, utiliza el sistema nacional de interconexión para vender electricidad a las empresas distribuidoras y estas a los clientes finales.

Demanda de electricidad

La demanda de electricidad y de energía en general en el país es tomada muy en serio, pero antes de llegar a ser estudiada técnica y adecuadamente se tuvo que usar distintos métodos para la proyección de la demanda estos son:

- En 1979 se empezaron a utilizar modelos matemáticos para luego ser incluidos en el plan maestro de electrificación, tales modelos eran de regresión lineal múltiple utilizando como variables al Producto Interno Bruto y el consumo de energía para explicar la demanda de electricidad.
- Para el plan maestro de electrificación entre 1993-2002 se utilizó un modelo llamado Global Sectorial el cual consideraba como componentes de la demanda a los diferentes tipos de clientes o sectores de consumo de electricidad, sean estos clientes residenciales, comerciales, industriales, el alumbrado público, entre otros.
- En el año 1996 se publica la Ley del Sector Eléctrico la cual establece que el encargado de realizar el Plan de Electrificación es el CONELEC, de tal manera que en 1998 se realizó un nuevo plan donde además de las variables macroeconómicas se incluyeron al modelo de proyección de demanda de electricidad la proyección de demanda de las empresas distribuidoras.
- Un nuevo plan fue elaborado para el periodo 2000-2009 en donde se consideró al precio de la energía como una variable que tenía influencia sobre la demanda de electricidad, debido a que la demanda de electricidad y el PIB tuvieron comportamientos diferentes lo que provocó que la

especificación del modelo fuese errónea presentando signos de auto correlación.

- A partir del 2008 se dejó de tomar el precio de la energía como variable, debido a que se implementó la tarifa única. Además, se incluyó a los sistemas no incorporados para calcular la proyección de demanda de electricidad para una mayor expansión y cobertura en el servicio eléctrico.

Para una correcta planificación en el sector eléctrico es necesario elaborar y establecer un estudio adecuado y que pronostique de manera óptima la demanda de electricidad en el Ecuador, lo que mantendrá un mercado equilibrado y sobretodo abastecido de manera eficiente. Un error en la planificación puede suponer déficit en cuanto a la generación o una sobre generación provocando un excedente lo que también supondría problemas de evacuación.

El modelo que se utiliza en la actualidad fue elaborado en el plan maestro del 2013-2022, el cual toma las siguientes variables para realizar la proyección de la demanda de electricidad:

- **Producto Interno Bruto**, el cual es tomado a partir de las estadísticas que maneja el Banco Central del Ecuador, tanto datos históricos como proyecciones en el mediano y el largo plazo.
- **Datos demográficos**, para esta variable se manejan la información referente a los censos nacionales de población y vivienda de 1990,2001 y 2010 donde se reflejan las familias que poseen casas y acceden al servicio eléctrico. Además, se toman las series proyectadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- **Datos físicos de cantidad de clientes y energía vendida**, los datos históricos de clientes y energía vendida por grupos de consumo ya sea residencial, comercial, industrial y alumbrado público.

En el estudio para la gestión de la demanda eléctrica elaborado por el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013 se realiza una tabla donde detalla el método utilizado para estimar la demanda de electricidad por grupo de consumo.

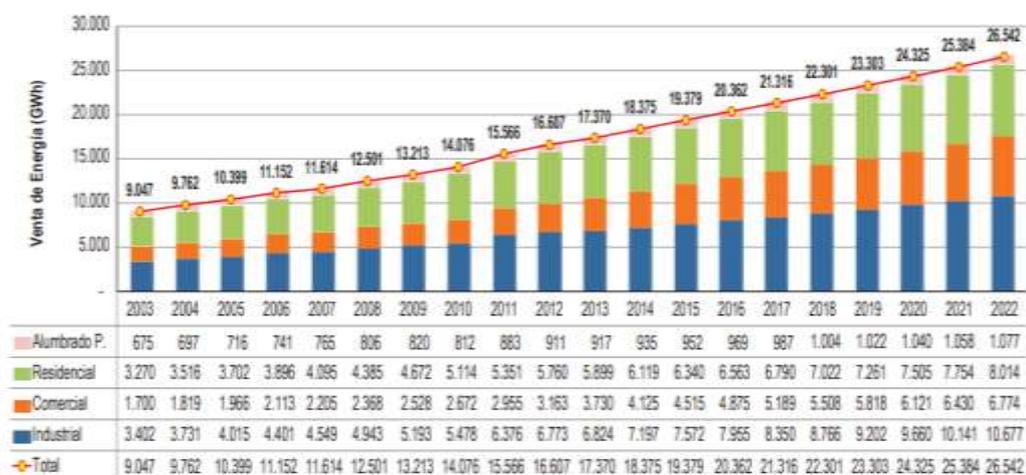


Figura 4: Evolución Histórica y proyección de la facturación total por grupo de consumo

Elaborado por: CONELEC

Fuente: Estudio y Gestión de la demanda Eléctrica.

Para la proyección de demanda nacional se agregan las proyecciones de demanda por grupos de consumo como se muestra en la figura 4, donde las proyecciones estiman un incremento de la demanda de electricidad en el país proveyendo un incremento considerable en el sector industrial, por lo que también se puede decir que para el año 2013 que es el año en el que se elaboraron dichas predicciones se esperaba que el crecimiento económico fuese constante el tiempo basándose en proyectos de cambio de matriz productiva.

El Ecuador no demanda el total de la capacidad instalada para generar electricidad, pero como se puede ver en las proyecciones, cada vez la demanda se incrementa debido a las necesidades de los consumidores, por lo que el estudio de la demanda se debe tomar en cuenta para las inversiones en el sector eléctrico y lograr satisfacer de manera eficiente los requerimientos del sector.

Fijación de la Tarifa eléctrica

La manera de cómo se determina el precio o tarifa del servicio eléctrico ha cambiado durante el periodo de estudio y ha pasado de dotar la facultad de fijar la

tarifa a instituciones estatales como el INECCEL, con la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) expedida en 1996 el modelo de gestión brindaba la potestad del sector eléctrico a las empresas que conforman el sector y entre las competencias se permitía fijar las tarifas a las empresas distribuidoras, los resultados no fueron favorables al aplicar este modelo de gestión por lo que se estableció un marco normativo diferente respaldado en la constitución vigente, la Ley Orgánica de Empresas Públicas (LOEP), el mandato 15 y otros reglamentos que hicieron que el Estado pase nuevamente a administrar tanto la cadena productiva como la provisión del servicio eléctrico.

La ley vigente para la fijación de la tarifa de consumo del servicio eléctrico es la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica donde se manifiesta que la entidad estatal que tiene la competencia de determinar los costos tanto de la generación, transmisión, distribución y comercialización, es la Agencia de Regulación y control de Electricidad (ARCONEL). Además de regirse bajo la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica la ARCONEL para emitir sus resoluciones de fijación de tarifas debe tomar en cuenta en primer lugar a la Constitución de la Republica, el Reglamento General de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica y la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor.

Ahora bien, el categorizar a los usuarios del servicio público de energía eléctrica es el primer paso para determinar las tarifas del servicio público eléctrico y es así que la Agencia de Regulación y control de Electricidad (ARCONEL) considera dos categorías de tarifas, la primera en función de las características del consumidor las cuales son consumidores residenciales y consumidores generales; la segunda categoría tarifaria considera las características de entrega, y a su vez se establecen los niveles de voltaje en bajo, medio y alto.

Dentro de la categoría residencial se ubican a los consumidores que destinan el consumo de electricidad a las actividades del hogar, aquí también se incluye a los

consumidores de escasos recursos que desempeñaban una actividad comercial o artesanal.

A diferencia de la categoría residencial, en el (Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas de Distribución, 2019) la categoría general considera miembros de esta a los consumidores que utilizan el servicio eléctrico para desempeñar actividades como comercio, industriales y servicios ya sean públicos o privados como:

- Locales y establecimientos comerciales públicos o privados;
- Locales y establecimientos industriales públicos o privados, destinados a la elaboración o transformación de productos por medio de cualquier proceso industrial y sus oficinas administrativas.
- Instalaciones de bombeo de agua
- Entidades de asistencia social
- Entidades de beneficio público
- Entidades Oficiales
- Escenarios deportivos
- Culto religioso
- Servicio Comunitario
- Abonado Especial
- Los demás que no sean considerados como categoría residencial

Los niveles de voltajes se consideran de la siguiente manera, Bajo cuando el voltaje requerido es menor a los 0.6 kV, el nivel medio considera a los usuarios que su nivel de voltaje oscila entre 0.61 kV y 40 kV; y finalmente del nivel de alto voltaje se desprenden dos grupos el primero AV1 considera a clientes de esta categoría a los que su nivel de voltaje sea mayor de 40kV y menores o iguales a 138 kV, el grupo AV2 considera a los consumidores que su nivel de voltaje supera los 138 kV.

Los consumidores que se encuentren en la categoría de bajo voltaje, donde la mayoría son clientes residenciales deben pagar un cargo por comercialización sin

importar cuanto sea el consumo de energía y además el cargo incremental de acuerdo a la energía consumida.

Por su parte los consumidores que se encuentren dentro de la categoría de medio voltaje deberán pagar generalmente un cargo por comercialización, más un cargo por potencia ambos sin tomar en cuenta el consumo de energía debido a que también se paga un cargo de acuerdo a la energía consumida.

A los grupos que se encuentran en la categoría de alto voltaje la tarifa se compone por los cargos tanto de comercialización, demanda de kW y distintos cargos en función de la energía consumida los cuales a su vez son distintos de acuerdo a los días y horarios.

La facturación de distintos consumidores del servicio público eléctrico es la suma de diferentes rubros como son la facturación de energía, facturación de demanda, perdidas en transformadores, comercialización y penalización por bajo factor de potencia que solo se aplica a los consumidores de la categoría general. Es importante tener en cuenta que el factor de demanda representa la demanda máxima registrada en el medidor de acuerdo a la potencia contratada. Los precios USD/kWh de las distintas categorías se establecen hasta el 30 de junio de cada año y rigen para el periodo posterior a su emisión, por lo que los precios se pueden encontrar en las distintas resoluciones del ARCONEL.

4.1.2 Análisis descriptivo del Crecimiento Económico en Ecuador

El crecimiento económico del Ecuador ha sido marcado por distintas etapas, las que se han destacado porque el Ecuador se ha caracterizado por ser productor de bienes primarios como el cacao entre los años 1866 a 1925, desde el año 1946 al año 1968 es el periodo bananero del Ecuador y se considera que el boom petrolero sucedió en el año 1972 con la inauguración del sistema de oleoducto

transecuatoriano lo que se reflejó que en ese año los ingresos estatales fueran testigos de un incremento del 46.9% en relación al año 1971.

Las crisis que se presentan en Ecuador como la del cacao de 1927 coincide con la gran depresión que se vivió en los años 30, de la cual se pudo recuperar gracias al auge bananero al cual se le adjudica que en 1960 la participación ecuatoriana en el mercado mundial del banano abastecía a un 27% de la demanda, esta etapa de crecimiento se vio frustrada por la introducción de una plaga que exterminó plantaciones completas de provincias como los Ríos y para el año de 1965 las exportaciones cayeron en un 30% y el sector bananero se viera eclipsado por el boom petrolero en los años posteriores.

