

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

Maestría en Ciencias Económicas

TRABAJO DE GRADO

TARIFAS DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGÍA EN BOGOTÁ, VISTO DESDE LA  
ECONOMÍA DEL BIENESTAR

Docente:

Dr. Luis Nelson Beltrán

Presentado por:

Blanca Nubia Figueroa

Gabriel Niño-Ramos

Junio 26 de 2015

## Contenido

1.	Introducción.....	9
2.	Antecedentes y problemática de las tarifas de energía y el ingreso de los hogares.....	9
3.	El servicio público de electricidad.....	20
4.	Entorno legal de la privatización de la empresa de energía de Bogotá y los objetivos de eficiencia y beneficio social.....	27
5.	Tarifas en el sector eléctrico.....	28
6.	Fundamentos teóricos.....	34
6.1.	La antigua economía del bienestar.....	34
6.2.	El óptimo de Pareto y sus implicaciones.....	35
6.3.	La nueva escuela de la economía del bienestar.....	38
6.4.	El teorema de la imposibilidad de Arrow.....	41
7.	La función de bienestar social.....	43
8.	Teoría de los servicios públicos.....	47
9.	Hipótesis.....	51
9.1.	Hechos estilizados.....	51
10.	Metodología.....	58
11.	Ejercicio Econométrico.....	62
11.1.	Análisis econométrico de los determinantes del consumo.....	63
11.1.1.	Tratamiento de las series.....	63
11.1.2.	Modelo AR (1) para el consumo.....	64

12.	Identificación .....	66
12.1.	Pruebas de estacionalidad Phillips- Perron.....	66
12.1.1.	DDLOGCH.....	66
12.1.2.	DDLOGIPC .....	68
12.1.3.	DDLOGPIB .....	69
12.1.4.	DDLOGSBTA .....	71
12.1.5.	DDLOGSM.....	72
12.1.6.	DDLOGTARIF.....	74
12.1.7.	DDLOGTRM.....	75
12.1.8.	DDLOGUC.....	77
12.2.	Estimación .....	78
12.2.1.	Modelo auto regresivo (AR).....	79
12.2.2.	La función de transferencia .....	84
12.2.3.	Correlogramas cruzados .....	85
12.3.	Primera estimación .....	92
12.4.	Estimación corregida del modelo .....	94
12.5.	Validación.....	96
13.	Prueba de cointegración y modelo de corrección de error .....	98
13.1.	Correlograma de los errores.....	99
13.2.	Modelo de corrección de errores .....	100
14.	Conclusiones.....	104

15.	Bibliografía .....	108
16.	Anexos .....	111
16.1.	Anexo función de transferencia .....	111
16.2.	Anexo estadístico .....	121
16.3.	Anexo gráficas .....	122
16.4.	Anexo econométrico .....	122

**Índice de Tablas**

Tabla 1. DDLOGCH 1 .....	66
Tabla 2. DDLOGCH 2 .....	67
Tabla 3. DDLOGCH 3 .....	67
Tabla 4. DDLOGIPC 1 .....	68
Tabla 5. DDLOGIPC 2 .....	68
Tabla 6. DDLOGIPC 3 .....	69
Tabla 7. DDLOGPIB 1 .....	69
Tabla 8. DDLOGPIR 2 .....	70
Tabla 9. DDLOGPIR 3 .....	70
Tabla 10: DDLOGSBTA 1 .....	71
Tabla 11: DDLOGSBTA 2 .....	71
Tabla 12: DDLOGSBTA 3 .....	72
Tabla 13: DDLOGSM 1.....	72
Tabla 14: DDLOGSM 2.....	73
Tabla 15: DDLOGSM 3.....	73
Tabla 16: DDLOGTARIF 1.....	74
Tabla 17. DDLOGTARIF 2.....	74
Tabla 18. DDLOGTARIF 3.....	75
Tabla 19. DDLOGTRM 1.....	75
Tabla 20. DDLOGTRM 2.....	76
Tabla 21. DDLOGTRM 3.....	76
Tabla 22. DDLOGUC 1.....	77
Tabla 23. DDLOGUC 2.....	77

Tabla 24. DDLOGUC 3 .....	78
Tabla 25. Correlograma Consumo de Hogares 1 .....	80
Tabla 26. Correlograma Consumo de Hogares 2 .....	81
Tabla 27. Modelo AR 1 .....	82
Tabla 28. Estadístico de Durbin-Watson .....	93
Tabla 29. Prueba de Phillips Perron.....	94
Tabla 30. Estimación corregida del modelo .....	95
Tabla 31. Matriz de Correlaciones .....	96
Tabla 32. Tabla Eviews correlación 1 .....	97
Tabla 33. Tabla Eviews correlación 2.....	97
Tabla 34. Tabla Eviews correlación 3.....	98
Tabla 35. Tabla Eviews correlación 4.....	98
Tabla 36. Correlograma de errores .....	99
Tabla 37. Corrección de errores IPC.....	100
Tabla 38. Corrección de errores PIB.....	101
Tabla 39. Corrección de errores Subsidios .....	101
Tabla 40. Corrección de errores Salario mínimo .....	102
Tabla 41. Corrección de errores Tarifa de energía .....	102
Tabla 42. Corrección de errores TRM .....	103
Tabla 43. Corrección de errores Utilidad Codensa.....	103
Tabla 44. Series del modelo y de los cuadros .....	121

