

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ECÓNOMICA



"LA DEMANDA AGREGADA DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA Y EL MEDIO AMBIENTE EN EL PERÚ"

TESIS

Presentado por el BACHILLER JOE MELVIN BORDA PILCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
**INGENIERO ECONOMISTA**

PROMOCIÓN 2014  
PUNO - PERU  
2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA**

“LA DEMANDA AGREGADA DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA Y EL MEDIO AMBIENTE EN EL PERÚ”

**TESIS**

Presentada por:

JOE MELVIN BORDA PILCO


Para optar el Título de:

**INGENIERO ECONOMISTA**

APROBADA POR EL JURADO DICTAMINADOR:

PRESIDENTE

:

  
M. Sc. Paulino Quispe Apaza

PRIMER JURADO

:

  
M. Sc. Marcel Huacilla Gómez

SEGUNDO JURADO

:

  
M. Sc. Giovana Calsin Quispe

DIRECTOR DE TESIS

:

  
Dr. Alfredo Pelayo Calatayud Mendoza

Área : Recursos naturales y del medio ambiente

Tema : Estudios de demanda y políticas ambientales

**DEDICATORIA**

*Le dedico esta investigación a Dios, a mis padres y toda mi familia, ya que ellos son los que me supieron guiar por un buen camino, lleno de valores y aptitudes que me servirán para ser un Ingeniero Economista que sabrá afrontar cada reto y salir triunfante de cada uno de ellos.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a mis padres y mi familia por depositar su confianza y apoyo en mi constante desarrollo personal y profesional; también agradecer a los docentes universitarios que contribuyeron con mi formación profesional, y también los compañeros de la Facultad de Ingeniería Económica con quienes formamos lazos de amistad, pasando alegrías y aventuras, por último a la Universidad Nacional del Altiplano.*

## INDICE

LÍSTA DE TABLAS	
LÍSTA DE FIGURAS	
LÍSTA DE ABREVIATURAS	
RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y	
OBJETIVOS.....	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
CAPÍTULO II: REVISION DE LITERATURA.....	31
2.1. MARCO TEÓRICO.....	31
2.1.1. ECONOMÍA DE LA ENERGÍA.....	31
2.1.2. INDICADORES LÍDERES.....	33
2.1.3. ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y KUZNETS.....	36
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	39
2.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
CAPÍTULO III: METODO DE INVESTIGACIÓN.....	43
3.1. MÉTODOS.....	43
3.1.1. LA METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL MODELO:.....	43
3.1.2. PRUEBAS DE RAIZ UNITARIA.....	44
3.1.3. METODOLOGÍA DE COINTEGRACIÓN MULTIVARIADA DE JOHANSEN.....	45
3.1.4. METODOLOGÍA DE COINTEGRACIÓN DE PESARAN, SHIN Y SMITH.....	46
3.1.5. MODELOS A ESTIMAR:.....	48
3.1.6. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO:.....	49
CAPÍTULO IV: ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	50
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	50
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUCIÓN.....	52

5.1. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	52
5.1.1. EXISTENCIA DE UNA RELACIÓN DE LARGO PLAZO ENTRE LA DEMANDA DE ENERGÍA Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO. ....	52
5.1.2. RELACIÓN DE LARGO PLAZO ENTRE LA DEMANDA AGREGADA DE ENERGÍA Y LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL .....	56
5.1.3. POLÍTICAS PARA EL USO ADECUADO DE RECURSOS ENERGÉTICOS EN EL SECTOR ELÉCTRICO REDUCIENDO EL IMPACTO NEGATIVO EN EL MEDIO AMBIENTE. ....	60
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES .....	65
BIBLIOGRAFIA .....	66
ANEXOS .....	70

**LISTA DE TABLAS**

TABLA 1: PROCESO DE ESTIMACIÓN DE GEI PARA EL SECTOR ELÉCTRICO..	49
TABLA 2: TEST DE COINTEGRACIÓN DE JOHANSEN PARA EL LOGARITMO DEL PBI Y DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	52
TABLA 3: MODELO DE CORRECCIÓN DE ERRORES DE JOHANSEN (VEC) .....	53
TABLA 4: MODELO AUTORREGRESIVO DE RETARDOS DISTRIBUIDOS .....	54

**LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1: FLUJO TEMPORAL DE LA ECONOMÍA, ENERGÍA ELÉCTRICA Y DEGRADACIÓN AMBIENTAL .....	17
FIGURA 2: DISEÑO DE UN MODELO DE REDES NEURONALES.....	35
FIGURA 3: CURVA MEDIOAMBIENTAL DE KUZNETS .....	37
FIGURA 4: ESQUEMA DE BONDAD DE AJUSTE POR BANDAS .....	48
FIGURA 5: MAPA DEL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO NACIONAL	51
FIGURA 6: RELACIÓN Y CICLOS DE LAS SERIES VEM Y PBI CON EL FILTRO DE CHRISTIANO Y FITZGERAL CON ORDEN I(1) .....	55
FIGURA 7: RELACIÓN DE LA SERIE VEM CON CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> Y N <sub>2</sub> O, CON EL FILTRO DE CHRISTIANO Y FITZGERAL CON ORDEN I(1).....	57
FIGURA 8: MODELO CUADRÁTICO DE TCO <sub>2</sub> Y VEEMWH .....	57
FIGURA 9: MODELO CUADRÁTICO DE KGCH <sub>4</sub> Y VEEMWH.....	58
FIGURA 10: MODELO CUADRÁTICO DE KGN <sub>2</sub> O Y VEEMWH.....	59



**LISTA DE ABREVIATURAS**

RAGEI	: REPORTE ANUAL DE GASES EFECTO INVERNADERO
VCN	: VALOR CALORICO NETO
VEC	: VECTOR DE CORRECCION DE ERROR
OSINERGMIN	: ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSION EN ENERGÍA Y MINERÍA
COES SINAC	: COMITÉ DE OPERACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL
PBI	: PRODUCTO BRUTO INTERNO
VEEMWH	: VENTA DE ENERGIA ELECTRICA MEGA WATHS HORA
CO <sub>2</sub>	: DIOXIDO DE CARBONO
CH <sub>4</sub>	: METANO
N <sub>2</sub> O	: OXIDO NITROSO
SO <sub>2</sub>	: OXIDO DE AZUFRE
BM	: BANCO MUNDIAL
FMI	: FONDO MONETARIO INTERNACIONAL
CKA	: CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL
RU	: RAIZ UNITARIA
ARDL	: AUTOREGRESIVO DE RETARDOS DISTRIBUIDOS
AIC	: CRITERIO DE INFORMACION DE AKAIKE
US\$	: DOLARES ESTADOUNIDENCES

## RESUMEN

En Perú al igual que en los demás países del mundo, tiene una gran dependencia de la energía eléctrica, puesto que es un bien intermedio que está presente en todos los procesos de producción y consumo en la economía; así mismo, la generación de energía eléctrica genera impactos sobre el medio ambiente, los cuales tienen efectos sobre la naturaleza y la sociedad. Es así que, aplicando una modificación a la CKA tradicional, reemplazando la serie PBI por la demanda agregada de energía que es un indicador líder natural de actividad económica, se analiza la relación entre el sector eléctrico y la degradación ambiental generada, para los gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Demostrando (i) la importancia de la demanda agregada de energía eléctrica en la actividad económica del país, (ii) que el sector energía se encuentra en la fase decreciente de la curva de degradación ambiental, debido al tipo de recurso energético empleado en la generación y las tecnologías empleadas, y (iii) se plantea tres políticas importantes para mejorar las condiciones ambientales del sector eléctrico: (1) ampliar la participación de inversiones en generación eléctrica con fuentes renovables al menos al 10% en vez del 5% actual y al 2025 plantear un 20%; (2) la distribución en base a la demanda, ampliando la cobertura en todos los sectores económicos y sociales; (3) ahorro energético a base de Hidrogeno; todo en el marco de una economía ecológica dentro de la OCDE.

Palabras Clave: Indicador líder, Kuznets, demanda agregada de energía eléctrica, ahorro de energía.

## SUMMARY

In Peru, as in other countries of the world, it has a great dependence on electricity, since it is an intermediate good that is present in all production and consumption processes in the economy; Likewise, the generation of electrical energy generates impacts on the environment, which have an impact on nature and society. Thus, by applying a modification to the traditional CKA, replacing the PBI series with the aggregate demand for energy, which is a leading natural indicator of economic activity, the relationship between the electricity sector and the environmental degradation generated for CO<sub>2</sub> gases is analyzed. , CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O. Demonstrating (i) the importance of the aggregate demand for electric power in the country's economic activity, (ii) that the energy sector is in the declining phase of the environmental degradation curve, due to the type of energy resource used in generation and the technologies used, and (iii) three important policies are proposed to improve the environmental conditions of the electricity sector: (1) expand the participation of investments in electricity generation with renewable sources to at least 10% instead of the current 5% and 2025 raise 20%; (2) distribution based on demand, expanding coverage in all economic and social sectors; (3) Energy savings based on Hydrogen; all within the framework of an ecological economy within the OECD.

Key Word: Leader indicator, Kuznets, aggregate demand for electric power, energy saving

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, para la economía peruana, la producción de energía eléctrica abastece a la demanda, sin embargo a largo plazo según Naciones Unidas (2015) la demanda mundial crecerá en 50% en los próximos 15 años, lo cual implica un incremento de inversiones en este sector, aumentando el uso de recursos naturales<sup>1</sup> para la generación eléctrica.

La investigación evidencia la relación de largo plazo existente entre el crecimiento económico, la demanda agregada de energía eléctrica y la degradación ambiental; para demostrarlo se aplica una modificación a la Curva de Kuznets Ambiental tradicional, reemplazando la serie PBI por la demanda agregada de energía eléctrica.

La investigación se desarrolla bajo el siguiente orden: en el capítulo I, está el planteamiento del problema, antecedentes y objetivos de la investigación; el capítulo II, contiene el marco teórico, marco conceptual e hipótesis de la investigación; el capítulo III, contiene el método de investigación; el capítulo IV, hace referencia a las características del área de investigación; el capítulo V, contiene análisis y exposición de resultados; y por último se contempla las conclusiones y las recomendaciones de la investigación.

---

<sup>1</sup> Los recursos naturales son renovables y no renovables, sin embargo para esta investigación se consideraran ambos como insumos para la generación energética.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La actividad económica de un país se mide a través del PBI, la cual representa la producción generada por los diferentes sectores que la conforman, además es usada como información relevante por los agentes económicos en sus decisiones; sin embargo, esta información no está disponible en al menos tres meses, generando retrasos en la toma de decisiones, por lo que se requieren otros indicadores que les permitan tomar decisiones con mayor premura y que no se alejen del comportamiento del PBI, por lo tanto, son necesarios indicadores líderes que tengan relación de largo plazo con el PBI como lo sugieren Quineche y Martínez (2015), Castellares (2009), y Ochoa y Llandó M (2002).

Por otra parte, el PBI representa toda la producción nacional, lo que comprende la extracción y uso de insumos para posteriormente ser transformados en bienes y servicios que serán consumidos; uno de esos insumos está presente en todos los

sectores productivos de la economía y es usado constantemente, es la energía eléctrica, como menciona Häfele (1977), la energía se comporta como un insumo de la economía, como si fuera un dispositivo de utilización final, por lo que la relación entre PBI y consumo de energía es íntima<sup>2</sup>, por ejemplo: la relación entre el consumo de energía de USA (combustibles minerales y corriente hidroeléctrica) y el PBI, aumento conforme se dio la primera revolución industrial y para 1973 la relación de producción de energía/capital (W/US\$), fue de 0.71 en economías desarrolladas, 0.77 países en desarrollo, 1.43 economías de dirección central (producción bajo control estatal). Häfele (1977), indica también, que el mayor consumo de energía, lo hace el sector doméstico y el comercio absorbiendo 54% de toda la energía secundaria, después vienen la industria con el 36% y transporte con el 14%.

Una vez reconocida la importancia de la energía eléctrica en la economía y siguiendo la ley de la física, de que “la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma”, genera impactos en el medio ambiente. Según Naciones Unidas (2015) las ciudades son responsables del 70% de los GEI y consumen el 80% de la energía producida en el planeta, así la estructura de emisiones de América Latina y el Caribe muestra que las mayores fuentes corresponden al sector energético (Electricidad y calefacción, manufactura y construcción, transporte, quema de combustibles fósiles y emisiones fugitivas) representando el 42% del total, agricultura 28%, cambio de uso

---

<sup>2</sup> Para probar esto (Häfele, 1977), presenta los índices de PBI por empleado y el consumo de energía por empleado en USA en 75 años, resaltando dos observaciones: primero, es evidente que las curvas son paralelas y que el aumento de PBI por empleado es proporcional al aumento de energía por empleado; segundo, examinando a fondo, un aumento relativo de energía por empleado es ligeramente inferior al PBI por empleado, indicando que se utiliza mejor la energía o que se la reemplaza con otra cosa.

de suelo y la silvicultura 21%; mientras que en la UE<sup>3</sup>, en España, los sectores económicos que generan más emisiones, son los de transformación de energía 30% (actividades de refino, generación eléctrica y tratamiento de combustibles), transporte 30% (aviación, carretera, tren, navegación, otros), industria manufactureras y de construcción 20% (hierro y acero, metales no ferrosos, industria química, papelería, alimentos procesados, otro), y otros sectores 12% (comercial e institucional, residencial, agricultura/silvicultura), y el resto otras emisiones fugitivas de combustibles.

La Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (2014) indica que, entre los principales impactos de la transformación de energía sobre el medio, son la emisión de contaminantes atmosféricos, como SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O (causantes de lluvias ácidas), CO<sub>2</sub> (efecto invernadero) y la generación de residuos radiactivos de media y alta actividad; asimismo, los recursos naturales (combustibles fósiles) son limitados, pero su dependencia es alta, como lo menciona el Gobierno Vasco (2008)<sup>4</sup>. Es tal la dependencia de los combustibles fósiles que Naciones Unidas (2015) y ONUDI (2016)<sup>5</sup>, indica que los países latinoamericanos tiene el consumo per cápita más elevado, así Venezuela, Argentina, Chile, Mexico, Brasil y Uruguay, superan el

---

3 Según el inventario de gases de efecto invernadero de la UE, considera al dióxido de carbono, hidrofluorocarbonos (HFCs), metano (CH<sub>4</sub>), perfluorocarbonos (PFCs), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Información citada en el Informe marco sobre la demanda de energía eléctrica y gas natural, y su cobertura (2013 - 2107)

4 Indica la dependencia histórica de la economía de la energía generada por el petróleo en más de 50 años, y el papel que juega en la Europa y cuáles son sus perspectivas futuras.

5 La Organización de Naciones Unidas Para el Desarrollo de la Industria en su página web [unido.org](http://unido.org) (véase la bibliografía)

consumo equivalente a 1000 kilogramos de petróleo por persona, Perú se encuentra aproximadamente entre 500 a 1000 kg de petróleo<sup>6</sup>.

Según Naciones Unidas (2015), la temperatura terrestre y oceánica se incrementó en 0.85°C en el periodo 1880-2012; en Centroamérica y América del Sur al 2014 se registraron incremento en la precipitación de lluvias en el sur y ausencia de las mismas en Centroamérica, además desde el centro al sur de Chile se han experimentado descensos en la temperatura en 1°C fuera de lo normal.

Así mismo Naciones Unidas (2015), advierte que el derretimiento de los glaciares, afectará la disponibilidad de agua en todo el mundo, en Perú y Colombia, el retroceso de los glaciares podría afectar al suministro de agua en centros poblados e hidroeléctricas, lo que generaría un costo adicional anual estimado de 212 millones a 1,500 millones de US\$ solo en generación de energía, sería mucho peor que la crisis energética en Brasil según Mazón (2009)<sup>7</sup>, lo que vendría acompañado del incremento de precios del petróleo y contaminación ambiental.

A fin de reducir las emisiones de gases efecto invernadero Naciones Unidas (2015), plantea una merma de la demanda de energía, así como la eficiencia energética, y otras medidas con el objetivo de reducir emisiones de GEI, fomentando el uso de fuentes renovables en la generación.

Respecto a lo anterior, la situación en Perú es similar, la producción económica en el país continúa creciendo positivamente, por consiguiente los sectores productivos e

---

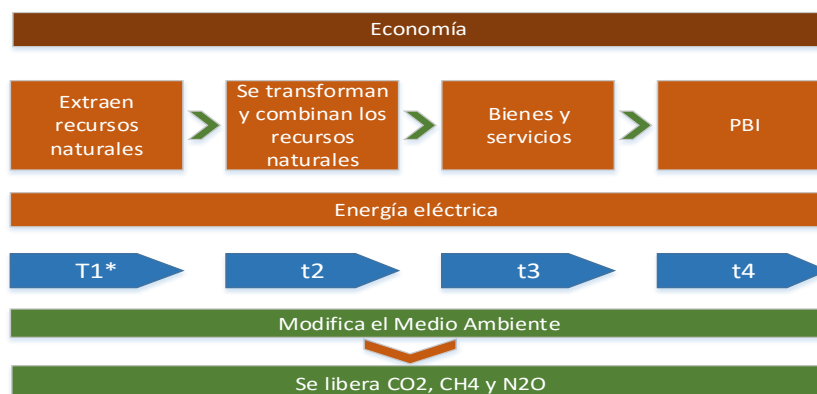
6 Según Naciones Unidas (2015), a través datos obtenidos de CEPAL y el Banco Mundial, en el documento véase el Grafico V.5 (pag 72).

7 También indica que el conocimiento de demanda de energía eléctrica adquiere importancia capital, debido a su relación con la producción y consumo.



industriales continúan con sus actividades, esto implica un incremento en la demanda de energía eléctrica; electricidad que interviene en cada fase del proceso productivo, directa o indirectamente; lo que genera emisiones de GEI que están relacionadas también a la demanda agregada de energía eléctrica, por lo tanto el problema es *la degradación ambiental generada por la creciente demanda de energía eléctrica dentro de la economía.*

La energía eléctrica se encuentra presente en todas las fases de producción de la economía por lo que tiene estrecha relación con la producción nacional desde la extracción de recursos naturales, transformación y combinación, hasta la obtención de bienes y servicios finales; a su vez, también está relacionada con la emisión de gases contaminantes como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.



**Figura 1: Flujo temporal de la economía, energía eléctrica y degradación ambiental**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

\* En la figura 1, se considera que t1 es diferente de t2, diferente de t3, diferente de t4; es decir no representan el mismo periodo de tiempo.

Para comprobar el problema y posteriormente buscar una solución, se plantean las siguientes preguntas.

PROBLEMA GENERAL.

¿Existe una relación entre crecimiento económico, demanda de energía y la degradación ambiental?

#### PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

¿Cuál es el grado de dependencia de economía peruana respecto de la demanda de energía eléctrica?

¿Cómo evoluciona la degradación ambiental en el sector energético?

