



¿Cómo funciona el mercado de energía eléctrica?

Caracterización de la demanda de energía eléctrica en el sector residencial por estrato socioeconómico en Bogotá para el periodo comprendido entre 2005-2015

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO PROGRAMA DE ECONOMÍA
MARÍA FERNANDA SANDOVAL SÁNCHEZ
TUTORA: IRMA BAQUERO Dr. Sc.
20-NOVIEMBRE-2017

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| 1. Resumen..... | 3 |
| 1.1. Abstract..... | 3 |
| 2. Introducción..... | 4 |
| 3. Objetivos..... | 5 |
| 3.1. Objetivo general | 5 |
| 3.2. Objetivos específicos..... | 5 |
| 4. Descripción del mercado..... | 5 |
| 4.1. Oferta de energía eléctrica..... | 6 |
| 4.2. Demanda de energía eléctrica..... | 9 |
| 5. Funcionamiento de los subsidios cruzados de energía eléctrica..... | 10 |
| 6. Efectos de la implementación..... | 13 |
| 6.1. Efectos sobre el consumo de energía eléctrica..... | 13 |
| 6.2. Efectos sobre el acceso de energía eléctrica..... | 15 |
| 7. Marco teórico: caracterización de la demanda de energía..... | 18 |
| 8. Marco metodológico..... | 20 |
| 8.1. Descripción de variables..... | 21 |
| 8.2. Calculo de la tarifa media de energía eléctrica..... | 22 |
| 8.3. Calculo de la tarifa media de gas doméstico..... | 23 |
| 8.4. Sobre el ingreso promedio de los hogares..... | 23 |
| 8.5. Estimación de la demanda de energía por estrato..... | 24 |
| 9. Resultados..... | 26 |
| 9.1. Estrato 1..... | 26 |
| 9.2. Estrato 2..... | 27 |
| 9.3. Estrato 3..... | 28 |
| 9.4. Estrato 4..... | 29 |
| 9.5. Estrato 5..... | 30 |
| 9.6. Estrato 6..... | 31 |
| 9.7. Demanda residencial..... | 32 |
| 9.8. Comparación de resultados..... | 33 |
| 9.9. Interpretación económica de los resultados..... | 34 |
| 10. Conclusiones..... | 36 |
| 11. Referencias bibliográficas..... | 38 |
| 12. Anexos..... | 41 |

1. Resumen

La estructura de precios de energía eléctrica en Colombia está formada a partir de un esquema de subsidios y contribuciones que varía respecto al estrato socioeconómico de los consumidores. En este trabajo se caracteriza la demanda de energía eléctrica en el sector residencial, con el fin de establecer las diferencias que sugieren el cálculo de las elasticidades precio e ingreso de la demanda en cada estrato y de esta manera analizar el impacto de la tarifa de energía eléctrica y el ingreso promedio de los hogares sobre la demanda de energía para Bogotá, usando los datos proporcionados por el Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) y el DANE. La función de demanda se estima empleando datos mensuales desde 2005 hasta 2015. Los resultados a los que se llega señalan que la elasticidad precio de la demanda de energía es menor en los estratos bajos de Bogotá (1,2 y 3).

1.1 Abstract

The electric energy price structure in Colombia is formed from a scheme of subsidies and contributions that vary with the consumers' socioeconomic strata. In this work the demand for electric energy at the residential sector is characterized in order to establish the differences in price and income elasticities of demand for each strata and, in this way, to analyze the impact of electricity price and the average income of households on energy demand. We use data from the SUI and the DANE. The demand function is estimated using monthly data from 2005 to 2015. The results indicate that the price elasticities of energy demand is lower at the strata 1, 2 and 3 of Bogotá.

2. Introducción

La energía eléctrica es un servicio de primera necesidad para una sociedad, por tal razón los gobiernos han buscado herramientas y políticas que les permitan garantizar el acceso seguro a todos los miembros de una nación. Para el caso colombiano y más específicamente para el caso bogotano, la CREG estableció una estructura de subsidios y contribuciones, la cual consiste en realizar una redistribución parcial del ingreso, de tal manera que los estratos clasificados como aquellos de ingresos más altos, subsidian a aquellos estratos en los que sus recursos económicos no son suficientes. Esta estructura modifica las tarifas de energía que perciben los consumidores, y, por ende, afectan su comportamiento frente al consumo, razón que lleva a realizar preguntas tales como ¿en qué medida un cambio en la tarifa de energía eléctrica afecta los niveles de consumo de la misma? y posteriormente ¿qué consumidores son más sensibles a tales cambios, aquellos con ingresos altos o por el contrario los consumidores con menores recursos económicos?, estos cuestionamientos y otros, pueden surgir del análisis sobre el mercado de energía eléctrica residencial, demostrando la importancia de realizar una buena caracterización de la demanda en este mercado.

El mercado de energía eléctrica en Colombia es similar con el de otros países latinoamericanos, puesto que cuenta con una entidad reguladora y un solo ente encargado de comercializar la energía eléctrica en cada área geográfica del país, esto permite determinar con mayor facilidad el comportamiento de la función de demanda.

“Actualmente la entidad encargada de regular los precios del mercado de energía eléctrica es la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG), la cual define las tarifas principalmente en función de los costos de generación, transmisión, distribución y comercialización” (Pinzón, 2010.16)

En este trabajo se busca entonces, realizar una correcta estimación de la demanda de energía eléctrica diferenciada por la estratificación bogotana, esto se realiza basado en un modelo econométrico donde la demanda es función del precio medio de la energía, el ingreso promedio de los hogares, y el precio del gas como bien relacionado, finalmente se evaluarán las elasticidades precio e ingreso de la demanda de energía con fines comparativos entre los estratos.

3. Objetivos

31. Objetivo general

Identificar si las elasticidades ingreso y precio de la demanda de energía eléctrica son menores en los estratos uno (1), dos (2) y tres (3) de Bogotá en el período comprendido entre 2005-2015.

31. Objetivos específicos

- Calcular la tarifa media de energía eléctrica de los hogares por estrato socioeconómico, resaltando la implementación de subsidios y contribuciones, según corresponda.
- Describir el funcionamiento de los subsidios de energía eléctrica diferenciados por estrato socioeconómico en Bogotá para el periodo 2005-2015.
- Identificar el precio de las energías alternativas para el periodo de 2005-2015.
- Caracterizar la demanda de energía eléctrica en el sector residencial por estrato socioeconómico para el periodo 2005-2015.
- Calcular las elasticidades precio e ingreso de la demanda de energía eléctrica por estrato socioeconómico para el periodo 2005-2015.

4. Descripción del mercado

El mercado de energía eléctrica en Colombia es un mercado competitivo creado por la reforma eléctrica (leyes 142 y 143 de 1994), en el cual participan los generadores, transmisores, distribuidores, comercializadores y por último los usuarios regulados y no regulados, es decir, aquellos que consumen altas cantidades de energía eléctrica (XM, 2017). Para permitir la estructura competitiva dentro del mercado se admite la participación de agentes públicos y privados, los cuales se encuentran en el Sistema Interconectado Nacional para energía mayorista. Con el fin de atender la estructura competitiva, los generadores y los comercializadores pueden optar por dos tipos de contratos para realizar los intercambios: a) Contratos bilaterales; b) Contratos futuros.

Los contratos bilaterales se caracterizan por estar fuera de un mercado organizado, donde el riesgo se administra entre ambas partes, es decir, que el precio de la electricidad se

estable en común acuerdo entre ambas partes; por otro lado, los contratos futuros son transacciones que se dan entre los comercializadores y lo usuarios (Escudero y Botero. 2006,56), que se caracterizan por pertenecer a un mercado organizado y regulado, donde el riesgo lo administra una cámara de contrapartida.

El ente regulador es la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG), la cual se encarga de supervisar y atender todos los requerimientos que se presenten en el mercado.

4.1. Oferta de energía eléctrica en Colombia

La principal forma de generación eléctrica en Colombia es la generación hidráulica, la cual representa a datos del 2015, el 70.41% de la energía total generada, es decir, 10.918,8 MW de capacidad instalada para todo el territorio nacional, el otro 29.59% de la generación corresponde a otras fuentes de energía que se muestran en la figura 1. (UPME, 2015). Dado que Colombia cuenta con siete (7) meses de invierno donde los niveles de los embalses se mantienen relativamente altos, y cinco (5) meses de verano que corresponden a la temporada seca del país donde sucede lo contrario, el precio de la energía aumenta y disminuye respectivamente. Esto hace que la generación eléctrica en el país dependa en gran medida de las condiciones climáticas que se presenten durante un año y por ende el precio en bolsa por Kwh varié constantemente.

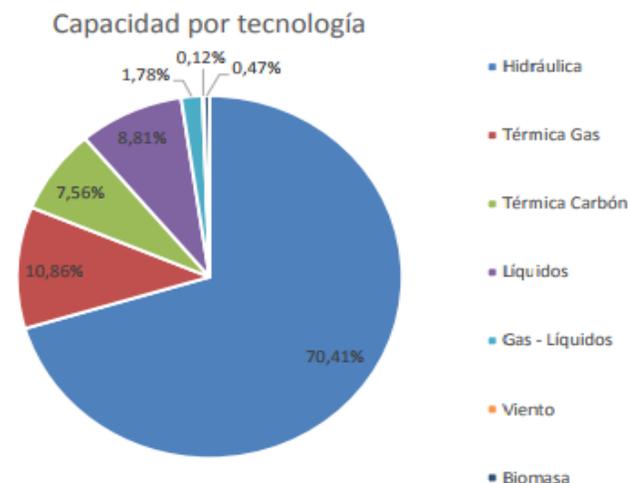


Figura 1: Capacidad total instalada
Fuente de datos: Sistema de información de XM
Fuente de gráfica: UPME (2015)

La necesidad de contar con un sistema que pueda soportar los niveles de demanda en condiciones climáticas de sequía, como el caso del fenómeno de El Niño, impulsó en 2006 la implementación del cargo por confiabilidad con el fin de garantizar sostenibilidad energética y evitar posibles racionamientos de energía.

“El cargo por confiabilidad consiste en esquema de remuneración, a través de la estabilización de los ingresos del generador, que permite hacer viable la inversión en los recursos de generación necesarios para atender la demanda de manera eficiente en condiciones críticas de abastecimiento hídrico”. (CREG, 2016,1). En primera instancia se estableció una aplicación ininterrumpida del Cargo por Capacidad durante diez años, el cual consistía en un mecanismo de remuneración para la capacidad de generación, que garantizaba un ingreso fijo anual por megavatio instalado, a un precio definido por el regulador, sin embargo no existía una obligación concreta de los generadores, asociada a esta remuneración, posteriormente la CREG diseñó un nuevo esquema basado en un mecanismo de mercado denominado Cargo por Confiabilidad, que opera desde el primero de diciembre de 2006.(CREG,2017)

Posterior a la generación, toma lugar la actividad de transmisión, la cual consiste en el transporte de altos niveles de voltaje a través del Sistema Interconectado Nacional (SIN), (Rendón, Gaviria y Salazar, 2011, 231), formando así un monopolio natural, en donde el estado es el encargado de supervisar el acceso a las redes por parte de cualquier usuario, comercializador o generador que desee entrar. El SIN contribuye al buen funcionamiento del mercado, dado que permite al generador tener acceso a la demanda y viceversa. También representa *“beneficios adicionales al poder optimizar la capacidad de generación de reserva para cubrir cualquier externalidad que se presente ante eventos en el campo de generación”* (Gaviria y Salazar, 2011,231).

Finalizado el proceso de transmisión inicia la fase de distribución, en este punto se transforman los altos niveles de tensión para ser llevados a los consumidores o usuarios finales mediante el Sistema de Transmisión Regional (STR) o el Sistema de Transmisión local (STL) (Gaviria y Salazar, 2011,231), similar al caso de la transmisión, la fase de distribución está conformado por un monopolio natural, donde el estado es el encargado de vigilar la calidad de este servicio.

Finalmente, en la fase de comercialización se da la compra y venta de electricidad en el Mercado de Energía Mayorista (MEM), este proceso se da entre los comercializadores y los usuarios finales, esta característica permite establecer dos tipos de estructuras para los intercambios; la primera es llamada el mercado regulado, dentro de esta modalidad se realizan los contratos futuros a través de la bolsa de energía, por ende estos contratos se dan entre el comercializador y los usuarios regulados; la segunda estructura es llamada el mercado no regulado, este tipo de mercado se da entre los usuarios no regulados y los comercializadores, esta forma de contrato surge como consecuencia de que los usuarios no regulados son aquellos que demandan fuertes cantidades de energía, y por ende, tienen la potestad de seleccionar su proveedor de energía estableciendo precios y cantidades de competencia para un periodo específico. Estas características permiten establecer que esta fase cuenta con una estructura competitiva, donde el estado se encarga únicamente de evitar la concentración del poder de mercado. (Gaviria y Salazar, 2011.231).

Para el caso descrito en este trabajo, se usa la estructura del mercado regulado, dado que la demanda residencial es considerada como usuarios regulados, puesto que no pueden contratar directamente su energía, sino que son atendidos a través de un comercializador que los represente en el mercado.