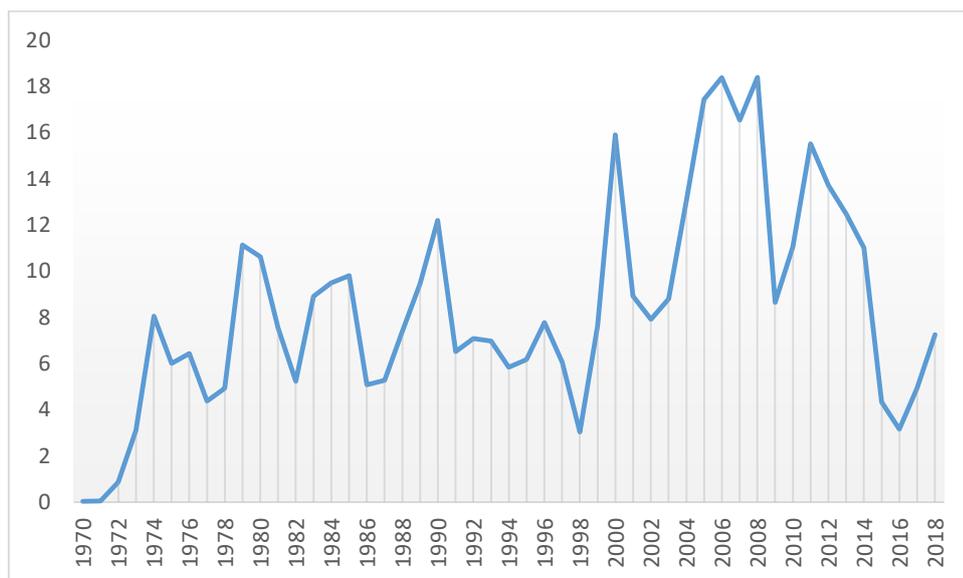


Figura 5: Ingresos petroleros (% del PIB)

Fuente: Banco Mundial.

El petróleo se convirtió en el recurso más importante para la economía ya que al inyectar grandes cantidades de dinero en la economía provocó que el gasto estatal dependiera de la producción y a su vez del precio del barril de petróleo, además en los años 70 se impulsaba desde la CEPAL un modelo de sustitución de importaciones el cual pretendía promover la industrialización, para conseguir que

los niveles de empleo mejoren, el sector eléctrico como otros sectores se vieron beneficiados del boom petrolero como se mencionó anteriormente.

Sin embargo, a pesar de que se registraron tasas de crecimiento de hasta casi el 14%, el endeudamiento excesivo al que el Ecuador pudo acceder gracias a los excedentes petroleros mismos que en los posteriores años se destinaban al cumplimiento de las obligaciones contraídas, lo cual limitaría la inversión en proyectos de desarrollo, por lo que en la década de los 80 se empezara la aplicación de un nuevo modelo al cual se lo conoce como el neoliberal.

Dicho modelo se vio empañado debido a la caída de los precios del petróleo, lo que involucró al Ecuador nuevamente en una crisis, lo cual provocó que el sector privado tuviese inconvenientes al momento de cumplir las obligaciones con organismos internacionales, llevando así en el año 1983 a tomar la decisión por parte del gobierno de turno de asumir las deudas del sector privado, lo cual se conoce como el proceso de sucretización.

La disminución del precio de petróleo tuvo su protagonismo en años posteriores como en 1986 provocando un shock negativo en la economía ecuatoriana a esto sumado que el año siguiente en país sufrió tras dos movimientos telúricos que, a más de provocar la muerte de una gran cantidad de personas, daños a la propiedad privada, causó un daño costoso al oleoducto de crudos pesados SOTE.

En los años 90 se presenta un cambio en cuanto a la política económica que estaba encaminada a la apertura internacional, donde se tomaron medidas como libre fijación de tasas de interés, reducción de tasas arancelarias, el tipo de cambio consideraba una flotación de la divisa, en esta década la economía también se vio afectada por la guerra con el Perú en 1995 lo cual haría que la balanza comercial presentara resultados desfavorables para el país, a esto se suma que en 1998 se registró un precio del barril de petróleo inferior a los 10 USD.

Un evento que marcó el cómo crece el Ecuador fue la dolarización según un estudio realizado por el Banco Central del Ecuador (2010) en el cual analiza cual es el impacto del cambio de moneda en la economía afirma que el crecimiento promedio en los 10 años previos a la dolarización fue del 1.8% mientras que en los 10 años posteriores en promedio el Producto Interno Bruto creció en promedio un 4.4%. El crecimiento no se debe completamente a la dolarización si no en gran medida a condiciones externas favorables como las remesas de emigrantes ecuatorianos en distintos países, precios favorables de petróleo y en su momento la construcción del oleoducto de crudos pesados.



Figura 6: Tasa de crecimiento del PIB.

Fuente: Banco Mundial.

Si bien es cierto que apropiación del dólar como moneda oficial en el Ecuador ayudó a bajar altas tasas de inflación previas a la crisis del año 1999, no es menos cierto que este hecho restó maniobrabilidad ante shocks externos a los que la economía ecuatoriana está expuesta al basar gran parte de ella en la producción y exportación de petróleo, de tal manera que los mejores años de crecimiento experimentados en la última década fueron los comprendidos entre 2011 y 2014 que se deben en gran medida a los altos precios del barril de petróleo, lo que permitió que se realicen grandes proyectos en el sector energético.

El valor agregado bruto que se presenta en la Figura 7 nos permite comparar el aporte de las industrias a la economía del Ecuador, donde nos podemos dar cuenta que no existen grandes cambios estructurales, pero si apreciamos que el peso del petróleo en el PIB ha disminuido en la última década, se hicieron intentos por cambiar la matriz productiva es decir no ser únicamente productores de materias primas, pero estos son proyectos a muy largo plazo y tienen cierta dependencia al sector político del país por lo que hay ciertas trabas al alcanzar este objetivo.

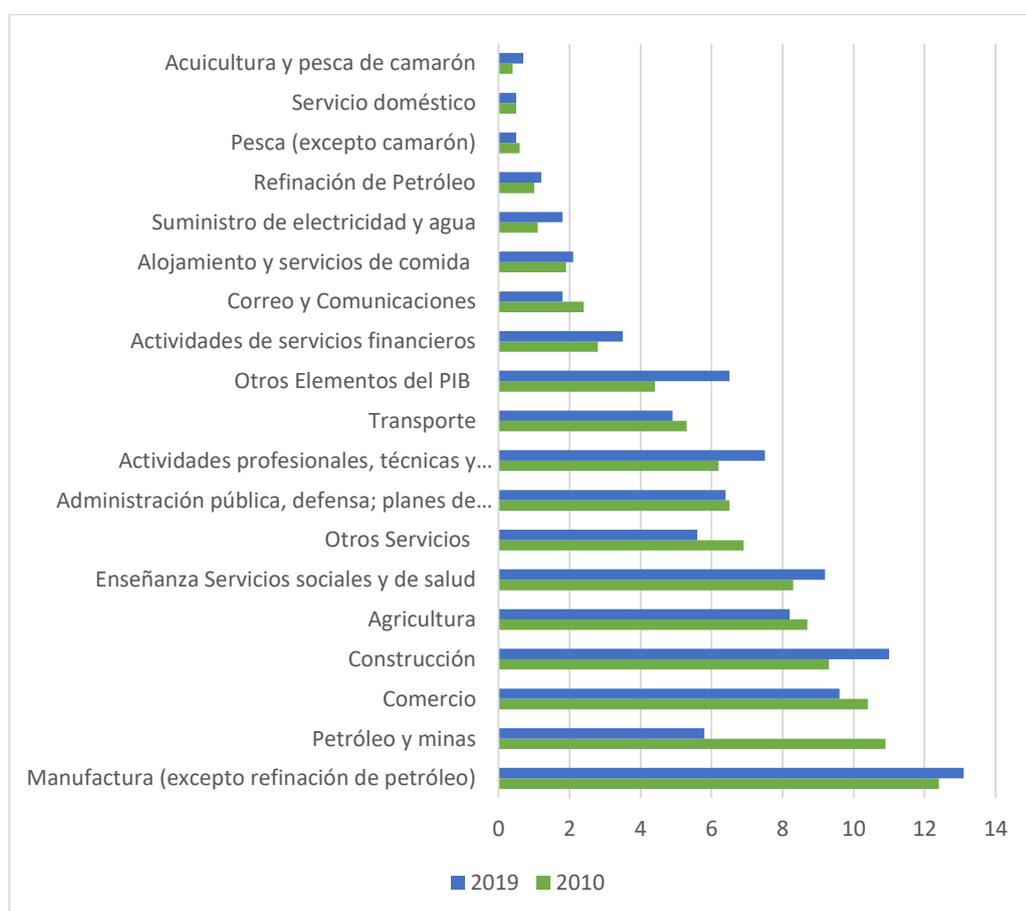


Figura 7: Peso relativo por industria (2010-2019)

Elaborado por: Banco Central del Ecuador

Fuente: Banco Central del Ecuador.

Ahora bien, debemos tener en cuenta para la presente investigación que la mayor parte de industrias necesitan un adecuado suministro de energía para que puedan funcionar a un nivel óptimo de producción, es por esto que si comparamos la evolución de las tasas de crecimiento económico y consumo de energía eléctrica

como se realiza en la Figura 8 podemos observar que tienen comportamientos similares.

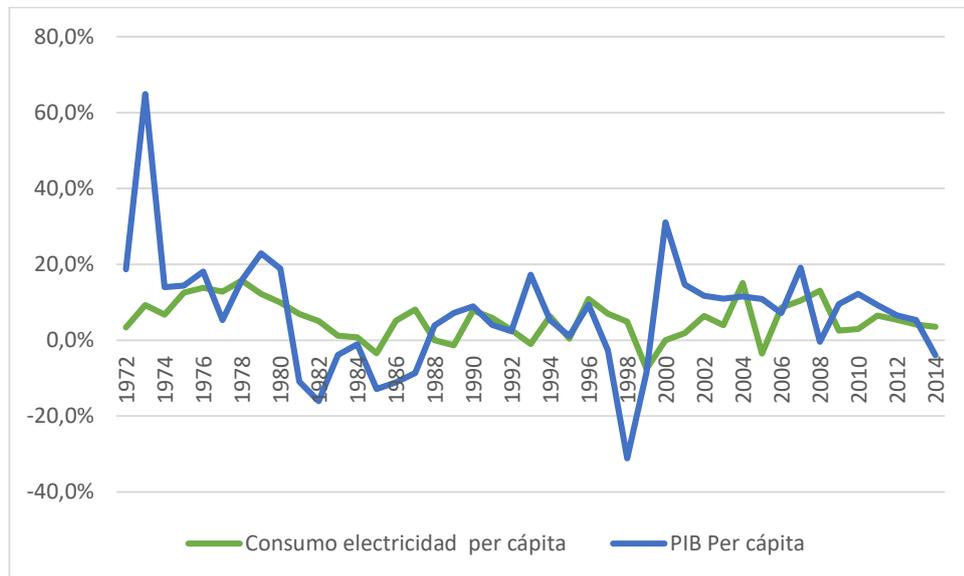


Figura 8: Evolución de la tasa de crecimiento del PIB y el consumo de electricidad

Fuente: Banco mundial.