**Lista de Ilustraciones**

Ilustración 1. Ingreso promedio mes por hogar y por decil .....	51
Ilustración 2. Composición de los deciles por estratos en Bogotá 2011 .....	52
Ilustración 3. Proporción de hogares por decil de ingreso 2003 .....	53
Ilustración 4. Estructura del gasto de los hogares (5) en Bogotá 2011 .....	53
Ilustración 5. Gasto mensual promedio por tipo de servicio y estrato. Bogotá, pesos 2011 ..	54
Ilustración 6. Codensa. Comparación de las tarifas en pesos constantes (2001-2004)	
Consumo básico (kw/h) .....	55
Ilustración 7. Tarifas residenciales promedio - Países seleccionados Cents US\$/KWh.....	55
Ilustración 8. Cobertura .....	56
Ilustración 9. Cobertura en Energía Eléctrica: Bogotá vs. Resto del País .....	57
Ilustración 10. Cobertura energía. Hogares 2004 .....	57
Ilustración 11. Variación del número de usuarios en el Área de Codensa .....	58
Ilustración 12. Tarifa de Energía Vs. Consumo de Hogares.....	60
Ilustración 13. Subsidios Bogotá Vs. Consumo de Hogares .....	60
Ilustración 14. Salario Mínimo Vs. Tarifa de Energía Vs. Consumo de Hogares .....	61
Ilustración 15. Tarifas de Energía Vs. Utilidad Codensa Vs. IPC Vs. TRM.....	61
Ilustración 16. Hechos Estilizados de las Variables del Modelo .....	62
Ilustración 17. Índice de theil 1.....	83
Ilustración 18. Índice de theil 2.....	83
Ilustración 19. Correlograma de residuos .....	84
Ilustración 20. Correlograma cruzado 1 .....	86
Ilustración 21. Correlograma cruzado 2.....	86
Ilustración 22. Correlograma cruzado 3.....	87

Ilustración 23. Correlograma cruzado 4.....	87
Ilustración 24. Correlograma cruzado 5.....	88
Ilustración 25. Correlograma cruzado 6.....	88
Ilustración 26. Correlograma cruzado 7.....	89
Ilustración 27. Correlograma cruzado 8.....	89
Ilustración 28. Correlograma cruzado 9.....	90
Ilustración 29. Correlograma cruzado 10.....	90
Ilustración 30. Correlograma cruzado 11.....	91
Ilustración 31. Correlograma cruzado 12.....	91
Ilustración 32. Correlograma cruzado 13.....	92
Ilustración 33. Correlograma cruzado 14.....	92

## **1. Introducción**

El presente trabajo de investigación pretende realizar un estudio de las tarifas de prestación del servicio de energía eléctrica en la Ciudad de Bogotá, partiendo desde la óptica de las teorías de la Economía del Bienestar y enfatizando en el cambio que estas presentaron con posterioridad a la privatización de la empresa de energía de Bogotá (EEB).

Para esclarecer el análisis dentro del marco teórico de la economía del bienestar procederemos a mencionar algunos de sus conceptos principales, que resultan de importancia para entender el problema, tales como la función de bienestar Social, el equilibrio general y parcial de la economía y su incidencia sobre la agregación de la utilidad individual, el Teorema de la Imposibilidad con el cual Arrow (1951) sentó su argumento frente a la función de bienestar social y la Teoría de los Servicios Públicos.

Posteriormente realizaremos un análisis normativo, resaltando como la constitución de 1991 jugó un papel determinante al abrir la posibilidad de la prestación de servicios públicos por los particulares, al tiempo que resaltaremos algunas de las principales normas que regulan la materia, como lo son las leyes 142 y 143 de 1994.

Finalmente procuraremos concluir si fue o no adecuado privatizar el servicio, observándolo desde el punto de vista del impacto de las tarifas en los consumidores en términos de lo que plantea la economía del bienestar.

## **2. Antecedentes y problemática de las tarifas de energía y el ingreso de los hogares**

A continuación, vamos a citar algunas obras y estudios realizados en Colombia y en la región, centrados en el tema objeto de análisis en el presente trabajo, las clasificaremos por país y al terminar resaltaremos las similitudes existentes en los diferentes procesos de privatización

En el trabajo el investigador realiza un estudio de los costos de la privatización de la empresa de energía de Bogotá (Plazas, 2008), abordando el tema desde una óptica académica

estudiando varios conceptos relacionados con los bienes públicos, la privatización y las tarifas: las variables utilizadas fueron cuantitativas y cualitativas que son los llamados activos intangibles de la empresa, que aumentan su valor, para el estudio realiza el análisis del intangible el tamaño del mercado, al valor total de la empresa, para el costo de decisión en que incurrió la empresa, se toma como variable dependiente el valor de la firma y como variables independientes el capital financiero y el tamaño del mercado, el cálculo desde esta perspectiva mostro que el costo de decisión de privatización de la empresa en el año 1997, perdió en la negociación al no haber tenido en cuenta el tamaño del mercado en la negociación, en el momento de la negociación tanto las variables tangibles como intangibles son importantes para lo que se recibirá económicamente a futuro, el tamaño del mercado representaría posteriormente los flujos de caja futuros los cuales incrementarían las utilidades de la empresa, y por lo tanto el valor realiza un análisis económico y financiero de la empresa de energía antes de su privatización y después de ella con el fin de establecer si la determinación de privatizarla fue económicamente adecuada o no.

Después de realizar el análisis mencionado y de concluir que efectivamente la privatización mejoro la eficiencia en la prestación del servicio, el sistema de subsidios establecido en las tarifas ha permitido que las empresas cubran sus costos medios y estas puedan ofrecer el servicio a una determinada tarifa regulada. Concluye que el precio de venta de la empresa fue muy inferior al valor de mercado que debería haber tenido, toda vez que la venta se realizó solamente teniendo en cuenta el patrimonio de la misma, el cual al momento de la transacción se encontraba bastante afectado, sin embargo, si se hubieran tenido en cuenta los activos intangibles el valor de la venta ha debido ser muy superior.