4.2. Demanda de energía eléctrica en Colombia

La demanda de energía eléctrica anual se encuentra en continuo crecimiento. Con excepción de la tasa de crecimiento negativa que se presentó en 2016, las tasas de crecimiento de los últimos años han sido positivas y estables. En 2005 se registró un crecimiento promedio anual del 4,10%. En 2015 la demanda del país ascendió a 66.115 GWh, registrando un crecimiento del 4,2%. (XM, 2017)

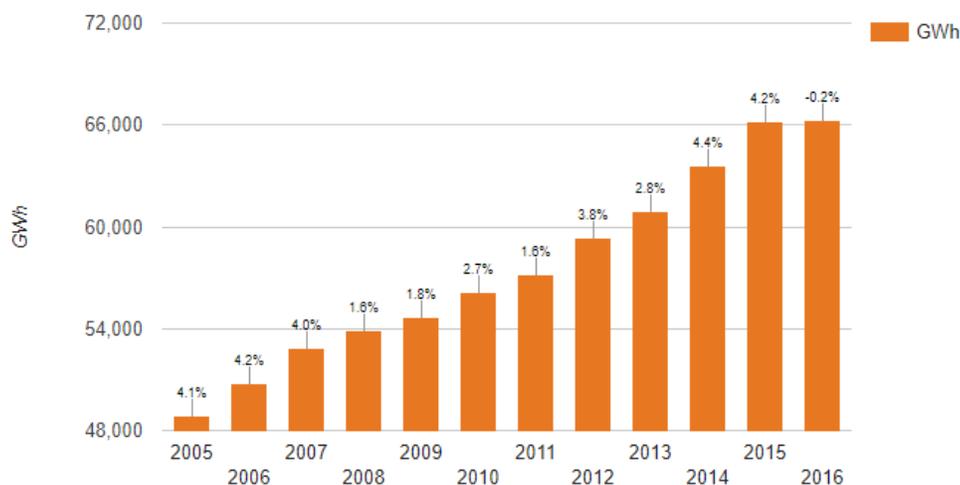


Figura 2: Comportamiento anual de la demanda de energía eléctrica en Colombia

Fuente de la gráfica: Sistema de información de XM (2017)

El crecimiento negativo de la demanda de energía en Colombia en el año 2016, puede corresponder a que se vio impactada durante el primer trimestre del año por las altas temperaturas ocasionadas por el fenómeno de El Niño. Otro aspecto importante en el comportamiento de la demanda de energía durante el año 2016, está relacionado con la aplicación de la resolución CREG 029 de 2016 “*Por la cual se define un esquema de tarifas diferenciales para establecer los costos de prestación del servicio de energía eléctrica a usuarios regulados en el SIN para promover el ahorro voluntario de energía*”. La cual fue difundida a través de la campaña denominada “*Ahorrar paga*”, impulsada por el gobierno nacional, la cual; derivó en un cambio de hábitos por parte de los usuarios regulados, generando así una disminución en la demanda de energía. (UPME, 2010)

Al establecer una comparación entre la economía y la demanda de energía eléctrica, es posible observar que el comportamiento de la demanda de energía eléctrica se encuentra estrechamente relacionado con el PIB, lo cual establece la importancia de la electricidad como insumo productivo, en la figura 2, se establece la relación entre el comportamiento trimestral del PIB y la demanda de energía eléctrica para el periodo comprendido entre marzo de 1995 y marzo de 2015

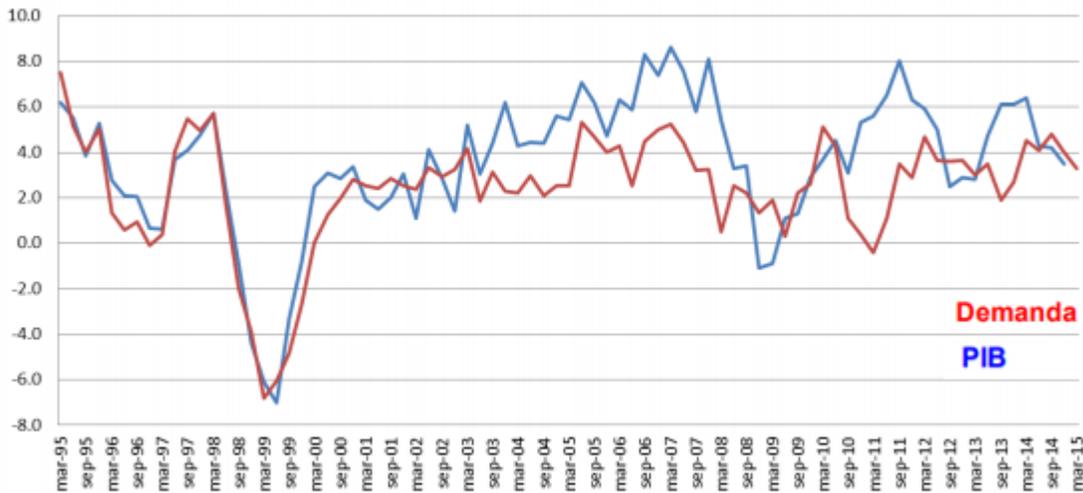


Figura 3: Capacidad total instalada
Fuente de la gráfica: Sistema de información de XM (2015)

Desde los inicios del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica en 1995, se observa una alta correlación entre ambas variables hasta el primer trimestre de 2003. Posteriormente, una dispersión de hasta el 2008. Sin embargo, a partir del año 2009 se vuelve a presentar un vínculo entre el PIB y la demanda de energía, con la salvedad de que la segunda se encuentra trasladada a la derecha con unos meses de diferencia. (UPME, 2010)

5. *Funcionamiento de los subsidios cruzados de energía eléctrica*

La estratificación es el procedimiento mediante el cual se establecen; zonas diferenciadas entre sí de acuerdo al hábitat, el ambiente, el paisaje urbano, el prestigio social y la calidad de vida residencial que ofrecen a sus moradores, entendiendo por calidad de vida el conjunto de condiciones económicas, sociales y culturales inherentes (DANE, 2016).

En el siguiente grafico se puede observar cómo están distribuidos los criterios de estratificación en el territorio bogotano.

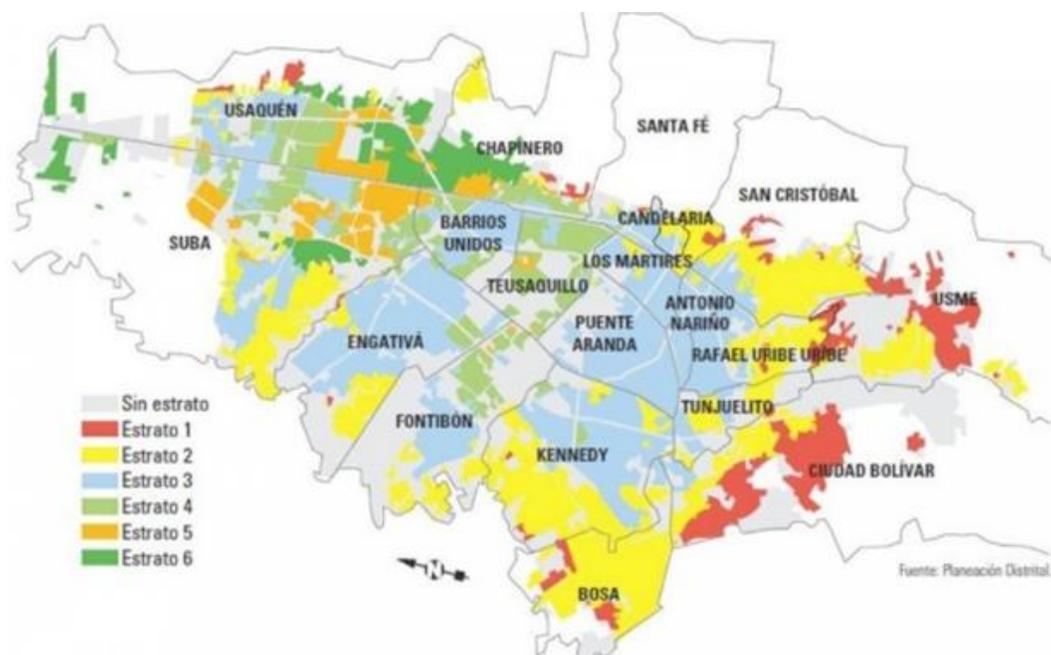


Figura 4: Distribución territorial de la estratificación en Bogotá
Fuente de la gráfica: Decreto 291 de 2013

La estratificación en Colombia comprende aspectos correspondientes a la vivienda, entorno urbano y conexión urbanística y están organizados de la siguiente forma:

| FACTORES | VARIABLES | UNIDAD DE OBSERVACIÓN | UNIDAD DE ANÁLISIS |
|----------------------|---|-----------------------|---------------------------|
| Vivienda | <ul style="list-style-type: none"> Tamaño de antejardín. Tipo de garaje. Diversidad de fachada. Tipo de puerta. | Lado de manzana | Lado de manzana o manzana |
| Entorno urbano | <ul style="list-style-type: none"> Tipo de vías. Tipo de andenes. Focos de afectación. | | |
| Contexto urbanístico | <ul style="list-style-type: none"> Zona de ubicación. | | |

Figura 5: Criterios de estratificación en Bogotá
Fuente de la gráfica: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)

La constitución de 1991 permitió la participación del sector privado en los servicios públicos, esto con el fin de suministrar a toda la población el acceso oportuno y eficiente a los servicios básicos, más adelante la Ley 142 de 1994 fijó los descuentos por régimen tarifario con el fin de realizar una redistribución de la riqueza, donde los usuarios residenciales de mayores ingresos entregarían una contribución solidaria a los usuarios con menores ingresos, este mecanismo lo realiza por medio de la herramienta de la estratificación. (Meléndez, 2008, p.6).

Posteriormente en la Ley 812 de 2003 (Plan Nacional de Desarrollo 2003-2006 “Hacia un Estado Comunitario”), modificó la política de subsidios, y estableció que los subsidios otorgados a los hogares que pertenecen a los estratos 1 y 2 aumentarían en igual proporción al Índice de Precios al Consumidor (IPC), política que entraría en vigencia entre los años 2004 y 2006, la Ley 1117 de 2006 extendió esta regla tarifaria para los estratos 1 y 2 hasta diciembre de 2010, fijando esta vez un tope de 60% y 50% al subsidio a la tarifa de los estratos 1 y 2 respectivamente. (Meléndez, 2008, p. 8).

Actualmente los subsidios están distribuidos de la siguiente forma: Estrato 1: 50%, Estrato 2: 40%, y Estrato 3:15%. (Teniendo en cuenta el consumo mínimo de subsistencia que es de 130 Kwh).



Figura 6: Monto anual de subsidios y/o contribuciones de energía en Bogotá
Fuente de la gráfica: Sistema de información de XM

El estrato 4 no cuenta con subsidio y a los estratos 5 y 6 se les factura una contribución del 20% sobre el consumo total. (Pinzón, 2010), dicha redistribución está fundamentada en que existe una supuesta correlación entre el nivel de ingresos y el nivel de consumo.

6. Efectos de la implementación de los subsidios cruzados sobre el acceso y el consumo de energía eléctrica en el sector residencial

La metodología que se utiliza es una comparación entre los niveles de consumo y acceso de energía eléctrica, antes y después de la implementación del régimen subsidiado de servicios públicos, en este aspecto se analiza el comportamiento para el periodo comprendido de 1991 a 2016, haciendo uso de los datos del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) y de la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG).

Es importante resaltar que los siguientes cálculos son elaboración propia y sus resultados son interpretados por el autor.

6.1 Efectos sobre el consumo de energía eléctrica

Antes de la implementación del régimen de subsidios y contribuciones en el sistema de servicios públicos colombiano, el consumo de energía eléctrica (medido en Kilovatio hora), se comportaba como se muestra en la figura 7. (Anexo I).

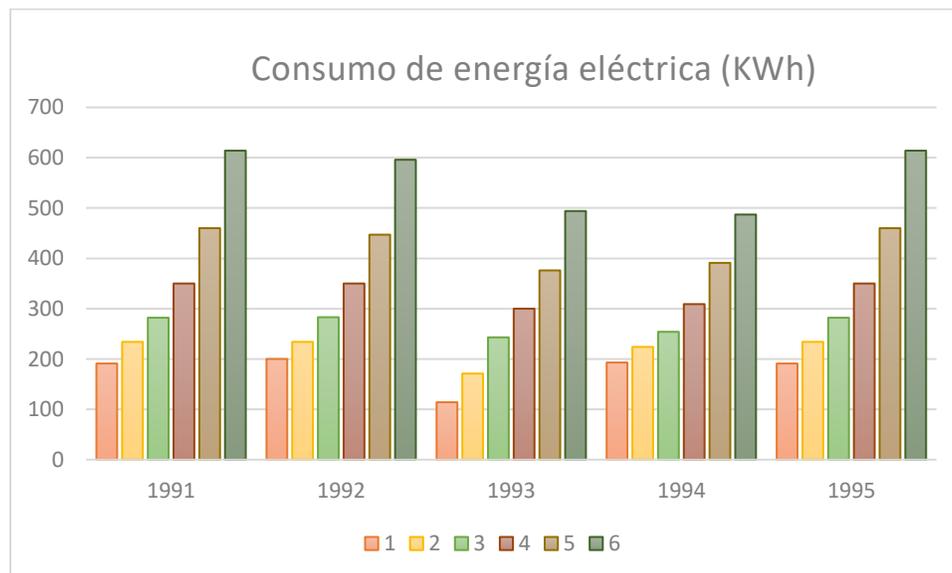


Figura 7: Bogotá: Consumo de energía eléctrica por estrato (kWh/año/hogar)
Fuente de la gráfica: Elaboración propia, Datos CREG

Analizando el gráfico, se puede observar que el consumo de la energía no tiene una tendencia creciente o decreciente, más bien, tiene un comportamiento irregular para cada estrato, esto puede deberse a la fuerte variación de los precios de la energía antes del cambio estructural establecido en la Ley 142, o a la crisis energética que sufrió el territorio colombiano en 1992 (provocada por el fenómeno de El Niño). (Parra, 2011).

Después de la inclusión del régimen de subsidios que entró en vigencia el primero de enero de 1995 y de todas las modificaciones que tuvieron repercusiones hasta 2005. (Meléndez, 2008, p.6) el nivel de consumo de energía eléctrica, empezó a comportarse como se muestra en la figura 8. (Anexo II).

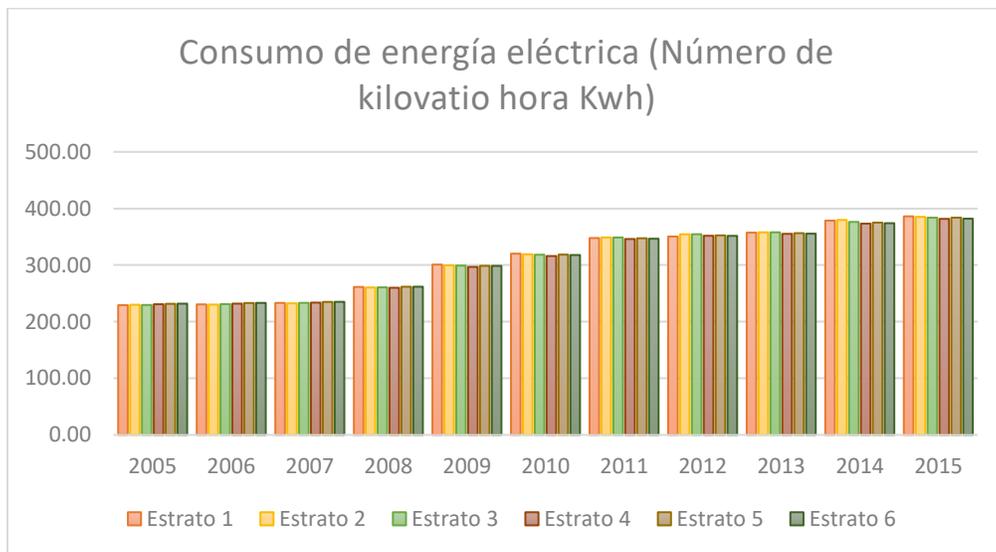


Figura 8: Consumo de energía eléctrica (kWh)/hogar
Fuente de la gráfica: Elaboración propia, Datos SUI

En el gráfico, se puede observar que el consumo de energía eléctrica tomo una tendencia creciente para todos los estratos, pasando de un consumo total promedio en 2005 de 230.5 kWh a 383.7 kWh por hogar en 2015, es decir que, en diez años transcurridos desde la última modificación en los subsidios a los servicios públicos, se presentó un aumento de aproximadamente el 66% del consumo total de energía eléctrica residencial en Bogotá.