Se puede observar en la figura 8 que las tasas tanto del crecimiento económico como del consumo de electricidad a lo largo del periodo de estudio tienen comportamientos similares es por esto que se consideran como variables endógenas, es evidente que los efectos de variables exógenas también afectan al comportamiento de las variables de estudio como es principalmente el boom petrolero del 72 que provoco un crecimiento económico inesperado, otro de los eventos que se puede evidenciar y tuvo un efecto en ambas variables es la de la crisis financiera de 1999 – 2000 que a pesar de que tuvo un efecto que provocó que las tasas de variación registraran variaciones negativas en diferentes proporciones, afectando más a la evolución del PIB que al consumo de electricidad. Pero en general se puede observar que, si el crecimiento económico tiene una variación positiva, el consumo de electricidad también lo tiene.

4.2 Planteamiento del posible modelo VAR a estimar

Modelo VAR: Consumo de Energía Eléctrica y Crecimiento Económico

$$CElec_t = \beta_0 + \beta_1 CElec_{t-1} + \beta_2 PIBpc_{t-1} + \varepsilon_{1t}$$

$$PIBpc_t = \beta_3 + \beta_4 PIBpc_{t-1} + \beta_5 CElec_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

Donde:

CElec = Consumo de energía eléctrica per capita

PIBpc = Crecimiento Económico representado por el PIB per cápita

Una vez planteado el posible modelo VAR, se procede a realizar las pruebas pertinentes para verificar que las series de tiempo cumplan con las condiciones necesarias para poder realizar una correcta estimación VAR.

4.2.1 Verificación del estado de estacionariedad de las series de tiempo de las variables

Como se mencionó en el capítulo de la metodología una de las primeras herramientas antes de realizar una prueba formal de raíz unitaria para conocer el estado de estacionariedad es mediante un gráfico donde se puede evidenciar si una serie tiene una tendencia.

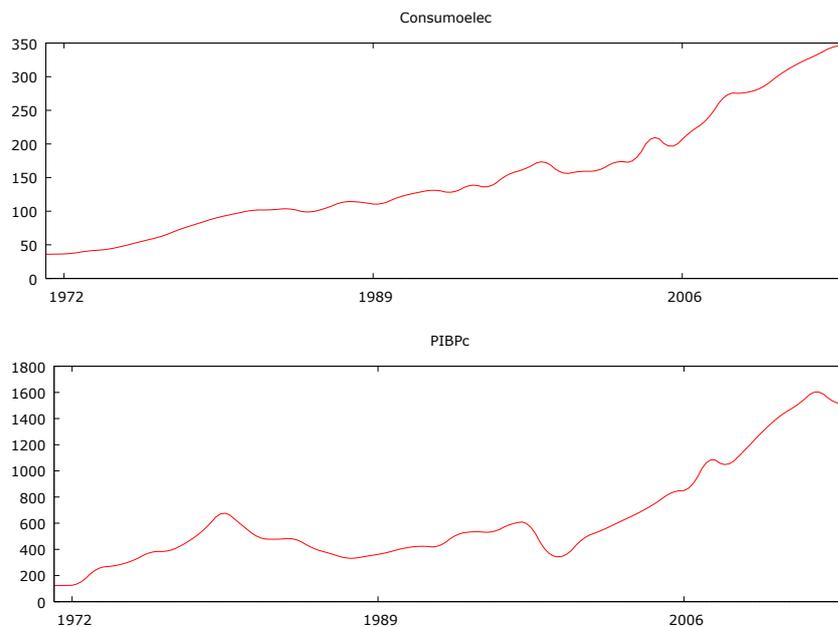


Figura 9: Gráfico de series de tiempo de las variables
Fuente: Elaboración propia 2021

Lo que refleja la figura 9 que representa gráficamente las series de tiempo de las variables es que dichas series presentan una tendencia a través del tiempo por lo que es posible que sean no estacionarias, lo que en primera instancia se recomienda realizar las pruebas necesarias para probarlo.

Tabla 9. Resultados de la Aplicación del test de Dickey fuller aumentado (ADF)			
Series sin primeras diferencias			
Variable	Valor test ADF	P-Valor	Estacionario
Consumo Electricidad	0,471717	0,9989	No
Crecimiento Económico	-0,108203	0,9931	No
Series con primeras diferencias			
Variable	Valor test ADF	P-Valor	Estacionario
Consumo Electricidad	-5,732358	0,0001	Si
Crecimiento Económico	-3,887846	0,0214	Si
Elaborado por: Espinosa (2021)			
Fuente: Investigación			

Tras realizar la prueba de raíz unitaria se puede determinar que las series de tiempo en orden de integración I (0) no son estacionarias, mientras que para cumplir con el supuesto de estacionariedad se aplicaron las primeras diferencias y al realizar el test aumentado de Dickey Fuller como se muestra en la tabla 9 se demuestra que las series con primeras diferencias son estacionarias esto quiere decir que ambas series tienen un orden de integración I (1).

De tal manera que se cumple con la primera etapa metodológica que buscaba saber si se tenía problemas de raíz unitaria, lo que con ayuda del test ADF se pudo descartar.

4.2.2 Comprobación de una posible cointegración entre las series de tiempo de las variables

Previo a la realización de las respectivas pruebas que nos permiten aceptar o rechazar si las series de tiempo tienen una relación lineal en el tiempo es preciso establecer el número de rezagos óptimos que se explica en el Anexo 3 el cual nos permite tomar la

decisión de aplicar 1 rezago para el orden de VAR por lo que se plantea el siguiente modelo VAR.

Modelo VAR con primeras diferencias: Consumo de Energía Eléctrica y Crecimiento Económico.

$$\Delta CElec_t = \beta_0 + \prod \Delta CElec_{t-1} + \beta_1 \Delta CElec_{t-1} + \beta_2 PIBpc_{t-1} + \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta PIBpc_t = \delta_0 + \prod \Delta PIBpc_{t-1} + \delta_1 \Delta PIBpc_{t-1} + \delta_2 CElec_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

Al haber planteado el Modelo VAR para el consumo de Energía Eléctrica y Consumo de Electricidad es importante saber si estas series están cointegradas para esto es necesario utilizar la prueba de cointegración de Johansen cuyos resultados se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. *Resultados de la prueba de cointegración de Johansen*

No. De Ecuaciones	Estadístico de Traza		Estadístico Max. Valor Propio	
	Valor Critico	P-Valor	Valor Critico	P-Valor
0	25.87211	0,0012	19.38704	0,0008
1	12.51798	0,0651	12.51798	0,0656

Elaborado por: Espinosa (2021)

Fuente: Investigación

Por lo que bajo la especiación del modelo VAR se verifica que con los resultados de la prueba de cointegración de Johansen que se amplían en el anexo IV se puede rechazar la hipótesis nula de no cointegración y se confirma la existencia de una ecuación de cointegración se debe recalcar que el p valor hace referencia al 5% de significancia. De esta manera se puede afirmar la existencia de una relación estacionaria de largo plazo entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico en el Ecuador en el periodo de estudio.

Los contrastes para el modelo VAR son los siguientes:

Tabla 11. Contrastes modelo VAR			
Prueba	Hipótesis	P valor	Criterio
Autocorrelación	Ho: No existe autocorrelación	0,5783	Acepta
	H1: Existe autocorrelación		Rechaza
Normalidad de los residuos	Ho: Los residuos se distr. Norm	0,1387	Acepta
	H1: Los residuos no se distr. Norm		Rechaza
Heterocedasticidad	Ho: No existe heterocedasticidad	0,3904	Acepta
	H1: Existe heterocedasticidad		Rechaza
Elaborado por: Espinosa (2021)			
Fuente: Investigación			

En la tabla 11 se presentan los resultados de las diferentes pruebas de diagnóstico residuales que se realizaron al modelo VAR y que se pueden verificar en el Anexo V donde con un nivel de significancia del 95% se puede decir que para modelo VAR planteado no existe la presencia de autocorrelación es decir las perturbaciones no se encuentran correlacionadas entre sí, además se puede afirmar que los residuos cumplen con la condición de que están normalmente distribuidos lo que quiere decir que se distribuyen independientemente con media 0 y su varianza es mínima y finalmente la tabla 11 nos permite aseverar que la varianza de los errores es constante es decir el modelo presenta homocedasticidad y se rechaza la hipótesis de la presencia de heterocedasticidad.

4.2.3 Planteamiento de un Modelo VECM

Al haber comprobado que las series en el largo plazo tienen una relación económica se debe plantear un modelo de vectores de corrección de error VECM el que se puede decir que es un modelo VAR que está cointegrado, donde se debe conocer que el término de corrección de error es el producto de las matrices $\alpha\beta'$ se utilizarán el mismo número de retardos que se aplicaron en el modelo VAR por lo que la representación del modelo es la siguiente:

Modelo VECM con primeras diferencias: Crecimiento Económico y Crecimiento Económico

$$\Delta CElec_t = \beta_0 + \alpha\beta' \Delta CElec_{t-1} + \beta_1 \Delta CElec_{t-1} + \beta_3 PIBpc_{t-1} + \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta PIBpc_t = \delta_0 + \alpha\beta' \Delta PIBpc_{t-1} + \delta_1 \Delta PIBpc_{t-1} + \delta_3 CElec_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

Tal como en el modelo VAR se debe realizar las pruebas diagnóstico de los residuos para el modelo VECM que se presentan en la siguiente tabla y se pueden encontrar en el anexo VI

Tabla 12. **Contrastes modelo VECM**

Prueba	Hipótesis	P valor	Criterio
Autocorrelación	Ho: No existe autocorrelación	0,929	Acepta
	H1: Existe autocorrelación		Rechaza
Normalidad de los residuos	Ho: Los residuos se distr. Norm	0,0144	Rechaza
	H1: Los residuos no se distr. Norm		Acepta
Heterocedasticidad	Ho: No existe heterocedasticidad	0,4352	Acepta
	H1: Existe heterocedasticidad		Rechaza

Elaborado por: Espinosa (2021)

Fuente: Investigación

En la tabla 12 tras haber realizado las distintas pruebas de diagnóstico de los residuos del modelo VECM se puede afirmar que cumple con las condiciones de autocorrelación y heterocedasticidad, pero se puede verificar también que la prueba de normalidad de los residuos nos da un resultado donde el P valor es inferior al 0.05 que es el nivel de significancia con el que se está trabajando en la presente investigación por lo que se acepta la hipótesis nula la cual indica que los residuos no se distribuyen normalmente, no tienen media cero ni varianza mínima.

Para intentar solucionar el problema de que los residuos no se distribuyan normalmente la literatura recomienda añadir una variable dummy al modelo, por lo que se procede a incluir una variable que pueda captar el comportamiento atípico que presentó el Ecuador en un año determinado en este caso este año corresponde al 2000 donde la crisis financiera provocó que la variación tanto del consumo de electricidad como del crecimiento fueran negativas, es por este motivo se plantea un modelo VECM con una variable dummy 2000.

Modelo VECM con primeras diferencias: Crecimiento Económico y Crecimiento Económico, incluyendo una variable dummy

$$\Delta CElec_t = \beta_0 + \alpha\beta' \Delta CElec_{t-1} + \beta_1 \Delta CElec_{t-1} + \beta_3 PIBpc_{t-1} + dum00 + \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta PIBpc_t = \delta_0 + \alpha\beta' \Delta PIBpc_{t-1} + \delta_1 \Delta PIBpc_{t-1} + \delta_3 CElec_{t-1} + dum00 + \varepsilon_{2t}$$

El modelo VECM con la variable dummy incluida tras su estimación y la aplicación de las distintas pruebas de diagnóstico revela lo siguiente.