¿Qué medidas serían las adecuadas para tener a largo plazo seguridad energética dentro de una economía ecológica?

### 1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según (Comunidades Europeas, 2008) el crecimiento y desarrollo de la población, implica una mayor demanda de bienes y servicios, lo que a su vez significa mayor uso de recursos naturales, pronosticando para el 2050 un adicional del 50% en la demanda de alimentos a comparación del actual, implicando un mayor uso de tierras para producir insumos; dado que, la energía eléctrica es parte de cada momento de este ciclo, lo que hace suponer que su demanda incremente en proporciones no vistas anteriormente, así en el siglo XX gran parte del crecimiento económico se debe al consumo de energía, lo cual repercutió en el siglo XXI donde las economías son dependientes de la energía eléctrica.

Según Díaz (2010), la energía es la fuerza principal que impulsa todas las actividades económicas, la misma esta implícitamente incorporada en la economía neoclásica como el esfuerzo de la mano de obra, la energía proveniente de fuentes no

humanas (carbón, petróleo, electricidad, alimentos y fertilizantes) se incorporan en la economía únicamente como insumos intermedios, es decir, se anexa a las cuentas del ingreso nacional como el valor agregado del sector energético. Y para Díaz (2012) indica que bajo la ley de la física: (i) la energía no se crea ni se destruye, se transforma en diferentes formas, (ii) la energía proviene del entorno físico y se libera en el medio ambiente físico. Así, la economía de la energía es el estudio de las actividades humanas que utilizan recursos energéticos provenientes de formas naturales disponibles para transformarlos en servicios energéticos a través de procesos de conversión. La asignación eficiente de recursos se traducirá en equilibrio y en costos de producción bajos.

En un estudio de Aguilera y Alcántara (2011), mencionan a la energía como denominador común de todos los bienes presente en toda actividad económica. Por la ley de equivalencia de Einstein se presenta bajo seis formas: mecánica (trabajo), térmica (calorífica), eléctrica, química, nuclear y solar; así, todo bien material se puede expresar en términos de energía, es medible, entra y sale de la naturaleza.

Para Ramirez (1990) dice que la energía eléctrica en la industria es sustituto del trabajo y complemento del capital, también concluye que los sectores de alto consumo de energía dependen principalmente de factores no energéticos y tiene un comportamiento uniforme, mientras que los de bajo consumo si dependen de las condiciones de dichos insumos.

Para Herman et.al. (2012), confirma que en una economía de transición en una progresiva reducción de la participación del estado y de promoción de inversión

privada, el consumo eléctrico no está estadísticamente correlacionada con las variables económicas, por lo que su crecimiento esta explicado por el nivel de expansión de la cobertura de servicio eléctrico de las principales ciudades. Usando un modelo SARIMA hace las proyecciones y usa un modelo de VEC para el modelo de largo plazo, concluyendo que existe una relación de largo plazo entre la demanda de energía eléctrica con respecto a la tarifa y el ingreso, los cuales van conforme a las políticas de expansión de la cobertura nacional de Bolivia.

Para Roca et.al. (2007), que analiza los consumos finales de energía en Cataluña entre 1990 y 2005 indica que crecen por encima del PBI en términos reales; siendo los sectores de servicio, doméstico y en especial transportes (incluye privado y comercial) los que aumentaron su consumo, incluso más que el sector industrial; Si se analiza en términos de consumo final de energía, el sector transporte arrastra menos energía que el sector industrial; pero se debe resaltar que el consumo de energía primaria se redujo en comparación con el mayor consumo de energía secundaria.

Por otra parte Moral y Vicéns (2003), mencionan que en España el dato de consumo mensual de energía eléctrica suele conocerse con diez días de terminar el mes, la temperatura al día siguiente y la liberalidad antes de terminar el mes, con lo que se puede despejar el comportamiento de la actividad económica y en consecuencia disponer de una aproximación a la evolución del PBI a los diez días de terminar el mes, atenuando el retraso de disponibilidad de datos sobre el PBI agregado.

Por lo que surge la necesidad de contar con indicadores que puedan sustituir al PBI; para Flores y Montoya (2013) las series con alta correlación se toman como

potenciales indicadores individuales y pueden evaluarse de forma más extensa según el criterio del investigador, para Perú se analizó tres potenciales indicadores coincidentes o adelantados del PBI peruano: Consumo de electricidad, consumo interno de cemento y el índice de expectativas de la demanda a 3 meses. La necesidad de contar con estos indicadores yace en proveer alternativas a los agentes económicos en su toma de decisiones.

García (2012), estima a través de un modelo VAR en Chile, que un shock en el precio de la energía eléctrica permanente de 10% reduce el crecimiento trimestral del PBI hasta en un 0,17%. Un aumento del precio de la energía eléctrica puede considerarse un shock negativo de precios, haciendo que el Banco Central reaccione a través de una tasa de interés más alta, por lo tanto, un aumento en el precio de la energía es claramente contractivo, afectando a los sectores económicos como el comercio y construcción, el consumo privado, la inversión privada, el empleo en diferentes sectores y exportaciones (depreciación respecto al dólar, estimulando las exportaciones industriales pero generando efectos negativos sobre otros sectores exportadores como minería).

Es si que Gallardo et.al. (2004), indican que un modelo de MCO simple con series no estacionarias y sin incorporar las cargas especiales, subestima el cálculo y proyección del consumo eléctrico; con el fin de mejorar la eficiencia y bondad predictiva, reduciendo la discrecionalidad, por lo que estiman tres modelos: uno de series de tiempo, un modelo de corrección de error y un modelo que desagrega la demanda eléctrica en tres componentes (residencial, minero y el resto de la industria junto con el comercio), usando como base al PBI en el modelo de corrección de error;

concluyendo que los modelos de corrección de error son más apropiados para realizar proyecciones de mediano plazo incluyendo variables Dummy para mejorar la estabilidad del modelo, también mencionan que las proyecciones de 4 años pueden incluir errores de predicción, por lo que es más conveniente proyecciones de 2 a 3 años.

Por su parte Quineche y Martinez (2015), también resaltan la importancia de tener unos indicadores líderes de economía para los desarrolladores de políticas, como consumidores e inversionistas, puesto que el INEI publica cifras de PBI con 45 días de spread respecto al dato ejecutado. Plantean tres metodologías para identificar indicadores líderes: Auerbach (regresión de MCO donde la variable dependiente es la variación porcentual del ciclo y en las variables explicativas la variación de días no laborables con respecto a similar periodo del año anterior); indicador líder compuesto (descompone el PBI en sus componentes no observables ciclo, tendencial, estacionalidad y componente irregular mediante el filtro de Baxter y King (1995); y redes neuronales (usado en finanzas usado para predecir el componente cíclico del PBI identifica el indicador líder de la actividad económica para proyecciones de corto plazo).

Asi tambien Ochoa y Llandó (2002), usando la metodología de Auerbach obtiene un indicador líder con buenas propiedades de predicción, compuesto por 6 variables monetarias o financieras, una fiscal, una de producción, uno de precios y una variable de expectativas, permitiendo predicción del PBI con dos meses de adelanto; indican que la escasez de encuestas y datos del sector laboral dificulta la elaboración de indicadores líderes.

Para Castellares (2009), que también plantea metodologías para el desarrollo de indicadores líderes como alternativa para las medidas de política económica en base a la evolución de corto plazo del PBI. Concluye que las metodologías estudiadas muestran resultados similares, siendo lo esencial la robustez de los datos.

Una vez encontrada la relación entre el PBI y la demanda eléctrica, haremos uso de la CKA para encontrar la relación entre la degradación ambiental y la demanda de energía eléctrica; para lo cual se debe mencionar investigaciones como la de Gitli y Hernández (2002), que plantean la existencia de la CKA, indicando hipotéticamente que tiene un impacto importante sobre las negociaciones internacionales, en especial libre comercio, implicando que: (i) el libre comercio acelera el crecimiento económico, (ii) el crecimiento lleva a un incremento de las demandas internas por mejoras ambientales, y (iii) el libre comercio lleva a un proceso de mejora del ambiente a través del desencadenamiento de factores internos. El proceso anterior requeriría un proceso de industrialización no convencional como en países desarrollados, sino una industrialización limpia, también dependería de los resultados obtenidos con los tratados de libre comercio, puesto que unos son más beneficiosos que otros, influyendo también la capacidad de carga del ecosistema, por lo que el libre comercio no asegura una mayor demanda por una mejora del medio ambiente, pero sí contribuye a esa expectativa.

Para Capó (2003), que relaciona la renta per cápita con las emisiones de contaminantes atmosféricos para un grupo de países europeos en el periodo 1992 – 2003, muestra evidencia favorable de la CKA. Usando un modelo de corrección de errores de retardos distribuidos para tener una mejor aproximación de largo plazo,

evidencia una relación entre la calidad ambiental y el crecimiento, para el caso de contaminantes con efectos locales de corto plazo, como el CO<sub>2</sub> o N<sub>2</sub>O, y para contaminantes globales de largo plazo, como el CO<sub>2</sub> y otros GEI.

Por su parte Catalan (2010), indica que la calidad ambiental puede representarse como un bien normal, por lo que su demanda aumenta al elevarse el ingreso per cápita, manifestando un cambio en las preferencias de la demanda a favor de los bienes que generan un menor impacto en el medio ambiente y una presión creciente en las regulaciones ambientales. Usando una data de 144 países en el periodo 1990 – 2010 describe una curva en forma de N, indicando que los países con bajo ingreso per cápita tienden a incrementar sus emisiones de GEI, debido a la ineficiencia de las tecnologías empleadas y bajos niveles de eficiencia energética.

En Colombia Correa et.al. (2005), desarrollan el modelo de CKA con el objetivo de realizar su validez, indican que se encuentran en la fase creciente de la curva y que a mayor crecimiento se genera un mayor deterioro ambiental, por otra parte la población que ha mejorado su nivel de vida, tiene un mayor interés por preservar el medio ambiente, mientras que los de escasos recursos prefieren cubrir sus necesidades básicas antes de pensar en el medio ambiente. Indican también que a mayor concentración del ingreso mayor es la contaminación, esperando que el índice de Gini se reduzca.

Para Perú Huanchi (2014), busca confirmar la existencia de la CKA para el periodo 1972 – 2010, indicando que estamos en la fase creciente de deterioro ambiental, puesto que existe alto grado de correlación entre el crecimiento económico, CO<sub>2</sub> y



SO<sub>2</sub>. También señala que otras variables influyentes en el deterioro ambiental son la apertura comercial, la población urbana y el consumo de combustible.

La preocupación y el interés por preservar el medio ambiente en el mundo, a hecho que se realicen trabajo e investigaciones, con el objetivo de mitigar el deterioro ambiental a través de políticas internacionales y de estado, así The Global Commission on the Economy and Climate (2014), menciona que las ciudades son motores de crecimiento, generan 80% de la producción económica global, alrededor de 70% de la energía usada está relacionada a la emisión de GEI; sin embargo, estamos en el futuro de la energía limpia, ya que la basada en carbón genera poluciones en el aire, por el contrario las energías limpias son cada vez más eficientes y de bajo costo, y se espera que sea la fuente energética en los próximos 15 años; por otra parte la demanda mundial de energía subirá entre 20 y 35%, lo que podría influir en los precios; sin embargo, se espera que la eficiencia de energías renovables en especial la eólica y solar serán capaces de equilibrar la demanda. Pese a ello 1.3 billones de personas no tendrán electricidad.

La CEPAL (2017), indica que para lograr una industria verde, se debe mejorar continuamente el desempeño ambiental de todas las industrias independientemente del sector, tamaño o ubicación, para que sus actividades, procesos y productos hagan un uso más eficiente de los recursos, utilizando prácticas y tecnologías innovadoras para reducir la intensidad en el uso de materias y energía, reduciendo a la vez la generación de residuos y emisiones. El objetivo es producir más con menos, y mejor.

La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (2007), espera que la demanda de energía aumente considerablemente en los próximos años a causa de crecimiento demográfico y el desarrollo económico. Debido a cambios en sus estilos de vida, pasando de una economía de subsistencia a una basada en industria o en servicios. Los incrementos en la demanda de energía se registrarán en los países en desarrollo, pronosticando que la proporción mundial del consumo de energía aumentara de 46% a 58% entre 2004 y 2030. En gran parte del mundo se espera que la proporción de energía renovable aumente. La mayor proporción de consumo se energía renovable se registrará en América Central y del Sur. Por ejemplo en la estrategia a largo plazo de la Unión Europea, plantea que el 20% del consumo de energía sea de fuentes renovables para 2020; los biocombustibles en transporte aumentará hasta 10%, y las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE se reducirán en 20% por debajo de sus niveles de 1990.

En la economía de la energía Bouille (2004) indica que, debido al alto grado de relación entre los agentes económicos se debe tomar en cuenta tres aspectos: (i) la teoría de las características y funcionamiento del sistema, incluyendo la interrelación entre los agentes sociales y su poder relativo de control, (ii) un juicio de valor sobre reglas de funcionamiento, sus desajustes actuales y su evolución deseable, (iii) las técnicas empleadas para analizar y tomar decisiones que afecten su evolución futura.

En tal sentido, brindar un servicio energético de calidad para que todos los sectores económicos continúen con su labor productiva es deber del estado, como lo menciona Vásquez (2004), que indica que la infraestructura de servicios públicos es un pilar del

crecimiento económico, puesto que se combinan con la actividad privada para producir, aumentando la eficiencia y elevando los estándares de vida.

En la investigación de Garcia (2011), hay dos características de las reformas de la industria eléctrica en el mundo: (i) la confianza en la posibilidad de crear competencia expost en la generación de electricidad; (ii) la pérdida de importancia de la planificación energética en el diseño de políticas públicas sectoriales. Por ejemplo, las reformas emprendidas en America Latina, están pasando de un enfoque de competencia en el mercado (expost) a uno de competencia por el mercado (ex ante), a través de subastas de largo plazo para cerrar los contratos de las distribuidoras. Ante la incertidumbre de la generación por parte de centrales hidroeléctricas y térmicas, el MINEM ha fijado una cuota de generación de electricidad con energías renovables<sup>8</sup> de 5%, sin embargo en Argentina y Chile es 8%; el mecanismo usado de remuneración está basado en un ingreso garantizado (producto de subasta de energía), recuperado mediante el cobro del precio spot o futuro de electricidad<sup>9</sup>. Los contaminantes emitidos por tipo de central son: térmica diésel 3% partículas suspendidas, 14% SO<sub>2</sub>, 17% CO, 65% NO<sub>2</sub>; carbón 1% partículas suspendidas, 91% SO<sub>2</sub>, 4% CO, % NO<sub>2</sub>; gas natural a ciclo combinado 0% partículas suspendidas, 6% SO<sub>2</sub>, 17% CO, 77% NO<sub>2</sub>; gas natural a ciclo simple 9% partículas suspendidas, 9% SO<sub>2</sub>, 35% CO, 47% NO<sub>2</sub>.

Por su parte OSINERGMIN (2014), recomienda la implementación de mercado de capacidad y confiabilidad, para estabilizar el flujo de ingresos e incentivar la entrada

---

<sup>8</sup> El MINEM promulgo el Decreto Legislativo 1002.

<sup>9</sup> Caso no se alcance recuperar la oferta OSINERGMIN calculara unas primas destinadas a recuperar los costos ofertados.

de nuevos generadores, lo que significaría contemplar mecanismos competitivos utilizando subastas múltiples, definición del producto, determinación de demanda y los recursos de la oferta; a su vez brindar incentivos para el ingreso de nuevos recursos de generación, determinación de periodos de escasez y su relación con el mercado spot, las reglas de precios, y las penalidades de los esquemas; mejoraría la situación actual en Perú, donde existe un pago por capacidad en base al costo de expansión,

Con el fin de mejorar las condiciones de inversiones en la generación de energía en Perú, Gallardo et.al. (2005), plantean que la estabilidad económica y política influyen en la inversión y en la privatización de las generadoras, es decir las condiciones de inversión sin incertidumbre evitara la postergación de inversiones, así también la dependencia del gas de Camisea reducirá el uso de otras energías primarias

Según Quintanilla et.al. (2012), el acceso a la energía provista por fuentes menos contaminantes es crucial para el desarrollo en Perú, la masificación del gas natural, también del acceso de energía a todos los sectores económicos, aplicando subsidios cruzados entre los usuarios, y fondos de electrificación rural; para esto, se tomará en cuenta las necesidades por región, los combustibles existentes y mecanismos de acceso.

Concordante a lo anterior para Pintos y Kürzburg (2011), la gestión de la demanda de energía en España es esencial para poder cumplir con los objetivos de política energética, minimizar costes de suministro, emisiones contaminantes y maximizar la seguridad energética, previniendo que para 2030 la demanda pueda estabilizarse cerca a los niveles de 2010, lo que supondría una reducción de un 26% respecto a la

demanda previsible en ausencia de este cambio tecnológico, que a su vez abarataría los costes de producción, y con una baja en el precio del gas natural. Será imprescindible asegurar una mayor penetración de energías renovables en el sector eléctrico, la reducción de consumo en vehículos (a través de hibridación, también mejorando los vehículos convencionales), uso de ferrocarril y la climatización de edificios, promoción de la energía eólica, e iluminación eficiente<sup>10</sup>.

Así en España Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (2014), indica que los sistemas gasista y eléctrico cuentan con alto grado de interdependencia. La coordinación entre ambos sistemas es un factor clave para la seguridad del suministro energético. La demanda del sistema eléctrico nacional en el año 2012 fue de 267 TWh, que representa un descenso del 1,1% con respecto al año anterior. Este descenso se ha debido a la reducción de la actividad económica en 2012 y, en menor medida, al efecto calendario, y a que la temperatura ha supuesto un efecto incremental en 2012. En relación con el gas natural, la demanda gasista nacional alcanzó en 2012 los 361,56 TWh, que supone un descenso del 3,5% respecto a la demanda de 2011.

La interacción de los sistemas eléctricos y gasista se basa en el uso del gas natural para la generación de energía eléctrica con distintos tipos de tecnología, como es el caso de la cogeneración<sup>11</sup>, las centrales mixtas de fuel/gas y los ciclos combinados. En 2012 el consumo en las grandes centrales eléctricas representó el 23% del consumo de gas, equivalente a 84.566 GWh. En concreto, 83.121 GWh correspondieron a gas y

---

<sup>10</sup> En el documento de Pintos & Kürzburg (2011), en la sección 6.2 pagina 74, menciona las políticas de promoción de ahorro energético tomando en cuenta el costo y su potencial en ahorro de energía.

<sup>11</sup> Cogeneración, es la generación de energía a través del uso o empleo de más de un insumo energético.

ciclos combinados y 1.445 GWh fueron consumidos por centrales térmicas convencionales.

Los antecedentes mencionados, muestran la importancia de la relación entre PBI, demanda de energía y su efecto en el medio ambiente; por lo tanto, son necesarias medidas de política asignadas a mejorar la condición actual del sector energético para encaminar una economía ecológica.