Otro detalle importante dentro del análisis gráfico, es que a diferencia del periodo comprendido entre 1991 y 1995 los estratos no presentan diferencias sustanciales entre sí,

es decir, que los niveles de consumo para los años estudiados son relativamente cercanos en los seis estratos, evidenciando así el principio de equidad que buscaba implementar la nueva estructura tarifaria de 1994.

6.1 Efectos sobre el acceso de energía eléctrica

Antes de la implementación del régimen de subsidios y contribuciones en el sistema de servicios públicos colombiano, el acceso al servicio de energía eléctrica (medido en número de nuevos suscriptores por año), se comportaba como se observa en la figura 9. (Anexo III).

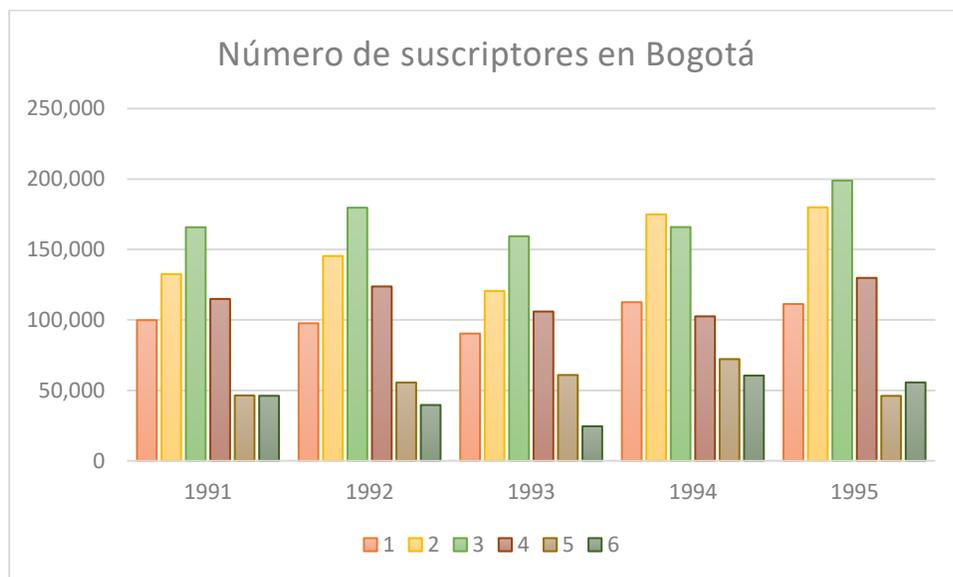


Figura 9: Número de suscriptores en Bogotá
Fuente de la gráfica: Elaboración propia, Datos SUI

No se evidencia en el gráfico ningún comportamiento tendencial creciente para ninguno de los estratos, es decir, que el número de nuevos suscriptores varía no solo con la situación energética del país, sino que también se ve influenciada por otros aspectos económicos relevantes, como lo son el PIB per cápita, el nivel de ingreso promedio y en ocasiones el nivel de empleo. (Foster, 2005)

En 2005 el número de nuevos suscriptores al servicio de energía incrementó drásticamente, este comportamiento es fácilmente observable en la figura 10. (Anexo IV).

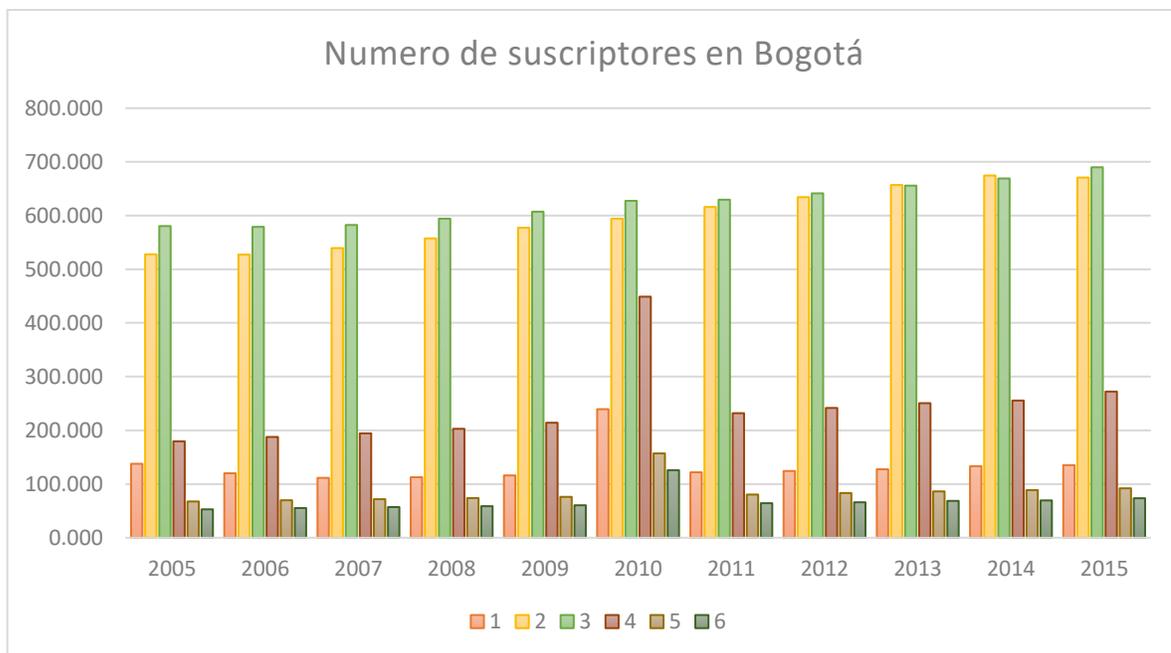


Figura 10: Número de suscriptores en Bogotá
Fuente de la gráfica: Elaboración propia, Datos SUI

Del gráfico anterior, cabe denotar el creciente aumento en el nivel de acceso en los estratos uno y dos; esto se debe a la implementación de la nueva estructura tarifaria de los servicios, esto es claramente visible puesto que ante un menor precio de la energía existen mayores posibilidades de accesibilidad al servicio, razón por la cual, estos estratos son los mayores beneficiarios. (Foster, 2005). Para el caso del estrato uno es diferente, porque su nivel de ingreso es muy bajo y pese al subsidio otorgado no cuenta con los recursos suficientes para acceder a este servicio, y por ende, su nivel de crecimiento en términos del número de nuevo de suscriptores no sube en la misma proporción que para los estratos dos y tres.

Para el caso del estrato cuatro se observa que el nivel de acceso permanece relativamente constante para los periodos estudiados, caso contrario, ocurre con los estratos cinco y seis, pues el número de suscriptores continua siendo relativamente bajo, en este caso es preciso hacer una aclaración, pues en Bogotá los barrios correspondientes a los estratos cinco y seis cuentan en su mayoría con acceso a energía eléctrica y por ende no han tenido un incremento sustancial en el último decenio. (cf. Foster, 2005).

Por último se estudia otro indicador de acceso, este es la cobertura de energía eléctrica (medido en porcentaje), establecido para el total de Bogotá. (Anexo V).

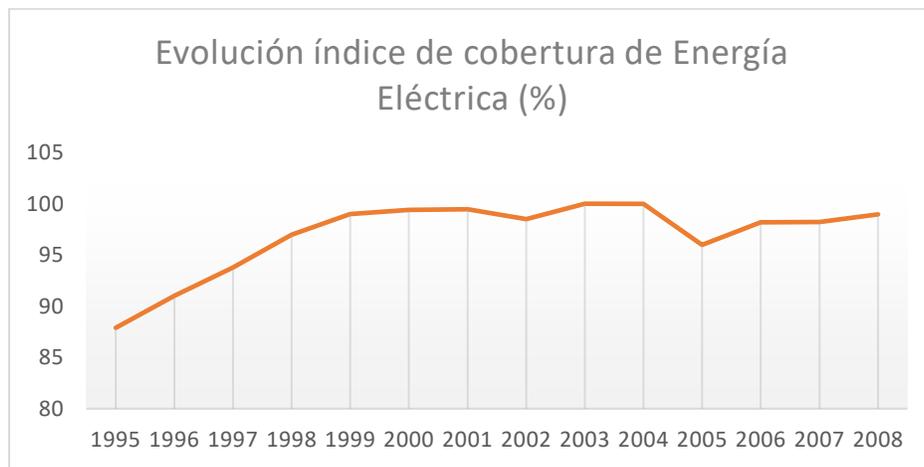


Figura 11: Evolución del índice de cobertura de energía eléctrica
Fuente de la gráfica: Elaboración propia, Datos CREG

El comportamiento creciente del gráfico evidencia el aumento progresivo del acceso de servicio de energía eléctrica en los hogares bogotanos desde la implementación de los subsidios y las contribuciones de 1994.

Con base en lo anterior es posible denotar que el nivel de consumo de energía eléctrica incrementó desde la implementación del régimen subsidiado en un 66% aproximadamente, y pasó a ser una estructura aparentemente más equitativa en la distribución de los recursos, pues desde 2005 se puede observar un consumo por hogar relativamente similar para todos los estratos de Bogotá.

Por otro lado el nivel de acceso al servicio de energía eléctrica aumentó significativamente en Bogotá, siendo los principales beneficiados los estratos dos y tres, esto representa un avance importante en las metas de reducción de pobreza del país, pues un aspecto significativo en la superación de la pobreza de una nación, es el nivel de acceso de los servicios públicos, el cual para Bogotá, está en aproximadamente el 98% de cobertura para toda la población.

7. Marco Teórico: Caracterización de la demanda de energía

El presente trabajo analiza la demanda de energía eléctrica en el sector residencial en Colombia por estrato socioeconómico. En este sentido, es preciso aclarar la teoría económica que se encuentra detrás de este concepto. Para empezar, existen diferentes enfoques económicos que caracterizan la demanda de energía eléctrica, entre los cuales se resaltan importantes trabajos como los de Fisher y Kaysen (1962), Houthakker y Taylor (1970), Taylor (1975) y finalmente Berndt y Samaniego (1984), dichos autores sugieren cuatro modelos determinantes para establecer esta relación. Para el caso colombiano se encuentra la propuesta metodológica de Medina y Morales (2007), que describe un modelo de demanda por servicios públicos en Colombia, la cual es basada en algunos de los trabajos anteriormente mencionados, evaluando el caso específico de los bloques de precios. A continuación se analiza cada modelo por separado, para luego establecer las conexiones entre las teorías.

El modelo de Fisher y Kaysen (1962) establece una diferenciación entre la demanda de energía eléctrica en el corto y el largo plazo, la primera consiste en la elección de una tasa de utilización de los bienes de capital (activos) que consumen energía eléctrica; y la segunda es una elección de la cantidad de dichos bienes de capital. A lo largo del artículo, los autores establecen que la demanda de corto plazo es la más indicada para este tipo de estimaciones, por tanto llegan a la siguiente función $\ln(D_t) = C + \alpha \ln(p_t) + \beta \ln(y_t) + \ln(w_t) + \varepsilon$, donde D_t es la cantidad de energía eléctrica consumida por los hogares, p_t el precio promedio de energía eléctrica medida en kilovatios por hora (Kwh), y_t el ingreso promedio per cápita de los hogares y w_t la suma del stock de elementos que consumen energía eléctrica.

El trabajo de Houthakker y Taylor (1970) define la demanda residencial de energía eléctrica en forma similar al modelo de Fisher y Kaysen (1962), pues considera una función de demanda log-log en la que intervienen variables como el precio de la energía y el ingreso promedio de los hogares, sin embargo establece nuevas contribuciones para la estimación, como el promedio de equipos de alto consumo de energía eléctrica y el precio marginal del gas para consumo doméstico, el cual es considerado un bien sustituto.

El modelo de Taylor (1975), distingue entre la demanda residencial de electricidad en el corto y en el largo plazo, tal como se hace en el modelo de Fisher y Kaysen (1962), pues considera que el corto plazo es determinado por la tasa de uso de los equipos electrónicos, y el largo plazo es definido por el cambio en el consumo energético causado por nuevas tecnologías que generen un menor gasto de kilo vatios por hora (Kwh). Su metodología establece funciones descritas de la siguiente forma:

En el corto plazo, el consumo de electricidad está definido como $q = u(x, \pi, z)s$, donde u es la tasa de uso de la potencia (s), medida en vatios [W], x es el nivel de ingresos, π es el precio de la energía eléctrica y z son otros factores influyentes, provenientes de aspectos económicos sociales y demográficos, por tanto la función correspondiente sería $q = (\alpha_0 + \alpha_1 \ln(x) + \alpha_2 \ln(\pi) + \alpha_3 \ln(z))s$.

En el largo plazo el stock deseado de activos que consumen energía eléctrica está determinado por $\hat{s} = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 \pi + \beta_3 (r + \delta)p + \beta_4 z$, en la cual x, π y z ya están definidas y r, δ y p son la tasa de interés del mercado, la tasa de depreciación del capital que consume energía eléctrica y el precio por vatio de adición, respectivamente.

El modelo de Berndt y Samaniego (1984), se basa en la teoría económica neoclásica que establece que la demanda de consumo está determinada por la función de precios, el ingreso y otras variables socioeconómicas; este trabajo propone un modelo log-log para la demanda de energía eléctrica, formulado de la siguiente manera $\ln E_t^* = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln(p_{it}) + \beta_y \ln(y_t)$, donde p_{it} es el precio de la energía eléctrica en el periodo t , (y_t) es el gasto total en energía eléctrica y β_i es la elasticidad precio de la demanda.