Tabla 13. **CONTRASTES MODELO VECM CON VARIABLE DUMMY**

PRUEBA	Hipótesis	P valor	criterio
Autocorrelación	Ho: No existe autocorrelación	0,8769	Acepta
	H1: Existe autocorrelación		Rechaza
Normalidad de los residuos	Ho: Los residuos se distr. Norm	0,1152	Acepta
	H1: Los residuos no se distr. Norm		Rechaza
Heterocedasticidad	Ho: No existe heterocedasticidad	0,2753	Acepta
	H1: Existe heterocedasticidad		Rechaza

Elaborado por: Espinosa (2021)

Fuente: Investigación

Luego de haber aplicado las correcciones mencionadas y de estimar el nuevo modelo VECM, del cual se puede observar los resultados del mismo en el anexo VII, resultados de las pruebas diagnóstico de los residuos que nos permiten concluir que el añadir una variable dummy corrigió el problema que representa un modelo cuando sus residuos no se distribuyen normalmente, además de cumplir con que los residuos no se encuentren correlacionados y la existencia de homocedasticidad.

Sabemos que las series están cointegradas por los resultados obtenidos tras la aplicación del test de Johansen por lo que se puede afirmar gracias a los P valores del estadístico de traza y máximo valor propio que las variables consumo de electricidad y crecimiento tienen una relación estacionaria de largo plazo, con esto dicho la ecuación de cointegración que se obtiene es la siguiente:

$$CElec_t + 0.65911PIBpc_{t-1} - 1035.54 = 0$$

Esta representación matemática, presenta un vector de corrección de error el cual contiene los coeficientes de velocidad de ajuste por lo que con los resultados obtenidos se puede afirmar que la ecuación corrige un 16.22% de los desequilibrios presentados en un año, es decir que el crecimiento económico explica un 16.22% de las variaciones que presenta el consumo de energía eléctrica en el corto plazo y que se mantenga en al largo plazo.

El Vector de corrección de error

$$\beta MCE = (-0.015469; 0.162238)$$

La razón para no tomar el coeficiente del consumo de energía eléctrica del vector de corrección de error para explicar una variación del crecimiento económico es presentada en el siguiente apartado que corresponde a las pruebas de causalidad.

De esta manera se puede especificar el modelo VECM donde se puede determinar el vector de corrección de error y los coeficientes de las variables para cada ecuación, teniendo así las siguientes expresiones, de las cuales se pueden calcular los residuos y de esta manera obtener los contrastes necesarios para validar el modelo y aplicar los test de Causalidad y posteriormente realizar un análisis Impulso- Respuesta.

$$\begin{aligned} \Delta CEpc_t = & -0.0154(\Delta CE_{t-1} - 0.6591\Delta PIBpc_{t-1} + 1035.54) - 0.07458\Delta CE_{t-1} \\ & + 0.0513\Delta PIBpc_{t-1} + 21.969 + 6.029Dummy00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta PIBpc_t = & 0.1622(\Delta CE_{t-1} - 0.6591\Delta PIBpc_{t-1} + 1035.54) + 0.1352\Delta CE_{t-1} \\ & + 0.3537\Delta PIBpc_{t-1} - 33.9361 + 314.697Dummy00 \end{aligned}$$

4.2.4 Causalidad de Granger

Para comprobar si entre las variables estudiadas existe una relación causal el software eviews posee dos herramientas, la primera es la prueba de causalidad de Granger por

pares la cual utiliza una distribución F para comprobar las hipótesis, y la segunda es la prueba de causalidad de Wald para medir la exogenidad, ambas sirven para medir la relación causal a largo plazo entre las variables, es decir si los rezagos del consumo de electricidad pueden predecir el comportamiento del crecimiento o si los rezagos del crecimiento pueden predecir el comportamiento del consumo de energía eléctrica.

Tabla 14. *Pruebas de causalidad de Granger*

<i>Variable</i>	Prueba por pares		Prueba de Wald		Conclusión
	Valor critico	P valor	Valor critico	P valor	
<i>Consumo de Electricidad</i>	0,0388	0,8447	0,010964	0,9166	No causa crecimiento económico
<i>Crecimiento Económico</i>	18,7313	0,0001	7,582369	0,0059	Causa consumo electricidad

Elaborado por: Espinosa (2021)

Fuente: Investigación

La tabla 14 nos muestra los resultados tras realizar las distintas pruebas mencionadas para las variables de estudio, mismas que se presentan completamente en el Anexo VIII y entre ambas se obtienen resultados similares por lo que se puede concluir basándonos en las pruebas realizadas que con un nivel de confianza del 95% el consumo de electricidad no causa el crecimiento ya que su p valor está por encima del nivel de significancia del 0.05. Mientras que si nos fijamos en los valores del crecimiento podemos decir bajo el mismo nivel de confianza y significancia que si causa el consumo de electricidad.

La prueba por pares plantea dos hipótesis nulas las cuales son: primera el crecimiento económico no causa el consumo de energía eléctrica y la segunda es que el consumo de electricidad no causa el crecimiento económico y basándonos en los resultados presentados en la tabla 14 podemos rechazar la primera hipótesis nula y afirmar que el crecimiento económico si causa el consumo de energía eléctrica, por su parte se debe aceptar la segunda hipótesis nula de que el consumo de electricidad no causa el crecimiento económico.

Mientras que el test de Wald plantea dos escenarios los cuales son, en primera instancia se ubica al consumo de electricidad como variable dependiente y al crecimiento económico como independiente con el fin de determinar si la variable independiente es endógena o exógena basándose en una prueba de causalidad por lo que para este primer escenario se puede decir que el crecimiento económico tiene un comportamiento como variable endógena en un modelo con el consumo de energía eléctrica, pero en el otro escenario se puede decir que en el modelo del crecimiento económico se debe tratar al consumo de energía eléctrica como una variable exógena.

4.2.5 Análisis Impulso Respuesta

Para corroborar lo estimado y verificar la dirección de causalidad se puede realizar un análisis de impulso-respuesta el cual nos permite evaluar la respuesta de una variable endógena ante una innovación o un shock en la otra variable. Este es un método para corroborar los resultados de los test de Causalidad de Granger aplicados.

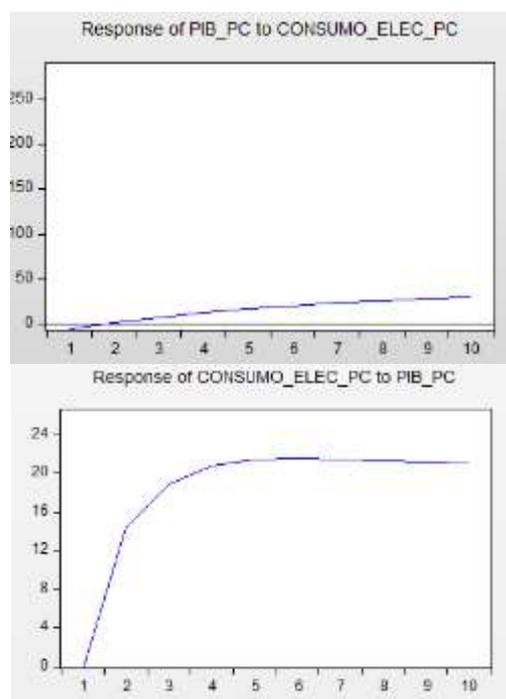


Figura 10: Gráfico de Impulso Respuesta
Fuente: Elaboración propia (2021)

En la figura 10 se muestran las representaciones gráficas de la aplicación de la metodología de Cholesky para determinar el “impulso-respuesta” entre las variables, dicha metodología parte de dos matrices, la matriz A que contiene la relación contemporánea entre las variables y la matriz B que tiene la información de la desviación estándar de las series de errores del VAR, el producto de dichas matrices nos permite obtener los resultados de hipotéticas respuestas a los shocks de las variables, estos resultados se presentan en el anexo IX.

Se puede corroborar que la respuesta del PIB per cápita a un impulso o un shock procedente del consumo eléctrico en el Ecuador no tiene un efecto en el comportamiento en la variable correspondiente al crecimiento económico en el tiempo, según los estudios que se revisaron en el capítulo II los países que presentaron este tipo de relaciones en investigaciones con metodologías similares basaban este comportamiento en que el sector industrial dejaba de tener protagonismo y el sector de los servicios tomaba este lugar, pero como se presentó en la figura 7 el sector manufacturero aún tiene una representatividad importante en el aporte porcentual del PIB y el comportamiento Impulso respuesta seguramente se debe a que la fuente energética más utilizada en el país es la proveniente de los hidrocarburos ya que en el periodo de estudio uno de los principales ingresos para el país son los que tienen que ver con la producción y exportación de petróleo.

Por otro lado, en la misma figura 10 se presenta el “Impulso-Respuesta” contrario es decir cómo reacciona el consumo de electricidad ante un shock por parte del crecimiento económico del cual se puede decir que una variación negativa en el PIB per cápita afectara negativamente el consumo de electricidad.

Históricamente las variaciones que se registraron y donde el crecimiento económico presentó un comportamiento negativo es decir un decrecimiento en la economía se ven vinculados a que el precio del barril de petróleo disminuyó y que el Estado en muchos de los casos no cumpla con los planes de desarrollo económico.

Además, se puede decir que al ser el crecimiento económico el causante del comportamiento del consumo eléctrico en el país un shock positivo promoverá el uso

de energía eléctrica y el efecto contrario si existe un shock negativo en el comportamiento del PIB.

En cuanto al sector privado un incremento en sus actividades ya sea en el sector industrial, comercial o de servicios supone un mayor consumo de electricidad, dicho incremento en el sector productivo implica también que el ingreso de las familias sea elevado lo cual incentivaría de igual manera el consumo del servicio de energía eléctrica.

Este comportamiento se puede observar en la crisis financiera de los años 1999-2000 donde la tasa de variación del consumo de electricidad fue negativa y el efecto contrario también se puede evidenciar en los años de bonanza como en el boom petrolero y los recientes años que el precio del barril de petróleo alcanzó precios altos la tasa de crecimiento del consumo de energía eléctrica se incrementó en valores similares a las tasas de crecimiento económico.

4.3 Verificación de la Hipótesis

El criterio que se toma para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se basa en el estadístico chi-cuadrado en la prueba de causalidad de Wald y su respectivos P-valor aplicada al modelo VECM.

Por lo que repasamos las 4 hipótesis planteadas

Para aceptar la hipótesis nula en la cual se hace referencia a que no existe relación causal entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico en el Ecuador, se deberá aceptar la hipótesis nula del test de Wald para ambas variables de que la una no causa a la otra, es decir sus P valores son mayores al nivel de significancia del 0.05.

El criterio para aceptar la segunda hipótesis la cual menciona que la dirección de causalidad va desde el consumo de energía eléctrica hacia el crecimiento económico, deberá ser que si el test de causalidad de Granger de Wald rechaza la hipótesis nula de que el crecimiento económico es causado por el consumo de energía eléctrica es decir

su P valor es menor al nivel de significancia y se acepta la hipótesis nula de que el crecimiento económico no causa el consumo de electricidad en este caso el P valor es mayor al nivel de significancia.