En el análisis del impacto del desmonte del modelo del Estado regulador al modelo de libre mercado, de la privatización de los servicios públicos, especialmente el de energía eléctrica en Colombia (Romero Mestre, 2006), el autor inicia su investigación desarrollando

un completo y juicioso estudio del proceso de creación del servicio de energía eléctrica en el país, desde la primera planta hasta la privatización del servicio, posteriormente realiza un análisis de los principales problemas que afectaron la prestación del servicio, entre los cuales se destacan las políticas detrás del establecimiento de las tarifas, se analiza que sucede con las utilidades que debían reinvertir las empresas, para cubrir los planes de ampliación, de igual manera los préstamos internacionales que se hicieron para proyectos de generación, el sistema de interconexión nacional en el cual se entrega a la región norte del país el sistema de electricidad y las sequias de las fuentes hídricas, finalmente enuncia los principales acontecimientos históricos que abrieron el camino a la privatización, finalmente se analizan los resultados posteriores, desde el inicio de los cobros de las tarifas a través del Ministerio de Obras y posteriormente la sección de tarifas del Ministerio de Fomento, en estos años los aumentos en las tarifas no fueron significativas, debido a la estabilidad cambiaria, los estatutos de regulación de tarifas estaban con base en un precio fijo aplicable a carga conectada en los pequeños usuarios, por el consumo medio en las conexiones residenciales, por precios descendentes por kilovatio hora, a raíz de esta situación, se estructuró una tarifa que costeara los gastos de funcionamiento, servicio de la deuda y la inversión de nuevos programas de ensanche, a su vez se buscó que los precios descendentes con criterio social, que tenía invariable los consumos mínimos, se llega a una tarifa de línea horizontal, que llevan a un cobro de tarifas diferenciales ascendentes, el precio kilovatio hora aumente con el nivel de consumo, viéndose que desde 1958 a 1980, se expidieron resoluciones que incrementaron el ingreso de las empresas eléctricas en un 35%, pero en últimas se incumplieron las metas de ajuste del sector, posteriormente, se introduce mediante las regulaciones del sector que la eficiencia de las empresas aseguren su sostenibilidad, la entrada de capital privado a las empresas elimino el recurrente déficit, y los usuarios han

soportado aumentos de tarifas en algunos de las tarifas, pero algunos han accedido por primera vez al servicio, y una mejora en la calidad del mismo.

En este trabajo el autor concluye que las principales causales que motivaron la privatización del servicio de energía, el sector eléctrico operaba con base en un monopolio público integrado verticalmente, desde la generación hasta la distribución, comercialización, al usuario final, empresas que sostenían estructuras ineficientes, costosas, las tarifas se administraban con criterios políticos, por lo cual el Gobierno debía destinar altos recursos para esta situación, el balance hacia el año 2000 fue la concentración en pocas empresas multinacionales los cuales abusan de los usuarios a través de las tarifas, las tarifas son más elevadas, y la cobertura y la calidad del servicio no son las mejores. Los monopolios privados han aprovechado su posición dominante para aumentar las tarifas, basados en un cobro fijo injustificado a todos los usuarios, el cual supuestamente cubre los costos de producción, adicionalmente concluye que los cortes permanentes del servicio en varias regiones del país acompañadas de las elevadas tarifas generan que la percepción general sea que es mayor el aumento de las tarifas que el beneficio obtenido de la privatización.

La evaluación de la capacidad de pago de los hogares de Bogotá (CID Centro de Investigación para el Desarrollo UNAL - Alcaldía Mayor de Bogotá - Planeación Distrital, 2004), a nivel de localidad y estrato, el cual busca conocer el impacto que tienen el pago de las tarifas de los servicios públicos en el consumo de las familias, basa su análisis en la encuesta de capacidad de pago ECP, complementaria a la de Calidad de vida, realizadas en el año 2003, la ECP, permite conocer el consumo de los hogares en Bogotá, y la manera como el pago de los servicios públicos incide en la capacidad de pago de los hogares, través de las variables ingreso y precio, el cambio en el precio afecta la demanda en el bien, en este caso de energía y la demanda de otros bienes, y la variación de los precios afecta el ingreso de los hogares, porque la familia consumirá el bien a cualquier precio, dejando inclusive de lado el

consumo de otros bienes, para el análisis se determinan algunos conceptos como la función directa que asocia el consumo del bien a la utilidad de la persona, el cual la utilidad de la persona es función del consumos de los bienes, analiza la capacidad de pago, que tiene asociado el ingreso (Y) y el conjunto de bienes (X), las personas adquieren bienes porque cuentan con un ingreso, y colocamos al individuo es decir las familias como entes pasivos frente al mercado, ellas solo acepta los precios de mercado, es por esto que el análisis da importancia a la Capacidad de Adquirir bienes o la Capacidad de pago que tienen los hogares. Revisa la noción de equidad, el pago de los servicios públicos deben cubrir y contribuir a la satisfacción de las necesidades básicas de los hogares, el nuevo marco regulatorio con subsidios a la demanda, parte de la suficiencia financiera de las empresas, por lo tanto estas cobran vía tarifa el costo real de la prestación del servicio. Las tarifas ponen en juego la equidad y la eficiencia, también entre el principio de capacidad de pago y el principio de beneficio, la tarifa es una aproximación a la eficiencia, es un cuasi precio para que la tarifa sea óptima la relación entre el precio y el costo marginal debe ser una identidad.

El estudio ha demostrado que las familias pobres prefieren pagar los servicios públicos, así tengan que reducir los gastos en alimentos, educación, salud. El sistema tarifario, logro mejorar la estabilidad financiera de las empresas pero, es inequitativo, y afecta negativamente la capacidad de pago de las familias de Bogotá, en especial los estratos 1,2, y 3. Las familias pobres estrato uno gastan de su ingreso en el pago de servicio público de electricidad el 2% mientras los hogares del estrato 6, gastan de su ingreso en pesos el 1,5% del mismo. Por decil de Ingreso, se nota más la diferencia ya que el Decil 1, gasta el 5,4 % y el decil 10, gasta en el servicio de electricidad el 1,0%.

Esta estructura tarifaria es inequitativa, la cual va en contra de la satisfacción de las necesidades básicas ya que las familias pobres, deben restringir otros gastos fundamentales, (medicamentos, transportes). En 1997, de acuerdo con la encuesta calidad de vida, os hogares

pobres destinaban al pago de servicios públicos entre el 4% y 5%, de su ingreso, hacia el año 2004, el incremento ha sido para el estrato 1, de un 175% 100% el estrato 2, y en un 80% para el estrato 3. -29% para el estrato 6.

La inflación reduce la capacidad de compra de los ingresos nominales, y el impacto de la inflación es diferente dependiendo de la estructura de consumo; factores anteriores que influyen a su vez la capacidad de pago de los hogares. La financiación de los subsidios es un compromiso de la sociedad del colectivo de la ciudad, por lo tanto los recursos tienen su origen en la capacidad de pago del contribuyente, si los recursos provenientes de los estratos 5 y 6, no son suficientes para financiar los subsidios, de los estratos 1, 2 y 3, el faltante de dinero debe venir de la sociedad, para garantizar la cobertura del servicio.