Por último se encuentra la propuesta metodológica de Medina y Morales (2007), la cual establece una estructura de precios por bloques, este tipo de estructura se caracteriza por ser no lineal, debido a la fijación de precios marginales diferentes, según sea el rango de consumo (definición establecida dentro del mismo artículo), teniendo esto, se establece el modelo de demanda energética de la siguiente forma $\ln(W_b) = Z_\gamma + \alpha \ln(p_b) + \beta \ln(y_n) + n + \varepsilon$, donde W_b es el consumo residencial observado en dinero de energía eléctrica, Z_γ son las variables exógenas que pueden determinar el consumo, p_b es el

precio marginal de la electricidad para este caso en bloques de precios, y_n es el ingreso del hogar y por ultimo n y ε son los términos de error

En los modelos mencionados anteriormente se puede observar varias similitudes en términos del objetivo, la metodología y los resultados; en cuanto al objetivo es posible establecer que todas las teorías buscan realizar la mejor caracterización de la energía eléctrica en el sector residencial, haciendo uso de variables semejantes como lo son el precio de la energía eléctrica y el ingreso de los hogares, así mismo plantean sus hipótesis sobre un modelo log-log, con el fin de corregir problemas de heterocedasticidad y estimar las elasticidades precio e ingreso de la demanda de energía, en cuanto a los resultados de los trabajos se encuentra que el estudio de significancia de sus respectivas variables es positivo, es decir, que las variables analizadas en cada modelo resultan ser estadísticamente significativas, adicionalmente se establece a partir de diferentes metodologías como mínimos cuadrados ordinarios, modelos VAR y bloques de precios que el ingreso de los hogares tiene una relación positiva con la demanda de energía eléctrica en el sector residencial y el precio de la energía eléctrica tiene un efecto negativo sobre dicha demanda.

8. Marco Metodológico

Para la estimación del presente trabajo investigativo, se utilizaran los datos del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) el cual contiene los datos mensuales de forma desagregada por estrato socioeconómico y ubicación geográfica; adicionalmente la información correspondiente a los ingresos de los hogares fue tomada del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), los datos serán recolectados de forma mensual para el periodo de 2005-2015, conformando así un panel de datos.

La metodología consiste en la estimación de la demanda de energía eléctrica en cada estrato socioeconómico de Bogotá, haciendo uso del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y corrigiendo heterocedasticidad y autocorrelación por el método de White, las variables que se tendrán en cuenta para este estudio consisten en el precio de la energía eléctrica (considerando que este tiene un comportamiento de bloques de precios),

el ingreso de los hogares y el precio de las energías alternas. El modelo para caracterizar la demanda en cada estrato es $Ln (D_t) = C + \alpha Ln (p_t) + \beta Ln (y_t) + Ln (P_G) + \varepsilon$

D_t es la cantidad de energía eléctrica consumida por los hogares, p_t el precio promedio de energía eléctrica medida en kilovatios por hora (Kwh), y_t el ingreso promedio per cápita de los hogares y P_G es el precio promedio del gas residencial, se plantea un modelo log-log con el fin de corregir problemas de heterocedasticidad y estimar las elasticidades precio e ingreso de la demanda de energía.

Adicionalmente las variables del ingreso, el precio de la energía y el precio del gas se trabajaran en términos reales, utilizando para esto el IPC total anual.

Por último se estiman las elasticidades precio e ingreso de la demanda de energía con el fin de evaluar el impacto de estas variables sobre la demanda y observar el comportamiento de dichas elasticidades para cada estrato socioeconómico.

8.1 Descripción de variables

| Variable Dependiente | |
|---|--|
| Demanda de energía (D_t) | Corresponde al consumo promedio de un usuario en el periodo reportado |
| Variables Independientes | |
| Ingreso real promedio por hogar y_t | Corresponde al valor en \$COP de los ingresos laborales netos mensuales por hogar |
| Para el cálculo de la tarifa media de energía eléctrica | |
| Valor facturado por unidad | Corresponde al costo nominal en \$COP de un kWh consumido por hogar |
| Subsidio/contribucion | Corresponde al valor nominal facturado en pesos debido al subsidio o contribución, total por estrato |
| Número de suscriptores | Corresponde al conteo de los diferentes NUID (número único de identificación del domicilio) asignados por la empresa. Se calcula al mayor nivel de desagregación. |
| Tarifa media real de energía eléctrica (p_t) | Tarifa que se calcula con elaboración propia, con el fin de establecer un precio medio que incluya los niveles de consumo y de subsidios o contribuciones, según corresponda. Finalmente se transformara a terminos reales |

| Para el cálculo de la tarifa media de Gas Natural Doméstico | |
|---|--|
| Valor facturado por unidad | Corresponde al costo nominal en \$COP de un metro cubico consumido por hogar |
| Subsidio/contribucion | Corresponde al valor nominal facturado en pesos debido al subsidio del gas o contribución, total por estrato |
| Número de suscriptores | Corresponde al conteo de los diferentes NUID (número único de identificación del domicilio) asignados por la empresa. Se calcula al mayor nivel de desagregación. |
| Tarifa media real de gas domestico (P_G) | Tarifa que se calcula con elaboracion propia, con el fin de establecer un precio medio que incluya los niveles de consumo y de subsidios o contribuciones, según corresponda. Finalmente se transformara a terminos reales |

8.2 Cálculo de la tarifa media de energía eléctrica

Para efectos del presente trabajo se calculó una tarifa media por kWh consumido, como precio de la energía eléctrica, con el fin de establecer un precio que incluya los subsidios y contribuciones que perciben los usuarios en cada uno de los diferentes estratos, Adicionalmente se debe considerar las distorsiones que se generan debido al consumo mínimo vital, que actualmente corresponde a 130 kWh. La fórmula difiere entre los diferentes estratos y se plantea como se muestra a continuación

- Para los estratos uno (1), dos (2) y tres (3)

$$p_t = \frac{(\text{valor por unidad} * \text{promedio de consumo}) - \left(\frac{\text{Subsidios}}{\text{número de suscriptores}}\right)}{\text{promedio de consumo}}$$

- Para el estrato cuatro (4), la tarifa media corresponderá al mismo valor facturado por unidad, tomado del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI).

- Para los estratos cinco (5) y seis (6)

$$p_t = \frac{(valor\ por\ unidad * promedio\ de\ consumo) + \left(\frac{Contribuciones}{número\ de\ suscriptores}\right)}{promedio\ de\ consumo}$$

8.3 Cálculo de la tarifa media de gas doméstico

Así como fue necesario el cálculo de una tarifa media de energía, también es necesario realizar el mismo procedimiento para el precio del gas, pues presenta la misma estructura de bloques de precios, es decir, está configurada por los subsidios cruzados, esta fórmula difiere entre los diferentes estratos y se plantea como se muestra a continuación

- Para los estratos uno (1), dos (2) y tres (3)

$$P_G = \frac{(valor\ por\ unidad * promedio\ de\ consumo) - \left(\frac{Subsidios}{número\ de\ suscriptores}\right)}{promedio\ de\ consumo\ de\ gas}$$

- Para el estrato cuatro (4), la tarifa media corresponderá al mismo valor facturado por unidad, tomado del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI).

- Para los estratos cinco (5) y seis (6)

$$P_G = \frac{(valor\ por\ unidad * promedio\ de\ consumo) + \left(\frac{Contribuciones}{número\ de\ suscriptores}\right)}{promedio\ de\ consumo}$$

8.4. Sobre el ingreso promedio de los hogares

Los ingresos promedios de los hogares para los estratos 1, 2, 3, 4,5 y 6 fueron calculados a partir de la Gran Encuesta Integrada de Hogares, mediante la unión del capítulo A (Área -características generales) y el capítulo C (Cabecera – Ocupados), este procedimiento se realizó para todos los meses en los diferentes años desde el 2005 hasta el 2015, posterior a esto se sacó la media de los ingresos por estrato para cada mes, haciendo uso del factor

de expansión el cual representa el peso de cada individuo dentro de la encuesta. La evolución de los resultados se puede observar en la figura 12

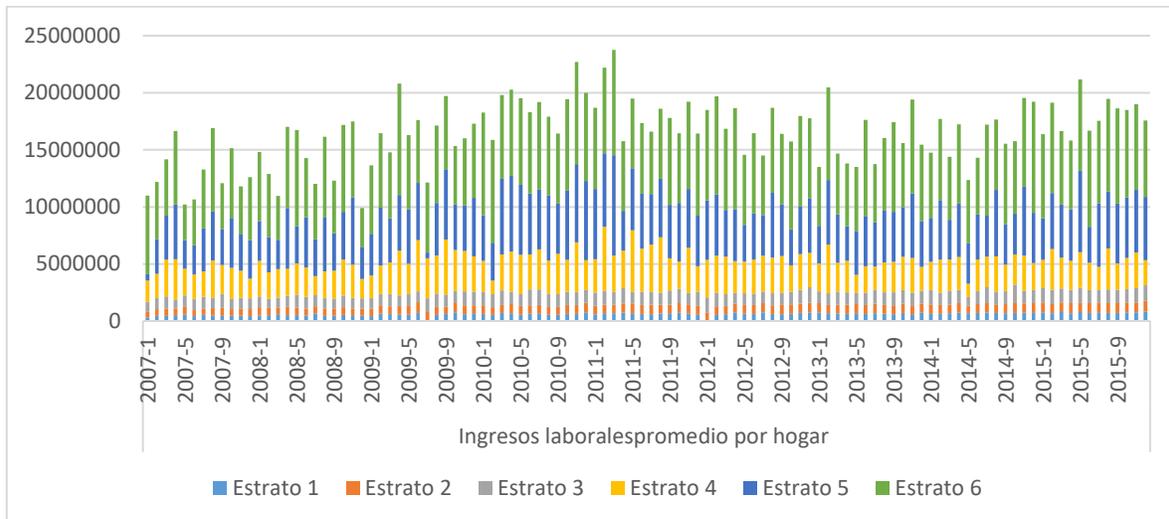


Figura 12: Evolución del ingreso neto por hogar
Fuente de la gráfica: Elaboración propia, Datos SUI

En el gráfico se puede observar que el comportamiento del ingreso por hogar no es creciente para el periodo estudiado y no tiene ninguna tendencia o estacionalidad que deba ser corregida, adicionalmente sugiere empíricamente que el ingreso promedio es efectivamente más alto para los estratos cuatro (4), cinco (5) y seis (6), lo cual está en concordancia con los resultados que se van a exponer más adelante en este estudio.

8.5. Estimación de la demanda de energía eléctrica por estrato

Para realizar esa estimación se usa el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con corrección de heterocedasticidad y autocorrelación por el método de White, empleando el siguiente modelo $\ln(D_t) = C + \alpha \ln(p_t) + \beta \ln(y_t) + \ln(P_G) + \varepsilon$, todas las variables están en términos reales

Las variables finales del modelo, están definidas de la siguiente manera:

D_t = Cantidad de energía eléctrica consumida por los hogares

p_t = Precio promedio de energía eléctrica medida en kilovatios por hora (Kwh)

y_t = Ingreso promedio per cápita de los hogares

P_G = Precio promedio del gas residencial,

Se plantea un modelo log-log debido a que las variables independientes no tienen una relación lineal con la demanda de energía, y por ende la transformación logarítmica generará la linealidad deseada entre los parámetros, haciéndolos comparables y evitando algunas distorsiones que se pueden presentar en caso de estimar un modelo nivel-nivel. Como valor agregado de esta estimación, el modelo planteado permite revisar las elasticidades precio e ingreso de la demanda mediante los coeficientes resultantes de la estimación, lo cual representa la verdadera utilidad metodológica de este estudio.

Para la caracterización de la demanda residencial en cada estrato, fue necesario corregir la estacionalidad por el método de las variables Dummy para la variable correspondiente al precio promedio de energía eléctrica (p_t).

El comportamiento estacional del precio de la energía eléctrica es consecuencia de la inestabilidad en la oferta como causa de la dependencia de la generación hídrica, y tal como se describió en el numeral encargado de la oferta de energía, el ambiente climático del país es una gran fuente de variabilidad en los precios de energía, y por ende, causante de estacionalidad.

Lo mismo sucede con el precio del gas, pues dado que este también es un insumo dentro de la generación de energía, tal como sucede en el caso de las termoeléctricas, por ende los precios que percibe el mercado residencial resultan afectados por la estacionalidad.

9. Resultados

Para cada estrato socioeconómico se utilizó su respectiva base de datos donde se ejecutaron varias pruebas para lograr los mejores ajustes del modelo propuesto (Anexo VI)

9.1. Estrato 1

```
. reg lnconsumolsa lnpreciosenergiareales1sa lnpreciogasreal1sa ln ingresosreales1sa, r
```

```
Linear regression                Number of obs   =       131
                                F(3, 127)       =       29.29
                                Prob > F             =       0.0000
                                R-squared            =       0.4185
                                Root MSE         =       .05157
```

| lnconsumolsa | Coef. | Robust Std. Err. | t | P> t | [95% Conf. Interval] | |
|---------------------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| lnpreciosenergiareales1sa | -.1247838 | .0353169 | 4.33 | 0.000 | .0830647 | .2228361 |
| lnpreciogasreal1sa | .0365611 | .0126552 | 2.89 | 0.005 | .0115187 | .0616035 |
| ln ingresosreales1sa | .1529504 | .043027 | -2.90 | 0.004 | -.2099264 | -.0396412 |
| _cons | 4.498476 | .158255 | 28.43 | 0.000 | 4.185317 | 4.811634 |

La estimación de la demanda para el estrato uno (1), tiene la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 4.4984 - 0.1247\ln(p_t) + 0.0365\ln(y_t) + 0.1529(P_G),$$

(0.1582) (0.0353) (0.0430) (0.01265)

La elasticidad precio de la demanda de energía es de -0.12, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.12 por ciento (0.12%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.03, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.03 por ciento (0.03%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En el estrato 1 se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica

Por último, las variables son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

9.2. Estrato 2

```
. reg lnconsumo2sa lnpreciogasrea2sa lningresosreales2sa lnpreciosenergiareales2saa, r
```

Linear regression

| | | |
|---------------|---|--------|
| Number of obs | = | 132 |
| F(3, 128) | = | 3.97 |
| Prob > F | = | 0.0097 |
| R-squared | = | 0.4933 |
| Root MSE | = | .04136 |

| lnconsumo2sa | Robust | | | | | [95% Conf. Interval] | |
|----------------------------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|----------------------|--|
| | Coef. | Std. Err. | t | P> t | | | |
| lnpreciogasrea2sa | -.037705 | .0188949 | -2.00 | 0.048 | -.0750918 | -.0003181 | |
| lningresosreales2sa | .0296673 | .0130288 | 2.28 | 0.024 | .0038876 | .055447 | |
| lnpreciosenergiareales2saa | -.1368289 | .0671954 | -2.04 | 0.044 | -.2697865 | -.0038712 | |
| _cons | 5.630498 | .4571112 | 12.32 | 0.000 | 4.726026 | 6.534971 | |

La estimación de la demanda para el estrato dos (2), tiene la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 5.6304 - 0.1368\ln(p_t) + 0.0296\ln(y_t) - 0.0377(P_G),$$

(0.4571) (0.0671) (0.1302) (0.0188)

La elasticidad precio de la demanda de energía es de -0.13, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.13 por ciento (0.13%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.02, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.02 por ciento (0.02%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En el estrato 2 no se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica, una explicación de este comportamiento proviene de que en muchos hogares se tienen ambos servicios y ninguno de los dos es excluyente.