Por lo que para aceptar la tercera hipótesis se deberá dar el escenario contrario al que acepta la segunda hipótesis, donde se rechaza la hipótesis nula de que el crecimiento económico no causa al consumo de electricidad y se acepta la hipótesis nula en la que el consumo de electricidad no causa el crecimiento económico.

Finalmente se deberá aceptar la hipótesis de bidireccionalidad en el caso de que en el test de Wald los P valores para ambas variables sean menores al nivel de significancia, por lo que se rechazaría las hipótesis nulas de que ambas variables no se causan entre sí.

Con este razonamiento basándonos en los resultados presentados en la tabla 14 que a su vez se pueden revisar en el anexo VIII se puede rechazar la hipótesis nula en la que se considera que no existe relación entre las variables de estudio, de igual manera se puede rechazar la primer hipótesis alternativa en la que se considera que la relación causal va desde el consumo de energía eléctrica hacia el crecimiento económico y también se rechaza la tercer hipótesis alterna donde se plantea que existe una causalidad bidireccional entre las variables.

Por el contrario, basándonos en la misma tabla 14 se puede aceptar la tercera hipótesis alterna donde se considera que el crecimiento económico es el causante del consumo de energía eléctrica en el Ecuador en el periodo de 1971 al 2014, a dicha hipótesis se la conoce como “conservadora” donde las políticas

4.4 Limitaciones del estudio

Las limitaciones de la investigación obedecen en este caso a la información que se puede obtener de bases de datos oficiales del Ecuador, ya que por ejemplo la base de datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC se encuentra desactualizada y el periodo que cubre data del año 1990 hasta el 2018 en lo referente

al sector eléctrico, por lo que se tuvo que recurrir a una fuente externa como es la base de datos del Banco mundial, y es la principal razón por la que no se tomen datos recientes en los cuales se han efectuado varios proyectos importantes para el sector.

Otra de las limitaciones con la que se encontró al realizar el presente estudio fue que al querer incluir a la variable del empleo nos vimos forzados a excluirla por la razón de que los datos no se pudieron encontrar para el periodo de 1971 al 2014 que es con el que se trabajó, el motivo de querer incluir al empleo corresponde a que dicha variable puede representar el ingreso y varios estudios sugieren que un modelo trivariado es decir con tres variables puede cambiar la direccionalidad de la causalidad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se puede comprobar que el consumo de energía eléctrica y crecimiento económico a lo largo de la historia ecuatoriana han estado vinculados, de tal manera que, en los periodos dentro de la temporalidad del presente estudio, el comportamiento de ambas variables tiende a ser similar, como en los años 70 donde la Economía ecuatoriana registró sus tasas más altas de crecimiento producto del “Boom petrolero”, a pesar de no tener las mismas tasas el consumo de electricidad fue testigo de un incremento importante y el sector eléctrico se vió beneficiado también de los excedentes provenientes de la naciente producción y exportación de petróleo ya que gracias al fondo de emergencia se pudo fortalecer el sector realizando proyectos importantes como la construcción de centrales hidroeléctricas.

En los años posteriores el Ecuador al basar su economía en el petróleo se vio condicionado por el precio del mineral en los mercados extranjeros, por lo que el crecimiento económico del Ecuador ante una disminución en los precios del petróleo supondría un impacto negativo en los indicadores económicos del país, lo cual a su vez tendría su repercusión en el consumo de electricidad, esto sumado a políticas encaminadas a la privatización del sector eléctrico lo que ocasionó que no se consolide el servicio de electricidad, esta fue la tónica en los años ochenta y noventa.

La grave crisis financiera experimentada en los años de 1999 y 2000 tuvieron su repercusión en el sector eléctrico y en el consumo de electricidad la cual presentó una disminución en su demanda, la inestabilidad del sector eléctrico se intentó regular con la promulgación de la constitución promulgada en el año 2008 donde se considera a este sector como estratégico, es así que, gracias a periodos recientes de crecimiento económico, el consumo de energía eléctrica también ha aumentado.

Por otro lado, para dar cumplimiento al segundo objetivo de la presente investigación el cual establece que se deben cumplir con las condiciones para trabajar con series de tiempo y de esta manera poder aplicar una metodología econométrica de manera óptima, estas condiciones son que las series deben ser estacionarias y estar cointegradas por lo que para cumplir con la estacionariedad de las series de tiempo se estableció que el orden de integración debe ser 1, es decir que se aplicaron las primeras diferencias a las series de tiempo tanto del Consumo de electricidad per cápita, como a la serie de tiempo correspondiente al Producto Interno Bruto per cápita que representa al crecimiento económico del Ecuador en el periodo de 1971 al 2014, esto se pudo contrastar con la prueba de Dickey Fuller Aumentado, mientras que la cointegración de las series de tiempo se comprobó mediante la aplicación del test de Johansen, cuyos resultados nos permiten afirmar que efectivamente las series de tiempo estudiadas presentan una relación en el largo plazo.

Finalmente, tras la aplicación de la metodología econométrica conocida como “Causalidad de Granger” se puede decir que existe causalidad entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico en el Ecuador y su dirección es del Crecimiento Económico hacia el consumo de electricidad en el periodo de 1971 - 2014, esto tras la aplicación de un modelo de corrección de error (VECM) y la implementación del test de causalidad de Wald en el software econométrica Eviews; la dirección de causalidad nos quiere decir que un shock en el crecimiento económico en el Ecuador provocara un cambio en el comportamiento del consumo de energía eléctrica.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda que para el análisis del comportamiento de las variables se tomen en consideración los momentos políticos por los que ha atravesado el Ecuador ya que dentro del periodo de estudio se puede evidenciar que el país también es dependiente de la voluntad política tanto para crecimiento económico como para su correcto desarrollo, dentro 43 años de estudio el país experimentó desde dictaduras, hasta la discusión interminable entre los bandos de políticas de derecha y de izquierda, lo cual

ha ocasionado que se recurran a distintos modelos de crecimiento económico, lo cual también ha tenido su repercusión sobre el sector eléctrico en el Ecuador y el consumo de electricidad en el país.

Para cumplir con las correctas condiciones de trabajar con series de tiempo se recomienda tener en cuenta el cambio estructural que provocó la crisis financiera de los años 1999 y 2000 esto debido a que se pueden presentar problemas en las estimaciones, en el caso de la presente investigación al momento de aplicar el modelo VECM al realizar las pruebas de normalidad de los residuos no se pudo afirmar que los residuos tenían una distribución normal por lo que para cumplir con este supuesto se vio necesario incluir una variable dummy₂₀₀₀ la cual pueda explicar el comportamiento atípico que se presentó en los años correspondientes.

Además, para posteriores estudios se recomienda ampliar el periodo de estudio ya que en los años recientes el sector eléctrico ha tenido inversiones importantes, especialmente para la construcción de centrales hidroeléctricas, también se han realizado reformas importantes en la legislación lo que supone un incentivo al consumo de energía, lamentablemente no se puede ver reflejado dichos cambios en la presente investigación por la falta de datos.

Finalmente se recomienda que a pesar de que los resultados de la investigación nos dicen que el crecimiento económico es el causante en gran medida del comportamiento del consumo de electricidad en el Ecuador, no se debe descuidar el sector eléctrico, ya que es uno de los sectores estratégicos de desarrollo y que un deterioro del sector supondría graves inconvenientes en el desarrollo económico y social del país.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, M., Cano, A., Zuluaga, F., & Gómez, C. (2004). Diferencias y Similitudes en las teorías del crecimiento económico. *Universidad EAFIT*, 73.
- Acosta, A., Vjekoslav, D., & Granja, G. (1989). *Estadísticas Energéticas del Ecuador*. Quito: Instituto Latinoamericano de Investigaciones sociales.
- Agencia de Regulación y control de Electricidad (ARCONEL). (2019). Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas de Distribución. *Resolución Nro. ARCONEL - 035/19*, 35.
- Alonso, J. C. (2010). Tutorial para Pruebas de Raíces Unitarias: Dickey Fuller Aumentado y Philips-Perron en EasyReg. *Apuntes de Economía*, 21.
- Altunbas, Y., & Kapusuzoglu, A. (2011). The causality between energy consumption and economic growth in United Kingdom. *Ekonomiska Istrazivanja*, 60-67.
- Anderson, D. (2000). *Energy and Economic Prosperity*. Washintong D.C: Communications Development Incorporated.
- Asafu-Adjaye, J. (2000). The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: Time series evidence from Asian developing countries. *Energy Economics*, 615-625.
- Balcerowicz, L. (2008). How Capitalism Was Built. The Transformation of Central and Eastern Europe, Russia, and Central Asia. *Eurasian Geography and Economics*. doi:10.2747/1539-7216.49.2.228
- Banco Central del Ecuador. (2010). La Economía Ecuatoriana Luego de 10 Años de Dolarización. *Dirección General de Estudios*, 78.
- Banco Interamericano de Desarrollo . (2015). *Energía: Abasteciendo el Crecimiento de las Américas*. Panamá: Vicepresidencia de sectores y conocimiento Banco de Interamericano de Desarrollo .
- Barrera, J. V. (2009). Análisis de riesgos. *Repositorio Institucional de Universidad Nacional Abierta y a Distancia*, 125-140.

- Barreto Nieto, C., & Campo Robledo, J. (2012). Relación a largo plazo entre consumo de energía y PIB en América Latina: Una evaluación empírica con datos de panel. *Ecos de Economía*, 16(35), 73-89. doi:10.17230/ecos.2012.35.4
- Benavides, Ó. (1997). Teoría del Crecimiento Enógeno. *Cuadernos de Economía*, 16, 46-67.
- Breceda, M. (1989). El camino hacia fuentes alternas de energía. *Momento Económico*, 19-20.
- Calvo, E. (4 de Mayo de 2017). *Cornell University*. Obtenido de Página web de la Universidad de Cornell: <https://arxiv.org/abs/1705.01795v1>
- Cancelo, J., & Espasa, A. (1995). Modelización del efecto temperatura en el consumo de electricidad: un ejercicio de búsqueda de especificación en relaciones dinámicas no lineales. *Estadística Española*, 183-2000.
- Cheng, B. (1997). Energy consumption and economic growth in Brazil, Mexico and Venezuela: A time series analysis. *Applied Economics Letters*, 4(11), 671-674. doi:10.1080/758530646
- Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). (2013). Plan Maestro de Electrificación 2013-2022. *Estudio y Gestión de la demanda Eléctrica*. Quito, Ecuador.
- Cunningham, R. (2003). La energía, historia de sus fuentes y transformación. *Petrotecnia*, 53-60. Obtenido de <http://www.cie.unam.mx/~rbb/ERyS2013-1/Historia-Energia.pdf>
- Fanco, H., & Ramirez, A. (2005). El modelo Harrod-Domar: implicaciones teóricas y empíricas. *Ecos de Economía: A Latin American Journal of Applied Economics*, 127-151.
- Gregorio, J. (2012). *Macroeconomía: Teoría y Políticas*. Santiago de Chile: Pearson-Educación.
- Gujarati, D., & Porter, D. (2009). *Econometría*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Haller, A. (2012). Concepts of Economic Growth and Development. Challenges of Crisis and of Knowledge. *Economy Transdisciplinarity Cognition*, 66-71.