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

De acuerdo al problema planteado y a los antecedentes de la investigación, se plantean los siguientes objetivos:

#### **OBJETIVO GENERAL.**

Probar que la degradación ambiental en el sector eléctrico está relacionado con el crecimiento económico en Perú, en el periodo 2005 - 2016.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Probar la relación entre la demanda de energía eléctrica y el crecimiento económico.

Calcular la evolución de la degradación ambiental en el sector eléctrico.

Brindar recomendaciones y medidas de política para establecer la seguridad energética dentro de una economía ecológica.

## CAPÍTULO II: REVISION DE LITERATURA

### 2.1. MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1. Economía de la energía

Para Bouille (2004), la humanidad ha empleado una variedad de fuentes energéticas para satisfacer sus necesidades, a través de tecnologías cada vez más sofisticadas. Iniciando con la esclavitud<sup>12</sup>, que utilizó la fuerza muscular como fuente de energía, siendo una fuente importante durante largos períodos de la humanidad. Pero fue la energía inanimada la que introdujo la productividad creciente y una variada gama de utilidades, comenzando con la madera, el viento y el agua en una primera era<sup>13</sup>, continuando con el carbón, alcanzando su apogeo en lo que se llamó la Revolución Industrial y avanzando luego hacia la era del petróleo. Puede afirmarse, que son las energías inanimadas las que posibilitan, condicionan y provocan efectos indelebles sobre los procesos de desarrollo económico.

Contrastando lo mencionado por Bouille (2004) y Díaz (2010), hacen mención a la relación entre la economía de la energía y la teoría neoclásica de crecimiento, donde

---

<sup>12</sup> Situación especial en la que una persona es propiedad de otra, en economía es una forma particular de relación de producción.

<sup>13</sup> también llamada primera etapa histórica del ser humano.

indica que la teoría mainstream<sup>14</sup> del crecimiento supone la existencia homogénea de mano de obra y de capital, la cual no contiene una economía basada en energía, ya que el trabajo cumple dos funciones: primero, brindando su energía muscular para actividades de producción y consumo; y la segunda, realizando funciones de control, dirección de los flujos de energía, hacia actividades de producción o consumo; la proporción de uso y combinación de estos, varía por tipo de actividad<sup>15</sup>.

Díaz (2010), indica que existe un crecimiento que va acompañado de un cambio progresivo de energía orgánica a inorgánica; concluye diciendo que los economistas neoclásicos excluyen la energía de la economía, separándolos de la ecología o las fuentes de energía, las cuales por naturaleza están dentro de la función de producción; Como resultado, la contabilidad de los economistas neoclásicos de crecimiento se presenta en términos de crecimiento de capital, mano de obra y tecnología. La energía no desempeña ningún papel en las historias del crecimiento y sus fuentes, sin embargo el sistema energético extrae la energía de fuentes naturales, convirtiendo y reconvirtiendo para su uso en actividades económicas, dirigiendo esos flujos de energía utilizables para la producción y el consumo de bienes y servicios.

De lo anterior, Díaz (2012), haciendo referencia a Weyman-Jones (1987)<sup>16</sup>, indica que en realidad no existe la disciplina de “Economía de la Energía”, puesto que la energía no es un bien que pueda ser vendida o comprada en el mercado. Sin embargo, los combustibles individuales, como la energía primaria, el gas natural, el carbon, petróleo, si pueden comercializarse. Por lo que la “Economía de la Energía” es en

---

14 Anglicismo que literalmente significa corriente principal.

15 En el texto de Díaz (2010), hace referencia la cita Alam (2005).

16 Esta citado dentro del texto de Díaz (2012) “La Economía de la Energía: Una Introducción teórica al análisis Costo-Beneficio y a la asignación eficiente de los recursos” pag. 2.



parte el mercado de los combustibles, y se utiliza por conveniencia para representar a todos los conceptos económicos útiles que surgen cuando se estudian los diferentes combustibles. Por lo tanto la economía de la energía cumple la ley de la física que dice: la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma; y segundo, la energía proviene del entorno físico y finalmente, se libera en el medio ambiente físico. Así, la economía de la energía es el estudio de las actividades humanas que utilizan los recursos energéticos provenientes de formas naturales disponibles hacia formas de servicios energéticos a través de procesos de conversión.

### 2.1.2. Indicadores líderes

Según Castellares (2009), Ochoa y Llandó (2002), se define como indicador líder (IL) aquel que anticipa un punto de inflexión de cualquier serie, en los meses previos a la ocurrencia de este; su importancia yace en que, gran parte de las políticas económicas se toman en base a la evolución de corto plazo del PBI; en ese sentido, los indicadores líderes a diferencia de los modelos macro, pueden tener una buena predicción a pesar de no tener un gran sustento. Existen metodologías<sup>17</sup> para su cálculo, como son:

- Conferenced Board: Se clasifican los ciclos de las series desestacionalizadas (adelantadas, coincidentes, rezagadas, pro cíclicas, anti cíclicas y ácidas); se calcula la variación mensual para cada serie

$$x_t = 200 * (x_t - x_{t-1}) / (x_t + x_{t+1})$$

Se elaboran 2 índices con variables adelantadas y coincidentes agregando las series ponderadas por la inversa de su volatilidad. El índice líder se ajusta con el objetivo que tenga la misma tendencia que el índice coincidente.

---

<sup>17</sup> Véase también Ochoa y Llandó (2002) en el documento “Modelos de indicadores líderes de actividad económica para el Perú”, donde se desarrollan los métodos de cálculo a más detalle.

$$i_t = l_t - a_t \quad a_t = \frac{\sum_{t=1}^T c_t}{T} - \frac{\sum_{t=1}^T l_t}{T}$$

Finalmente, para construir el índice  $I_t$  se parte de un periodo base =100 y en adelante se obtiene:

$$I_t = (200 + i_t)/(200 - i_t)I_{t-1}$$

- Auerbach: está diseñada para predecir el ciclo de actividad económica. Estima por MCO para evaluar el ajuste entre el PBI y una serie de variables rezagadas que componen el indicador líder.

$$Y_t = \sum_i \beta_i X_{it} + DF_t$$

Además incluye una variable explicativa  $DF_t$ , la cual representa la diferencia de días laborales en el mes corriente respecto a 12 meses. El rezago de cada variable se obtiene de manera similar al sistema puntajes del NBER.

- Escobal (1999): obtiene el ciclo de las series (filtros: BK18 y Econométrico). Pondera linealmente las series utilizando dos criterios: la detección temprana de los puntos de quiebre y el ajuste a la serie objetivo. El peso de cada serie puede también estar determinado por el criterio de MECM, tratando que las series tengan mejor ajuste al ciclo de la serie objetivo

$$H_t = \frac{\sum_{i=1}^t S_{it} * W_i}{\sum_{i=1}^t W_i}$$

Donde  $S_{it}$  representa a cada variable estandarizada, mientras que  $W_{it}$  el peso de cada variable adelantada. Finalmente otro ponderador puede ser el grado de correlación de la serie.

---

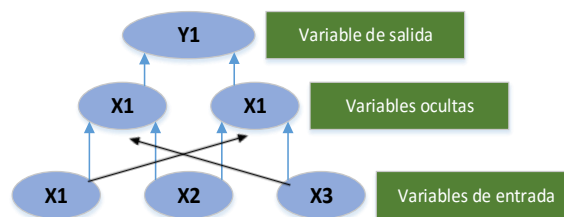
18 Filtro Baxter-King, véase también Flores Pizarro (2000) “El filtro Baxter-King, metodología y aplicaciones” del departamento de estudios económicos del Banco Central de Costa Rica.

- Kapsoli – Redes Neuronales (2002): Tratan de incorporar la característica natural de acumulación de información visual y aprendizaje que poseen los seres vivos. Un número determinado de células (neuronas), que se organizan a través de una red e interactúan hasta obtener una respuesta a determinados estímulos. Idea formalizada por McCulloch y Pitts (1943) con modelos de i capa, luego se desarrollan el modelo de Perceptrón Multicapa. El modelo supone una relación lineal entre un conjunto de J inputs  $X_{jt}$  (neuronas de entrada) y una variable de salida  $Y_t$  con efectos no lineales.

$$Y_t = g\left(\sum_{j=1}^J \beta_j X_{jt}\right) \quad g(z) = 1/(1 + e^{-z})$$

Puede suceder que la relación no sea directa entre  $X_{jt}$  e  $Y_t$ . Ej. Si el BCRP reduce la tasa de interés de referencia (input), se espera que la tasa de interés real disminuya y aumenta la inversión (variable intermedia o neurona oculta) y luego se incremente el PBI. No es necesario conocer las relaciones entre las neuronas de entrada y las neuronas ocultas. Finalmente se minimiza mediante un algoritmo numérico la siguiente expresión estimando los valores de  $\alpha_k$  y  $\beta_{jk}$ .

$$\min_{\alpha_k, \beta_{jk}} SEC = \sum_{t=1}^T \left\{ Y_t - h\left(\sum_{k=1}^K \alpha_k g\left(\sum_{j=1}^J \beta_j X_{jt}\right)\right) \right\}^2$$



**Figura 2: Diseño de un Modelo de Redes Neuronales**

Fuente: Kapsoli (2002)<sup>19</sup>

<sup>19</sup> La cita de Kapsoli (2002), está dentro del documento de Castellares (2009)

Para Flores y Montoya (2013), para encontrar o construir los indicadores líderes, es necesario que las series tengan alta correlación con la variable que se desea predecir, y puede ser errado construir indicadores con series que no abarquen periodos significativos o que estos presenten irregularidades, de ser así los ciclos económicos pueden ser vertiginosos y difíciles de capturar, ya que los factores que los explican pueden variar en un corto tiempo. Para el caso peruano, se realiza un primer análisis de tres potenciales indicadores adelantados del PBI: Consumo de electricidad, consumo interno de cemento y el índice de expectativa de la demanda a 3 meses.

Corroborando anterior, Quineche et.al (2015), hace una comparación, proponiendo a la producción de energía como indicador líder, elegida de entre 134, pasando por los filtros de relevancia económica, cobertura, frecuencia, revisión de los datos publicados, periodicidad de publicación, extensión, grado de correlación con el PBI, grado de reconstrucción de la evolución histórica del PBI; comparándola con el modelo de Redes Neuronales Artificiales, donde concluye que el indicador líder de energía presenta un mejor performance out-sample<sup>20</sup>.

### **2.1.3. Economía del cambio climático y Kuznets**

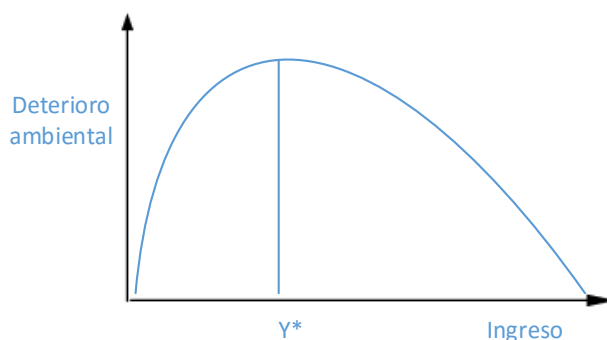
Según Cuevas y Santos (2006), que hacen una revisión de lo planteado por Kuznets en su teoría, que explica la evolución de la distribución del ingreso en los países a través de su proceso de desarrollo, la cual, posteriormente sería usada como premisa para su relación con el medio ambiente. Plantea que al inicio del desarrollo, las economías presentan una distribución equitativa del ingreso, pero durante el proceso de aceleración, ésta relación se deteriora, pero después comienza a mejorar conforme

---

<sup>20</sup> Se refiere a que se hace un mejor nowcasting de la economía.

aumenta el ingreso; y en 1992 el Banco Mundial concluía que había indicadores medioambientales que mejoraban con el crecimiento y otros se deterioraban.

Concluyendo que la relación entre crecimiento económico y el deterioro del medio ambiente presenta una forma de U



**Figura 3: Curva Medioambiental de Kuznets**

Lo que indica que en las primeras etapas del desarrollo de un país se producían pérdidas en calidad ambiental, generándose los siguientes efectos explicativos.

- a) El efecto de composición, el cual consiste en que los países de economías desarrolladas logran avanzar utilizando más el sector servicio, entonces la demanda de insumos proceden de los países en vía de desarrollo, por lo tanto el sector agrícola le cede su espacio industrial y los grandes países les transfieren los elementos contaminantes a los países en vía de desarrollo. Una vez alcanzado el nivel de industrialización los países desarrollados tienden a orientar sus economías a los servicios, disminuyendo el peso del sector industrial en la formación del producto, pasando a adquirir los bienes manufacturados que consumen desde otros países en vías de desarrollo de reciente industrialización. A medida que se recomponen los sectores en la formación del PBI, las economías con alto grado de desarrollo van reduciendo

las emisiones de contaminantes industriales y el consumo de energía para tales fines.

- b) El efecto desplazamiento, las economías desarrolladas demandan bienes industriales y se especializan en servicios, lo que los libera de emisiones pero que se transfieren a países en desarrollo, apoyados por la globalización.
- c) El progreso tecnológico, es vital para mejorar tecnologías para preservar el medio ambiente, y por lo general es transmitida de los países desarrollados a los que están en desarrollo, afectando al medio ambiente positivamente: primero, aumentando la eficiencia de los procesos productivos; segundo, aumentando la capacidad de sustitución de recursos altamente contaminantes por recursos alternativos; tercero, reduciendo considerablemente las emisiones de los países en desarrollo.
- d) Las regulaciones ambientales, por parte de las organizaciones nacionales o internacionales, las cuales hacen notar al sector privado los costos sociales de proyectos que no tomen en cuenta el medio ambiente.

La función de la U invertida de Kuznets está representada por:

$$em_t = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 Y_t + u_t$$

Donde:

$em_t$  = Emisiones de contaminantes.

$Y_t$  = Ingreso

$T$  = Tendencia

$U_t$  = Termino de error

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

*Calentamiento global:* Es la modificación en los niveles de temperatura del planeta, producto de la actividad humana, emisiones de GEI (o GHG por sus siglas en inglés Greenhouse Gas) como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, los que generan el deterioro de la capa de ozono y el calentamiento de la atmosfera terrestre; los insumos responsables son los basados en combustibles fósiles y su industria química.

*Energía primaria:* Son las formas básicas de recursos que se usan como fuente de energía como: petróleo, gasolina, aire, sol, etc. Se somete a procesos de conversión para obtener formas energéticas más prácticas y fáciles de manejar, llamadas energía secundaria (energía eléctrica, calor, torque, etc).

*Degradación ambiental:* Está compuesto por dos conceptos: (i) insostenibilidad ambiental es el uso excesivo de una materia prima o recurso natural, al que no se le da tiempo para recuperarse (como los combustibles fósiles); (ii) contaminación ambiental es la generación de gases como el CO<sub>2</sub> (efecto invernadero), el SO y NO (lluvia acida y degradación de la capa de ozono).

*Dióxido de Carbono:* Es un compuesto químico de dos átomos de oxígeno y uno de carbono, proviene mayormente de la quema de combustibles fósiles y de la actividad Humana, es el principal causante del calentamiento global.

*Estacionario:* Está referido al comportamiento de ciertas series de tiempo que poseen un comportamiento estacionario o uniforme en el tiempo, por ejemplo la producción agrícola tiene un comportamiento estacionario durante el año. Al ser

estacionario, tiene la propiedad de proyección estable en largo plazo y de alta importancia estadística.

*Gas Metano:* Es una sustancia química compuesta por cuatro átomos de hidrogeno y uno de carbono, es generado por la putrefacción de plantas, quema de combustibles en menores cantidades, el gas natural es esencialmente gas metano, al no ser inflamado y al ser más liviano que otros gases, genera el deterioro de la capa de ozono.

*Óxido de nitrógeno:* Compuesto químico, formado generalmente por 2 átomos de nitrógeno y uno de oxígeno, es de aroma dulce y toxico, genera al igual que el gas metano daños en la capa de ozono, este se genera en la quema de combustibles por la mezcla de aditamentos de y las altas temperaturas de los motores.

*Emisiones fugitivas:* Son las emisiones que se escapan a los sistemas de captación, debido a la capacidad tecnológica, esto se da durante el proceso de transformación en la generación de electricidad y durante el ciclo productivo.

*Energía eléctrica:* Es un bien intermedio, de la actividad humana básica pero que es un motor fundamental para la economía y todos sus sectores productivos. Para la física es la materia sumamente condensada, se hace corriente al friccionar dos cuerpos, más conocida como energía mecánica, se puede obtener de diferentes fuentes o recursos.

*Demanda agregada:* Es la suma de todas las demandas en total, representa las preferencias de los consumidores, la disposición a comprar y pagar de forma global,



esta depende de las políticas que se toman en cuanto al sector productivo de dicho bien o servicio.

*Potencial energético:* Son todos los recursos, medios que pueden generar energía eléctrica gracias a su capacidad física o química, cada uno con diferente capacidad de generación energética.

*Energía limpia:* Son todas aquellas fuentes de energía que están compuestas básicamente por recursos renovables dados en la naturaleza cuya utilización para la generación energética no provoca daños al ambiente gracias a su reducido o casi nula emisión de sustancias tóxicas.

*Matriz energética:* Es una representación cuantitativa de toda la energía disponible, en un determinado territorio, región, país, o continente para ser utilizada en los diversos procesos productivos. El análisis de la matriz energética es fundamental para orientar la planificación del sector energético con el fin de garantizar la producción, la seguridad energética y el uso adecuado de la energía disponible.

*Sostenibilidad:* Es un proceso de condiciones sociales, económicas, y naturales, que buscan el mejor uso de los recursos reduciendo costos gracias a una mayor tecnología, evitando el impacto en el medio ambiente, garantizando el bienestar de futuras generaciones.

### 2.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### HIPÓTESIS GENERAL.

El crecimiento económico está directamente relacionado con la demanda agregada de energía eléctrica, la que influye en el medio ambiente y su intensidad depende del uso de recursos naturales empleados en la generación de energía.

#### HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.

Existe una relación directa entre la demanda de energía y el crecimiento económico.

La degradación ambiental en el sector eléctrico inicio su descenso respecto a la demanda agregada de energía eléctrica.

El impacto en el medio ambiente será menor si se intensifica el uso recursos naturales renovables en vez de recursos naturales no renovables.

## CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

### 3.1. MÉTODOS

La metodología que se empleara en el trabajo es de tipo aplicado cuasi experimental cuantitativo, ya que busca generar aportes para la solución de un problema trabajando con información cuantificada y el cálculo de las mismas, además de ser longitudinal ya que usa series de tiempo.