Por último, las variables son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

9.3. Estrato 3

```
. reg lnconsumo3sa ln ingresosreales3sa ln preciosenergiareales3saa ln preciosgasrea3sa
```

| Source | SS | df | MS | Number of obs | = | 132 |
|----------|------------|-----|------------|---------------|---|--------|
| | | | | F(3, 128) | = | 29.96 |
| Model | .13915706 | 3 | .046385687 | Prob > F | = | 0.0000 |
| Residual | .198147597 | 128 | .001548028 | R-squared | = | 0.4126 |
| | | | | Adj R-squared | = | 0.3988 |
| Total | .337304657 | 131 | .002574845 | Root MSE | = | .03934 |

| lnconsumo3sa | Coef. | Std. Err. | t | P> t | [95% Conf. Interval] |
|-----------------------------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|
| ln ingresosreales3sa | .0262217 | .0135776 | 7.31 | 0.000 | .1261258 .0723944 |
| ln preciosenergiareales3saa | -.1348307 | .0330836 | -3.77 | 0.000 | -.1903047 -.0593817 |
| ln preciosgasrea3sa | -.0987056 | .0169291 | -5.83 | 0.000 | -.1322028 -.0652084 |
| _cons | 6.149983 | .4910973 | 12.52 | 0.000 | 5.178263 7.121703 |

La estimación de la demanda para el estrato dos (3), tiene la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 6.1499 - 0.1348 \ln(p_t) + 0.0262 \ln(y_t) - 0.098(P_G),$$

(0.4910) (0.0330) (0.0135) (0.0169)

La elasticidad precio de la demanda de energía es de -0.13, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.13 por ciento (0.13%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.02, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.02 por ciento (0.02%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En el estrato 3 tampoco se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica, una explicación de este comportamiento proviene de que en muchos hogares se tienen ambos servicios y ninguno de los dos es excluyente.

Por último, las variables energía son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

9.4. Estrato 4

```
. reg lnconsumo4sa ln ingresosreales4sa ln preciosenergiareales4sa ln preciosgasrea4sa, r
```

```
Linear regression                Number of obs   =       132
                                F(3, 128)       =       237.87
                                Prob > F              =       0.0000
                                R-squared              =       .7973
                                Root MSE           =       .03442
```

| | Coef. | Robust Std. Err. | t | P> t | [95% Conf. Interval] | |
|----------------------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|----------|
| lnconsumo4sa | | | | | | |
| ln ingresosreales4sa | .0244323 | .014935 | 1.64 | 0.004 | -.0051192 | .0539838 |
| ln preciosenergiareales4sa | -.1603603 | .0396586 | -4.04 | 0.000 | -.2388316 | -.081889 |
| ln preciosgasrea4sa | -.0596238 | .032684 | -1.82 | 0.030 | -.1242947 | .005047 |
| _cons | 6.130433 | .1895197 | 32.35 | 0.000 | 5.755436 | 6.50543 |

La estimación de la demanda para el estrato dos (4), tiene la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 6.1304 - 0.1603\ln(p_t) + 0.0244\ln(y_t) - 0.0596(P_G),$$

(0.1895) (0.0396) (0.0149) (0.0326)

La elasticidad precio de la demanda de energía es de -0.016, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.16 por ciento (0.16%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.02, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.02 por ciento (0.02%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En el estrato 4 tampoco se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica, una explicación de este comportamiento proviene de que en muchos hogares se tienen ambos servicios y ninguno de los dos es excluyente.

Por último, todas las variables son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

9.5. Estrato 5

```
. reg lnconsumo5sa lnpreciosenergiareales5sa lningresosreales5saa lnpreciogasrea5saa,r
```

```
Linear regression          Number of obs   =       132
                          F(3, 128)         =       232.94
                          Prob > F           =       0.0000
                          R-squared          =       0.8182
                          Root MSE       =       .03721
```

| lnconsumo5sa | Robust | | t | P> t | [95% Conf. Interval] | |
|---------------------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|-----------|
| | Coef. | Std. Err. | | | | |
| lnpreciosenergiareales5sa | -.255767 | .0096912 | -26.39 | 0.000 | -.2749426 | -.2365913 |
| lningresosreales5saa | .0182414 | .0381022 | -3.31 | 0.001 | -.2015036 | -.0507202 |
| lnpreciogasrea5saa | -.0700602 | .027735 | -2.53 | 0.013 | -.1249387 | -.0151817 |
| _cons | 7.123321 | .2999032 | 23.75 | 0.000 | 6.529911 | 7.716731 |

La estimación de la demanda para el estrato dos (5), tiene la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 7.123321 - 0.2557\ln(p_t) + 0.0182\ln(y_t) - 0.070(P_G),$$

(0.2999)
(0.0096)
(0.0381)
(0.0277)

La elasticidad precio de la demanda de energía es de -0.25, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.25 por ciento (0.25%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.01, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.01 por ciento (0.01%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En el estrato 5 tampoco se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica, una explicación de este comportamiento proviene de que en muchos hogares se tienen ambos servicios y ninguno de los dos es excluyente.

Por último, todas las variables son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

9.6. Estrato 6

```
. reg lnconsumo6sa lnpreciogasrea6saa ln ingresosreales6saa lnpreciosenergiareales6sa, r
```

```
Linear regression           Number of obs   =       132
                          F(3, 128)         =       212.02
                          Prob > F           =       0.0000
                          R-squared         =       0.7795
                          Root MSE      =       .04369
```

| lnconsumo6sa | Coef. | Robust Std. Err. | t | P> t | [95% Conf. Interval] | |
|---------------------------|-----------|------------------|--------|-------|----------------------|-----------|
| lnpreciogasrea6saa | -.0500828 | .0125801 | -21.27 | 0.000 | -.2924587 | -.2426751 |
| ln ingresosreales6saa | .0168853 | .040931 | -3.22 | 0.002 | -.212935 | -.0509571 |
| lnpreciosenergiareales6sa | -.2675669 | .010632 | -25.17 | 0.000 | -.2886043 | -.2465296 |
| _cons | 7.417104 | .383817 | 19.32 | 0.000 | 6.657657 | 8.176551 |

La estimación de la demanda para el estrato dos (6), tiene la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 7.4171 - 0.2675\ln(p_t) + 0.0168\ln(y_t) - 0.0550(P_G)$$

(0.3838) (0.0106) (0.0409) (0.050)

La elasticidad precio de la demanda de energía es de -0.26, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.26 por ciento (0.26%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.01, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.01 por ciento (0.01%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En el estrato 6 tampoco se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica, una explicación de este comportamiento proviene de que en muchos hogares se tienen ambos servicios y ninguno de los dos es excluyente.

Por último, todas las variables son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

9.7. Demanda residencial

```
. reg lnconsumo ln ingresos lnpreciosenergiareales lnpreciosgasreal, r
```

```
Linear regression                Number of obs   =       792
                                F(3, 788)       =      426.27
                                Prob > F              =       0.0000
                                R-squared             =       0.7268
                                Root MSE          =       .15454
```

| lnconsumo | Robust | | t | P> t | [95% Conf. Interval] | |
|------------------------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|-----------|
| | Coef. | Std. Err. | | | | |
| ln ingresos | .3153292 | .0133599 | 23.60 | 0.000 | .289104 | .3415543 |
| lnpreciosenergiareales | -.1882023 | .0638571 | -2.95 | 0.003 | -.3135524 | -.0628522 |
| lnpreciosgasreal | -.0902668 | .044527 | -2.03 | 0.043 | -.1776724 | -.0028611 |
| _cons | 2.410456 | .096025 | 25.10 | 0.000 | 2.221961 | 2.598951 |

La estimación de la demanda residencial tendrá la siguiente forma

$$\ln(D_t) = 2.4104 - 0.1882(p_t) + 0.3153\ln(y_t) - 0.090(P_G)$$

(0.0960) (0.0638) (0.0133) (0.0445)

La elasticidad precio de la demanda residencial de energía es de -0.1882, por lo que un aumento del 1 por ciento (1%) en el precio promedio de la energía se asocia con una disminución de 0.1882 por ciento (0.18%) en la cantidad promedio demandada, manteniendo todo lo demás constante.

La elasticidad ingreso de la demanda toma un valor de 0.3153, por lo que un aumento de 1 por ciento (1%) en el ingreso promedio de los hogares se asocia a un aumento de 0.3153 por ciento (0.3153%) en la cantidad demandada, manteniendo todo lo demás constante.

En la demanda residencial no se cumple que el Gas Natural Doméstico funciona como un bien sustituto de la energía eléctrica, una explicación de este comportamiento proviene de que en muchos hogares se tienen ambos servicios y ninguno de los dos es excluyente.

Por último, todas las variables son estadísticamente significativas al 5% y conjuntamente todas las variables son significativas al 5%.

9.8. Comparación de resultados

| Estrato | Prueba | Elasticidad precio de la demanda | Desviación estándar | Elasticidad ingreso de la demanda | Desviación estándar | R ² del modelo para cada estrato |
|-------------------|--------|----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|---|
| 1 | *** | 0.1247 | (0.0353) | 0.0365 | (0.0430) | 41.85% |
| 2 | ** | 0.1368 | (0.0671) | 0.0296 | (0.1302) | 40.33% |
| 3 | *** | 0.1348 | (0.0330) | 0.0262 | (0.0135) | 41.26% |
| 4 | ** | 0.1603 | (0.0396) | 0.0244 | (0.0149) | 79.73% |
| 5 | ** | 0.2557 | (0.0096) | 0.0182 | (0.0381) | 81.82% |
| 6 | *** | 0.2675 | (0.0106) | 0.0168 | (0.0409) | 77.95% |
| Total residencial | ** | 0.1882 | (0.0638) | 0.3153 | 0.0133 | 72.68% |

Tabla 2: Resultados de modelos

De la tabla, en la columna de pruebas si tiene tres asteriscos representa que la prueba fue significativa al 1% y dos asteriscos cuando salió significativa al 5%

Para poder realizar comparaciones entre las diferentes elasticidades es necesario realizar una prueba de medias, que nos indique si realmente existe diferencia entre los cálculos, por ende a continuación se presenta un Test para comparación de medias con un nivel de significancia de 5%.

Para la elasticidad precio de la demanda

Estrato 1 y estrato 4

$$\begin{aligned}
 H_0 : \mu_1 = \mu_2 & \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\
 H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0
 \end{aligned}$$

$$Z = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{0.1247 - 0.1603}{\sqrt{\frac{0.0353^2}{131} + \frac{0.0396^2}{132}}} = -7.697$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|-7.697| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades entre el estrato 1 y el estrato 4 son diferentes

Estrato 1 y estrato 5

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mu_1 = \mu_2 & ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|-41.142| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades precio entre el estrato 1 y el estrato 5 son diferentes

Estrato 1 y estrato 6

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mu_1 = \mu_2 & ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|-44.358| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades precio entre el estrato 1 y el estrato 6 son diferentes

Estrato 2 y estrato 4

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mu_1 = \mu_2 & ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|-3.465| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades precio entre el estrato 2 y el estrato 4 son diferentes

Estrato 2 y estrato 5

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mu_1 = \mu_2 & ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|-20.153| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades precio entre el estrato 2 y el estrato 5 son diferentes

Estrato 2 y estrato 6

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mu_1 = \mu_2 & ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|-22.105| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidad precio entre el estrato 2 y el estrato 6 son diferentes

Estrato 3 y estrato 4

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|-5.683| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades precio entre el estrato 3 y el estrato 4 son diferentes

Estrato 3 y estrato 5

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|-40.416| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades precio entre el estrato 3 y el estrato 5 son diferentes

Estrato 3 y estrato 6

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|-43.986| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades entre el estrato 3 y el estrato 6 son diferentes

Para la elasticidad ingreso de la demanda

Estrato 1 y estrato 4

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

$$Z = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{0.0365 - 0.0244}{\sqrt{\frac{0.0430^2}{131} + \frac{0.0149^2}{132}}} = 3.044$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|3.044| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades entre el estrato 1 y el estrato 4 son diferentes

Estrato 1 y estrato 5

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|-41.142| > 3.651$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades ingreso entre el estrato 1 y el estrato 5 son diferentes

Estrato 1 y estrato 6

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|3.806| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades ingreso entre el estrato 1 y el estrato 6 son diferentes

Estrato 2 y estrato 4

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| < Z_{\alpha/2}$; $|0.456| < 1.96$

No se rechaza H_0 y entonces las elasticidades ingreso entre el estrato 2 y el estrato 4 no son diferentes

Estrato 2 y estrato 5

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| < Z_{\alpha/2}$; $|0.965| < 1.96$

No se rechaza H_0 y entonces las elasticidades ingreso entre el estrato 2 y el estrato 5 no son diferentes

Estrato 2 y estrato 6

$$\begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| < Z_{\alpha/2}$; $|1.077| < 1.96$

No se rechaza H_0 y entonces las elasticidades ingreso entre el estrato 2 y el estrato 6 no son diferentes

Estrato 3 y estrato 4

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mu_1 = \mu_2 & ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| < Z_{\alpha/2}$; $|1.028| < 1.96$

No se rechaza H_0 y entonces las elasticidades entre el estrato 3 y el estrato 4 no son diferentes

Estrato 3 y estrato 5

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mu_1 = \mu_2 & ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|2.273| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades ingreso entre el estrato 3 y el estrato 5 son diferentes

Estrato 3 y estrato 6

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mu_1 = \mu_2 & ; \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 & ; \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{array}$$

Dado que $|Z| > Z_{\alpha/2}$; $|2.507| > 1.96$

Se rechaza H_0 y entonces las elasticidades entre el estrato 3 y el estrato 6 son diferentes

Dadas las anteriores pruebas se puede concluir que las diferencias establecidas para las elasticidades precio de la demanda son significativas y por tanto se puede distinguir que estratos tienen las mayores elasticidades precio de la demanda de energía eléctrica, sin embargo para la elasticidad ingreso no ocurre lo mismo, pues el estrato dos no cuenta con diferencias significativas respecto a los estratos altos (4, 5 y 6) y por ende no se pueden establecer comparaciones con dicho estrato.