- Hernández Rubio, C. (2002). La teoría del crecimiento endógeno y el comercio internacional. *Cuadernos de Estudios Empresariales*, 95-112. doi:10.5209/CESE.10680
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, P. (1997). *Metodología de La Investigación*. México: McGraw-Hill.
- International Energy Agency. (2008). *World Energy Outlook 2008*. Paris.
- Johansen, S. (2003). Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models. *Oxford Scholarship Online*. doi:10.1093/0198774508.001.0001
- Keynes, J. M. (1965). Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero. *Sección de obras de economía*, 356. Obtenido de [http://biblio.econ.uba.ar/opac-tmpl/bootstrap/Textocompleto/Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero - John Maynard Keynes.pdf](http://biblio.econ.uba.ar/opac-tmpl/bootstrap/Textocompleto/Teoría%20general%20de%20la%20ocupación,%20el%20interés%20y%20el%20dinero%20-%20John%20Maynard%20Keynes.pdf)
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). Notes and Comments on the Relationship between Energy and GNP. *The Journal of energy and development*, 403.
- Kumar Narayan, P., & Singh, B. (2007). The electricity consumption and GDP nexus for the Fiji Islands. *Energy Economics*, 1141-1150. doi:10.1016/j.eneco.2006.05.018
- Kümel, R., Henn, J., & Lindemberger, D. (2002). Capital, labor, energy and creativity: Modeling innovation diffusion. *Structural Change and Economic Dynamics*, 415-433. doi:10.1016/S0954-349X(02)00008-5
- Lescaroux, F. (2011). Dynamics of final sectoral demand and aggregate energy intensity. *Energy Policy* 39, 66-82.
- Ley del Régimen del sector Eléctrico. (10 de Octubre de 1996). Registro Oficial N° 43. Quito, Ecuador.
- Lin, J. Y. (2015). Economic Growth and Development. *Journal of Process Management - New Technologies, Internacional*, 76-89. doi:10.4324/9780429042546-6
- Linares, P. (2013). *¿Es sostenible el mundo en que vivimos?: Un enfoque interdisciplinar*. Madrid: Publicaciones de la Universidad Pontificia Comillas.

- Lindemberger, D., & Kümel, R. (2002). Energy-dependent production functions and the optimization model "PRISE" of price-induced sectoral evolution. *International Journal of Applied Thermodynamics*, 101-107. doi:10.5541/ijot.92
- Loaiza, V. (2018). Crecimiento económico y el uso de energía sustentable y no sustentable: un enfoque del caso ecuatoriano usando técnicas de cointegración. *Killkana Social*, 2(3), 75-86. doi:10.26871/killkana_social.v2i3.326
- Lütkepohl, H., Saikkonen, P., & Carsten, T. (2001). Maximun eigenvalue verss trace test for the cointegrating rank of a VAR process. *Econometrics Journal*, 287-310. doi:10.1057/9780230226203.3463
- Masih, A., & Masih, R. (1997). On the temporal causal relationship between energy consumption, real income, and prices: Some new evidence from Asian-energy dependent NICs based on a multivariate cointegration/vector error-correction approach. *Journal of Policy Modeling*, 417-440.
- Melo Poveda, Y. (2013). La energía como factor fundamental en el proceso económico. *Universidad Nacional de Colombia*, 8-50.
- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). Balance Energético Nacional. *Balance Energético Nacional 2015*.
- Ministerio de Energía y Recursos No Renovables. (2019). *Plan Maestro de Electricidad 2019-2027*. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/>
- Montero, R. (2013). Test de Causalidad. *Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada, España*, 1-4. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.ugr.es/~montero/matematicas/causalidad.pdf&ved=2ahUKEwjv6tn4ttjqAhWKmOAKHTYACmUQFjAAegQIARAB&usg=AOvVaw3P94MwAcqfw39GQoeRIFmk>
- Moroianu, N. (2012). Models of the Economic Growth and their Relevance. *Theoretical and Applied Economics*, 135-142.

- Naciones Unidas. (2012). *United Nations General Assembly Declares 2014-2024 Decade of Sustainable Energy for All*. GA/11333-EN/274.
- Novales, A. (2017). Modelos vectoriales Autoregresivos (VAR). *Universidad Complutense de Madrid*, 58.
- Odhiambo, N. (2009). Electricity consumption and economic growth in South Africa: A trivariate causality test. *Energy Economics*, 635-640. doi:10.1016/j.eneco.2009.01.005
- Odhiambo, N. (2009). Energy consumption and economic growth nexus in Tanzania: An ARDL bounds testing approach. *Energy Policy*, 617-622. doi:10.1016/j.enpol.2008.09.077
- Ohlan, R. (2018). The relationship between electricity consumption, trade openness and economic growth in India. *OPEC Energy Review*, 331-354. doi:10.1111/opec.12134
- Pacheco, M., & Melo, Y. E. (2015). Recursos naturales y energía. Antecedentes históricos y su papel en la evolución de la sociedad y la teoría económica. *Energética*, 105-115.
- Payne, J. (2010). A survey of the electricity consumption-growth literature. *Applied Energy*, 723-731. doi:10.1016/j.apenergy.2009.06.034
- Piętak, Ł. (2014). Review Of Theories And Models Of Economic Growth. *Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe*, 45-60. doi:10.2478/cer-2014-0003
- Prescott, E. (1998). Lawrence R. Klein Lecture 1997 Needed: A theory of total Factor Productivity. *International Economic Review*, 525-551. Obtenido de http://www.sfu.ca/~kkasa/prescott_98.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/9E2C9DAF-9FF5-40C0-AAD7-8741AC9AA198
- Rentería, V., Toledo, E., Bravo, D., & Ochoa, D. (2016). Relación entre Emisiones Contaminantes, Crecimiento Económico y Consumo de Energía. El caso de Ecuador 1971-2010. *Revista Politécnica*, 8.
- Rochon, L. P. (2009). Multiplicador Keynesiano, Crédito Bancario y Producto. *Ola financiera*, 44-67. doi:10.22201/fe.18701442e.2009.4.23051

- Rodríguez, C. (2018). Test de causalidad de Wiener-Granger. *División de las Ciencias Económico Administrativas Universidad de Guanajuato*, 35-47. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.ugr.es/~montero/maticas/causalidad.pdf&ved=2ahUKEwiYvZrVqtnqAhVxQt8KHUroCvQQFjAGegQICRAB&usg=AOvVaw3P94MwAcqfw39GQoeRIFmk>
- Rogner, H. H., & Anca, P. (2004). *Renewable Energy: Power for a sustainable future. Oxford University Press*, 148-195.
- Schoijet, M. (2002). Historia de la Energía. *Elementos: Ciencia y cultura*, 51-57.
- Shengfeng, X., Sheng, X. m., Tianxing, Z., & Xuelli, Z. (2012). The Relationship between Electricity Consumption and Economic Growth in China. *Physics Procedia*, 56-62. doi:10.1016/j.phpro.2012.02.010
- Shiu, A., & Lam, P. L. (2004). Electricity consumption and economic growth in China. *Energy Policy*, 47-54. doi:10.1016/S0301-4215(02)00250-1
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*.
- Yu, E., & Choi, J. Y. (1985). Causal relationship between energy and GNP: an international comparison. *The Journal of Energy and Development*. doi:10.2307/24807818

ANEXOS

7.1 Anexo I Consumo de electricidad por sectores

Tabla 15. Consumo de electricidad por sector 1970-1988					
	Residencial	Comercial	Industrial	Otros	Total
Año	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo	
1970	266855,5	101979,7	209302,1	78636,3	656773,6
1971	291522,4	114334	223769,9	84843,5	714469,8
1972	325997,3	133594,9	246401,8	93305,8	799299,8
1973	348529,4	145641,8	260385,7	110786,6	865343,5
1974	396187,3	180719,1	306308,5	132702	1015916,9
1975	418871,8	188759,8	372328,7	132764,4	1112724,7
1976	572729,5	233346,1	433530,6	170351,6	1409957,8
1977	661680	262405	527699	186993,4	1638777,4
1978	788961,8	299581,8	663575,9	212306,4	1964425,9
1979	880678,8	330005,9	771866,6	228519,1	2211070,4
1980	1034942,7	381506,3	929874	252630,5	2598953,5
1981	1115834,8	413956,1	1034963,9	259353,4	2824108,2
1982	1212444,8	456719,5	1079001,3	319929,7	3068095,3
1983	1337752,3	493712,4	1069082,8	336169,7	3236717,2
1984	1331137,5	513980,6	1061154,3	381307,1	3287579,5
1985	1388109,8	547447,4	1192230,3	410073,3	3537860,8
1986	1507607	606913,9	1265804,8	449775,2	3830100,9
1987	1670359,5	673279,6	1364691,4	495417,3	4203747,8
1988	1692511,2	685099,9	1403508,1	535338	4316457,2

Fuente: (Acosta, Vjekoslav, & Granja, 1989)

En el Anexo I se presentan las cantidades en kW(h) de los principales sectores que utilizan como insumo la energía eléctrica esta tabla se realizó para conocer el comportamiento y la evolución del consumo de energía eléctrica en el Ecuador en el periodo de 1970 al 1988 donde se puede apreciar que en estos al inicio de los años 70 no era representante el consumo de electricidad y a medida que avanzó el tiempo en casi 20 años este consumo se disparó especialmente en el sector residencial y el sector industrial.

Tabla 16. Capacidad de generación de electricidad 1980-2018

Año	Generación GWh	Año	Generación GWh
1980	3186		
1981	3535	2000	10356
1982	3904	2001	10740
1983	4117	2002	11551
1984	4113	2003	11212
1985	4706	2004	13089
1986	5197	2005	12162
1987	5257	2006	14128
1988	5504	2007	16585
1989	5636	2008	18265
1990	6215	2009	17929
1991	6807	2010	18785
1992	7001	2011	19885
1993	7250	2012	22106
1994	8008	2013	22442
1995	8181	2014	23451
1996	9097	2015	25070
1997	9389	2016	26490
1998	9883	2017	27391
1999	10048	2018	28545

Fuente: Datos Macro

7.2 Anexo II Pruebas de raíz unitaria

Null Hypothesis: CONSUMO_ELEC_PC has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=0)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.471717	0.9989
Test critical values:		
1% level	-4.185481	
5% level	-3.518090	
10% level	-3.189732	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(CONSUMO_ELEC_PC)
 Method: Least Squares
 Date: 05/28/21 Time: 04:56
 Sample (adjusted): 1972 2014
 Included observations: 43 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CONSUMO_ELEC_PC(-1)	0.524348	0.561018	0.471717	0.6397
C	3.972675	9.578622	0.386119	0.6927
@TREND("1971")	0.477282	1.302594	0.366419	0.7190

R-squared: 0.157322 Mean dependent var: 28.64775
 Adjusted R-squared: 0.125688 S.D. dependent var: 33.14892
 S.E. of regression: 30.89551 Akaike info criterion: 9.772776
 Sum squared resid: 38428.86 Schwarz criterion: 9.895650
 Log likelihood: -207.1147 Hannan-Quinn criter.: 9.518088
 F-statistic: 4.018878 Durbin-Watson stat: 1.884980
 Prob(F-statistic): 0.025677

Figura 11: Prueba Dickey Fuller al consumo de electricidad
Fuente: Elaboración propia (2021)

Null Hypothesis: PIB_PC has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=0)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.108203	0.9931
Test critical values:		
1% level	-4.185481	
5% level	-3.518090	
10% level	-3.189732	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(PIB_PC)
 Method: Least Squares
 Date: 05/28/21 Time: 05:00
 Sample (adjusted): 1972 2014
 Included observations: 43 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIB_PC(-1)	-0.005354	0.048479	-0.108203	0.9144
C	15.99823	87.03281	0.183818	0.8551
@TREND("1971")	5.813022	5.602144	1.037643	0.3057