Es descriptivo e inductivo, por que señala como se manifiesta el fenómeno lo cual es importante para medir y evaluar dicho fenómeno a través de observaciones de las variables. Por ende el método de investigación es de análisis inductivo ya que procesa la realidad y establece una relación causa efecto entre los componentes de la investigación

#### **3.1.1. La metodología para la estimación del modelo:**

Usando series de tiempo, se empleara las técnicas o modelos econométricos especializados en el análisis de los mismos, y como la econometría tradicional no sirve

para esto, se emplearan modelos de corrección de errores, primero se hacen pruebas de raíz unitaria y por ultimo aplicar los modelos de corrección de errores que más se ajuste a los datos, y todos los supuestos que esto implica, y que están a continuación:

El método de estimación empleado en el presente trabajo de investigación para verificarla existencia de cointegración entre las variables serán los modelos de Johansen y Pesaran, Shiny Smith.

### 3.1.2. Pruebas de Raíz Unitaria

#### – Dikey Fuller Aumentado (ADF)

Utiliza tres estadísticos F para cada regresión auxiliar (proceso generador de datos), sin tendencia ni intercepto T, con intercepto y sin tendencia T $\mu$ , con intercepto y tendencia T $T$

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Tiene como Hipótesis nula la existencia de una raíz unitaria, esta se acepta si el estadístico es menor a los valores críticos, caso contrario se rechaza la hipótesis nula.

#### – Phillips Perron (PP)

Igual que ADF, usa tres estadísticos F para cada regresión auxiliar, sin tendencia ni intercepto Z (T), con intercepto y sin tendencia Z (T $\mu$ ), con intercepto y tendencia Z (T $T$ ); adicionalmente mide incluye la autocorrelación y heterocedasticidad dentro del proceso para cada estadístico.

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Tiene como Hipótesis nula la existencia de una raíz unitaria esta se acepta si el estadístico es menor a los valores críticos, caso contrario se rechaza la hipótesis nula

– Kwiatkowski Phillips Schmidt y Shin (KPSS)

Utiliza dos estadísticos para cada regresión auxiliar, con intercepto y sin tendencia  $T\mu$ , con intercepto y tendencia  $T_T$

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Tiene como Hipótesis nula la estacionalidad, se acepta la hipótesis nula si el estadístico es menor a los valores críticos, de lo contrario se rechaza.

### 3.1.3. Metodología de cointegración multivariada de Johansen

El procedimiento de Johansen permite la posibilidad de estimar el número de vectores cointegrantes, así como también es posible estimar más de un conjunto de parámetros. Este método usa el procedimiento de máxima verosimilitud con información completa (MVIC) que permite superar distintas dificultades en el uso de la información.

El método de Johansen tiene una serie de ventajas, ya que contrasta simultáneamente el orden de integración de las variables y la presencia de relaciones de cointegración entre ellas. Así mismo estima todos los vectores de cointegración sin imponer a priori que solamente existe uno y finalmente no se ve afectado por la endogeneidad de las variables implicadas ya que esta metodología está basada en la estimación de un vector autorregresivo (VAR)

Posteriormente realiza la prueba de rezagos para cada una de las variables tomando en cuenta el criterio de Akaike:

$$AIC = 2k - 2\ln(L)$$

Donde  $k$  es el número de parámetros en el modelo estadístico, y  $L$  es el máximo valor de la función de probabilidad para el modelo estimado.

Dado un conjunto de modelos candidatos para los datos, el modelo preferido es el que tiene el valor mínimo en el AIC<sup>21</sup>. Por lo tanto AIC no sólo recompensa la bondad de ajuste, sino también incluye una penalidad, que es una función creciente del número de parámetros estimados. Esta penalización desalienta el sobreajuste (aumentando el número de parámetros libres en el modelo mejora la bondad del ajuste, sin importar el número de parámetros libres en el proceso de generación de datos).

#### **3.1.4. Metodología de cointegración de Pesaran, Shin y Smith.**

Este método de estimación será empleado para verificar la existencia de cointegración entre las variables a través del modelo ARDL (The Autoregressive Distributed Lag por sus siglas en inglés), propuesto por Pesaran et.al. (2001), su aplicación tiene la ventaja de que no requiere que todas las variables involucradas tengan raíces unitarias  $I(1)$ , tal como lo exige el método de Johansen. Entonces al usar este método es posible introducir variables integradas de orden uno como así también variables estacionarias o integradas de orden cero  $I(0)$ , permite no caer en errores de especificaciones del modelo, es potencialmente más robusto que el esquema de Johansen.

---

21 Criterio de información de Akaike por sus siglas en inglés. AIC se basa en la teoría de la información. Supongamos que los datos se generan por algún proceso desconocido  $f$ . Consideremos dos modelos candidatos para representar  $f$ :  $g_1$  y  $g_2$ . Si supiéramos  $f$ , entonces podríamos encontrar la información perdida del uso de  $g_1$  para representar  $f$  calculando la divergencia de Kullback-Leibler,  $D_{KL}(f|g_1)$ , de manera similar, la información perdida del uso de  $D_{KL}(f|g_2)$ . Entonces nos volveríamos a elegir el modelo candidato que minimiza la pérdida de información.

Todas las variables están expresadas en logaritmos. La especificación general del modelo será el siguiente:

$$\Delta \ln x_t = a_0 + \sum_{i=1}^{-1} a_{1i} \Delta \ln x_{1t-i} + \sum_{i=1}^{-1} a_{2i} \Delta \ln x_{2t-i} + \sum_{i=1}^{p-1} a_{3i} \Delta \ln x_{3t-i} + a_{4i} \ln x_{1t-i} + a_{5i} \ln x_{2t-i} + a_{6i} \ln x_{3t-i} + \varepsilon_t$$

Donde los  $a_i$  son los parámetros de largo plazo y  $a_{(4,5,6)}$  son los parámetros del modelo dinámico a corto plazo, E es el término de error que se supone que no está correlacionada con los repesores.

Para efectos del cálculo de los retardos de este modelo ARDL se usará los criterios de Aikaike y Hannan y Quinn. Para hallar los coeficientes normalizados del modelo a

largo plazo se procederá a efectuar la siguiente división:

$$\beta_i = \frac{a_i}{a_0}$$

La ecuación presenta una parte dinámica y explica el corto plazo, expresada en primeras diferencias con sus respectivos procesos autos regresivos, y una de largo plazo que está expresada en niveles. Por otro lado para la verificación de la existencia de cointegración o no, se computa un test F, que de acuerdo con Pesaran et. al. (2001) el valor calculado debería de superar la banda superior en sus tablas al 90%, 95% y 99% para que exista cointegración.

La formulación de la hipótesis nula es que  $a_0=a_1=a_2=a_3=0$ , si esto ocurriera, se acepta la hipótesis nula es decir que no existe cointegración entre las variables propuestas en la ecuación de la parte no dinámica, en otras palabras no existe una relación a largo plazo entre las variables involucradas

Finalmente si  $FL < F < Fu$  la respuesta es inconclusa.

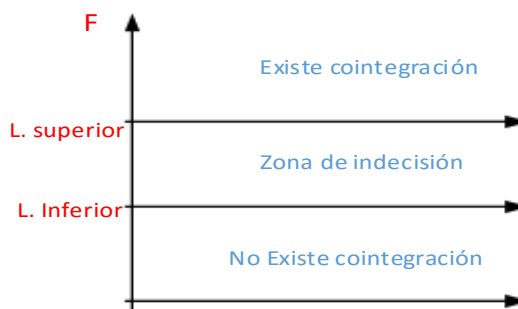


Figura 4: Esquema de bondad de ajuste por bandas

**3.1.5. Modelos a estimar:**

– **Modelo de largo plazo entre PBI y demanda agregada de energía eléctrica:**

$$LPBI = C + \beta_1 T + \beta_2 LVEM + u_t \dots \dots (1)$$

Donde:

LPBI: Logaritmo del PBI.

LVEM: Logaritmo de la demanda de energía en mega waths hora.

T: tendencia determinística

C: intercepto

$U_t$ : perturbación estocástica

– **Modelo modificado de Kuznets:**

Se plantea la modificación y acondicionamiento del modelo de Kuznets, cambiando la serie de PBI por la de VEM, para los gases  $CO_2$ ,  $CH_4$  y  $N_2O$ , en sus formas cuadrática.

$$TCO2_t = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 VEM_t + \beta_3 VEM_t^2 + u_t \dots \dots \dots (2)$$

$$KGCH4_t = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 VEM_t + \beta_3 VEM_t^2 + u_t \dots \dots \dots (3)$$

$$KGN2O_t = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 VEM_t + \beta_3 VEM_t^2 + u_t \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

$TCO_2$ : Toneladas de  $CO_2$



KGCH<sub>4</sub>: Kilogramos de CH<sub>4</sub>

KGN<sub>2</sub>O: Kilogramos de N<sub>2</sub>O

VEM<sub>t</sub>: Demanda de energía eléctrica en mega waths hora.

### 3.1.6. Metodología para la estimación de Gases Efecto Invernadero:

La metodología está dada por el (Ministerio del Ambiente, 2014), en la guía para la elaboración de RAGEI del sector energía, para poder estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

Primero: se debe transformar las unidades de medida de los combustibles usados en la generación de energía eléctrica con sus equivalencias respectivas.

Segundo: una vez obtenidas las cantidades de combustible en las unidades de medida adecuadas se procede a obtener su Valor Calórico Neto (VCN) en Tera Joule por unidad de medida del combustible empleado (m<sup>3</sup>, galones y toneladas).

Tercero: después de hallar el VCN se procede a multiplicarlos por los factores de emisión de cada tipo de combustible, y así obtener las emisiones en Kg por unidad de medida de cada combustible.

**Tabla 1: Proceso de estimación de GEI para el sector eléctrico**

Combustible	* Unidad de medida	* Factores de conversión a su VCN	* Factores de emisión de GEI
Disel Residual R500	Galones	Tj/gal	kilogramos de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O
Gas natural Biogás	Metros cúbicos	Tj/m <sup>3</sup>	
Carbón Bagazo	Toneladas	Tj/t	

Fuente: MINAM - RAGEI (registro anual de gases efecto invernadero)

\*Indica que cada combustible debe ser multiplicado por cada factor de conversión (véase anexo 1)

## **CAPÍTULO IV: ÁREA DE INVESTIGACIÓN**

### **4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN**

El estudio abarca todo el Perú, abarcando tres sectores, el crecimiento nacional PBI, el sector energético a través de la demanda agregada de energía eléctrica y la degradación ambiental generada por la generación de energía eléctrica, durante un periodo de 11 años debido a la disponibilidad de información referida a energía y emisión de gases efecto invernadero.

#### **Delimitación Temporal**

Al usar modelos macroeconómicos de largo plazo, se analizara el periodo 2005 – 2016, con información mensual en todas las series debido a la disponibilidad de datos, en especial de generación de energía y de consumo de combustibles por el sector energético.

#### **Delimitación espacial**

El espacio geográfico comprende a todo el Perú, y abarca todas las actividades relacionadas con el sistema eléctrico interconectado.



**Figura 5: Mapa del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional**

Fuente: COES SINAC (<http://www.coes.org.pe/Portal/search?k=mapa>)

## CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Realizando las pruebas de raíz unitaria para los logaritmos de las series PBI, demanda agregada de energía eléctrica VEM y gases contaminantes ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ), se encuentra que son estacionarios en primeras diferencias son  $I(1)$  (véase anexo 2).

#### 5.1.1. Existencia de una relación de largo plazo entre la demanda de energía y el crecimiento económico.

La prueba de cointegración de Johansen, indica según los estadísticos de la traza y del máximo valor a un 5% de significancia, la existencia de al menos un vector de cointegración entre el PBI y VEM, rechazando la hipótesis nula de no cointegración; además, la prueba de Granger indica que VEM causa a PBI (véase anexo 3).

**Tabla 2: Test de cointegración de Johansen para el logaritmo del PBI y Demanda de Energía Eléctrica**

Hipótesis De no coint	Valores propios	Estadístico Traza	Valor critico 0.05	Prob.**
Ninguna *	0.133979	27.70456	20.26184	0.0039
Al menos 1	0.058108	8.141523	9.164546	0.0779
Hipótesis De no coint	Valores propios	Estadístico Max valor propio	Valor critico 0.05	Prob.**
Ninguna *	0.133979	19.56304	15.89210	0.0126
Al menos 1	0.058108	8.141523	9.164546	0.0779

\* Rechaza la hipótesis nula de no cointegración.

Después de encontrar una alta cointegración entre las series PBI y VEM, se estima el modelo de corrección de errores de Johansen o modelo VEC que indica la relación de largo plazo que existe entre el PBI y la demanda de energía eléctrica; para lo cual se seleccionó el orden de retardos óptimos con el vector irrestricto, siendo 7 los óptimos (véase anexo 4).

**Tabla 3: Modelo de Corrección de Errores de Johansen (VEC)**

Cointegrating Eq:	CointEq1	
LPBI2(-1)	1.000000	
LVEM(-1)	-0.856293 (0.02139) [-40.0241]	
C	7.822341 (0.31706) [ 24.6714]	
Error Correction:	D(LPBI2)	D(LVEM)
CointEq1	-0.574912 (0.13870) [-4.14515]	0.030577 (0.05964) [ 0.51273]

R<sup>2</sup>=0.70; Log likelihood=291; AIC=-4.04; SC=-3.7; R<sup>2</sup> ajustado=0.67; F=19.47; Chi<sup>2</sup>=0.17

Elaboración: Propia

Representando la ecuación de largo plazo, se tiene:

$$LPBI = -7.8223 + 0.8562LVEM$$

(-40.02)

Por lo que un incremento de 1% en la demanda de energía eléctrica representa un incremento de 0.85% en el PBI a largo plazo; además una velocidad de corrección de errores del 57% en cada periodo.

Para la estimación del modelo autorregresivo de retardos distribuidos, se selecciona la cantidad óptima de retardos para el PBI y la VEM bajo la metodología VAR, siendo de dos para PBI y de siete para demanda de energía (véase anexo 5).

Se estima el modelo autorregresivo de retardos distribuidos (ARDL) de Pesaran Shin y Smith y añadiendo variables Dummy's de tendencia central para una mejor estabilidad y especificación del modelo y que explican el comportamiento agitado en periodos de fin e inicio de año, donde se da una mayor demanda de energía eléctrica y producción, por lo tanto se obtiene lo siguiente:

**Tabla 4: Modelo Autorregresivo de Retardos Distribuidos**

Variable Dependiente: D(LPBI)

Método: ARDL

Nº de observaciones: 136

Retardos de Dependiente: 2 (Fixed)

Retardos de los regresores dinámicos (7 fixed): DLVEM

Regresores: LPBI2(-1) LVEM(-1) DUMY1 M1 C

Variable	Coefficientes	Error estándar	Estadístico t	Prob.*
D(LPBI(-1))	0.140527	0.064277	2.186283	0.0307
D(LPBI(-2))	0.080766	0.072205	1.118566	0.2655
DLVEM	0.980256	0.148776	6.588829	0.0000
DLVEM(-1)	-0.079248	0.156902	-0.505079	0.6144
DLVEM(-2)	0.436982	0.151277	2.888614	0.0046
DLVEM(-3)	-0.014036	0.130515	-0.107542	0.9145
DLVEM(-4)	-0.044613	0.129805	-0.343690	0.7317
DLVEM(-5)	-0.323706	0.120633	-2.683402	0.0083
DLVEM(-6)	-0.228685	0.123368	-1.853678	0.0662
DLVEM(-7)	-0.335124	0.114143	-2.936013	0.0040
LPBI(-1)	-0.360541	0.078588	-4.587731	0.0000
LVEM(-1)	0.310814	0.068133	4.561848	0.0000
DUMY1	-0.003931	0.010945	-0.359155	0.0201
M1	-0.135114	0.009214	-14.66420	0.0000
C	-2.840559	0.631983	-4.494677	0.0000

R<sup>2</sup>=0.82; Log likelihood=334.68; AIC=-4.7; SC=-4.37; HQ=-4.57; DW=2.36;  
F=47.77; Wald F=121; RESET prob(0.70); ARCH prob(0.46)

Elaboración: Propia

Normalizando la ecuación, obtenemos:

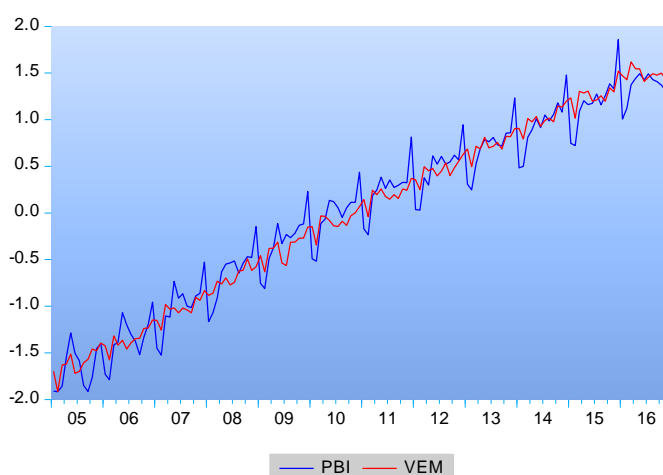
$$LPBI = -7.8786 + 0.862LVEM$$

(-5.68)

Donde la ecuación de largo plazo indica que un incremento de 1% en la demanda de energía generara un incremento de 0.86% en el PBI a largo plazo; la prueba por bandas de Pesaran Shin y Smith arrojan un valor de 26.36, muy por encima de los valores críticos de la banda superior (véase anexo 6), además obtiene un F de Wald de

121; por otra parte las pruebas de estabilidad CUSUM y CUSUMS indican la estabilidad del modelo, así mismo el valor del estadístico de Jarque Bera tienen un valor de 0.75 (menor a 5.99), aceptando la hipótesis nula de normalidad de los errores; bajo el contraste de autocorrelación de Breuch – Godfrey LM se obtiene un R cuadrado (0.65) mayor al valor de chi cuadrado (0.56), rechazando la hipótesis nula de existencia de autocorrelación.

Con el filtro de Christiano y Fitzgerald, se comparan los ciclos y la tendencia de manera gráfica de las series PBI y VEEMWH de orden I(1), confirmando la relación estrecha entre estas variables, concordando así con autores como Quineche y Martínez (2015), Flores y Montoya (2013).



**Figura 6: Relación y Ciclos de las series VEM y PBI con el filtro de Christiano y Fitzgerald con orden I(1)**

Elaboración: Propia

Comprobada la relación de largo plazo entre PBI y la demanda de energía, se confirma lo siguiente: (i) la importancia de un indicador líder para la predicción del PBI, indicando que la serie demanda agregada de energía podría reemplazar la serie PBI durante la investigación como se pretende; (ii) lo anterior toma más sentido con lo mencionado por Aguilera et.al. (2011) y Ramírez (1990), que la energía es el

denominador comun de todas las actividades humanas, lo mencionado por Gallardo et.al (2005) que tener una buena prediccion del comportamiento de la energia electrica es fundamental para mantener el curso positivo de la economía.