Con base en lo anterior, se puede decir que en la tabla dos (2) podemos encontrar que para los estratos 1,2 y 3 se cumple la hipótesis inicial, es decir que la elasticidad precio de la

demanda de energía eléctrica es menor respecto a los estratos 4,5 y 6, sin embargo la elasticidad ingreso de la demanda de energía es mayor en los estratos bajos (entendiendo que el estrato 2 no puede ser comparado), económicamente esto puede reflejar que dichos grupos sociales reaccionan más rápidamente ante el cambio en su nivel de ingreso y lo reflejan en su consumo de energía eléctrica, sin embargo esta conclusión podría ser discutida pues dicha elasticidad tiene un comportamiento muy similar entre los diferentes estratos.

Por otro lado cabe mencionar que tanto la elasticidad precio de la demanda de energía como la elasticidad ingreso son muy pequeñas en todos los estratos, por lo cual el comportamiento de los usuarios frente a este servicio es inelástico, es decir que los suscriptores no modifican en grandes proporciones su consumo total de energía ante cambios en los precios o ante cambios en sus ingresos.

Si comparamos la elasticidad ingreso y la elasticidad precio de la demanda, es posible observar que los consumidores alteran su consumo de energía eléctrica en mayor proporción ante cambios en el precio, es decir que esta variable afecta en mayor proporción la demanda de energía residencial.

9.9. Interpretación económica de los resultados

De acuerdo a lo anterior, los usuarios definen su consumo en función a las variables propuestas, pues en todas las regresiones las variables del precio de la energía, el ingreso de los hogares y el precio del gas resultan estadísticamente significativas.

Económicamente se puede observar que en los estratos 1, 2 y 3 se tiene un comportamiento más inelástico frente a la elasticidad precio de la demanda, por lo cual los hogares en este grupo no modifican su consumo ante cambios de los precios de la energía. En estudios posteriores podría verificarse si este comportamiento puede ser influenciado por la existencia del consumo mínimo vital percibido por los hogares, dado el subsidio en el servicio de energía, es decir que los hogares procuran mantener el mismo nivel de consumo a través del tiempo, con el fin de evitar pagar la tarifa plena de electricidad.

En los estratos 4, 5 y 6 se puede observar que tienen una elasticidad precio de la demanda mayor a la observada en los estratos bajos, económicamente esto se puede explicar debido a la contribución sobre la tarifa plena que deben realizar, por lo cual siempre enfrentan un alto precio unitario (\$/kWh), y tienden a modificar su consumo de acuerdo al precio percibido, sin embargo es importante aclarar que dichas modificaciones no son mucho mayores a los de estratos bajos, pues como se dijo anteriormente la energía eléctrica es un bien de primera necesidad .

En cuanto a la elasticidad ingreso de la demanda en los estratos socioeconómicos más bajos (1, 2 y 3), se puede observar que pese a que tienen mayores elasticidades respecto a los demás estratos, tienen un comportamiento muy inelástico, económicamente la razón de esto es que la electricidad es un bien de primera necesidad, por lo cual los hogares no tienden a modificar su consumo en grandes cantidades ante cambios en sus ingresos.

En cuanto a la elasticidad ingreso de la demanda en los estratos 4, 5 y 6, sus elasticidades son muy bajas dado que tienen mayores niveles de ingreso y por ende un cambio en dicho ingreso no resulta impactante sobre el consumo de un bien de primera necesidad como lo es la electricidad de los hogares.

Es apenas lógico que la elasticidad ingreso sea menor en magnitud a la elasticidad precio de la demanda de energía, pues por un lado existe un consumo mínimo vital que permite que los hogares mantengan su consumo alrededor de ese valor, por lo cual un cambio en el precio no resulte muy significativo, y por otro lado los hogares tienden a reaccionar rápidamente ante cambios en el precio pues es fácil tomar medidas para ahorrar energía o por el contrario incrementar rápidamente el consumo.

Es importante mencionar que aunque las elasticidades precio de la demanda e ingreso de la demanda de energía, no tomen valores muy altos respecto a los que pueden tomar en otro tipo de mercados, son significativos para el estudio y relevantes a la hora de diseñar políticas energéticas, pues una elasticidad pequeña puede generar grandes cambios en el consumo durante época de escasez, tal como se vio en el pasado fenómeno de El Niño (2015- 2016).

En ninguna de las regresiones el precio del gas natural domiciliario tuvo el comportamiento esperado. Este resultado nos muestra que para el caso de Bogotá la energía eléctrica y el gas natural no se comportan como bienes sustitutos, y que los hogares tienen diferenciado el uso final de cada bien.

10. Conclusiones

Desde la instauración de la constitución de 1991, cuando se le concedió al sector privado la posibilidad de participar en el suministro de servicios públicos, el régimen tarifario ha pasado por diferentes cambios estructurales para tener el sistema tarifario que se tiene hoy en día.

El nivel de consumo de energía eléctrica incrementó desde la implementación del régimen subsidiado en un 66% aproximadamente, y pasó a ser una estructura aparentemente más equitativa en la distribución de los recursos, pues desde 2005 se puede observar un consumo relativamente similar para todos los estratos de Bogotá.

Por otro lado el nivel de acceso al servicio de energía eléctrica aumentó significativamente a nivel de Bogotá, siendo los principales beneficiados los estratos dos y tres, esto representa un avance importante en las metas de reducción de pobreza del país, pues un aspecto significativo en la superación de la pobreza de una nación, es el nivel de acceso de los servicios públicos, el cual para Bogotá, está en aproximadamente el 98% de cobertura para toda la población.

La estratificación es el procedimiento mediante el cual se establecen, zonas diferenciadas entre sí de acuerdo al hábitat, el ambiente, el paisaje urbano, el prestigio social y la calidad de vida residencial que ofrecen a sus moradores, actualmente los subsidios están distribuidos de la siguiente forma: Estrato 1: 50%, Estrato 2: 40%, y Estrato 3: 15%. (Teniendo en cuenta el consumo mínimo de subsistencia que es de 130 Kwh).

Debido a la inclusión de los subsidios y/o contribuciones en el precio de la energía, la tarifa media calculada resulta estar por debajo de la tarifa plena para los estratos bajos, y

mayor para los estratos 5 y 6, para el estrato 4, esta tarifa es la misma, pues no presentan distorsiones provenientes del régimen de subsidios.

De acuerdo con los resultados del modelo propuesto, la hipótesis planteada es aceptada para la elasticidad precio de la demanda de energía. Su función de consumo depende positivamente de la tarifa media calculada, la cual incluye la distorsión proveniente de subsidios y/o contribuciones, el ingreso de cada hogar; y del precio medio calculado para el gas doméstico. Para la elasticidad ingreso de la demanda, la hipótesis propuesta es rechazada porque es mayor en magnitud para los estratos bajos.

El comportamiento de la elasticidad precio de la demanda en el sector residencial es muy inelástico, por lo cual los usuarios no son muy sensibles a cambios en el precio de la energía, una de las causas de este problema puede ser el consumo mínimo vital para los hogares subsidiados, pues esto permite que los consumidores se mantengan en un rango fijo de consumo.

La elasticidad precio de la demanda en los estratos 4, 5 y 6 es mayor a la calculada para los estratos bajos, lo cual podría explicarse debido a la contribución sobre la tarifa plena que deben realizar, por lo cual siempre enfrentan un solo precio unitario (\$/kWh) sin importar la cantidad de energía consumida.

El precio medio calculado del gas natural domiciliario no resultó tener el comportamiento esperado, por lo que se rechaza la hipótesis de que es un bien sustituto de la energía eléctrica doméstico en Bogotá.

11. Referencias bibliográficas

- Berndt, E. & Samaniego, R. (1984). Residential Electricity Demand in Mexico: A Model Distinguishing Access from Consumption. *Land Economics*, 60(3), 268-277. Doi: 10.2307/3146187
- Comisión Reguladora de Energía y Gas. (30 de octubre de 2017). Recuperado de http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/que_es/que_es.htm
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). *La estratificación socioeconómica en el régimen de los servicios públicos domiciliarios*. Recuperado [de http://www.dane.gov.co/files/geoestadistica/Estratificacion_en_SPD.pdf](http://www.dane.gov.co/files/geoestadistica/Estratificacion_en_SPD.pdf)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). *Metodología de estratificación urbana tipo 1*. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/files/geoestadistica/estratificacion/Tipo1.pdf>
- Escudero, A y Botero, S. (2006). Caracterización del mercado de energía eléctrica para usuarios no regulados en Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/27006/1/24705-86669-1-PB.pdf>
- Fisher, F. y C. Kaysen (1962). *A Study in Econometrics: The Demand for Electricity in the United States*. Amsterdam: North Holland.
- Foster, V., K. Komives, J. Halpern y Q. Word (2005). Agua, Electricidad y Pobreza – Quien se beneficia de los subsidios a los servicios públicos. Banco Mundial en coedición con Mayol Ediciones, S.A. Estados Unidos
- Galetovic, A. y Muñoz, C. (2010). *La elasticidad de la demanda por electricidad y la política energética*. Trimestre Económico, 77(2), 313-341. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2010000200313
- Houlhakker, H. y L. Taylor (1970), *Consumer Demand in the United States*, 2 ed. Cambridge: Harvard University Press.

- Lasso, F. J. (2006). “Incidencia del Gasto Público Social sobre la Distribución del Ingreso y la Reducción de la Pobreza”, MERPD-Departamento Nacional de Planeación.
- Medina, C. & Morales, L. (2007). *Demanda por servicios públicos domiciliarios en Colombia y subsidios: Implicaciones sobre el Bienestar*. Borradores de Economía. 467. Bogotá. Banco de la República. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/pdfs/borra467.pdf>
- Meléndez, M. (2008). *Subsidios al consumo de los servicios públicos: reflexiones a partir del caso colombiano*. Documentos de Trabajo (Working Papers). 2. Caracas. Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). Recuperado de <https://www.caf.com/media/3861/200802Melendez.pdf>
- Parra, M. (2011). *Infraestructura y pobreza: el caso de los servicios públicos en Colombia*. Documentos de Trabajo (Working Papers). 56. Bogotá. Fedesarrollo. Recuperado de http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/11445/239/3/WP_2011_No_56.pdf
- Pinzón, I. (2010). *Estimación de funciones de consumo de energía eléctrica para clientes residenciales en Bogotá*. (Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana). Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12105/PinzonVelaIvanRodrigo2010.pdf?sequence=1>
- Rendón, J; Gaviria, A & Salazar, L. (2011). Determinantes del precio de la energía eléctrica en el mercado no regulado en Colombia. Recuperado de <https://revistas.upb.edu.co/index.php/cienciasestrategicas/article/download/.../1313>
- Sistema Eléctrico Nacional. (2010). Informe sectorial sobre la evolución de la distribución y comercialización de energía eléctrica en Colombia. Recuperado de <http://www.siel.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=L9AASwJmZ8=>
- Sistema Único de Información de Servicios Públicos. (2017). Servicio de Energía. Recuperado de <http://www.sui.gov.co/SUIAuth/portada.jsp?servicioPortada=4>
- Taylor, L. (1975). The Demand for Electricity: A Survey. *The Bell Journal of Economics*, 6(1), 74-110. Doi: 10.2307/3003216

Unidad de Planeación Minero Energética. (2015). Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano – enero de 2015. Recuperado de http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2015/Seguimiento_Variables_Enero_2015.pdf

Vélez, C. E. (1996). “Gasto Social y Desigualdad. Logros y Extravíos”. Misión Social-Departamento Nacional de Planeación. Colombia

XM- Mercado de energía. (10 de noviembre de 2017). Recuperado de <http://www.xm.com.co/Paginas/Mercado-de-energia/descripcion-del-sistema-electrico-colombiano.aspx>

12. Anexos

12.1 Anexo I

| Consumo de energía eléctrica (Número de kilovatio hora Kwh) | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Estrato | | | | | | |
| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1991 | 191 | 234 | 282 | 350 | 460 | 614 |
| 1992 | 200 | 234 | 283 | 350 | 447 | 596 |
| 1993 | 114 | 171 | 243 | 300 | 376 | 494 |
| 1994 | 193 | 224 | 254 | 309 | 391 | 487 |
| 1995 | 191 | 234 | 282 | 350 | 460 | 614 |

Fuente: Elaboración propia, Datos CREG

12.2 Anexo II

| Consumo de energía eléctrica (Número de kilovatio hora Kwh) | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Estrato | | | | | | |
| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2005 | 229.15 | 229.97 | 229.56 | 230.82 | 231.62 | 231.86 |
| 2006 | 230.57 | 230.26 | 231 | 231.9 | 233.03 | 233.18 |
| 2007 | 233.19 | 232.42 | 233.29 | 233.72 | 234.95 | 235.09 |
| 2008 | 261.37 | 260.43 | 260.67 | 259.95 | 261.74 | 261.79 |
| 2009 | 300.85 | 299.49 | 299.04 | 296.8 | 298.61 | 298.51 |
| 2010 | 320.21 | 319.11 | 318.27 | 316 | 318.5 | 317.8 |
| 2011 | 347.81 | 348.87 | 348.74 | 346.05 | 347.4 | 346.56 |
| 2012 | 350.41 | 354.5 | 354.56 | 351.77 | 352.47 | 351.62 |
| 2013 | 357.32 | 357.93 | 357.9 | 355.18 | 356.4 | 355.48 |
| 2014 | 378.54 | 379.79 | 376.27 | 373.19 | 375 | 374 |
| 2015 | 386.10 | 385.21 | 383.74 | 381.64 | 383.8 | 381.95 |

Fuente: Elaboración propia, Datos SUI

12.3 Anexo III

| Número de suscriptores en Bogotá | | | | | | |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Estrato | | | | | | |
| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1991 | 99.815 | 132.433 | 165.765 | 114.891 | 46.345 | 46.141 |
| 1992 | 97.602 | 145.378 | 179.654 | 123.716 | 55.568 | 39.596 |
| 1993 | 90.305 | 120.567 | 159.371 | 105.948 | 60.876 | 24.494 |
| 1994 | 112.532 | 174.897 | 165.897 | 102.528 | 72.169 | 60.487 |
| 1995 | 111.305 | 179.902 | 198.890 | 129.814 | 46.081 | 55.614 |