R-squared: 0.059931 Mean dependent var: 130.9060
 Adjusted R-squared: 0.012928 S.D. dependent var: 273.8396
 S.E. of regression: 272.0538 Akaike info criterion: 14.11716
 Sum squared resid: 2960747 Schwarz criterion: 14.24004
 Log likelihood: -300.5190 Hannan-Quinn criter.: 14.16248
 F-statistic: 1.275036 Durbin-Watson stat: 1.188184
 Prob(F-statistic): 0.290532

Figura 12: Prueba Dickey Fuller al PIBpc
Fuente: Elaboración propia (2021)

Null Hypothesis: DCONSUMELEC has a unit root				
Exogenous: Constant, Linear Trend				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=0)				
		t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-5.732358	0.0001	
Test critical values:				
	1% level	-4.192337		
	5% level	-3.500797		
	10% level	-3.191277		
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(DCONSUMELEC)				
Method: Least Squares				
Date: 05/26/21 Time: 05:03				
Sample (adjusted): 1973 2014				
Included observations: 42 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DCONSUMELEC(-1)	-0.914754	0.159577	-5.732358	0.0000
C	5.024547	10.22307	0.491491	0.6258
@TREND("1971")	0.968138	0.434778	2.226740	0.0318
R-squared	0.487294	Mean dependent var		1.002775
Adjusted R-squared	0.429483	S.D. dependent var		41.52070
S.E. of regression	31.36221	Akaike info criterion		9.797833
Sum squared resid	38359.93	Schwarz criterion		9.821953
Log likelihood	-202.7545	Hannan-Quinn crit.		9.843328
F-statistic	18.43105	Durbin-Watson stat		2.006198
Prob(F-statistic)	0.000007			

Figura 13: Prueba Dickey Fuller a primeras diferencias de Consumo electricidad
Fuente: Elaboración propia (2021)

Null Hypothesis: DPIBPC has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=1)				
		t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.844562	0.0052	
Test critical values:				
	1% level	-3.596118		
	5% level	-2.933158		
	10% level	-2.604867		
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(DPIBPC)				
Method: Least Squares				
Date: 06/02/21 Time: 04:33				
Sample (adjusted): 1973 2014				
Included observations: 42 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DPIBPC(-1)	-0.563438	0.146554	-3.844562	0.0004
C	70.67833	44.21315	1.596582	0.1171
R-squared	0.268815	Mean dependent var		-0.22383
Adjusted R-squared	0.251561	S.D. dependent var		292.3611
S.E. of regression	253.7942	Akaike info criterion		13.95731
Sum squared resid	2579480	Schwarz criterion		14.04011
Log likelihood	-291.1048	Hannan-Quinn crit.		13.98771
F-statistic	14.78068	Durbin-Watson stat		1.792558
Prob(F-statistic)	0.000423			

Figura 14: Prueba Dickey Fuller a primeras diferencias de PIBpc
Fuente: Elaboración propia (2021)

En las tablas 11 y 12 se presentan los resultados de las pruebas de Dickey Fuller Aumentado que nos permiten establecer si una serie es estacionaria o no, las series tanto del consumo de electricidad como del PIBpc tienen un orden de Integración (0) es decir que no se han realizado las primeras diferencias y los resultados obtenidos nos indican que las series no son estacionarias.

En las tablas 13 y 14 se realiza el mismo proceso de aplicar la prueba de Dickey Fuller a las series, lo que cambia en este caso es que ya las series tienen un orden de integración de (1) es decir que se realizaron las primeras diferencias y basándonos en los resultados obtenidos se puede afirmar que de esta manera cumplen con el estado de estacionaridad.

7.2 Anexo III Criterios de selección de rezagos VAR

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-455.5886	NA	98728360	24.08361	24.16980	24.11428
1	-443.7511	21.80598*	65398865*	23.67111	23.92968*	23.76311*
2	-442.1805	2.727919	74498409	23.79897	24.22992	23.95230
3	-436.9771	8.489782	70307558	23.73564	24.33896	23.95029
4	-431.5333	8.308908	65806474	23.65965*	24.43535	23.93564
5	-427.7348	5.397883	67562963	23.67025	24.61833	24.00757

* indicates lag order selected by the criterion
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)
 FPE: Final prediction error
 AIC: Akaike information criterion
 SC: Schwarz information criterion
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

Figura 15: Criterios de selección del orden del VAR

Fuente: Elaboración propia (2021)

Según los criterios a los cuales el software Eviews nos brinda, el mismo que nos recomienda que el número de rezagos óptimo es de 1 según los criterios LR que es el criterio secuencial del estadístico LR, FPE predicción final del error, SC el criterio de Schwarz y HQ que es el criterio de Hannan Quinn. Por lo que para escoger el número de rezagos para un modelo VAR lo que se conoce también como orden del VAR se debe escoger en función de los criterios presentados en la tabla 1 que nos recomienda escoger 1 rezago para la aplicación de un modelo VAR.

7.3 Anexo IV: Prueba de cointegración de Johansen Modelo VAR

Date: 06/04/21 Time: 00:13
 Sample (adjusted): 1974 2014
 Included observations: 41 after adjustments
 Trend assumption: Linear deterministic trend (restricted)
 Series: DPIBPC DCONSUMELEC
 Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.465619	37.51626	25.87211	0.0012
At most 1	0.250527	11.82380	12.51798	0.0651

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.465619	25.69246	19.38704	0.0053
At most 1	0.250527	11.82380	12.51798	0.0651

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b*S11*b=l):

DPIBPC	DCONSUMELEC	@TREND(72)
0.004342	-0.043383	0.016131
-0.002939	-0.027472	0.047927

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

D(DPIBPC)	-73.07088	130.9952
D(DCONSUMEL EC)	22.35799	4.493193

1 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -479.1850

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

DPIBPC	DCONSUMELEC	@TREND(72)
1.000000	-9.992174	3.715232
	(1.91007)	(4.00833)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(DPIBPC)	-0.317254
	(0.19498)
D(DCONSUMEL EC)	0.097072
	(0.01826)

La interpretación que recibe la prueba de integración de Johansen y sus estadísticos de traza y máximo valor nos indican que se rechaza la hipótesis de que no existe ninguna ecuación cointegrante, es decir existe una ecuación y también nos confirma que existe solo una ecuación al aceptar la hipótesis de que no existe más de una ecuación cointegrante.

7.4 Anexo V Resultados de la estimación VAR

Vector Autoregression Estimates		
Date: 06/04/21 Time: 00:13		
Sample (adjusted): 1973 2014		
Included observations: 42 after adjustments		
Standard errors in () & t-statistics in []		
	DPIBPC	DCONSUME...
DPIBPC(-1)	0.444882 (0.15423) [2.88451]	0.071107 (0.01643) [4.32796]
DCONSUMELEC(-1)	-0.246080 (1.24795) [-0.19719]	0.068525 (0.13294) [0.51546]
C	76.45518 (53.4902) [1.42933]	17.32166 (5.69814) [3.03988]
R-squared	0.182375	0.359113
Adj. R-squared	0.140446	0.326247
Sum sq. resids	2573893.	29208.43
S.E. equation	256.8993	27.36666
F-statistic	4.349577	10.92657
Log likelihood	-291.0839	-197.0308
Akaike AIC	14.00399	9.525277
Schwarz SC	14.12811	9.649397
Mean dependent	131.8132	29.21245
S.D. dependent	277.0935	33.34044
Determinant resid covariance (dof adj.)		49424538
Determinant resid covariance		42616056
Log likelihood		-488.1134
Akaike information criterion		23.52921
Schwarz criterion		23.77745
Number of coefficients		6

Figura 16: Resultados de la estimación VAR

Fuente: Elaboración propia (2021)

7.4.1 Prueba de autocorrelación LM VAR

VAR Residual Serial Correlation LM Tests						
Date: 06/04/21 Time: 00:25						
Sample: 1971 2014						
Included observations: 42						
Null hypothesis: No serial correlation at lag h						
Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	3.270616	4	0.5136	0.824792	(4, 72.0)	0.5137
2	1.731339	4	0.7850	0.432008	(4, 72.0)	0.7851
Null hypothesis: No serial correlation at lags 1 to h						
Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	3.270616	4	0.5136	0.824792	(4, 72.0)	0.5137
2	7.248116	8	0.5101	0.913570	(8, 68.0)	0.5108

*Edgeworth expansion corrected likelihood ratio statistic.

Figura 17: Prueba de autocorrelación LM VAR

Fuente: Elaboración propia (2021)

7.4.2 Prueba de autocorrelacion Portmanteau VAR

VAR Residual Portmanteau Tests for Autocorrelations					
Null Hypothesis: No residual autocorrelations up to lag h					
Date: 06/04/21 Time: 00:50					
Sample: 1971 2014					
Included observations: 42					
Lags	Q-Stat	Prob.*	Adj Q-Stat	Prob.*	df
1	1.300516	---	1.332236	---	---
2	2.773439	0.5964	2.878805	0.5783	4

*Test is valid only for lags larger than the VAR lag order.
df is degrees of freedom for (approximate) chi-square distribution

Figura 18: Prueba de autocorrelación Pormetau VAR

Fuente: Elaboración propia (2021)

Tanto la prueba de autocorrelación del multiplicador de Lagrange (LM) como de Pormetau aplicadas al modelo VAR nos confirma con un nivel de confianza del 95% que no existe autocorrelación en el modelo VAR, aceptando la hipótesis nula de que no existe correlación serial entre los rezagos.

7.4.3 Prueba de normalidad de los residuos VAR

VAR Residual Normality Tests				
Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)				
Null Hypothesis: Residuals are multivariate normal				
Date: 06/04/21 Time: 00:38				
Sample: 1971 2014				
Included observations: 42				
Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.*
1	-0.733685	3.768056	1	0.0522
2	0.161457	0.182478	1	0.6693
Joint		3.950534	2	0.1387
Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	4.064691	1.983740	1	0.1590
2	4.101658	2.123886	1	0.1450
Joint		4.107627	2	0.1282
Component	Jarque-Bera	df	Prob.	
1	5.751796	2	0.0564	
2	2.306365	2	0.3156	
Joint	8.058161	4	0.0895	
*Approximate p-values do not account for coefficient estimation				

Figura 19: Prueba de normalidad VAR

Fuente: Elaboración propia (2021)

La prueba de normalidad aplicada a la estimación del modelo VAR nos permite aceptar la hipótesis nula de que los residuos se distribuyen normalmente al ser el P-valor mayor al grado de significancia del 0.05

7.4.4 Prueba de heterocedasticidad VAR

VAR Residual Heteroskedasticity Tests (Levels and Squares)					
Date: 06/04/21 Time: 00:39					
Sample: 1971 2014					
Included observations: 42					
Joint test:					
Chi-sq	df	Prob.			
12.71112	12	0.3904			
Individual components:					
Dependent	R-squared	F(4,37)	Prob.	Chi-sq(4)	Prob.
res1*res1	0.050642	0.493432	0.7406	2.126984	0.7124
res2*res2	0.153540	1.677860	0.1758	6.448666	0.1681
res2*res1	0.095251	0.973825	0.4335	4.000522	0.4059

Figura 20: Prueba de heterocedasticidad VAR
Fuente: Elaboración propia (2021)

La prueba de heterocedasticidad y sus resultados nos permite confirmar que existe homocedasticidad es decir la varianza permanece constante a través del tiempo para el modelo VAR.