Además haciendo una comparación con algunos países de América Latina, tenemos una gran dependencia de largo plazo de la energía eléctrica, solo por debajo de Panamá, Bolivia y México según Barreto y Campo (2012)<sup>22</sup>;

### **5.1.2. Relación de largo plazo entre la demanda agregada de energía y la degradación ambiental**

Para estimar la evolución de la curva de Kuznets con la demanda agregada de energía eléctrica se reemplaza al PBI como serie clásica en el modelo de Kuznets, cuantificando su relación con la degradación ambiental en el sector eléctrico. Se estimó dos modelos por cada gas efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), uno cuadrático y uno cubico bajo la metodología ARDL, de los cuales, los ajustes cuadráticos lograron una mejor especificación frente a los cúbicos (véase anexo 10).

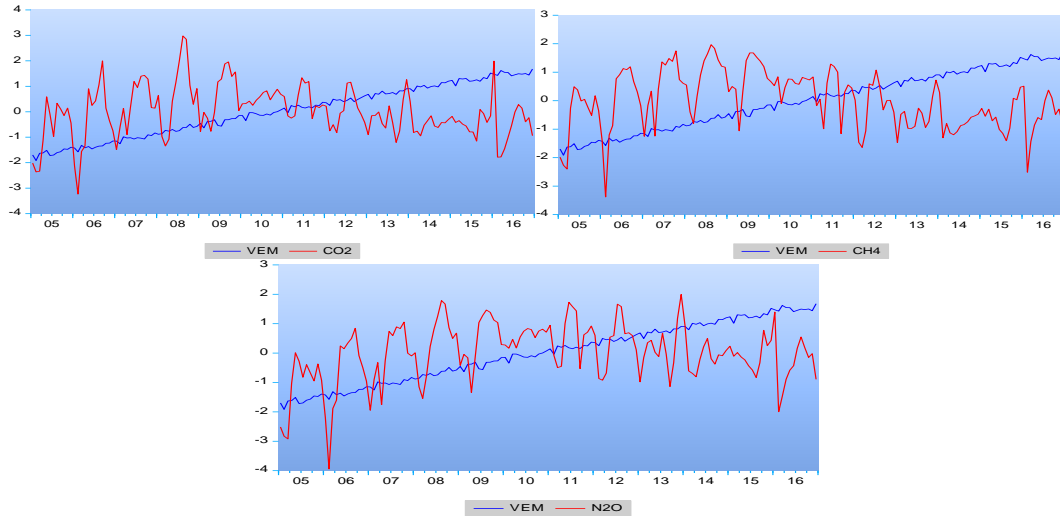
Usando el filtro de Christiano y Fitzgerald, se comparan los ciclos y la tendencia de manera gráfica de las series VEM,  $\text{TCO}_2$ ,  $\text{KGCH}_4$ ,  $\text{KGN}_2\text{O}$  de orden  $I(1)$ , confirmando la relación estrecha entre estas variables.

En la figura 7, en los gráficos se observa la caída de los gases GEI frente a la demanda agrada de energía eléctrica durante el año 2012, cambiando la tendencia creciente a una suavemente decreciente en años posteriores; en el grafico inferior se observa que el comportamiento cíclico de las series son estables en el tiempo.

---

<sup>22</sup> Véase Barreto y Campo (2012) “Relación a largo plazo entre consumo de nergía y PBI en América Latina: Una evaluación empírica con datos panle”, tabla 4, pagina 11.



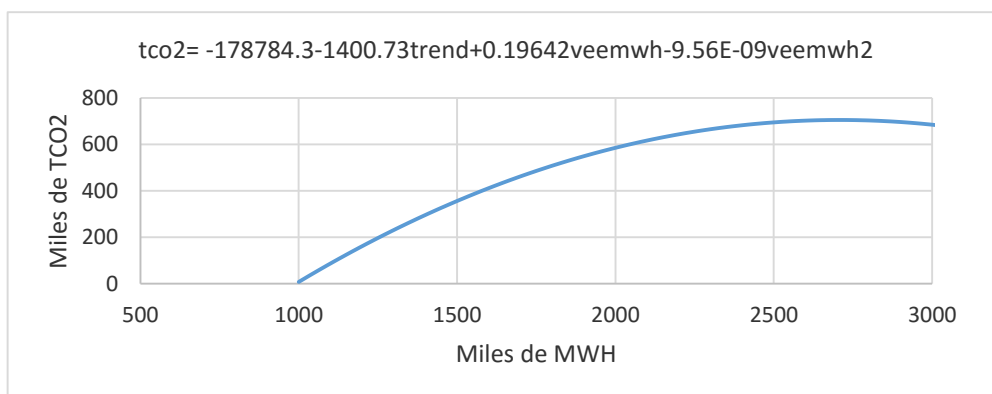


**Figura 7: Relación de la serie VEM con CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, con el filtro de Christiano y Fitzgerald con orden I(1)**

Elaboracion: Propia

**Curva de Kuznets para el CO<sub>2</sub>:**

El modelo cuadrático muestra que el punto de inflexión se da cuando se alcanza una demanda aproximada de 2'800,000 Mwh, y sería cuando la cantidad de TCO<sub>2</sub> iniciaría su descenso sin antes adicionar 700,000 toneladas adicionales al ambiente. Estas cifras concuerdan con el decrecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> frente a la demanda agregada de energía eléctrica mostrada en la figura 7.



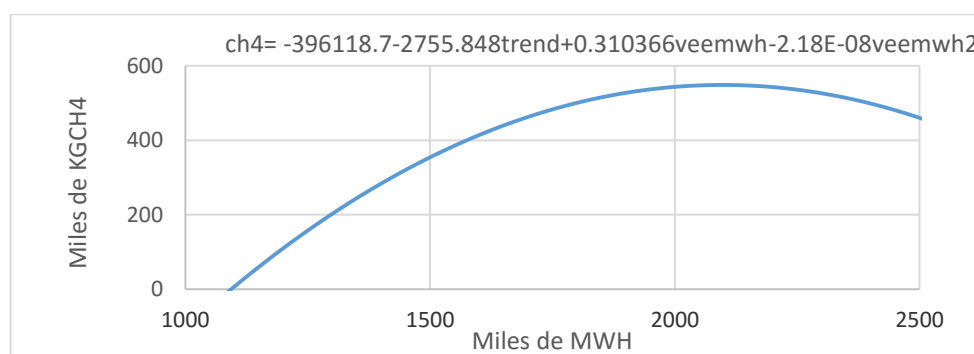
**Figura 8: Modelo cuadrático de TCO<sub>2</sub> y VEEMWH**

Elaboracion: Propia

Los estadísticos de normalidad de Jarque Bera son 5.72 en el modelo cuadrático, mientras que las pruebas de bondad de ajuste de la metodología ARDL son 10.71 por encima de la banda superior, indicando la relación de largo plazo entre ambas series.

#### Curva de Kuznets para el CH<sub>4</sub>:

El modelo cuadrático muestra que el punto de inflexión se da cuando se alcanza una demanda aproximada de 2'100,000 Mwh, y sería cuando la cantidad de KGCH<sub>4</sub> iniciaría su descenso sin antes adicionar 500,000 kilogramos adicionales al ambiente.



**Figura 9: Modelo cuadrático de KGCH<sub>4</sub> y VEEMWH**

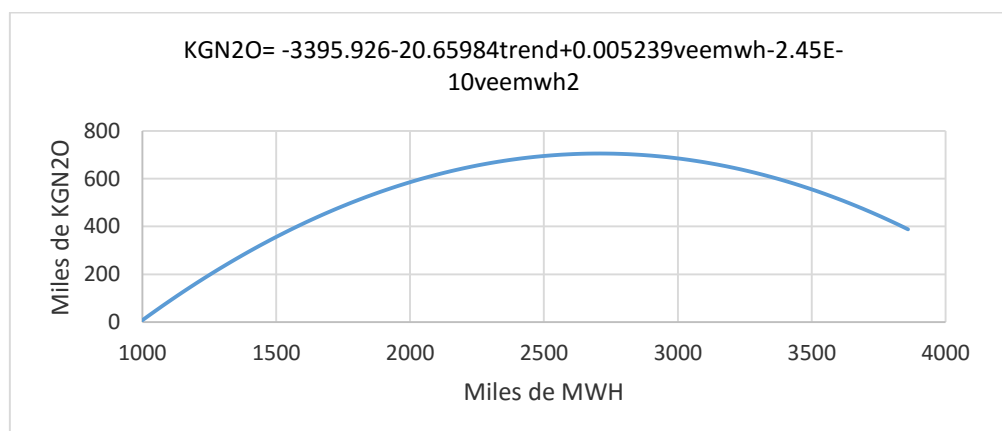
Elaboración: Propia

Los estadísticos de normalidad de Jarque Bera son 13 en el modelo cuadrático, mientras que las pruebas de bondad de ajuste de la metodología ARDL son 6.88 por encima de la banda superior por lo que indica la relación de largo plazo entre ambas series.

#### Curva de Kuznets para el N<sub>2</sub>O:

El modelo cuadrático muestra que el punto de inflexión se da cuando se alcanza una demanda aproximada de 2'800,000 Mwh, y sería cuando la cantidad de KGN<sub>2</sub>O iniciaría su descenso sin antes adicionar 700,000 kilogramos adicionales al ambiente.

Concordando con el decrecimiento de las emisiones de  $N_2O$  frente a la demanda agregada de energía eléctrica mostrada en la figura 7.



**Figura 10: Modelo cuadrático de KGN<sub>2</sub>O y VEEMWH**

Elaboración: Propia

Los estadísticos de normalidad de Jarque Bera son 1.79 en el modelo cuadrático, mientras que las pruebas de bondad de ajuste de la metodología ARDL son 6.55 para el cuadrático por encima de la banda superior por lo que indica la relación de largo plazo entre ambas series.

Se comprueba que existe una relación de largo plazo entre la demanda agregada de energía eléctrica y la degradación ambiental en el sector energía, sin embargo a comparación de los trabajos de Huanchi (2014), Correa et.al. (2005), Gitli y Hernández (2002), que mencionan que las economías de Perú, Colombia y la mayoría de países en desarrollo se encuentran en la fase creciente de contaminación, se demostró que Perú en el sector energía, ya se pasó el punto de inflexión de la CKA en 2012 para los gases  $CO_2$ ,  $CH_4$  y  $N_2O$ . Esto debido a la implementación de tecnologías complementarias en centrales termoeléctricas como los ciclos combinados y una creciente inversión en parques eólicos y solares.

### **5.1.3. Políticas para el uso adecuado de recursos energéticos en el sector eléctrico reduciendo el impacto negativo en el medio ambiente.**

En la investigación de García et.al. (2011) para OSINERGMIN, menciona que existe dos características de las reformas de la industria eléctrica en el mundo: (i) la confianza en la posibilidad de crear competencia expost en la generación de electricidad; (ii) la pérdida de importancia de la planificación energética en el diseño de políticas públicas sectoriales. En América Latina, las reformas comprenden pasar de un enfoque de competencia en el mercado (expost) a uno de competencia por el mercado (ex ante), usando subastas de largo plazo para cerrar los contratos de las distribuidoras.

Por eso OSINERGMIN (2014) recomienda la implementación de mercado de capacidad y confiabilidad, para estabilizar el flujo de ingresos e incentivar la entrada de nuevos generadores, lo que significaría contemplar mecanismos competitivos utilizando subastas múltiples, la definición del producto, determinación de demanda y los recursos de la oferta, los incentivos para el ingreso de nuevos recursos de generación, la determinación de periodos de escasez y su relación con el mercado spot, las reglas de precios, y las penalidades de los esquemas; en comparación de la situación actual en Perú, donde existe un pago por capacidad en base al costo de expansión; por ende Gallardo et.al. (2005) propone mejorar las condiciones de inversiones<sup>23</sup> generando promover la generación energética en base a la masificación del gas.

---

23 Bouille (2004) también afirma que debido al alto grado de relación entre los agentes económicos se debe tomar en cuenta tres aspectos: (i) la teoría de las características y funcionamiento del sistema, incluyendo la interrelación entre los agentes sociales y su poder relativo de control, (ii) un juicio de valor sobre reglas de

Es así que Quintanilla et.al. (2012), indica que el acceso a la energía provista por fuentes menos contaminantes es crucial para el desarrollo en base a la discusión de la masificación del gas natural, también del acceso de energía a todos los sectores económicos, aplicando subsidios cruzados entre los usuarios, fondos de electrificación rural; para esto, se debe tomar en cuenta la identificación de necesidades por región, los combustibles existentes y mecanismos de acceso; además se debe prever lo vaticinado por Comunidades Europeas (2008) ya que sea cual sea el tipo de recurso usado la demanda de energía seguirá creciendo.

Ante la incertidumbre de la generación por parte de centrales hidroeléctricas<sup>24</sup> y térmicas<sup>25</sup>, el MINEM ha fijado una cuota de generación de electricidad con energías renovables<sup>26</sup> de 5%, frente al 8% fijado en Argentina y Chile.

Por lo que como en la Unión Europea según la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (2007), se debe contar con un plan de largo plazo para la seguridad energética limpia y ampliar al menos al 20% la generación limpia para el 2020. En tal sentido reducir la contaminación para ya no deteriorar el medio ambiente como lo menciona Global Water Partnership (2013).

---

funcionamiento, sus desajustes actuales y su evolución deseable, (iii) las técnicas empleadas para analizar y tomar decisiones que afecten su evolución futura.

24 Debido a la dependencia de la hidrología, y a irregularidades de los cuerpos de agua.

25 Reducción de uso de petróleo y una incertidumbre en la capacidad de las reservas de gas natural.

26 El MINEM promulgo el Decreto Legislativo 1002.

## CONCLUSIONES

La demanda agregada de energía posee un alto grado de correlación y relación de largo plazo con el PBI, haciendo que los cambios en el PBI sean proporcionales ante variaciones de la demanda agregada de energía eléctrica y guarden relación con la degradación ambiental generada por el sector eléctrico. De lo anterior se hizo una modificación de los componentes tradicionales de la curva ambiental de Kuznets, para analizar el impacto del crecimiento del sector energético sobre el medio ambiente, reemplazando el PBI por la demanda agregada de energía eléctrica.

La curva ambiental de Kuznets para países de Latinoamérica y Europa, mencionan que aún no se alcanzó el punto de inflexión de la curva y que la contaminación ambiental crece al ritmo de las economías. Sin embargo, haciendo la modificación al modelo de Kuznets para el sector eléctrico, se comprueba que para los gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, ya se alcanzó los puntos de inflexión de la curva ambiental de Kuznets en su forma cuadrática; el punto de inflexión estaría aproximadamente en 2'800,000.00 MWH, punto en que la degradación ambiental decae, usando el filtro de Christiano y Fitzgerald de orden I(1), el punto de inflexión se habría alcanzado en 2012, la razón sería, la mayor inversión en parques eólicos y solares.

El sector eléctrico Peruano se encuentra en la fase decreciente de contaminación, probando así, que a mayor demanda de energía eléctrica, las emisiones de GEI se reducirán constantemente, debido al avance tecnológico en el sector y a mejoras en las inversiones de bajo costo ambiental; si bien, queda comprobada la fase decreciente en

el sector energético, se podría esperar que a mediano plazo este efecto se diera en la economía en general.

En cuanto a políticas, se debe separar tres puntos importantes, la generación, la distribución en base a la demanda, y el ahorro energético.

(i) Generación: El MINEM planteó en 2012 que la participación de generación de energía eléctrica con fuentes renovables sea 5% del total, la que es baja a comparación de Chile y Argentina que se plantean 8%, y aún más baja que la Unión Europea que plantea alcanzar 20% en 2020. OSINERMIN prevé un crecimiento de demanda elevado para los siguientes años, por lo que, para promover y generar confianza de inversión en energía limpia, OSINERGMIN plantea subastas múltiples en un mercado ex ante para asegurar el mercado a nuevas inversiones, dejando de lado el pago por capacidad actual.

(ii) Distribución en base a la demanda: Los organismos internacionales sugieren que un país con superávit energético es más atractivo para la inversión extranjera directa, puesto que es uno de los insumos más importantes para la industria manufactura y la intensiva en capital; además de que en el plan país que está dentro del marco de la OCDE, se pretende tener una mayor cobertura de servicio eléctrico en todo el territorio, lo que significaría mayor producción tecnificada y limpia en el mediano y largo plazo.

(iii) Ahorro energético: si bien actualmente se tiene un pequeño superávit energético, basado en la creciente demanda de los próximos 50 años como lo estima los organismos internacionales, se tendrá que guardar los futuros superávits de energía

eléctrica, tomando en cuenta el avance tecnológico y ambiental, siendo la economía del Hidrogeno la más adecuada para almacenar energía eléctrica.

Si se cumple la condición de seguridad energética y el ahorro energético mediante plantas de hidrogeno, se podría comercializar energía a países vecinos y exportar hidrogeno a Asia y Europa, donde la demanda de este insumo es creciente, adicionando beneficios para el Perú.



## RECOMENDACIONES

La serie de demanda agregada de energía, además de ser un indicador líder natural, también puede ser usada reemplazando a la serie PBI, gracias a su mayor disponibilidad de datos, tal como en este estudio, donde se modificó la curva ambiental de Kuznets clásica, por una modificación reemplazando PBI por VEEMWH.

Se pueden hacer modificaciones a la curva medioambiental de Kuznets por sectores específicos, caso transportes, comercio, construcción, manufactura, agricultura, usando los factores de conversión brindados por el RAGEI del MINAN, que esta modificado y ajustado para Perú.

El ahorro de energía eléctrica va ser fundamental para la sostenibilidad de la economía en un futuro no muy lejano, puesto que de no contar con un sistema de ahorro energético, el pequeño superávit energético que se posee se perderá como lo ha venido haciendo hasta ahora (pérdidas dentro del sistema de transmisión); por lo que, el mejor y probado método de almacenamiento de energía eléctrica seria a través de baterías de Hidrogeno, ya que no es un simple circuito de energía continua como se pretende hacer en Chile.

**BIBLIOGRAFIA**

- Aguilera Klink, F., & Alcántara, V. (2011). *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*. Madrid.
- Barreto Nieto, C., & Campo Robledo, J. (2012). Relación a largo plazo entre consumo de energía y PBI en América Latina: Una evaluación empírica con datos panele. *Ecos de Economía* N°35, 73-89.
- Bouille, D. (2004). *Economía de la Energía*. Obtenido de biblioteca.cenace.org.ec:  
<http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/826/38/ECONOMIA%20DE%20LA%20ENERGIA.pdf>
- Capó Parrilla, J. (2003). Curva de Kuznets Ambiental: Evidencia para Europa. *Centre de Recerca Económica (CRE)*, 1-17.
- Castellares, R. (2009). *Indicadores Líderes para el Perú*. Obtenido de Banco Central de Reserva del Perú: <http://www.bcrp.gob.pe/>
- Catalan , H. (2010). Curva Ambiental de Kuznets: Implicaciones para un crecimiento sustentable. *Facultad de Economía UNAM*, 19-37.
- CEPAL. (2017). *Ecoinnovación y Producción Verde*. Santiago: Naciones Unidas.
- COES SINAC. (2005). *Estadísticas de operaciones*. LIMA: COES SINAC.
- COES SINAC. (2006). *Estadísticas de operaciones*. Lima: COES SINAC.
- COES SINAC. (2007). *Estadísticas de operaciones*. Lima: COES SINAC.
- COES SINAC. (2008). *Estadísticas de operaciones*. Lima: COES SINAC.
- COES SINAC. (2009). *Estadísticas de operaciones*. Lima: COES SINAC.
- COES SINAC. (2010). *Estadísticas de operaciones*. Lima: COES SINAC.
- COES SINAC. (2011). *Estadísticas de operaciones*. Lima: COES SINAC.
- COES SINAC. (2012). *Estadísticas de operaciones*. Lima: COES SINAC.
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. (2014). *Informe Marco Sobre la Demanda de Energía Eléctrica y Gas Natural, y su Cobertura: Horizonte 2013-2017*. España: web CNMC.
- Comunidades Europeas. (2008). *La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad*. Bruselas: European Service Network.