Fuente: Elaboración propia, Datos SUI

12.4 Anexo IV

| Numero de suscriptores en Bogotá | | | | | | |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Estrato | | | | | | |
| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2005 | 137,680 | 527,889 | 580,490 | 179,578 | 67,471 | 52,875 |
| 2006 | 119,999 | 527,284 | 579,022 | 187,657 | 69,772 | 55,277 |
| 2007 | 111,483 | 539,466 | 582,535 | 194,409 | 71,728 | 57,081 |
| 2008 | 112,737 | 557,533 | 594,261 | 202,850 | 73,745 | 58,733 |
| 2009 | 116,054 | 577,310 | 607,209 | 214,149 | 76,081 | 60,419 |
| 2010 | 239,421 | 594,343 | 627,435 | 448,926 | 157,020 | 125,839 |
| 2011 | 121,815 | 616,049 | 629,527 | 231,923 | 80,396 | 64,316 |
| 2012 | 124,279 | 634,375 | 641,454 | 241,671 | 83,229 | 65,988 |
| 2013 | 127,456 | 656,990 | 655,809 | 250,591 | 86,258 | 68,579 |
| 2014 | 133,260 | 674,659 | 669,150 | 255,474 | 88,699 | 69,490 |
| 2015 | 135,209 | 670,814 | 689,999 | 272,199 | 91,993 | 73,523 |

Fuente: Elaboración propia, Datos SUI

12.5 Anexo V

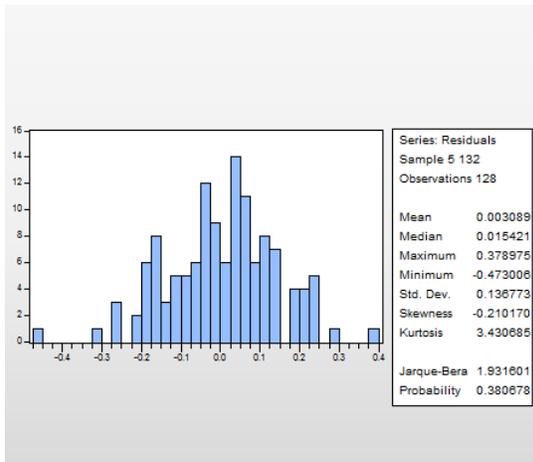
| Evolución índice de cobertura de Energía Eléctrica (%) | |
|--|-------|
| 1995 | 87,89 |
| 1996 | 91,02 |
| 1997 | 93,78 |
| 1998 | 96,99 |
| 1999 | 99 |
| 2000 | 99,4 |
| 2001 | 99,45 |
| 2002 | 98,5 |
| 2003 | 100 |
| 2004 | 99,99 |
| 2005 | 95,98 |
| 2006 | 98,2 |
| 2007 | 98,23 |
| 2008 | 98,95 |

Fuente: Elaboración propia, Datos CREG

12.6 Anexo VI

12.6.1 Pruebas Estrato 1

- Normalidad



H0: et se aproxima a una distribución Normal.

H1: et no se aproxima a una distribución Normal.

Si tomamos un nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis nula, ya que la probabilidad asociada es mayor.

• Autocorrelación

| Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test | | | | |
|---|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| F-statistic | 71.90318 | Prob. F(2,123) | 0.0000 | |
| Obs*R-squared | 68.99091 | Prob. Chi-Square(2) | 0.0200 | |
| Test Equation: | | | | |
| Dependent Variable: RESID | | | | |
| Method: Least Squares | | | | |
| Date: 11/20/17 Time: 21:31 | | | | |
| Sample: 5 132 | | | | |
| Included observations: 128 | | | | |
| Presample missing value lagged residuals set to zero. | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| D4LNINGRESO1 | -0.114712 | 0.019803 | -5.792750 | 0.0000 |
| D4LNPRECIOEN1 | 0.114938 | 0.055898 | 2.056223 | 0.0419 |
| D4LNPRECIOGAS1 | 0.144631 | 0.057856 | 2.499866 | 0.0137 |
| RESID(-1) | 0.520909 | 0.079336 | 6.565885 | 0.0000 |
| RESID(-2) | 0.450555 | 0.075227 | 5.989267 | 0.0000 |
| R-squared | 0.538754 | Mean dependent var | 0.003089 | |
| Adjusted R-squared | 0.523755 | S.D. dependent var | 0.136773 | |
| S.E. of regression | 0.094388 | Akaike info criterion | -1.844527 | |
| Sum squared resid | 1.095818 | Schwarz criterion | -1.733120 | |
| Log likelihood | 123.0498 | Hannan-Quinn criter. | -1.799262 | |
| Durbin-Watson stat | 1.695862 | | | |

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$
(Ausencia de Autocorrelación)

$H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0$

*Por tener una probabilidad mayor de 1%)
no se rechaza la hipótesis nula de
incorrelación. Por lo que el modelo no
presenta autocorrelación*

• Heterocedasticidad

| Heteroskedasticity Test: White | | | | |
|--------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| F-statistic | 32.60513 | Prob. F(6,121) | 0.0000 | |
| Obs*R-squared | 79.08498 | Prob. Chi-Square(6) | 0.0300 | |
| Scaled explained SS | 90.92785 | Prob. Chi-Square(6) | 0.0300 | |
| Test Equation: | | | | |
| Dependent Variable: RESID^2 | | | | |
| Method: Least Squares | | | | |
| Date: 11/20/17 Time: 21:35 | | | | |
| Sample: 5 132 | | | | |
| Included observations: 128 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| C | -0.083533 | 0.042308 | -1.974390 | 0.0506 |
| D4LNINGRESO1^2 | 0.024536 | 0.002066 | 11.87887 | 0.0000 |
| D4LNINGRESO1*D4LNPRECIOEN1 | 0.076449 | 0.028222 | 2.708870 | 0.0077 |
| D4LNINGRESO1*D4LNPRECIOGAS1 | -0.163694 | 0.022864 | -7.159553 | 0.0000 |
| D4LNPRECIOEN1^2 | -0.214784 | 0.084508 | -2.541593 | 0.0123 |
| D4LNPRECIOEN1*D4LNPRECIOGAS1 | 0.200736 | 0.164286 | 1.221870 | 0.2241 |
| D4LNPRECIOGAS1^2 | 0.086179 | 0.082076 | 1.049992 | 0.2958 |
| R-squared | 0.617851 | Mean dependent var | 0.018570 | |
| Adjusted R-squared | 0.598902 | S.D. dependent var | 0.028949 | |
| S.E. of regression | 0.018334 | Akaike info criterion | -5.106952 | |
| Sum squared resid | 0.040674 | Schwarz criterion | -4.950981 | |
| Log likelihood | 333.8449 | Hannan-Quinn criter. | -5.043580 | |
| F-statistic | 32.60513 | Durbin-Watson stat | 1.253249 | |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | | |

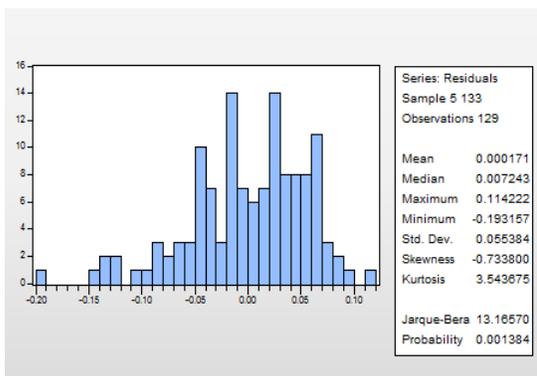
$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$

$H_1 : no se verifica H_0$

*Por tener una probabilidad mayor de 1%)
no se rechaza la hipótesis nula de
homocedasticidad*

12.6.2 Pruebas Estrato 2

- Normalidad



H_0 : et se aproxima a una distribución Normal.

H_1 : et no se aproxima a una distribución Normal.

Si tomamos un nivel de significancia del 5%, rechazamos la hipótesis nula, ya que la probabilidad asociada es menor.

- Autocorrelación

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

| | | | |
|---------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic | 13.84612 | Prob. F(2,124) | 0.0612 |
| Obs*R-squared | 23.54965 | Prob. Chi-Square(2) | 0.0398 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 11/20/17 Time: 21:51

Sample: 5 133

Included observations: 129

Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| D3LNINNGRESO2 | -0.273379 | 0.177264 | -1.542210 | 0.1256 |
| D3LNPRECIOENERGIASADT2 | 0.206721 | 0.243923 | 0.847482 | 0.3984 |
| D3LNPRECIOGAS2 | 0.195371 | 0.161685 | 1.208339 | 0.2292 |
| RESID(-1) | 0.395576 | 0.089850 | 4.402635 | 0.0000 |
| RESID(-2) | 0.108643 | 0.091927 | 1.181839 | 0.2395 |

| | | | |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
| R-squared | 0.182548 | Mean dependent var | 0.000171 |
| Adjusted R-squared | 0.156178 | S.D. dependent var | 0.055384 |
| S.E. of regression | 0.050875 | Akaike info criterion | -3.080891 |
| Sum squared resid | 0.320948 | Schwarz criterion | -2.970046 |
| Log likelihood | 203.7175 | Hannan-Quinn criter. | -3.035853 |
| Durbin-Watson stat | 1.937102 | | |

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$$

(Ausencia de Autocorrelación)

$$H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0$$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de incorrelación. Por lo que el modelo no presenta autocorrelación

- Heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: White

| | | | |
|---------------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic | 19.37726 | Prob. F(6,122) | 0.0000 |
| Obs*R-squared | 62.94710 | Prob. Chi-Square(6) | 0.0000 |
| Scaled explained SS | 76.10492 | Prob. Chi-Square(6) | 0.0000 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 11/20/17 Time: 21:55

Sample: 5 133

Included observations: 129

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|-----------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| C | -0.073553 | 0.059941 | -1.227102 | 0.2221 |
| D3LNINNGRESO2^2 | 1.076036 | 0.286816 | 3.751666 | 0.0003 |
| D3LNINNGRESO2*D3LNPRECIOENERG... | -0.899058 | 0.574010 | -1.566274 | 0.1199 |
| D3LNINNGRESO2*D3LNPRECIOGAS2 | -2.207130 | 0.583022 | -3.785670 | 0.0002 |
| D3LNPRECIOENERGIASADT2^2 | 0.576845 | 0.436799 | 1.320619 | 0.1891 |
| D3LNPRECIOENERGIASADT2*D3LNPRE... | 0.281754 | 0.722632 | 0.389899 | 0.6973 |
| D3LNPRECIOGAS2^2 | 1.414174 | 0.343748 | 4.113989 | 0.0001 |

| | | | |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
| R-squared | 0.487962 | Mean dependent var | 0.003044 |
| Adjusted R-squared | 0.462780 | S.D. dependent var | 0.004864 |
| S.E. of regression | 0.003565 | Akaike info criterion | -8.382357 |
| Sum squared resid | 0.001551 | Schwarz criterion | -8.227174 |
| Log likelihood | 547.6620 | Hannan-Quinn criter. | -8.319303 |
| F-statistic | 19.37726 | Durbin-Watson stat | 1.686383 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

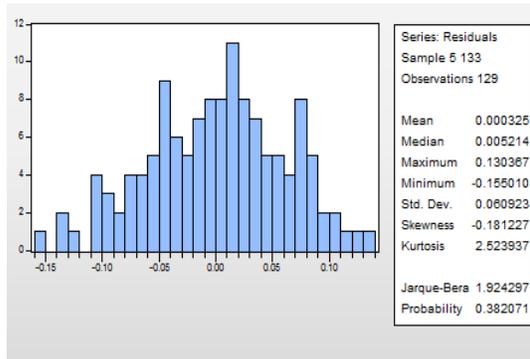
$$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$$

H_1 : no se verifica H_0

Por tener una probabilidad mayor de 1%) se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad

12.6.3 Pruebas Estrato 3

- Normalidad



H_0 : ϵ_t se aproxima a una distribución Normal.

H_1 : ϵ_t no se aproxima a una distribución Normal.

Si tomamos un nivel de significancia del 5%, aceptamos la hipótesis nula, ya que la probabilidad asociada es mayor.