7.5 Anexo VI Resultados estimación VECM

Vector Error Correction Estimates

Date: 06/04/21 Time: 01:46

Sample (adjusted): 1973 2014

Included observations: 42 after adjustments

Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegrating Eq:	CointEq1	
CONSUMO_ELEC_PC(-1)	1.000000	
PIB_PC(-1)	-0.327210 (0.06560) [-4.98830]	
C	215.6878	
Error Correction:	D(CONSUMO_ELEC_PC)	D(PIB_PC)
CointEq1	-0.045445 (0.02544) [-1.78665]	0.334546 (0.24261) [1.37897]
D(CONSUMO_ELEC_PC(-1))	-0.025620 (0.13968) [-0.18343]	0.446975 (1.33221) [0.33551]
D(PIB_PC(-1))	0.055097 (0.01833) [3.00635]	0.562743 (0.17480) [3.21935]
C	22.21958 (6.18516) [3.59240]	40.39905 (58.9935) [0.68481]
R-squared	0.408777	0.221340
Adj. R-squared	0.362102	0.159867
Sum sq. resids	26944.98	2451232.
S.E. equation	26.62852	253.9805
F-statistic	8.757857	3.600598
Log likelihood	-195.3370	-290.0585
Akaike AIC	9.492236	14.00279
Schwarz SC	9.657728	14.16828
Mean dependent	29.21245	131.8132
S.D. dependent	33.34044	277.0935

Determinant resid covariance (dof adj.)	45594244
Determinant resid covariance	37323179
Log likelihood	-485.3285
Akaike information criterion	23.58707
Schwarz criterion	24.00080
Number of coefficients	10

7.5.1 Prueba de autocorrelación Portmanteau VECM

Lags	Q-Stat	Prob.*	Adj Q-Stat	Prob.*	df
1	0.316158	---	0.323869	---	---
2	1.813477	0.9360	1.896054	0.9290	6

*Test is valid only for lags larger than the VAR lag order.
df is degrees of freedom for (approximate) chi-square distribution after adjustment for VEC estimation (Bruggemann, et al. 2005)

Figura 21: Prueba de Autocorrelación Pormetau VECM
Fuente: Elaboración propia (2021)

7.5.2 Prueba de autocorrelación LM modelo VECM

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	1.560977	4	0.8158	0.389008	(4, 70.0)	0.8158
2	2.050574	4	0.7265	0.512793	(4, 70.0)	0.7265

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	1.560977	4	0.8158	0.389008	(4, 70.0)	0.8158
2	6.724212	8	0.5667	0.844461	(8, 66.0)	0.5673

*Edgeworth expansion corrected likelihood ratio statistic.

Figura 22: Prueba de autocorrelación LM VECM
Fuente: Elaboración propia (2021)

7.5.3 Prueba de Normalidad modelo VECM

VEC Residual Normality Tests				
Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)				
Null Hypothesis: Residuals are multivariate normal				
Date: 06/04/21 Time: 02:02				
Sample: 1971 2014				
Included observations: 42				
Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob *
1	0.627064	2.752467	1	0.0971
2	-0.742316	3.957236	1	0.0495
Joint		6.609703	2	0.0367
Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob
1	4.242280	2.700704	1	0.1003
2	4.334481	3.116470	1	0.0775
Joint		5.817175	2	0.0546
Component	Jarque-Bera	df	Prob.	
1	5.453171	2	0.0654	
2	6.973706	2	0.0306	
Joint	12.42688	4	0.0144	

*Approximate p-values do not account for coefficient estimation

Figura 23: Prueba de normalidad VECM
Fuente: Elaboración propia (2021)

7.5.4 Prueba de heterocedasticidad VECM

VEC Residual Heteroskedasticity Tests (Levels and Squares)					
Date: 06/04/21 Time: 02:03					
Sample: 1971 2014					
Included observations: 42					
Joint test:					
Chi-sq	df	Prob.			
18.31355	18	0.4352			
Individual components:					
Dependent	R-squared	F(6,35)	Prob.	Chi-sq(6)	Prob.
res1*res1	0.237187	1.813802	0.1248	9.961858	0.1263
res2*res2	0.059291	0.367665	0.8944	2.490234	0.8696
res2*res1	0.108719	0.711555	0.6426	4.566208	0.6005

Figura 24: Prueba de heterocedasticidad VECM
Fuente: Elaboración propia (2021)

7.6 Anexo VII: Estimación de modelo VECM incluyendo variable dummy

Vector Error Correction Estimates
 Date: 06/07/21 Time: 00:53
 Sample (adjusted): 1973 2014
 Included observations: 42 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegrating Eq:	CointEq1	
CONSUMO_ELEC_PC(-1)	1.000000	
PIB_PC(-1)	-0.659110 (0.20340) [-3.24043]	
C	1035.540	
Error Correction:	D(CONSUMO_ELEC_PC)	D(PIB_PC)
CointEq1	-0.015169 (0.00956) [-1.58630]	0.162238 (0.08410) [1.92913]
D(CONSUMO_ELEC_PC(-1))	-0.074584 (0.14686) [-0.50786]	0.135245 (1.29161) [0.10471]
D(PIB_PC(-1))	0.051368 (0.01865) [2.75361]	0.353778 (0.16407) [2.15632]
C	21.96981 (7.22300) [3.04164]	-33.93614 (63.5247) [-0.53422]
DUMMY_2000	6.029001 (11.3742) [0.53006]	314.6976 (100.033) [3.14593]
R-squared	0.427980	0.359452
Adj. R-squared	0.366140	0.290204
Sum sq. resids	26069.83	2016454.
S.E. equation	26.54411	233.4497
F-statistic	6.920751	5.190761
Log likelihood	-194.6436	-285.9582
Akaike AIC	9.506837	13.85515
Schwarz SC	9.713702	14.06202
Mean dependent	29.21245	131.8132
S.D. dependent	33.34044	277.0935
Determinant resid covariance (dof adj.)	38379496	
Determinant resid covariance	29785448	
Log likelihood	-480.5910	
Akaike information criterion	23.45671	
Schwarz criterion	23.95319	
Number of coefficients	12	

7.6.1 Prueba de autocorrelación LM

VEC Residual Serial Correlation LM Tests						
Date: 06/07/21 Time: 00:57						
Sample: 1971 2014						
Included observations: 42						
Null hypothesis: No serial correlation at lag h						
Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	1.226494	4	0.8737	0.304881	(4, 68.0)	0.8737
2	2.094753	4	0.7183	0.524013	(4, 68.0)	0.7184
Null hypothesis: No serial correlation at lags 1 to h						
Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	1.226494	4	0.8737	0.304881	(4, 68.0)	0.8737
2	6.652305	8	0.5746	0.835076	(8, 64.0)	0.5752
*Edgeworth expansion corrected likelihood ratio statistic.						

Figura 25: Prueba de autocorrelación VECM con dummy
Fuente: Elaboración propia (2021)

7.6.2 Prueba de autocorrelación Portmanteau

VEC Residual Portmanteau Tests for Autocorrelations					
Null Hypothesis: No residual autocorrelations up to lag h					
Date: 06/07/21 Time: 00:59					
Sample: 1971 2014					
Included observations: 42					
Lags	Q-Stat	Prob.*	Adj Q-Stat	Prob.*	df
1	0.457897	---	0.469065	---	---
2	2.319491	0.8881	2.423739	0.8769	6
*Test is valid only for lags larger than the VAR lag order.					
df is degrees of freedom for (approximate) chi-square distribution after adjustment for VEC estimation (Bruggemann, et al. 2005)					
*df and Prob. may not be valid for models with exogenous variables					

Figura 26: Prueba de autocorrelación Portmanteau VECM con dummy
Fuente: Elaboración propia (2021)

7.6.3 Prueba de normalidad de los residuos

VEC Residual Normality Tests
 Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)
 Null Hypothesis: Residuals are multivariate normal
 Date: 06/07/21 Time: 01:02
 Sample: 1971 2014
 Included observations: 42

Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.*
1	0.390862	1.069412	1	0.3011
2	-0.691035	3.342705	1	0.0675
Joint		4.412117	2	0.1101

Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	4.030977	1.860098	1	0.1726
2	3.810605	1.149891	1	0.2836
Joint		3.009989	2	0.2220

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	2.929510	2	0.2311
2	4.492596	2	0.1058
Joint	7.422106	4	0.1152

*Approximate p-values do not account for coefficient estimation

Figura 27: Prueba de normalidad de VECM con dummy

Fuente: Elaboración propia (2021)

7.6.4 Prueba de heterocedasticidad

VEC Residual Heteroskedasticity Tests (Levels and Squares)
 Date: 06/07/21 Time: 01:04
 Sample: 1971 2014
 Included observations: 42

Joint test		
Chi-sq	df	Prob.
24.37366	21	0.2753

Individual components:

Dependent	R-squared	F(7,34)	Prob.	Chi-sq(7)	Prob.
res1*res1	0.346720	2.577866	0.0303	14.56224	0.0420
res2*res2	0.112209	0.613899	0.7405	4.712769	0.6950
res2*res1	0.123573	0.684836	0.6839	5.190046	0.6368

Figura 28: Prueba de heterocedasticidad de VECM con dummy

Fuente: Elaboración propia (2021)

7.7 Anexo VIII: Pruebas de causalidad.

VEC Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests			
Date: 06/07/21 Time: 01:45			
Sample: 1971 2014			
Included observations: 42			
Dependent variable: D(CONSUMO_ELEC_PC)			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(PIB_PC)	7.582369	1	0.0059
All	7.582369	1	0.0059
Dependent variable: D(PIB_PC)			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
D(CONSUMO_ELEC_...	0.010964	1	0.9166
All	0.010964	1	0.9166

Figura 29: Prueba de causalidad de Wald
Fuente: Elaboración propia (2021)

Pairwise Granger Causality Tests			
Date: 06/07/21 Time: 02:34			
Sample: 1971 2014			
Lags: 1			
Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
DPIBPC does not Granger Cause DCONSUMELEC	42	18.7313	0.0001
DCONSUMELEC does not Granger Cause DPIBPC		0.03888	0.8447

Figura 30: Prueba de causalidad Granger por pares
Fuente: Elaboración propia 2021

7.8 Impulso respuesta Modelo VECM

Response of CONSUMO_ELEC_PC:		
Period	CONSUMO_E...	PIB_PC
1	26.54411	0.000000
2	23.83656	14.32223
3	24.02827	18.90555
4	24.01180	20.78897
5	24.03723	21.39643
6	24.06419	21.49680
7	24.08986	21.40512
8	24.11228	21.25481
9	24.13119	21.09943
10	24.14687	20.95860

Response of PIB_PC:		
Period	CONSUMO_E...	PIB_PC
1	-5.298399	233.3895
2	1.290141	291.0007
3	6.984074	284.5255
4	12.17586	255.4967
5	16.60400	221.5335
6	20.29826	189.3824
7	23.34244	161.2580
8	25.83509	137.5248
9	27.86928	117.8507
10	29.52635	101.6904

Cholesky Ordering: CONSUMO_ELEC_PC PIB_PC		
--	--	--

Figura 31: Impulso-respuesta modelo VECM

Fuente: Elaboración propia (2021)