- Correa Restrepo, F., Vasco Ramírez, A. F., & Pérez Montoya, C. (2005). La Curva Medioambiental de Kuznets: Evidencia empírica para Colombia. *Grupo de Economía Ambiental (Universidad de Medellin)*.
- Díaz, D. E. (2010). La Energía y la Teoría Neoclásica del Crecimiento. *SaberEs N°2*, 23-39.
- Díaz, D. E. (2012). La Economía de la Energía: Una Introducción teórica al análisis Costo-Beneficio y a la asignación eficiente de los recursos. *KAIROS. Revista de Temas Sociales de la Universidad Nacional de San Luis*, 1-24.
- Flores, J., & Montoya, J. (2013). Indicadores líderes tarea pendiente. *Moneda*, 47-51.
- Gallardo, J., Benezú, L., & Coronado, J. (2004). Estimación de la Demanda Agregada de Electricidad. *Oficina de Estudios Económicos OSINERGMIN*, Documento de Trabajo N°4.
- Gallardo, J., García, R., & Reyes, R. P. (2005). Determinantes de la Inversión en el Sector Eléctrico Peruano. *Oficina de Estudios Económicos OSINERGMIN*, Documento de Trabajo N°3.
- García Carpio, R., Nario Lazo, T., & Reyes Espejo, R. P. (2011). Valorización de las Externalidades y Reconfiguración del Parque Óptimo de Generación Eléctrica. *Oficina de Estudios Económicos OSINERGMIN*, Documento de Trabajo N°28.
- García, C. (2012). Impacto del Costo de la Energía Eléctrica en la Economía Chilena: Una Perspectiva Macroeconómica. *Facultad de Economía y Negocios*.
- Gitli, E., & Hernández, G. (2002). La existencia de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) y su impacto sobre las negociaciones internacionales. *Centro Internacional de Política Económica*, Documento de Trabajo 009.
- Global Water Partnership. (2013). *Agua en la Economía Verde*. [www.gwp.org](http://www.gwp.org).
- Gobierno Vasco. (2008). *El Petróleo y la Energía en la Economía*. Gobierno Vasco: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- Häfele, W. (1977). *La Demanda de Energía*. Viena : Conferencia Científica de Energía Atómica.
- Herman Pinaya, E. E., Oxa Gerónimo, A. V., & Vasquez Macedo, R. R. (2012). Elaboración de un Modelo de Cointegración para el Pronóstico de la Demanda de Energía Eléctrica para el Sistema Interconectado Nacional - Bolivia. *SOCIESECO-UMSS Sociedad Científica de Estudiantes de Economía*.

- Huanchi Mamani, W. A. (2014). Curva Ambiental de Kuznets: Evidencia empírica para la economía peruana. periodo 1972 - 2010. *Semestre Económico*, 50-62.
- Mazón Almora, A. (2009). Estimación de la Curva de Demanda de Energía Eléctrica Para el Sector Residencial de la Provincia de Pinar Del Rio. *CIGET Pinar del Rio Vol. 11*.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía N°1: Elaboración del Reporte Anual de Gases Efecto Invernadero - Sector Energía*. Lima: MINAM.
- Moral Carcedo, J., & Vicéns Otero, J. (2003). Un Modelo de Previsión de la Demanda Eléctrica: THOR II. *Instituto Lawrence R. Klein de la Universidad Autónoma de Madrid*, 1-52.
- Naciones Unidas. (2015). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- OCDE. (2016). *Estudio Multidimensional del Perú Volumen 2. Analisis detallado y recomendaciones*. Lima.
- Ochoa G, E. M., & Llandó M, J. E. (2002). *Modelos de indicadores líderes de actividad económica para el Perú*. Obtenido de Banco Central de Reserva del Perú: <http://www.bcrp.gob.pe>
- ONU. (Diciembre de 2016). *unido.org*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial: [www.unido.org](http://www.unido.org)
- Organización de Cooperación y Desarrollo Económico. (2007). Oferta y Demanda de Energía: Tendencias y Perspectivas. En OCDE, *Bosques y Energia* (págs. 5-23).
- OSINERGMIN. (2014). Mercados de Capacidad y Confiabilidad en el Sector Eléctrico. *Oficina de Estudios Económicos*, Documento de Trabajo N°32.
- Pesaran, M., Shin, Y., & Smith, R. (2001). *Bounds testing approaches to the analysis of level relationships*. *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 16.
- Pintos, P., & Kürzburg, K. (2011). *Potencial Económico de Reducción de la Demanda de Energía en España*. Unión Europea: seteseoitodeseñografico.
- Quineche Uribe, R., & Martinez Palomino, F. (2015). Un indicador líder simple para el nowcasting del PBI de Perú. *XXXII Encuentro de economistas del BCRP*.

- Quintanilla Acosta , E., Vasquez Cordano, A., Garcia Carpio, R., Salvador Jacome, J., & Orosco Zumaran, D. (2012). Acceso a la Energia en el Perú: Algunas Opciones de Política. *Oficina de Estudios Económicos*, Documento de Trabajo N°29.
- Ramirez G., G. A. (1990). La Demanda de Energía Eléctrica en la Industria Colombiana. 121-139.
- Roca Jusmet, J., Alcántara Escolano, V., & Padilla Rosa, E. (2007). *Actividad Económica, Consumo final de Energía y Requerimientos de Energía Primaria en Cataluña, 1990-2005. Analisis Mediante el Uso de los Blances Energéticos Desde una Perspectiva Imput-Output*. Bellaterra: Universidad Autonoma de Barcelona.
- The Global Commission on the Economy and Climate. (2014). *Better growth better climate: The New Climate Economy Report*. Washington DC: World Resources Institute.
- Vásquez, C. A. (2004). Los Vinculos entre el Crecimiento Económico y laInfraestructura Eléctrica en el Perú, 1940-2000. *Oficina de Estudios EconÓmicos OSINERGMIN*, Documento de Trabajo N°17.

**ANEXOS**

**Anexo 1: Factores de conversión para la obtención de GEI en el sector eléctrico**

Unidades de medida	Tipo de combustible	VCN [TJ/gal,m3, t]	Dióxido de carbono	Metano (CH4)	Óxido nitroso (N2O)
			(CO2) [kgCO2/TJ]	[kgCH4/T J]	[kgN2O/T J]
	Petróleo	0.0001510			
1gal=m3 0.00379	Industrial 500	5	73300	3	0.6
	Petróleo	0.0001506			
1m3=pie 3 35.31467	Industrial 6	6	73300	3	0.6
		0.0001406			
1pie3=m 3 0.02832	Diesel B2	6	70395	2.85	0.57
	Gas Natural				
1m3=gal 264.1721 8	Licuado	0.01989	64200	3	0.6
	Gas Natural	3.5355E-05	56100	1	0.1
	Bagazo	0.0116	100000	30	4
	Carbón vegetal	0.0295	112000	200	4

**Anexo 2: Prueba de raíz unitaria las series**

PRUEBA DE RAIZ UNITARIA EN NIVELES				PRUEBA DE RAIZ UNITARIA EN PRIMERAS DIFERENCIAS					
SERIE	ADF	PP	KPSS	SERIE	ADF	PP	KPSS		
LTCO2	Tμ	-5.0553	-5.1097	0.1845	LTCO2	Tμ	-12.0601	-12.0729	0.1355
	TT	-5.1561	-5.1859	0.1457		TT	-12.1023	-12.1166	0.0563
	T	0.2691	0.2936			T	-12.0810	-12.0944	
LKGCH4	Tμ	-6.4736	-6.1010	0.2504	LKGCH4	Tμ	-14.5236	-14.9205	0.2194
	TT	-7.0215	-6.3229	0.1557		TT	-14.5749	-14.9669	0.1050
	T	-0.0673	0.3087			T	-14.5351	-14.9273	
LKGN2O	Tμ	-6.4211	-6.3632	0.2211	LKGN2O	Tμ	-12.9754	-13.2009	0.2222
	TT	-6.3024	-6.2287	0.1662		TT	-13.0521	-13.2898	0.0948
	T	0.1934	0.3306			T	-12.9835	-13.2046	
LPBITLTD	Tμ	-2.4524	-2.4149	1.3968	LPBITLTD	Tμ	-20.2325	-18.4930	0.4759

	TT	-0.8090	-1.5160	0.2979		TT	-20.6922	-19.3922	0.0400
	T	8.2478	7.3114			T	-2.0844	-15.7603	
LVEEMWH	T $\mu$	-0.9736	-0.4729	1.3998	LVEEMWH	T $\mu$	-6.5306	-26.4194	0.1999
	TT	-3.2716	-6.2798	0.1527		TT	-6.5930	-27.2028	0.1825
	T	-3.2716	11.0004			T	-3.3802	-17.9534	
LPEEMWH	T $\mu$	-0.7908	-0.5397	1.4071	LPEEMWH	T $\mu$	-6.2924	-59.2814	0.1362
	TT	-3.6473	-12.9784	0.1624		TT	-6.3398	-64.1523	0.1368
	T	4.0890	8.9066			T	-3.8814	-30.3775	
VALORES CRITICOS					VALORES CRITICOS				
		T $\mu$	TT	T			T $\mu$	TT	T
ADF&PP	1%	-3.4765	-4.0235	-2.5813	ADF&PP	1%	-3.4768	-4.0240	-2.5813
	5%	-2.8817	-3.4416	-1.9431		5%	-2.8818	-3.4418	-1.9431
	10%	-2.5776	-3.1453	-1.6152		10%	-2.5777	-3.1455	-1.6152
KPSS	1%	0.739	0.216		KPSS	1%	0.739	0.216	
	5%	0.463	0.146			5%	0.463	0.146	
	10%	0.347	0.119			10%	0.347	0.119	

### Anexo 3: Prueba de causalidad de Granger

Prueba de causalidad de Granger  
Lags: 2

Hipótesis nula	Obs	F-Statistic	Prob.
LVEM no causa a lo Granger a LPBI	142	33.9146	1.E-12
LPBI no causa a lo Granger a LVEM		22.0719	5.E-09

### Anexo 4: Criterio de selección de retardos metodología VAR para la serie PBI y VEM en el modelo de Johansen

VAR Criterio de selección de retardos  
Variables endógenas: LPBI2 LVEM  
Variables exógenas: M12  
Sample: 2005M01 2016M12  
Included observations: 136

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
1	536.7578	NA	1.36e-06	-7.834673	-7.749007	-7.799860
2	583.6230	90.97374	7.22e-07	-8.465044	-8.293712	-8.395419
3	609.5852	49.63368	5.23e-07	-8.788018	-8.531019	-8.683581
4	631.9952	42.18339	3.99e-07	-9.058753	-8.716087	-8.919502
5	638.3664	11.80553	3.85e-07	-9.093624	-8.665292	-8.919561
6	655.6089	31.44218	3.17e-07	-9.288366	-8.774368	-9.079490
7	667.8782	22.01261	2.81e-07	-9.409974	-8.810310*	-9.166285*
8	674.0929	10.96705*	2.72e-07*	-9.442542*	-8.757212	-9.164041

**Anexo 5: Criterio de selección de retardos metodología VAR para la serie PBI, VEEMWH, KGCH4, KGN2O y TCO2**

Variable: LPBITTLD

Rezago	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	41.54004	NA	0.032256	-0.596177	-0.574760	-0.587474
1	442.3035	789.7398	9.03e-05	-6.475052	-6.432219	-6.457646
2	461.7466	38.02839	6.88e-05	-6.746274	-6.682024*	-6.720164*
3	462.3211	1.115101	6.92e-05	-6.740016	-6.654349	-6.705203
4	463.5516	2.370573	6.90e-05	-6.743406	-6.636323	-6.699890
5	466.0618	4.798922*	6.75e-05	-6.765615	-6.637115	-6.713396
6	467.2280	2.212272	6.73e-05*	-6.768058*	-6.618142	-6.707136
7	467.2345	0.012361	6.83e-05	-6.753449	-6.582116	-6.683824
8	468.5435	2.444639	6.80e-05	-6.757992	-6.565243	-6.679664

Variable: LVEEMWH

Rezago	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	21.40097	NA	0.043374	-0.300014	-0.278598	-0.291311
1	314.7593	578.0886	0.000589	-4.599402	-4.556569	-4.581996
2	333.5033	36.66096	0.000454	-4.860343	-4.796093	-4.834233
3	336.1307	5.100316	0.000443	-4.884276	-4.798609	-4.849463
4	337.1928	2.046067	0.000443	-4.885188	-4.778106	-4.841673
5	340.4640	6.253751	0.000428	-4.918588	-4.790089	-4.866369
6	346.6760	11.78452	0.000396	-4.995235	-4.845319	-4.934313
7	353.8800	13.56051*	0.000362	-5.086471	-4.915138*	-5.016846*
8	355.0398	2.166098	0.000361*	-5.088821*	-4.896072	-5.010493

Variable: KGCH4

Rezago	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-1709.820	NA	4.94e+09	25.15912	25.18054	25.16783
1	-1644.189	129.3331*	1.91e+09*	24.20866*	24.25149*	24.22606*
2	-1644.081	0.211716	1.94e+09	24.22177	24.28602	24.24788
3	-1644.076	0.008096	1.96e+09	24.23642	24.32208	24.27123
4	-1644.045	0.060140	1.99e+09	24.25066	24.35775	24.29418
5	-1643.824	0.422308	2.02e+09	24.26212	24.39062	24.31434
6	-1643.798	0.049524	2.04e+09	24.27644	24.42636	24.33736
7	-1643.546	0.475223	2.07e+09	24.28744	24.45877	24.35706
8	-1643.427	0.221447	2.09e+09	24.30040	24.49315	24.37873

Variable: KGN2O

Rezago	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-1191.731	NA	2427280.	17.54016	17.56158	17.54886
1	-1129.478	122.6737*	986101.0	16.63939	16.68222*	16.65680*
2	-1128.143	2.611710	981255.4*	16.63446*	16.69871	16.66057
3	-1128.143	6.54e-05	995801.5	16.64916	16.73483	16.68398
4	-1127.978	0.318370	1008117.	16.66144	16.76852	16.70495
5	-1127.799	0.341938	1020389.	16.67351	16.80201	16.72573
6	-1127.754	0.084669	1034861.	16.68756	16.83748	16.74849



7	-1127.749	0.009559	1050161.	16.70220	16.87353	16.77182
8	-1127.499	0.468059	1061860.	16.71322	16.90596	16.79154

Variable: TCO2

Rezago	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-1688.582	NA	3.62e+09	24.84679	24.86821	24.85549
1	-1631.642	112.2048*	1.59e+09*	24.02415*	24.06698*	24.04155*
2	-1631.138	0.985556	1.60e+09	24.03144	24.09569	24.05755
3	-1630.759	0.736146	1.62e+09	24.04057	24.12624	24.07539
4	-1630.246	0.988286	1.63e+09	24.04773	24.15482	24.09125
5	-1629.991	0.488138	1.64e+09	24.05869	24.18718	24.11090
6	-1628.957	1.960535	1.64e+09	24.05819	24.20811	24.11912
7	-1628.949	0.014973	1.67e+09	24.07278	24.24411	24.14241
8	-1628.889	0.113221	1.69e+09	24.08660	24.27935	24.16492

\* Indica el orden de rezago seleccionado por cada criterio

LR: secuencia modificada de la prueba estadística LR (al 5% nivel de significancia)

FPE: Error final de predicción

AIC: Criterio de información de Akaike

SC: Criterio de información de Schwarz

HQ: Criterio de información de Hannan-Quinn

### Anexo 6: Prueba de Bondad de Pesaran Shin y Smith para el modelo ARDL.

Prueba de bondad ARDL

Hipótesis Nula: No existe relación de largo plazo

Prueba	Valor	K
F	26.36335	1

Valores críticos

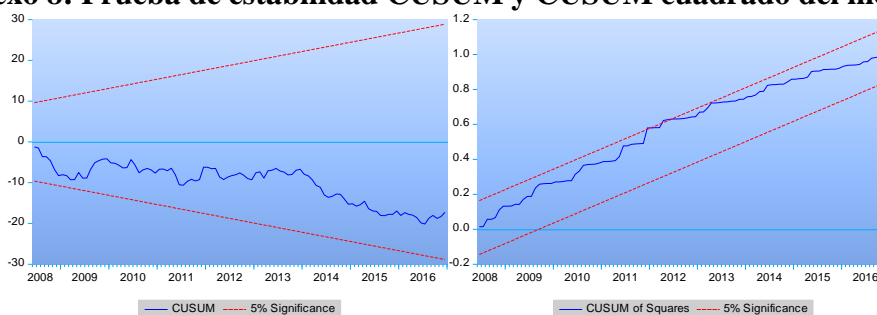
Significancia	I0 inferior	I1 superior
10%	4.04	4.78
5%	4.94	5.73
2.5%	5.77	6.68
1%	6.84	7.84

### Anexo 7: Prueba de correlación serial LM del modelo ARDL

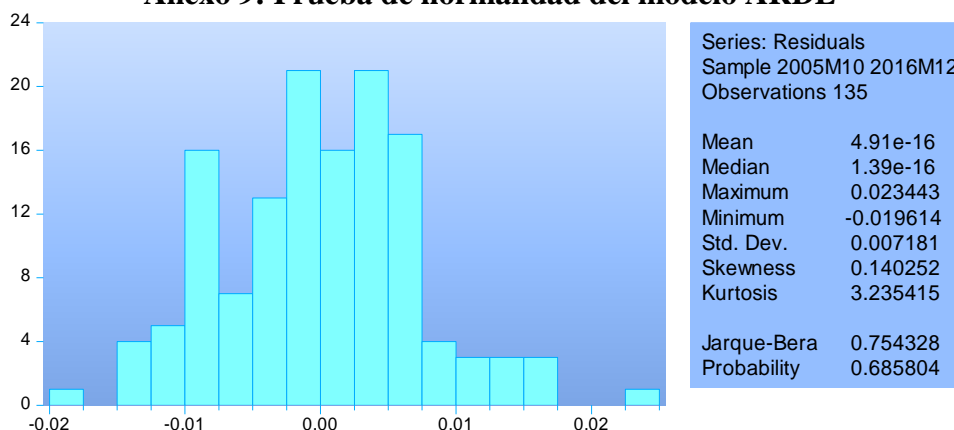
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.289309	Prob. F(2,118)	0.7493
Obs*R-squared	0.658747	Prob. Chi-Square(2)	0.7194