- Autocorrelación

| Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test | | | | |
|---|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| F-statistic | 47.76503 | Prob. F(2,124) | 0.0755 | |
| Obs*R-squared | 56.13526 | Prob. Chi-Square(2) | 0.1352 | |
| Test Equation: | | | | |
| Dependent Variable: RESID | | | | |
| Method: Least Squares | | | | |
| Date: 11/20/17 Time: 22:04 | | | | |
| Sample: 5 133 | | | | |
| Included observations: 129 | | | | |
| Presample missing value lagged residuals set to zero. | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| L3LPRECIOKWHPROMEDIO3SAD | 0.075596 | 0.038194 | 1.979279 | 0.0500 |
| L3LPRECIOGASPROMEDIO3 | 0.023165 | 0.017379 | 1.332952 | 0.1850 |
| L3LINGRESO3 | -0.041913 | 0.016873 | -2.484071 | 0.0143 |
| RESID(-1) | 0.535834 | 0.086881 | 6.167439 | 0.0000 |
| RESID(-2) | 0.205476 | 0.086765 | 2.368178 | 0.0194 |
| R-squared | 0.435141 | Mean dependent var | 0.000325 | |
| Adjusted R-squared | 0.416920 | S.D. dependent var | 0.060923 | |
| S.E. of regression | 0.046521 | Akaike info criterion | -3.259853 | |
| Sum squared resid | 0.268357 | Schwarz criterion | -3.149007 | |
| Log likelihood | 215.2605 | Hannan-Quinn criter. | -3.214814 | |
| Durbin-Watson stat | 1.954689 | | | |

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$
(Ausencia de Autocorrelación)

$H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de incorrelación. Por lo que el modelo no presenta autocorrelación

- Heterocedasticidad

| Heteroskedasticity Test: White | | | | |
|-----------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| F-statistic | 2.097879 | Prob. F(6,122) | 0.0582 | |
| Obs*R-squared | 12.06472 | Prob. Chi-Square(6) | 0.0605 | |
| Scaled explained SS | 8.748160 | Prob. Chi-Square(6) | 0.1882 | |
| Test Equation: | | | | |
| Dependent Variable: RESID^2 | | | | |
| Method: Least Squares | | | | |
| Date: 11/20/17 Time: 22:06 | | | | |
| Sample: 5 133 | | | | |
| Included observations: 129 | | | | |
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| C | 0.021439 | 0.030674 | 0.698932 | 0.4859 |
| L3LPRECIOKWHPROMEDIO3SAD^2 | 0.014177 | 0.031366 | 0.451986 | 0.6521 |
| L3LPRECIOKWHPROMEDIO3SAD*L3L... | 0.024878 | 0.016984 | 1.464785 | 0.1456 |
| L3LPRECIOKWHPROMEDIO3SAD*L3LIN... | -0.023418 | 0.022120 | -1.058697 | 0.2918 |
| L3LPRECIOGASPROMEDIO3^2 | -0.017205 | 0.011100 | -1.550001 | 0.1237 |
| L3LPRECIOGASPROMEDIO3*L3LINGRE... | 0.006277 | 0.012280 | 0.511147 | 0.6102 |
| L3LINGRESO3^2 | 0.003185 | 0.002109 | 1.509900 | 0.1337 |
| R-squared | 0.093525 | Mean dependent var | 0.003683 | |
| Adjusted R-squared | 0.048944 | S.D. dependent var | 0.004558 | |
| S.E. of regression | 0.004446 | Akaike info criterion | -7.941105 | |
| Sum squared resid | 0.002411 | Schwarz criterion | -7.785922 | |
| Log likelihood | 519.2013 | Hannan-Quinn criter. | -7.878051 | |
| F-statistic | 2.097879 | Durbin-Watson stat | 1.265363 | |
| Prob(F-statistic) | 0.058216 | | | |

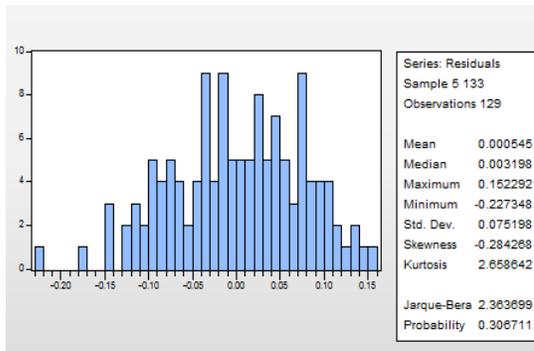
$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$

$H_1 : no se verifica H_0$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad.

12.6.4 Pruebas Estrato 4

• Normalidad



H_0 : et se aproxima a una distribución Normal.

H_1 : et no se aproxima a una distribución Normal.

Si tomamos un nivel de significancia del 5%, aceptamos la hipótesis nula, ya que la probabilidad asociada es mayor.

• Autocorrelación

| Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test | | | |
|--|----------|---------------------|--------|
| F-statistic | 92.02761 | Prob. F(2,124) | 0.0851 |
| Obs*R-squared | 77.07425 | Prob. Chi-Square(2) | 0.0474 |

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 11/20/17 Time: 22:10
 Sample: 5 133
 Included observations: 129
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|--------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| L3LPRECIOGASPROMEDIO4 | 0.012130 | 0.017139 | 0.707758 | 0.4804 |
| L3LPRECIOKWHFROMEDIO4SAD | 0.008511 | 0.043988 | 0.193486 | 0.8469 |
| L3LINGRESO4 | -0.008735 | 0.016661 | -0.524282 | 0.6010 |
| RESID(-1) | 0.633858 | 0.088274 | 7.180578 | 0.0000 |
| RESID(-2) | 0.173773 | 0.088351 | 1.966834 | 0.0514 |

| | | | |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
| R-squared | 0.597453 | Mean dependent var | 0.000545 |
| Adjusted R-squared | 0.584468 | S.D. dependent var | 0.075198 |
| S.E. of regression | 0.048474 | Akaike info criterion | -3.177585 |
| Sum squared resid | 0.291368 | Schwarz criterion | -3.066739 |
| Log likelihood | 209.9542 | Hannan-Quinn criter. | -3.132546 |
| Durbin-Watson stat | 2.069990 | | |

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$

(Ausencia de Autocorrelación)

$H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de incorrelación. Por lo que el modelo no presenta autocorrelación

• Heterocedasticidad

| Heteroskedasticity Test: White | | | |
|--------------------------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic | 3.493499 | Prob. F(6, 122) | 0.0032 |
| Obs*R-squared | 18.91403 | Prob. Chi-Square(6) | 0.0043 |
| Scaled explained SS | 14.89041 | Prob. Chi-Square(6) | 0.0211 |

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID*2
 Method: Least Squares
 Date: 11/20/17 Time: 22:13
 Sample: 5 133
 Included observations: 129

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|-----------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| C | -0.045318 | 0.035938 | -1.261028 | 0.2097 |
| L3LPRECIOGASPROMEDIO4*2 | -0.027311 | 0.010435 | -2.617195 | 0.0100 |
| L3LPRECIOGASPROMEDIO4*L3LPRECI... | 0.095821 | 0.026136 | 3.666309 | 0.0004 |
| L3LPRECIOGASPROMEDIO4*L3LINGRE... | -0.012630 | 0.009964 | -1.267661 | 0.2073 |
| L3LPRECIOKWHFROMEDIO4SAD*2 | -0.025347 | 0.041044 | -0.617543 | 0.5380 |
| L3LPRECIOKWHFROMEDIO4SAD*L3LIN... | -0.022300 | 0.029917 | -0.745387 | 0.4575 |
| L3LINGRESO4*2 | 0.007192 | 0.005943 | 1.210094 | 0.2286 |

| | | | |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
| R-squared | 0.146620 | Mean dependent var | 0.005611 |
| Adjusted R-squared | 0.104651 | S.D. dependent var | 0.007237 |
| S.E. of regression | 0.006848 | Akaike info criterion | -7.077092 |
| Sum squared resid | 0.005721 | Schwarz criterion | -6.921908 |
| Log likelihood | 463.4724 | Hannan-Quinn criter. | -7.014038 |
| F-statistic | 3.493499 | Durbin-Watson stat | 1.169109 |
| Prob(F-statistic) | 0.003190 | | |

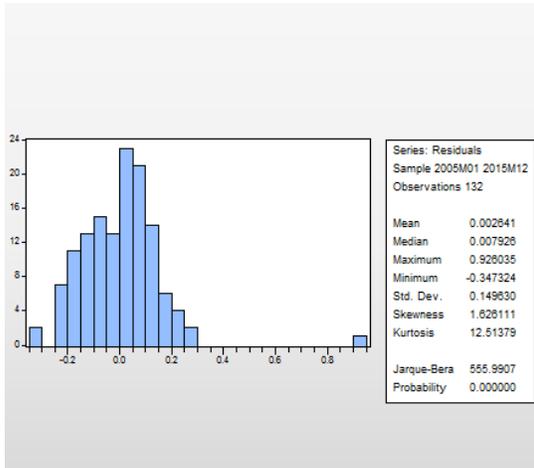
$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$

$H_1 : no se verifica H_0$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad.

12.6.5 Pruebas Estrato 5

- Normalidad



H_0 : et se aproxima a una distribución Normal.

H_1 : et no se aproxima a una distribución Normal.

Si tomamos un nivel de significancia del 5%, rechazamos la hipótesis nula, ya que la probabilidad asociada es menor.

- Autocorrelación

| Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey | | | |
|--|----------|---------------------|--------|
| F-statistic | 5.562658 | Prob. F(3,128) | 0.0013 |
| Obs*R-squared | 15.22457 | Prob. Chi-Square(3) | 0.0016 |
| Scaled explained SS | 20.62710 | Prob. Chi-Square(3) | 0.0001 |

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID^2
 Method: Least Squares
 Date: 11/19/17 Time: 23:06
 Sample: 2005M01 2015M12
 Included observations: 132

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|-----------------|-------------|------------|-------------|--------|
| C | 0.600293 | 0.150292 | 3.994175 | 0.0001 |
| LINGRESO6 | -0.038024 | 0.010624 | -3.579089 | 0.0005 |
| LPRECIOGAS6 | 0.015550 | 0.017563 | 0.885358 | 0.3776 |
| LPRECIOENERGIA6 | -0.016437 | 0.025695 | -0.639675 | 0.5235 |

| | | | |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
| R-squared | 0.115338 | Mean dependent var | 0.014274 |
| Adjusted R-squared | 0.094603 | S.D. dependent var | 0.024134 |
| S.E. of regression | 0.022964 | Akaike info criterion | -4.679917 |
| Sum squared resid | 0.067502 | Schwarz criterion | -4.592559 |
| Log likelihood | 312.8745 | Hannan-Quinn criter. | -4.644418 |
| F-statistic | 5.562658 | Durbin-Watson stat | 1.831041 |

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$

(Ausencia de Autocorrelación)

$H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0$

Por tener una probabilidad menor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de incorrelación. Por lo que el modelo presenta autocorrelación

- Heterocedasticidad

| Heteroskedasticity Test: White | | | |
|--------------------------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic | 59.49587 | Prob. F(6,125) | 0.0000 |
| Obs*R-squared | 97.76588 | Prob. Chi-Square(6) | 0.0382 |
| Scaled explained SS | 542.6337 | Prob. Chi-Square(6) | 0.0222 |

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID^2
 Method: Least Squares
 Date: 11/20/17 Time: 22:20
 Sample: 2005M01 2015M12
 Included observations: 132

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| C | 0.185629 | 0.125589 | 1.478069 | 0.1419 |
| LINGRESO5^2 | 0.127997 | 0.010398 | 12.30087 | 0.0000 |
| LINGRESO5*LPRECIOEN5 | -0.904748 | 0.120030 | -7.537695 | 0.0000 |
| LINGRESO5*LPRECIOGAS5 | 0.198045 | 0.093572 | 2.116495 | 0.0363 |
| LPRECIOEN5^2 | 2.388736 | 0.480484 | 4.971518 | 0.0000 |
| LPRECIOEN5*LPRECIOGAS5 | -2.059350 | 0.638202 | -3.226801 | 0.0016 |
| LPRECIOGAS5^2 | 0.657551 | 0.220526 | 2.981742 | 0.0034 |

| | | | |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
| R-squared | 0.740551 | Mean dependent var | 0.022226 |
| Adjusted R-squared | 0.728202 | S.D. dependent var | 0.076064 |
| S.E. of regression | 0.039655 | Akaike info criterion | -3.565608 |
| Sum squared resid | 0.196569 | Schwarz criterion | -3.412732 |
| Log likelihood | 242.3301 | Hannan-Quinn criter. | -3.503486 |
| F-statistic | 59.49587 | Durbin-Watson stat | 2.090007 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

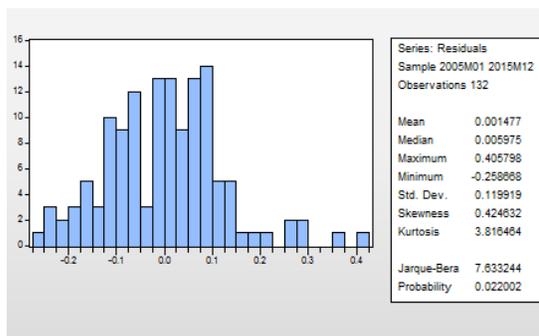
$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$

$H_1 : no se verifica H_0$

Por tener una probabilidad mayor de 1%) no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad.

12.6.6 Pruebas Estrato 6

- Normalidad



H_0 : *et se aproxima a una distribución Normal.*

H_1 : *et no se aproxima a una distribución Normal.*

Si tomamos un nivel de significancia del 5%, no se rechaza s la hipótesis nula, ya que la probabilidad asociada es mayor.

- Autocorrelación

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

| | | | |
|---------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic | 9.508041 | Prob. F(2,127) | 0.0001 |
| Obs*R-squared | 17.19073 | Prob. Chi-Square(2) | 0.0002 |

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 11/19/17 Time: 23:07
 Sample: 2005M01 2015M12
 Included observations: 132
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| LINGRESO6 | -0.041347 | 0.024231 | -1.706363 | 0.0904 |
| LPRECIOGAS6 | -0.029935 | 0.086921 | -0.344394 | 0.7311 |
| LPRECIOENERGIA6 | 0.145424 | 0.131266 | 1.107859 | 0.2700 |
| RESID(-1) | 0.287830 | 0.089231 | 3.225666 | 0.0016 |
| RESID(-2) | 0.195060 | 0.090052 | 2.166082 | 0.0322 |
| R-squared | 0.130100 | Mean dependent var | | 0.001477 |
| Adjusted R-squared | 0.102701 | S.D. dependent var | | 0.119919 |
| S.E. of regression | 0.113594 | Akaike info criterion | | -1.475231 |
| Sum squared resid | 1.638754 | Schwarz criterion | | -1.366034 |
| Log likelihood | 102.3652 | Hannan-Quinn criter. | | -1.430858 |
| Durbin-Watson stat | 1.952363 | | | |

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$
 (Ausencia de Autocorrelación)
 $H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0$

Por tener una probabilidad menor de 1%) se rechaza la hipótesis nula de incorrelación. Por lo que el modelo presenta autocorrelación.

- Heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

| | | | |
|---------------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic | 5.562658 | Prob. F(3,128) | 0.0013 |
| Obs*R-squared | 15.22457 | Prob. Chi-Square(3) | 0.0016 |
| Scaled explained SS | 20.62710 | Prob. Chi-Square(3) | 0.0001 |

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID^2
 Method: Least Squares
 Date: 11/19/17 Time: 23:06
 Sample: 2005M01 2015M12
 Included observations: 132

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| C | 0.600293 | 0.150292 | 3.994175 | 0.0001 |
| LINGRESO6 | -0.038024 | 0.010624 | -3.579089 | 0.0005 |
| LPRECIOGAS6 | 0.015550 | 0.017563 | 0.885358 | 0.3776 |
| LPRECIOENERGIA6 | -0.016437 | 0.025695 | -0.639675 | 0.5235 |
| R-squared | 0.115338 | Mean dependent var | | 0.014274 |
| Adjusted R-squared | 0.094603 | S.D. dependent var | | 0.024134 |
| S.E. of regression | 0.022964 | Akaike info criterion | | -4.679917 |
| Sum squared resid | 0.067502 | Schwarz criterion | | -4.592559 |
| Log likelihood | 312.8745 | Hannan-Quinn criter. | | -4.644418 |
| F-statistic | 5.562658 | Durbin-Watson stat | | 1.831041 |

$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$
 $H_1 : no se verifica H_0$

Por tener una probabilidad menor de 1%) se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad