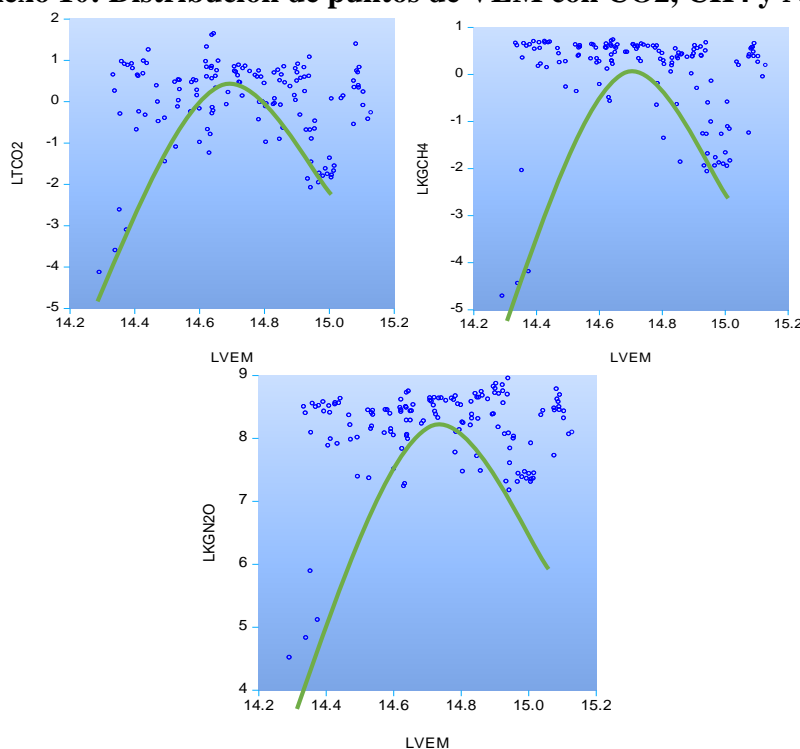
**Anexo 8: Prueba de estabilidad CUSUM y CUSUM cuadrado del modelo ARDL**



**Anexo 9: Prueba de normalidad del modelo ARDL**



**Anexo 10: Distribución de puntos de VEM con CO2, CH4 y N2O**



**Anexo 11: Modelo cuadrático de Kuznets para CO<sub>2</sub>**

Variable dependiente: TCO2				
Variables	Coeficientes	Error Std	t	Prob.
C	-178784.3	196864.9	-0.908157	0.3656
T	-1400.730	1082.695	-1.293744	0.1982
VEM	0.196420	0.120569	1.629108	0.1059
VEM^2	-9.56E-09	1.42E-08	-0.675484	0.5006
TCO2(-1)	0.714439	0.062702	11.39417	0.0000
VEM(-1)	-0.021619	0.082925	-0.260706	0.7948
VEM(-2)	-0.064080	0.084474	-0.758575	0.4496
VEM(-3)	0.049975	0.095434	0.523664	0.6015
VEM(-4)	-0.220797	0.080478	-2.743560	0.0070
VEM(-5)	0.084042	0.103251	0.813956	0.4173
VEM(-6)	0.235280	0.108548	2.167526	0.0321
VEM(-7)	-0.113394	0.074645	-1.519113	0.1313
@MONTH=5	46104.31	17074.46	2.700191	0.0079
@MONTH=7	54131.91	17472.30	3.098155	0.0024
@MONTH=8	47623.43	19007.84	2.505462	0.0135
R-cuadrado	0.652876	Media		144576.3
R-cuadrado ajustado	0.613042	Desviación estándar		60054.09
Suma explicada	37357.21	Criterio de inf. Akaike		23.99746
Suma de residuales	1.70E+11	Criterio de inf. Schwarz		24.31716
Log likelihood	-1628.826	Criterio de Hannan-Quinn		24.12738
F	16.38996	Durbin Watson		2.022985
Prob(F)	0.000000	Jarque Bera		5.7847

**Anexo 12: Prueba de Bondad de cointegración para el modelo cuadrático de CO<sub>2</sub>**

Prueba de bondad ARDL		
Prueba	Valor	k
F	10.45773	1
Valores críticos		
Significancia	I0 Inferior	I1 Superior
10%	5.59	6.26
5%	6.56	7.3
2.5%	7.46	8.27
1%	8.74	9.63

**Anexo 13: Modelo cuadrático de Kuznets para CH<sub>4</sub>**

Variable dependiente: KGCH4				
Variables	Coeficientes	Error Std.	t	Prob.*
KGCH4(-1)	0.621992	0.049639	12.53025	0.0000

VEM	0.310366	0.102957	3.014515	0.0031
VEM(-1)	-0.018610	0.072449	-0.256875	0.7977
VEM(-2)	-0.093923	0.070431	-1.333540	0.1848
VEM(-3)	0.033169	0.062226	0.533038	0.5950
VEM(-4)	0.021900	0.065139	0.336205	0.7373
VEM(-5)	0.023816	0.065908	0.361357	0.7185
VEM(-6)	0.032768	0.067776	0.483469	0.6296
VEM(-7)	-0.026386	0.064342	-0.410090	0.6825
T	-2755.848	954.8352	-2.886202	0.0046
VEM^2	-2.18E-08	1.25E-08	-1.750081	0.0826
DAMI1	50077.87	12319.29	4.064996	0.0001
DAMI0	79616.06	10257.55	7.761707	0.0000
C	-396118.7	173142.9	-2.287814	0.0239
<hr/>				
R-cuadrado	0.790215	Media		147627.3
R-cuadrado ajustado	0.768042	Desviación estándar		70098.86
Suma explicada	33761.02	Criterio de inf. Akaike		23.78858
Suma de residuales	1.40E+11	Criterio de inf. Schwarz		24.08698
Log likelihood	-1615.518	Criterio de Hannan-Quinn		23.90984
F	35.63949	Durbin Watson		1.335923
Prob(F)	0.000000	Jarque Bera		1.3947

#### Anexo 14: Prueba de Bondad de cointegración para el modelo cuadrático CH4

Prueba de bondad ARDL		
Prueba	Valor	k
F-statistic	29.59333	1
Valores críticos		
Significancia	I0 Inferior	I1 Superior
10%	4.04	4.78
5%	4.94	5.73
2.5%	5.77	6.68
1%	6.84	7.84

#### Anexo 15: Modelo cuadrado Kuznets para N<sub>2</sub>O

Variable dependiente: KGN2O				
Variable	Coefficientes	Std. Error	T	Prob.*
KG2O(-1)	0.800085	0.055054	14.53276	0.0000
VEM	0.005239	0.002859	1.832596	0.0693
VEM(-1)	-0.002008	0.002060	-0.974798	0.3316
VEM(-2)	-0.003327	0.001972	-1.686801	0.0942
VEM(-3)	0.001372	0.002469	0.555660	0.5795
VEM(-4)	-0.002761	0.002416	-1.142596	0.2554
VEM(-5)	0.002775	0.002323	1.194564	0.2346
VEM(-6)	0.001150	0.001943	0.592233	0.5548
VEM(-7)	0.000361	0.001772	0.203692	0.8389

T	-20.65984	25.47914	-0.810853	0.4190
VEM^2	-2.45E-10	3.46E-10	-0.706849	0.4810
@MONTH=5	1329.387	419.3023	3.170474	0.0019
@MONTH=6	664.4901	433.2000	1.533911	0.1276
@MONTH=7	1194.842	433.0426	2.759179	0.0067
C	-3395.926	4726.015	-0.718560	0.4738
<hr/>				
R-cuadrado	0.684042	Media		4119.116
Suma explicada	919.4721	Criterio de inf. Akaike		16.58849
Suma de residuales	1.03E+08	Criterio de inf. Schwarz		16.90820
Log likelihood	-1121.312	Criterio de Hannan-Quinn		16.71842
F	18.86621	Durbin Watson		1.914497
Prob(F)	0.000000	Jarque Bera		1.7570

**Anexo 16: Prueba de Bondad de cointegración para el modelo cuadrático y cubico**

Prueba de bondad ARDL		
Prueba	Valor	K
F	6.593376	1
Valores críticos		
Significancia	I0 Inferior	I1 Superior
10%	4.04	4.78
5%	4.94	5.73
2.5%	5.77	6.68
1%	6.84	7.84

**Anexo 17: Base de datos**

	PBIAGR	PBIPES	PBIMIH	PBIMINU	PBIELA	PBICNS	PBICOM	PBIOTS	PBITTL	PBITTD	KgCO2	KgCH4	KgN2O	TCO2	PEEMVH	DEM	PDISEL	PGNV	TERE	TEIN
Ene05	76.50	54.84	91.41	77.84	84.59	69.61	76.58	79.40	79.98	82.92	15386883.95	626.20	125.01	15386.88	2101542.73	1690012.21				
Feb05	78.42	51.46	87.32	75.99	78.09	73.47	75.29	82.39	80.13	84.45	11293553.13	459.43	91.70	11293.55	1949377.13	1609559.43				
Mar05	85.96	44.85	90.89	78.21	86.57	62.35	79.24	81.21	81.40	82.50	27224909.02	9998.08	361.79	27224.91	2153859.36	1712413.44				
Abr05	110.08	144.51	88.54	85.78	84.69	60.26	92.79	84.48	87.07	84.33	105233023.44	156782.74	3266.14	105233.02	2109382.88	1715998.68				
May05	125.50	196.74	89.65	92.66	87.13	64.02	97.58	88.26	92.14	85.44	208270737.71	217996.02	5008.01	208270.74	2177966.86	1756353.87				
Jun05	121.47	124.02	92.20	87.71	82.38	65.99	86.58	85.78	88.46	85.46	1821536685.14	225314.31	4926.56	182153.69	2060052.47	1679469.55				
Jul05	99.28	83.75	95.17	87.87	83.20	63.79	77.71	88.55	87.28	86.05	145245735.12	212361.75	4483.95	145245.74	2075879.63	1687914.97				
Ago05	76.16	27.82	95.54	83.11	85.75	72.27	73.12	82.99	82.99	85.98	220131880.17	223786.66	4138.43	220131.88	2143989.68	1723734.24				
Sep05	71.07	19.87	94.98	79.95	84.21	81.59	73.12	82.85	82.09	86.53	211578876.28	209979.64	4906.18	211578.88	2109198.35	1739768.47				
Oct05	71.39	27.17	103.91	82.34	87.81	74.48	76.12	84.80	84.80	87.09	198985098.56	195054.49	4576.10	198985.10	2200801.83	1783590.37				
Nov05	77.18	58.37	102.59	83.21	86.85	98.56	80.63	85.99	90.50	89.10	212973661.20	234944.40	5310.36	212973.66	2178060.17	1779060.19				
Ene06	80.88	50.62	88.55	79.52	84.57	79.44	81.79	88.16	84.63	89.91	20517018.28	835.23	166.78	20517.02	2106166.48	1749448.61				
Feb06	93.25	88.80	98.04	90.74	94.16	77.37	93.81	88.79	91.23	91.51	103307847.13	124106.73	2735.22	103307.85	2339490.07	1855369.53				
Abr06	125.34	91.53	95.30	84.29	88.28	73.10	101.00	89.75	91.78	90.55	108218848.76	135296.80	2949.71	108218.85	2193932.81	1818536.59				
May06	133.51	183.05	95.57	95.48	91.71	77.16	105.15	93.83	97.76	91.09	221397667.29	227132.97	5251.18	221397.67	2290937.87	1844493.08				
Jun06	123.87	175.13	95.68	95.38	88.38	80.31	95.84	91.40	95.07	92.07	181536361.22	229007.95	4980.03	181536.36	2214538.68	1810812.82				
Jul06	108.23	48.93	97.44	88.71	90.41	75.75	89.18	95.63	92.96	91.64	185502006.77	235965.26	5119.40	185502.01	2262814.81	1842527.94				
Ago06	91.18	30.41	96.47	92.82	92.48	90.70	86.27	91.24	91.55	93.30	213923371.94	229063.72	5224.46	213923.37	2302951.09	1864593.72				
Sep06	80.14	26.46	94.32	88.59	91.03	89.05	81.78	90.16	88.77	92.56	259254295.92	231886.91	5610.48	259254.30	2263273.97	1872416.30				
Oct06	79.73	30.80	97.87	92.13	94.95	91.44	88.09	93.05	92.18	93.53	156314278.33	198045.10	4301.06	156314.28	2354869.61	1920599.53				
Nov06	82.86	158.58	97.70	95.74	93.93	103.14	91.39	92.99	94.79	93.91	124556807.63	174446.54	3689.60	124556.81	2351488.34	1927242.18				
Dic06	83.39	149.31	98.77	96.43	97.74	116.97	92.11	101.67	99.42	94.76	99058004.75	144059.01	3018.28	99058.00	2430784.64	1968142.98				
Ene07	81.38	67.68	91.98	94.90	99.00	78.56	87.84	89.51	89.95	95.12	53776337.75	77251.73	1622.95	53776.34	2460063.58	1970617.89				
Feb07	86.28	60.02	85.93	85.52	91.75	79.32	92.60	91.32	88.68	95.18	94499690.87	140541.84	2928.56	94499.69	2276531.61	1930832.81				
Mar07	98.55	61.04	100.12	95.45	102.63	86.88	102.39	95.30	96.72	97.37	126939037.69	168017.93	3605.99	126939.04	2549350.98	2054990.15				
Abr07	124.12	124.62	94.50	94.28	97.94	79.48	90.65	98.41	96.64	96.31	65927570.19	69105.97	1585.64	65927.57	2424761.04	2038324.70				
May07	147.34	214.38	98.63	109.47	101.17	96.18	96.31	99.58	104.74	98.86	116122617.19	164351.72	3466.94	116122.62	2520198.36	2049357.85				
Jun07	132.95	182.53	95.37	105.07	97.59	91.05	100.68	97.56	101.26	98.77	164662206.00	216910.45	4661.31	164662.21	2442979.60	2031497.25				
Jul07	102.53	46.98	102.60	99.83	100.35	97.41	107.74	104.95	102.53	100.60	148075963.93	204702.30	4343.59	148075.96	2513727.02	2062076.99				
Ago07	86.21	33.90	104.31	98.49	99.98	107.83	105.59	100.48	100.11	101.16	169047380.48	212863.32	4629.65	169047.38	2504686.69	2060629.51				
Sep07	82.22	28.49	104.31	96.63	97.68	103.41	101.57	104.19	100.23	102.25	170002965.76	201596.06	4458.58	170002.97	2440308.51	2054056.75				
Oct07	82.61	34.70	108.24	103.96	103.23	109.44	107.90	102.15	103.15	103.11	163986025.20	218923.65	4687.83	163986.03	2576085.20	2139414.04				
Nov07	86.05	194.40	101.41	110.90	102.31	112.29	99.42	103.37	104.11	103.62	108375141.13	153935.62	3243.51	108375.14	2548123.37	2133397.69				
Dic07	89.76	151.27	112.61	105.49	106.38	158.14	107.30	113.17	111.88	105.26	112924042.02	143972.91	3120.67	112924.04	2686231.18	2191890.75				
Ene08	88.85	77.43	94.38	103.78	107.49	95.03	99.37	97.92	98.51	105.34	146817444.40	139267.43	3300.15	146817.44	2672664.21	2175567.11				
Feb08	89.39	63.42	102.25	101.35	103.93	99.48	105.24	99.74	100.71	107.37	70473523.86	82102.32	1824.76	70473.52	2592805.85	2192992.61				
Mar08	102.39	69.26	104.31	105.58	110.79	101.20	110.01	102.26	104.12	106.29	60522438.48	59449.56	1392.16	60522.44	275737.67	2259497.98				
Abr08	135.23	196.63	102.83	113.49	107.45	113.17	108.21	106.07	110.29	109.57	84359575.91	119968.38	2526.88	84359.58	2679772.71	2247189.64				
May08	154.57	135.62	106.88	114.61	108.49	112.97	105.68	106.74	112.12	107.49	172749659.29	169027.79	3964.84	172749.66	2718033.21	2277943.10				
Jun08	150.60	187.42	107.60	115.97	106.30	111.37	112.85	104.97	112.21	110.19	219794008.62	202951.40	4552.71	219794.01	2672799.96	2235815.89				
Jul08	115.31	45.89	110.63	109.59	108.07	117.61	119.82	112.06	112.32	110.14	270012979.18	221647.93	5277.56	270012.98	2697444.09	2240902.64				
Ago08	95.24	38.01	112.35	103.39	109.18	122.13	119.40	108.01	108.92	109.77	325033265.60	244243.15	6296.15	325033.27	2741761.86	2290539.60				
Sep08	87.64	34.09	110.28	107.26	107.57	129.66	117.16	112.12	110.73	110.99	318782641.66	238814.16	6164.23	318782.64	2703003.70	2278048.20				
Oct08	88.86	41.92	113.09	110.50	111.22	133.88	116.12	110.12	111.64	110.53	221304702.34	215984.30	5071.99	221304.70	2799296.84	2323267.22				

Nov08	92.36	172.91	116.02	109.47	106.96	121.93	104.05	110.05	110.66	109.86	177467580.45	202629.82	4532.07	177467.58	2686207.10	2241254.45
Dic08	95.58	173.95	116.91	108.34	109.56	143.38	113.69	121.38	117.49	109.77	203218838.35	199688.60	4678.12	203218.84	2743579.08	2230311.57
Ene09	85.53	66.14	110.15	104.19	111.10	98.80	103.68	103.01	110.20	110.20	105814483.00	3097.20	105814.48	2776176.46	2279504.99	
Feb09	93.68	53.66	99.17	95.69	102.34	102.43	101.14	104.83	101.02	109.25	136330178.09	145153.43	3457.43	136330.18	2560375.03	2175092.27
Mar09	108.71	40.67	107.73	99.79	112.73	115.52	107.30	109.09	107.12	109.15	114858039.86	145708.20	3162.03	114858.04	2823250.33	2280050.59
Abr09	137.70	134.16	104.89	96.93	107.93	113.73	105.18	111.29	108.81	108.75	78840953.02	54269.41	1448.13	78840.95	2701142.62	2266823.29
May09	163.61	262.24	108.89	109.94	110.47	109.56	110.61	111.31	114.22	110.00	109782154.32	134462.15	2946.52	109782.15	2771746.55	2287429.06
Jun09	139.33	130.66	105.92	99.64	104.82	110.74	110.61	109.36	108.89	107.74	16754926.56	199890.51	4415.71	16754.93	2613406.73	2170292.73
Jul09	115.80	47.04	109.02	94.34	105.74	127.36	116.65	112.96	110.72	109.24	169784516.43	215867.35	4682.79	169784.52	2662990.20	2152165.19
Ago09	97.77	39.18	114.84	95.83	109.00	128.25	118.63	112.46	109.80	110.87	199850582.33	216794.38	4924.14	199850.58	2752528.99	2273002.46
Sep09	89.33	36.00	109.70	99.22	108.34	131.04	117.07	116.16	110.87	110.82	205234403.00	209808.17	4854.23	205234.40	2729490.93	2276798.46
Oct09	90.00	40.88	114.21	102.83	111.17	143.46	118.87	114.15	112.96	111.74	178496937.81	205842.78	4590.04	178496.94	2805386.60	2303381.97
Nov09	95.38	182.97	113.33	108.14	110.92	134.85	108.57	114.95	113.62	112.95	193217665.30	199491.84	4599.53	193217.67	2806223.12	2312714.79
Dic09	96.35	160.31	111.53	109.26	116.18	185.77	118.50	127.88	122.43	113.86	11922231.42	180965.36	3757.02	119222.23	2942018.27	2381991.96
Ene10	93.19	81.95	110.23	102.03	116.50	98.35	104.43	108.40	106.15	113.68	142150731.56	180838.14	3921.60	142150.73	2945292.43	2395906.93
Feb10	94.33	54.53	102.74	98.71	108.48	114.82	110.25	109.33	106.15	115.20	151056343.14	179483.84	3967.68	151056.34	2737746.07	2304651.02
Mar10	113.31	54.09	106.50	111.47	121.41	132.37	120.49	115.99	115.83	116.93	164226171.36	205220.72	4566.52	164226.17	3053569.58	2477469.78
Abr10	145.25	43.08	105.78	107.53	116.52	137.81	119.39	119.22	117.48	117.43	163367951.16	154392.92	4361.95	163367.95	2939283.74	2484565.87
May10	163.62	185.57	109.36	120.09	118.95	132.44	118.69	120.92	123.03	118.67	180307283.46	193837.06	5033.84	180307.28	3008061.75	2467882.22
Jun10	145.84	190.69	116.97	119.30	116.16	142.38	126.29	119.03	123.16	121.48	191811523.50	216272.10	5435.90	191811.52	2940931.41	2442606.38
Jul10	120.21	70.10	112.06	111.60	117.57	140.32	131.27	125.93	121.89	120.32	204210554.62	218329.62	5663.52	204210.55	2977969.71	2441791.32
Ago10	97.36	36.80	110.56	109.73	118.39	151.81	133.81	122.47	119.61	120.52	208975518.59	210780.57	5682.82	208975.52	2997510.14	2473802.21
Sep10	92.66	43.87	108.48	112.61	116.03	168.50	134.46	126.31	122.29	122.18	189549561.76	208561.02	5345.04	189549.56	2940455.18	2451904.29
Oct10	94.71	40.65	115.50	118.29	121.81	165.99	132.67	124.22	123.84	122.87	198978036.86	212332.70	5627.20	198978.04	3061281.16	2506753.79
Nov10	101.93	83.53	111.99	119.99	120.68	172.29	124.04	124.95	123.76	123.22	206151623.78	215585.16	5659.03	206151.62	3027242.95	2524411.68
Dic10	106.94	75.03	115.91	115.19	124.61	207.44	134.93	139.00	132.10	122.65	191329429.65	208825.20	5434.76	191329.43	3123794.85	2560406.73
Ene11	100.04	119.10	111.52	117.66	126.17	110.87	117.07	118.88	116.61	124.70	181208162.40	210690.36	5632.23	181208.16	3204496.66	2603458.76
Feb11	100.68	81.54	100.46	110.65	117.51	121.39	123.65	119.74	114.95	124.76	135224844.24	144160.72	4123.63	135224.84	2990079.29	2501201.33
Mar11	113.98	78.62	111.03	124.56	130.58	136.07	132.72	126.01	125.02	125.67	124733602.03	152359.10	3410.04	124733.60	3308575.33	2662952.06
Abr11	154.84	255.16	100.49	123.01	124.86	131.59	131.05	128.47	126.56	127.02	123645538.11	84052.45	3292.43	123645.54	3157102.96	2637878.53
May11	163.57	179.67	111.35	129.08	132.88	129.45	130.31	130.03	130.03	125.79	161694476.34	175693.58	5059.96	161694.48	3271771.53	2676844.29
Jun11	149.25	125.35	111.30	123.46	125.83	132.57	136.94	127.16	126.94	125.56	192595023.64	210899.90	5847.24	192595.02	3186937.70	2632897.17
Jul11	135.22	95.54	110.86	121.93	125.93	146.42	142.19	133.76	129.39	127.22	177282093.99	200923.73	5481.41	177282.09	3222711.98	2619778.18
Ago11	103.38	55.26	114.20	121.73	127.40	151.09	144.48	130.34	127.44	128.06	176689797.00	184418.08	5134.13	176689.80	3261095.61	2652459.91
Sep11	94.94	52.76	113.20	119.04	124.85	159.37	146.19	133.94	128.31	128.37	96910839.30	49478.56	3822.73	96910.84	3164611.96	2631048.79
Oct11	99.63	52.16	114.70	120.22	130.25	180.26	143.54	131.53	129.42	128.52	121358404.98	134199.56	3806.13	121358.40	3291404.57	2694352.46
Nov11	107.13	110.01	113.77	123.68	129.11	174.67	132.42	132.85	129.64	129.62	116625271.75	147003.25	3849.41	116625.27	3266363.74	2687409.55
Dic11	102.81	262.84	121.81	128.35	133.00	250.20	144.32	148.84	143.60	132.47	121888489.19	138610.13	4088.46	121888.49	3376216.01	2764308.73
Ene12	104.33	83.89	109.50	121.29	134.09	128.05	126.14	127.91	122.82	131.25	201020456.62	111702.75	3671.42	201020.46	3371390.72	2753199.66
Feb12	104.39	54.19	104.58	115.50	126.73	139.63	135.94	129.05	122.92	132.15	70610605.00	21952.17	1759.33	70610.60	3221143.16	2689253.24
Mar12	117.56	49.53	118.67	123.35	138.46	164.75	142.73	134.82	132.13	133.32	86245932.25	12255.40	1775.70	86245.93	3510902.54	2836476.28
Abr12	153.21	66.51	106.72	116.30	131.81	151.60	139.46	136.92	130.16	131.31	73543741.53	50102.05	2246.38	73543.74	333762.62	2805671.15
May12	185.50	180.11	115.15	129.07	136.47	160.08	138.18	138.87	138.81	134.64	119091892.26	154325.74	4061.25	119091.89	3457159.22	2816021.10
Jun12	168.61	160.82	116.26	125.78	131.88	161.87	147.18	136.06	136.28	135.00	130385375.59	156688.20	4366.07	130385.38	3332315.54	2764127.68
Jul12	137.28	108.68	117.55	125.83	134.56	172.09	152.51	144.00	138.55	135.81	194920482.04	196646.15	6063.94	194920.48	3413354.51	2791990.02
Ago12	108.26	40.56	117.24	125.81	136.26	185.87	154.59	140.32	136.19	136.26	204469469.90	196654.80	6251.09	204469.47	3470094.22	2844806.45
Sep12	99.74	48.28	117.12	123.26	131.46	189.24	155.33	143.59	136.75	136.79	187287751.67	130594.04	5333.66	187287.75	3347675.60	2759466.33
Oct12	104.99	51.37	114.31	127.15	135.83	209.19	152.63	142.56	138.73	137.01	167886664.65	161202.18	5703.85	167886.66	3466612.36	2808976.53



Nov12	109.43	49.41	114.06	126.66	136.49	201.44	141.22	143.40	137.25	136.93	162.88844.04	173368.91	5886.22	162.888.84	3477601.77	2852611.37	117.31	91.04	100.66	104.67
Dic12	116.08	101.57	120.91	123.09	139.26	252.68	155.54	160.16	148.24	136.88	154676073.70	1601533.16	5544.22	154676.07	3583053.36	2899003.11	116.92	96.78	99.69	105.49
Ene13	111.12	103.64	107.00	126.51	142.07	151.51	132.83	136.46	130.27	139.35	136440952.35	106721.92	4364.83	136440.95	3620469.56	2939434.57	111.85	103.95	99.82	103.96
Feb13	111.31	58.87	104.52	114.64	131.51	155.37	143.69	137.93	128.86	139.38	182221416.89	176999.03	5697.85	182221.42	3348450.87	2822217.01	111.85	104.04	102.02	104.84
Mar13	126.75	52.54	116.82	123.52	143.87	171.43	148.92	142.56	136.60	138.94	188093308.66	192191.79	6561.26	188093.31	3659716.17	2963402.80	116.09	103.10	101.91	107.57
Abr13	153.92	56.79	114.62	129.66	139.67	198.71	150.05	146.98	141.48	142.08	196649806.72	163403.83	6788.88	196649.81	3561258.87	2947743.72	115.54	102.84	101.70	108.08
May13	181.90	141.06	120.52	125.40	143.98	175.49	147.29	147.49	144.68	141.59	176449806.72	167685.36	6313.14	176449.81	3676057.45	3032554.73	110.09	101.99	97.91	101.66
Jun13	170.81	170.58	126.80	134.44	139.73	174.09	154.47	144.08	144.34	143.37	167340784.79	174360.94	6112.97	167340.78	3568498.28	2959956.71	109.55	100.42	99.60	104.74
Jul13	134.76	88.84	125.10	126.86	143.38	207.21	159.37	152.99	145.94	143.27	211823080.19	212390.76	7111.58	211823.08	3651217.47	2969755.11	112.86	99.22	100.13	105.98
Ago13	109.07	60.71	129.09	127.99	143.03	199.33	163.23	149.40	143.79	143.80	17353292.81	198143.77	6035.95	173533.29	3634272.69	2995798.97	112.25	98.69	102.45	108.61
Sep13	103.41	61.35	119.35	131.61	139.23	182.46	163.00	153.76	143.55	143.53	127106505.46	161148.92	4379.94	127106.51	3543217.60	2948185.64	117.79	98.58	102.45	108.58
Oct13	111.37	63.29	122.05	135.01	145.31	218.19	162.29	152.79	147.50	144.80	144134604.94	164684.46	5225.76	144134.60	3702201.16	3033847.10	117.74	97.90	102.53	108.64
Nov13	117.63	192.31	123.39	142.61	142.89	210.56	150.70	151.86	147.50	146.37	201748256.82	206207.31	6953.94	201748.26	3641356.76	3027510.49	115.29	96.82	102.63	106.54
Dic13	118.11	191.21	129.81	138.54	146.42	261.67	166.63	170.44	158.80	146.12	233763768.55	227926.52	7723.21	233763.77	3752964.91	3078344.48	114.68	96.66	102.58	107.60
Ene14	114.23	84.90	113.07	126.13	149.16	157.91	139.05	145.96	135.85	145.46	178395304.12	186832.21	5981.52	178395.30	3799873.11	3072550.71	114.91	97.00	100.50	104.27
Feb14	110.37	68.37	112.44	119.10	139.57	168.53	151.25	146.94	135.72	146.35	103453567.43	74467.54	3551.70	103453.57	3559166.06	2989429.39	114.39	97.06	104.73	110.85
Mar14	128.72	51.55	118.65	132.18	152.69	176.47	157.20	152.19	143.96	146.11	95032970.76	88755.64	3068.93	95032.97	3898987.70	3128641.00	115.55	96.56	104.78	110.28
Abr14	162.73	89.62	109.14	127.83	146.47	186.11	155.32	156.27	145.54	145.37	740336661.88	52386.77	2541.94	740336.66	3721197.75	3095846.87	114.85	95.55	106.58	113.61
May14	182.93	126.66	118.11	126.67	151.14	184.32	153.51	156.09	148.40	146.40	85208943.01	32769.03	2968.08	85208.94	3865307.32	3125842.26	113.84	94.07	106.81	114.87
Jun14	165.47	119.22	119.11	121.98	146.40	178.58	162.99	152.74	144.87	145.07	83820424.03	24460.12	3186.19	83820.42	3727026.48	3046749.06	113.41	93.29	106.85	114.69
Jul14	137.40	94.71	122.58	120.19	149.54	202.47	166.09	161.51	148.23	145.94	83840885.97	24191.00	3233.91	83840.89	3800510.04	3082975.77	111.69	92.26	106.58	114.89
Ago14	114.45	44.35	123.96	123.80	149.06	191.83	168.50	157.67	145.76	146.59	53390901.62	15007.36	2009.90	53390.90	3792516.46	3092580.62	111.46	92.34	102.25	107.84
Sep14	105.25	39.83	115.69	128.19	146.06	195.23	171.43	162.82	147.42	147.29	42137163.42	11157.71	1501.77	42137.16	3724425.76	3060565.51	109.39	91.56	101.99	108.23
Oct14	110.73	53.75	126.02	130.09	152.14	210.70	169.02	161.76	150.90	147.26	45585888.81	13676.96	1704.47	45585.59	3892864.06	3172476.09	108.24	93.09	103.90	111.01
Nov14	121.79	56.11	124.02	122.62	149.35	218.38	156.40	160.22	147.75	146.99	39922855.02	11441.48	1492.90	39922.86	37211311.65	3164818.84	103.65	91.98	103.70	110.77
Dic14	120.50	65.38	123.12	122.09	152.72	279.91	174.16	180.56	160.17	146.62	43727461.02	11997.33	1610.23	43727.46	3939304.20	3208537.22	97.93	96.14	103.47	110.50
Ene15	112.09	64.94	119.83	117.46	155.99	153.44	143.99	153.91	137.95	148.12	48645460.11	24199.48	1752.49	48645.46	3999997.35	3233848.30	87.55	97.85	106.39	114.47
Feb15	113.91	60.32	110.31	113.99	144.62	152.43	156.32	154.19	137.37	147.90	37238007.30	9703.46	1308.07	37238.01	4702216.71	3088759.94	80.85	97.55	108.33	117.46
Mar15	131.72	60.70	129.22	126.42	160.64	162.96	163.39	161.03	148.15	149.91	44406890.03	29132.41	1554.62	44406.89	4120345.46	3296159.67	79.35	96.19	107.76	116.92
Abr15	162.13	218.22	119.43	135.30	153.96	169.94	160.80	164.10	151.73	151.00	42874106.65	11082.80	1495.23	42874.11	3941545.15	3292176.72	78.80	95.82	107.36	116.47
May15	189.79	155.99	120.33	122.53	158.64	159.73	159.26	164.00	150.43	149.09	47097774.76	27515.79	1575.38	47097.77	4049489.35	3317883.50	78.12	95.28	112.13	122.79
Jun15	146.20	59.20	136.47	119.66	157.24	187.24	173.26	169.76	153.63	151.41	56394933.75	15383.62	1699.86	56394.93	3989890.05	3274431.44	77.19	94.54	114.57	127.06
Ago15	116.91	39.78	132.05	121.64	158.64	176.24	175.27	165.28	149.83	150.68	50511341.94	12651.19	1710.97	50511.34	4016430.99	3322289.52	76.90	94.18	116.11	128.99
Sep15	110.93	41.29	130.86	123.32	155.65	185.88	178.48	169.68	152.39	151.91	130003833.80	53219.19	2759.67	130003.83	3932260.42	3292753.11	76.49	93.56	117.14	130.12
Oct15	117.20	49.08	140.26	126.18	162.82	208.34	175.84	168.91	155.91	153.09	135313937.54	131109.27	4625.27	135313.94	4161971.60	3413798.29	75.90	92.22	117.06	129.94
Nov15	123.39	83.59	138.36	124.71	160.14	204.12	162.88	168.13	153.68	153.35	130678635.97	141743.11	4310.54	130678.64	4095879.10	3394869.58	75.17	91.30	116.43	129.29
Dic15	124.83	119.35	151.53	128.53	167.82	281.33	180.44	189.21	170.54	154.63	156620389.62	182234.90	4914.81	156620.39	4359645.37	3579028.46	74.52	90.89	116.86	129.48
Ene16	119.18	91.14	129.47	114.20	169.24	149.33	147.70	161.57	142.94	153.46	281358440.47	196774.49	6518.35	281358.44	4346656.22	3552227.96	68.47	90.56	119.97	133.84
Feb16	115.81	48.90	136.34	113.90	165.15	160.62	161.63	162.75	146.12	155.94	90758527.57	24948.21	2266.99	90758.53	4246758.09	3526726.84	66.40	89.80	119.34	133.21
Mar16	131.78	49.19	150.08	120.43	174.16	168.58	167.24	168.76	153.69	156.00	97686974.65	99057.64	3179.25	97686.97	4437246.36	3685198.30	65.54	89.27	118.92	132.37
Abr16	168.02	49.95	146.51	117.48	167.97	172.24	165.80	172.23	155.95	156.51	118428386.61	141599.65	4105.61	118428.39	4278718.25	3631119.44	68.38	89.26	115.25	127.19
May16	191.16	51.51	160.06	111.44	169.66	168.60	162.91	171.97	157.96	156.58	143260342.17	162694.39	4589.23	143260.34	4318995.15	3632126.47	68.18	89.07	115.78	127.72
Jun16	180.15	83.56	153.85	117.87	162.66	165.55	172.26	168.03	156.38	156.29	167322834.44	161228.03	4801.92	167322.83	4121259.28	3527360.44	68.09	88.95	116.20	128.36
Jul16	144.40	120.32	155.73	120.74	172.39	175.37	177.23	175.38	159.38	156.83	192357138.33	202332.37	5543.70	192357.14	4260234.72	355975.41	72.04	88.88	116.41	128.43
Ago16	123.98	65.87	157.60	125.27	169.40	178.12	178.46	172.47	158.54	158.40	202422102.56	223527.03	5945.48	202422.10	4296809.12	3588027.49	71.94	88.56	117.57	130.53
Sep16	113.79	49.90	149.77	126.60	165.86	178.80	180.80	176.68	159.15	158.13	188295159.65	233882.94	5306.55	188295.16	4187758.43	3571760.75	72.33	88.38	117.73	130.85
Oct16	121.64	50.77	162.23	122.74	171.87	173.95	177.12	174.05	159.44	157.30	152033555.28	163582.80	4679.09	152033.56	4349957.63	3583610.73	72.11	88.01	118.16	131.36



Nov16 129.72 103.04 154.46 129.88 169.25 186.38 163.64 173.43 159.09 158.40 152538237.46 169606.33 4644.42 152538.24 4287877.31 3533246.55 75.40 87.76 121.73 136.81  
 Dic16 127.32 167.71 159.70 137.82 175.52 269.55 182.86 195.01 176.21 159.19 107073010.31 131116.50 3276.99 107073.01 4497969.74 3718973.67 75.61 87.47 121.78 137.02

Fuente: BCR, COES, MINAM