Los precios de la electricidad en Colombia para usuarios Regulados y No Regulados, del sector industrial (Bancoldex - ECSIN Centro de Estudios de Economía Sistémica para Programa de Transformación Productiva), es un estudio que muestra que los precios de la energía en Colombia han tenido alzas recientes para los usuarios, debido a varios factores entre los cuales encontramos que la hidrología, fenómenos del niño la niña afectan el mercado, precio de sustitutos como el gas, imperfecciones del mercado; integración vertical, contratación, los cambios regulatorios; modificación de la regulación de las tarifas, situaciones externas como los atentados al sistema de transmisión, la reevaluación de la tasa de cambio que elevó más el precio de la electricidad expresado en dólares, el documento presenta una síntesis de los hallazgos como que entre el año 2008 y 2012, el Costo Unitario de los mercados más importantes del país Bogotá, Cali, Medellín, y Costa Atlántica, se incrementó en un 23%, se seleccionaron 5 países de economías desarrolladas y Dinamarca, Noruega, Suecia Finlandia, y Estados Unidos, y 3 de economías emergentes, Brasil, Chile y Perú, encontramos que para el año 2012, expresadas en dólares corrientes, las tarifas residenciales promedio resultó ser la más alta a los países anteriormente citados y se

encuentran al alza, en un ejercicio econométrico se encontró que la participación de las fuentes hidroeléctricas en el total de energía producida no tiene un efecto estadístico significativo sobre el precio de la electricidad, se encontró así mismo que el consumo per cápita de electricidad y el costo del capital tienen mucha importancia en la explicación de las diferencias de precios.

El mercado de contratos es el principal problema del sector eléctrico, Colombiano, y su mejora contribuirá a una eficiencia del sistema, el análisis de la consultoría permitió llegar a las conclusiones: Existe concentración del lado de la Oferta, lo cual hace que la formación de precios es muy significativa, n mercado de vendedores, o la disminución de la energía firme disponible.

Periodos de contratación cortos con poca antelación a las fechas de inicio, lo cual hace que los precios de os contratos sean muy sensibles a los precios de bolsa en horizontes cortos, la falta de una estandarización que impide el surgimiento de un mercado secundario, un procedimiento de contratación de la energía para el mercado regulado, inadecuado para un mercado donde la oferta está concentrada y con un alto grado de integración vertical, directa o indirecta.

El estudio presenta algunas recomendaciones entre las cuales encontramos las siguientes buscan profundizar en el mercado eléctrico, ay no suprimirlos, hacer más exigente la regulación, no eliminarla, lo cual busca conducir a precios que no necesariamente sean los más bajos del continente reflejen de manera más adecuada los costos reales de provisión del servicio de electricidad. Mantener el mercado actual pero con ajustes para mejorar la formación de precios, a través de, introducir ajustes de corto plazo, incluir más pares de precio y cantidad, centrar el mercado regulatorio, en el desarrollo de un mercado de contratos de largo plazo, eliminar a incertidumbre jurídica, a través del cargo por confiabilidad, introduciendo los ajustes necesarios para garantizar el cumplimiento de las obligaciones,

propiciar la participación de la demanda mediante la introducción de tarifas horarias tanto para generación como para los componentes, de transporte y distribución en ambos mercados regulados y no regulados revisar la metodología de remuneración de la actividad de transmisión de energía eléctrica en cada periodo para que el valor de las anualidades en el cargo que será trasladado al usuario final, para evitar cambios bruscos en las tarifas de un período regulado al otro que puedan ir en detrimento de la estabilidad financiera de las empresas o del interés de ellos consumidores, la distribución de las pérdidas de energía eleva el precio de la energía, se debe reducir las pérdidas para que el costo de suministro baje a los usuarios, el costo de comercialización es independiente del nivel de consumo, por esa razón debe recuperarse como una tarifa por usuario, recomiendan el restablecimiento del cargo fijo, los beneficios de las ADD, son más aparentes que reales, generan transferencias indiscriminadas, distorsión económica, recomienda la eliminación gradual de las ADD, para hacer más justo la unificación de las tarifas para los estratos bajos. Fortalecer la coordinación institucional UPME, ANLA, XM, MME, para garantizar la planeación y ejecución oportuna de las expansiones requeridas del SIN, para eliminar los cuellos de botella causantes de las restricciones.

El estudio se realiza para conocer el potencial energético de Bogotá y la Región, los impactos que origina sobre la demanda energética la aplicación de medidas de orden territorial, lo cual lleve a EEB, a una asignación eficiente de recursos y en la implementación de acciones que conlleven al bienestar social (Fedesarrollo, 2013).

El análisis describe el marco regulatorio de los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica, se analizan las tendencias de la demanda de energía eléctrica con una perspectiva espacial, y dentro de la dinámica de la localización de las actividades económicas, se analiza determinantes de la demanda energética, la dinámica de su crecimiento, y proyecciones del crecimiento futuro, propone una reflexión sobre la relación

de la planeación territorial y las decisiones de inversión del sector, para mayor eficiencia y competitividad de las actividades ubicadas en la región, se constata con base en indicadores de cobertura el acceso de los hogares pobres de Bogotá a lo servicio de energía, y profundiza en las dificultades que tienen los deciles de bajos ingresos para pagar los servicios públicos.

Entre las conclusiones encontramos que las coberturas de energía eléctrica en Bogotá, son las más altas a nivel nacional, el acceso a los servicios depende en gran medida de los ingresos percibidos por el hogar, al analizar la renta de la población de Bogotá, por deciles se halla que los de ingresos más bajos enfrentarán restricciones al acceso acentuados además por estar vinculados de manera informal al mercado laboral, en muchos casos las familias se ven obligadas a dejar de pagar las facturas de energía eléctrica y a una desconexión del servicio, por lo cual es necesario las políticas públicas de acceso al servicio público de electricidad, con respecto a los subsidios cruzados como un instrumento de política pública el cual el fin es el de ayudar a que los hogares de menores ingresos puedan acceder a los servicios públicos, el análisis de incidencia mostro que el impacto sobre la pobreza y la desigualdad del esquema es nulo, los subsidios no se distribuyen adecuadamente, y se filtran a hogares de estratos altos, se hiciera un mecanismo en el cual todos los hogares se beneficiaran de los subsidios los resultados de los subsidios tendrían mejores resultados, la forma en que están estratificados los hogares no permiten un mejor logro de los subsidios, pero esta situación depende del Gobierno Nacional.

En el trabajo “La Privatización Del Derecho A La Energía Eléctrica, Impactos Socioeconómicos Y Convulsión Social Creciente”, elaborado por el Comité De Desarrollo Campesino (CODECA) en el año 2014, se realizó un análisis del impacto social de la privatización del servicio de energía eléctrica en Guatemala.

En la parte inicial del estudio se realiza un recuento histórico de la prestación del servicio de energía eléctrica en Guatemala, desde la primera nacionalización hasta la

privatización, posteriormente analiza el comportamiento de aspectos relevantes como la cobertura, calidad en la prestación del servicio y tarifas, analizando si los objetivos sociales de la privatización se han cumplido después de 20 años de privatización.

Posteriormente el estudio analiza el impacto del servicio público de energía como un derecho fundamental del ser humano y su impacto en la calidad de vida cuando las tarifas afectan el ingreso de los ciudadanos.

Finalmente el estudio concluye que después del proceso de privatización se logró aumentar la cobertura y mejorar la eficiencia el servicio pero las tarifas aumentaron de formas desproporcionadas afectando el ingreso real de los ciudadanos, especialmente de los habitantes de las zonas rurales, donde la cobertura no ha logrado los niveles esperados y la calidad en el servicio no se compadece con el aumento de las tarifas

En el año 1996 el profesor Hugh Rudnick, elaboró un estudio denominado “Propiedad De Las Empresas Eléctricas En Chile, Perú Y Argentina: Evolución De La Propiedad Y Su Distribución”, en el cual se resumen los principales factores que incidieron en el proceso de privatización del servicio de energía en Latinoamérica.

En este trabajo el autor no realiza un análisis profundo, sin embargo, permite observar un fenómeno generalizado en la región durante la década de los 90s, consistente en la búsqueda de la apertura económica y mejora de la eficiencia en la prestación de los servicios públicos, lo cual se reflejó en una tendencia de privatización de los servicios públicos domiciliarios, específicamente el de energía eléctrica, generalmente más impulsado por razones políticas y de "moda" que avalados por estudios técnicos profundos, generando problemas en las prestación normal de los servicios, inversiones mal direccionadas y aumentos en las tarifas.

### **Conclusión general estado del arte**

Al revisar la bibliografía de la región, referente al tema de la privatización de los servicios públicos en América Latina, se encuentran varias coincidencias en los procesos en los diferentes países, la primera de ellas es el momento histórico en el cual se desarrollan, casi todas alrededor del año 1990, lo cual permite observar la influencia del paradigma neoliberal dominante en la región durante esa época, basado en teorías que defendían la apertura económica y la privatización de los servicios públicos, buscando que el Estado sea menos propietario y más ejecutor.

Una segunda coincidencia es el deteriorado estado económico de las empresas prestadoras de servicios públicos, encontrando que todas ellas generaban pérdidas al momento de la privatización, esto como consecuencia del paternalismo de los gobiernos, los cuales otorgaban excesivos subsidios a las tarifas, normalmente con objetivos netamente políticos y populistas, generando que las tarifas cobradas no cubrieran el costo de producción de los servicios, esto sumado a problemas de corrupción y de influencia política en la administración de las empresas las llevo prácticamente a su quiebra.

Un tercer punto coincidente que queremos resaltar es el relacionado con el aumento de las tarifas, en todos los países se percibe un descontento generalizado con el aumento de las tarifas posterior a la privatización, lo cual resulta normal, ya que las empresas privadas al buscar maximizar su utilidad, usarán siempre su posición dominante al ser un monopolio y fijarán tarifas superiores a sus costos de producción.

Finalmente es generalizada la percepción en todos los países mencionados en manifestar que después de la privatización se ha aumentado la cobertura y ha mejorado la eficiencia en la prestación del servicio.

A partir de la década de los 90s, especialmente después de la entrada en vigencia de la Constitución del año 1991, Colombia inicio un precipitado camino hacia la privatización de

los servicios públicos domiciliarios, y aun cuando desde el mismo mandato constitucional y conforme con los planteamientos presentados en su momento, las tarifas deberían continuar siendo bajas y favorables a los consumidores, dada la importancia de los servicios públicos en cuanto a que satisfacen necesidades básicas del primer nivel, la realidad es que desde la privatización de los servicios las tarifas han ido incrementándose gradualmente, impactando el ingreso real de los colombianos.

### **3. El servicio público de electricidad**

El régimen de tarifas de los servicios públicos, a partir de la Constitución Nacional de 1991, estableció como criterios fundamentales en relación a las tarifas, primero los costos del servicio, y de otro lado la solidaridad y redistribución del ingreso, a su vez, En el derecho de los servicios públicos domiciliarios ya no se habla de tasa, sino de tarifas o precios, la regulación de los servicios públicos domiciliarios a través de la ley 142 de 1994, establece reglas de tarifas o precios con principios, derechos, obligaciones, y procedimientos de Regulación o de libertad, a un sistema de subsidios para las personas de menores ingresos, reglas relativas a las tarifas restrictivas de la libre competencia y que implican abuso de la posición dominante, las reglas relativas a procedimientos, metodologías, fórmulas estructuras, estratos, facturación, opciones, valores.

La ley 143 de 1994, ley de energía eléctrica, regula diferentes aspectos del régimen tarifario, a fijar los parámetros relativos a los precios de venta de la energía eléctrica a los usuarios, así como a los cargos que se deben pagar por el acceso y uso de las redes.

En estas dos leyes se enuncian principios de los regímenes tarifarios o fórmulas de las tarifas están orientados por criterios de:

**Eficiencia Económica:** es decir que las tarifas deben ser próximas a los precios de un mercado competitivo, las fórmulas de las tarifas deben tener en cuenta no solo los costos sino los aumentos de la productividad esperada, la cual se distribuye entre los usuarios y la

empresa, como en un mercado competitivo, si la gestión de la empresa es ineficiente no se puede trasladar esto a los usuarios, las empresas no pueden apropiarse de las utilidades provenientes de prácticas restrictivas de la competencia.

Neutralidad: indica que el usuario tiene derecho a tener el mismo tratamiento tarifario que cualquier otro si las características de los costos que ocasiona a las empresas de servicios públicos son iguales.

Solidaridad y Redistribución: indica que los usuarios de estratos altos y comerciales e industriales deben ayudar a los usuarios de estratos bajos a pagar las tarifas.

Suficiencia financiera: las fórmulas de las tarifas garantizan la recuperación de los costos y gastos propios de operación,

Simplicidad: las fórmulas tarifarias se elaboran para su fácil comprensión, aplicación y control.

Transparencia: las tarifas deben estar acordes a la prestación de un servicio o a un tributo, en los estratos altos se cobra un valor adicional, la tarifa está sujeta al estrato socioeconómico en que este clasificado un usuario, según las características de su vivienda, y de las características de su entorno.

La Regulación y la libertad de tarifas: las empresas de servicios públicos se someterán al régimen de regulación ya sea la modalidad de libertad regulada o libertad vigilada, las regulaciones para fijar las tarifas vienen determinados por la justicia y la equidad, la Ley 142 de 1994, establece un mercado para la compra y venta de energía a nivel nacional, y la venta a los usuarios mediante un esquema de libertad regulada; las tarifas están supervisadas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas la cual determina o fija los criterios y la metodología para establecer los precios máximos para los servicios ofrecidos, al contrario de esta clase de usuarios regulados existen usuarios no regulados, los cuales pueden ser personas jurídicas o naturales a las cuales se establece una demanda máxima superior a 2 Mega vatios

por instalación legalizada, y la compra de electricidad se realizan a precios acordados libremente, la Comisión de Regulación de Energía y Gas podrá revisar estos niveles.

Establece además esta Ley en el Artículo 11, que el consumo de subsistencia, entendido como la cantidad mínima de electricidad utilizada en un mes por un usuario típico para satisfacer necesidades básicas, deberá ser calculado únicamente teniendo en cuenta los energéticos sustitutos cuando éstos estén disponibles para ser utilizados por estos usuarios.

La Comisión de Regulación de Energía y Gas establece los factores que deban aplicarse a las tarifas de cada sector de consumo con destino a cubrir los subsidios a los consumos de subsistencia de los usuarios de menores ingresos, estos factores deben tener en cuenta la capacidad de pago de los usuarios de menores ingresos, los costos de la prestación del servicio y el consumo de subsistencia que deberá ser establecido de acuerdo a las regiones.

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) está a cargo de regular el mercado para un suministro eficiente de energía, es la entidad que define la estructura de las tarifas para los consumidores y garantiza el libre acceso a la red, los cobros de transmisión y regula el mercado mayorista, garantizando la calidad y confiabilidad del servicio y eficiencia económica.

Para las demás tarifas La Comisión de Regulación de Energía y Gas, tendrá en cuenta los siguientes los factores para establecer el monto de los recursos que los usuarios residenciales de estratos altos y los usuarios no residenciales deben hacer para subsidiar el consumo de subsistencia de los usuarios residenciales de menores ingresos.

El Gobierno Nacional crea el FONDO DE SOLIDARIDAD PARA SUBSIDIOS Y REDISTRIBUCIÓN DE INGRESOS – FSSRI mediante las Leyes 142 de 1994 y 286 de 1996 para administrar y distribuir los recursos asignados en el presupuesto general de la

nación y distribuir los excedentes del mismo, a efectos de cubrir los subsidios de los usuarios de menores ingresos del servicio público domiciliario de energía eléctrica.

En los Decretos 847 de mayo de 2001 y 201 de enero de 2004 se establecen los procedimientos de liquidación, cobro, recaudo y manejo de las contribuciones de solidaridad y de los subsidios en materia del servicio público de energía eléctrica.

Las empresas prestadoras deben efectuar y reportar las conciliaciones de las cuentas de subsidios y contribuciones trimestralmente, haciendo uso de la metodología establecida para tal efecto, con el fin de consolidar, validar y reconocer los déficits o superávits en materia de subsidios y contribuciones. De acuerdo con las estadísticas determinadas con base en las validaciones efectuadas de la información reportada por las empresas, se observa que el sector eléctrico viene presentando un comportamiento deficitario, motivo por el cual se ha requerido permanentemente de la apropiación de los recursos asignados en el Presupuesto General de la Nación. Lo anterior implica que los aportes de los excedentes generados por la contribución de solidaridad, recaudados por las empresas superavitarias, no han sido suficientes para cubrir la totalidad de los faltantes de las empresas deficitarias en el balance de subsidios y contribuciones.

La ley 143 de 1994, en el artículo 46 establece que la Comisión de Regulación de Energía y Gas tendrá en cuenta los siguientes componentes en la estructura de tarifas:

- a) Una tarifa por unidad de consumo de energía;
- b) Una tarifa por unidad de potencia, utilizada en las horas de máxima demanda;
- c) Un cargo fijo que refleje los costos económicos involucrados en garantizar la disponibilidad del servicio para el usuario, independientemente del nivel de consumo;
- d) Un cargo de conexión que cubrirá los costos de la conexión cada vez que el usuario se conecte al servicio de electricidad.

En los años 90 se inicia una etapa de la libre competencia en este mercado, el cual tiene como fundamento el Consenso de Washington, con un pensamiento neoliberal, que considera al mercado como un instrumento para la asignación eficiente de recursos, por lo tanto se debe reducir el tamaño del Estado.

Dentro de los Objetivos de la Política Energética Nacional es la formación de precios de mercado de los energéticos que aseguren competitividad y la maximización de la cobertura con desarrollo local.

El suministro eléctrico data de 1928, cuando la Ley 113 declaró la explotación de energía hidroeléctrica de interés público. El sistema funcionó de manera descentralizada, en la cual las compañías estatales verticalmente integradas mantenían un monopolio en sus regiones correspondientes. Sólo una compañía pública, ISA (Interconexión Eléctrica S.A.), intercambiaba electricidad entre los diferentes sistemas regionales.

Durante la década de 1980, el Sector Eléctrico Colombiano sufrió una crisis, en la misma línea que el resto de países latinoamericanos. La crisis fue resultado de las tarifas subsidiadas, la influencia política en las compañías estatales, y las demoras y sobrecostos de grandes proyectos de generación.

A comienzos de la década de 1990, el gobierno avanzó en la modernización del sector eléctrico, abriéndolo a la participación privada. La reestructuración se llevó a cabo mediante las Leyes 142 (Ley de Servicios Públicos) y 143 (Ley de Electricidad) de 1994, que definieron el marco regulativo para desarrollar un mercado competitivo. El nuevo esquema, diseñado por CREG (la Comisión Reguladora de Gas y Energía), fue implementado a partir de julio de 1995.

En la financiación de los servicios públicos se hace explícita la relación entre el costo y la tarifa y se ponen en evidencia los subsidios cruzados. Los estratos 5 y 6 pagan una tarifa superior al costo del servicio, lo cual ayuda a compensar el menor pago que realizan los

estratos 1, 2 y 3, lo que han propuesto diversos estudios sobre la tarificación en el servicio de energía y la estratificación para el pago de los subsidios es la de plantear una reforma en cuanto a los impuestos es decir aumentarlos, los costos de la generación, distribución, de los países que han hecho transferencias a los usuarios del servicio han decidido financiar los servicios y bienes públicos a través de impuestos generales. No se desconoce que las transferencias de los estratos 5 y 6, que mejoran la progresividad, pero no son suficientes porque la estructura de pagos, con respecto al ingreso de cada hogar, continúa siendo muy desigual, desde esta perspectiva, la tendencia de los subsidios es progresiva.

Cuando los estratos altos financian a los de bajos ingresos, para compensar los costos, situación que es llamada contabilidad micro, se generan tres inconvenientes: no permite mejorar la calidad de los bienes públicos, reduce la cobertura y no contribuye a la equidad. Esta mirada micro pretende ignorar que la financiación de los servicios sociales únicamente es posible si los impuestos aumentan. En las sociedades donde se ha consolidado el Estado del Bienestar, este tipo de equilibrios micro no tiene sentido, porque se ha aceptado que estos servicios se financian con la riqueza global y los impuestos son el mecanismo distributivo preferido.

Los subsidios cruzados de los servicios públicos también tienden a ser progresivos, pero no alcanzan a romper la estructura inequitativa, ya que los hogares pobres terminan pagando una tarifa que, como porcentaje de su ingreso, es superior a la de los hogares ricos. En los estratos 1, 2 y 3 reciben subsidios 1.716.541 viviendas (81,8% del total de viviendas); 1.801.197 hogares (82,4% del total de hogares) y 6.349.384 personas (85,2% del total de personas). En el estrato 4, que paga la tarifa sin subsidio, hay 229.638 viviendas (10,9%), 232.492 hogares (10,6%) y 667.169 personas (9%). En los estratos 5 y 6 hay 122.881 viviendas (5,9%), 122.954 hogares (5,7%) y 327.269 personas (4%), así las cosas la

compensación a través de subsidios cruzados presenta dificultades porque al final de cuentas hay un desbalance.

El 82,4% de los hogares (estratos 1, 2 y 3) deben ser subsidiados por el 5,9% de los hogares (estratos 5 y 6), dada esta estructura se debe recurrir a los impuestos generales para financiar el faltante.

El mercado eléctrico en Colombia tiene segmentos regulados y no regulados, el mercado regulado, que es directamente contratado y prestado por compañías de distribución, abarca usuarios industriales, comerciales y residenciales con demandas de energía inferiores a 0.5 MW. En este mercado, la estructura de tarifas es establecida por la agencia reguladora CREG. En el mercado no regulado, los consumidores con demandas de energía superiores a 0.5 MW pueden negociar y contratar libremente su suministro en el mercado mayorista (es decir, mercados spot y de contratos) directamente o por medio de entidades comerciales, distribuidores o productores.

En 2005, la tarifa residencial promedio fue de US\$0.0979 por kWh, ligeramente inferior a la media ponderada de América Latina de US\$0.115. La tarifa industrial promedio fue de US\$0.0975 por kWh, ligeramente inferior a la media ponderada de América Latina de US\$0.107.10

El sistema de estratificación de subsidios, ha mostrado que es inefectivo pues no llega a la población objetivo que es dar subsidios a los pobres. Aunque el esquema es amplio en su cobertura y no excluye a más del 2 por ciento de los pobres, el subsidio no está adecuadamente restringido, solamente el 30% de los recursos de subsidios son capturados por los pobres.

#### **4. Entorno legal de la privatización de la empresa de energía de Bogotá y los objetivos de eficiencia y beneficio social**

La normatividad relacionada con la prestación de los servicios públicos en Colombia presentaron un cambio significativo con la entrada en vigencia de la Constitución de 1991, ya que antes de la constituyente se establecía que el Estado era el agente que se encargaba de brindar los servicios a la población por medio de empresas de propiedad del Estado, lo que significaba que los servicios públicos hacían parte de un monopolio estatal. En los artículos 365 y posteriores de la Constitución de 1991 se incorporaron una serie de cambios que abrieron la puerta a la privatización de las empresas, a continuación citaremos los artículos más relevantes:

**ARTICULO 365.** *Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional.*

*Los servicios públicos estarán sometidos al régimen jurídico que fije la ley, podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o por particulares. En todo caso, el Estado mantendrá la regulación, el control y la vigilancia de dichos servicios.*

*Si por razones de soberanía o de interés social, el Estado, mediante ley aprobada por la mayoría de los miembros de una y otra cámara, por iniciativa del Gobierno decide reservarse determinadas actividades estratégicas o servicios públicos, deberá indemnizar previa y plenamente a las personas que en virtud de dicha ley, queden privadas del ejercicio de una actividad lícita.*

**ARTICULO 367.** *La ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad y financiación, y el*

*régimen tarifario que tendrá en cuenta además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos.*

*Los servicios públicos domiciliarios se prestarán directamente por cada municipio cuando las características técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen, y los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación.*

*La ley determinará las entidades competentes para fijar las tarifas.*

**ARTICULO 370.** *Corresponde al Presidente de la República señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios y ejercer por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el control, la inspección y vigilancia de las entidades que los presten.*

Como se puede observar, en la norma constitucional se estableció que la regulación y vigilancia en la prestación del servicio público estará a cargo del Estado y los agentes privados podrán suministrar el servicio público a la población, abriendo completamente la posibilidad de privatizar los servicios públicos

## **5. Tarifas en el sector eléctrico**

El régimen de tarifas de los servicios públicos, a partir de la Constitución Nacional de 1991, estableció como criterios fundamentales en relación a las tarifas, primero los costos del servicio, y de otro lado la solidaridad y redistribución del ingreso, a su vez, En el derecho de los servicios públicos domiciliarios ya no se habla de tasa, sino de tarifas o precios, la regulación de los servicios públicos domiciliarios a través de la ley 142 de 1994, establece reglas de tarifas o precios con principios, derechos, obligaciones, y procedimientos de Regulación o de libertad, a un sistema de subsidios para las personas de menores ingresos, reglas relativas a las tarifas restrictivas de la libre competencia y que implican abuso de la posición dominante, las reglas relativas a procedimientos, metodologías, fórmulas estructuras, estratos, facturación, opciones, valores.

La ley 143 de 1994, ley de energía eléctrica, regula diferentes aspectos del régimen tarifario, a fijar los parámetros relativos a los precios de venta de la energía eléctrica a los usuarios, así como a los cargos que se deben pagar por el acceso y uso de las redes.

Neutralidad; indica que el usuario tiene derecho a tener el mismo tratamiento tarifario que cualquier otro si las características de los costos que ocasiona a las empresas de servicios públicos son iguales

Solidaridad, Redistribución; indica que los usuarios de estratos altos y comerciales e industriales ayuden a los usuarios de estratos bajos a pagar las tarifas.

Suficiencia financiera; las fórmulas de las tarifas garantizan la recuperación de los costos y gastos propios de operación, Simplicidad; las fórmulas tarifarias se elaboran para su fácil comprensión, aplicación y control, y Transparencia.

Las tarifas deben estar acordes a la prestación de un servicio o a un tributo, en los estratos altos se cobra un valor adicional, la tarifa está sujeta al estrato socioeconómico en que este clasificado un usuario, según las características de su vivienda, y de las características de su entorno.

La Regulación y la libertad de tarifas, las empresas de servicios públicos se someterán al régimen de regulación ya sea la modalidad de libertad regulada o libertad vigilada, Las regulaciones para fijar las tarifas vienen determinados por la justicia y la equidad, la Ley 142 de 1994, establece un mercado para la compra y venta de energía a nivel nacional, y la venta a los usuarios mediante un esquema de libertad regulada; el régimen de las tarifas están supervisadas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas la cual determina o fija los criterios y la metodología para establecer los precios máximos para los servicios ofrecidos, al contrario de esta clase de usuarios regulados, Existen usuarios no regulados, los cuales pueden ser personas jurídicas o naturales a las cuales se establece una demanda máxima superior a 2 Mega vatios por instalación legalizada, y la compra de electricidad se realizan a

precios acordados libremente, la Comisión de Regulación de Energía y Gas podrá revisar estos niveles.

En el título VI, capítulo I sobre las tarifas de empresas de servicios públicos, en especial el régimen tarifario, establece, un régimen para regulación o libertad, un régimen para subsidios, para los usuarios de menores ingresos, y reglas tarifarias restrictivas de la libre competencia y que implique abuso de la posición dominante, así como las reglas relativas a estratos y facturación.

Establece además esta Ley en el Artículo 11. Capítulo II, definiciones especiales, en la que aclara: el Consumo de subsistencia como la cantidad mínima de electricidad utilizada en un mes por un usuario típico para satisfacer necesidades básicas que solamente puedan ser satisfechas mediante esta forma de energía final.

Para el cálculo del consumo de subsistencia sólo podrá tenerse en cuenta los energéticos sustitutos cuando éstos estén disponibles para ser utilizados por estos usuarios. La Comisión de Regulación de Energía y Gas establece los factores que deban aplicarse a las tarifas de cada sector de consumo con destino a cubrir los subsidios a los consumos de subsistencia de los usuarios de menores ingresos. Estos factores deben tener en cuenta la capacidad de pago de los usuarios de menores ingresos, los costos de la prestación del servicio y el consumo de subsistencia que deberá ser establecido de acuerdo a las regiones.

Para las demás tarifas La Comisión de Regulación de Energía y Gas, tendrá en cuenta los siguientes los factores para establecer el monto de los recursos que los usuarios residenciales de estratos altos y los usuarios no residenciales deben hacer aportes que no excederán del 20% del costo de prestación del servicio para subsidiar los consumos de subsistencia de los usuarios residenciales de menores ingresos.

El faltante de los dineros para pagar la totalidad de los subsidios será cubierto con recursos del presupuesto nacional, para lo cual el Ministerio de Hacienda y Crédito Público incluirá las apropiaciones correspondientes en el presupuesto general de la Nación.

Los subsidios se pagarán a las empresas distribuidoras y cubrirán no menos del 90% de la energía equivalente efectivamente entregada hasta el consumo de subsistencia a aquellos usuarios que por su condición económica y social tengan derecho a dicho subsidio según lo establecido por la ley.

Las empresas de electricidad recaudarán las sumas correspondientes a estos factores en las facturas de cobro por ventas de electricidad, estableciendo claramente el monto de las mismas.

Así mismo, en las facturas de los usuarios de menores ingresos establecerán el valor del subsidio otorgado. Las empresas recaudadoras consignarán el excedente dentro de los 30 días siguientes a su recaudo en la entidad o entidades que el Gobierno que el gobierno señale para tal fin.

El subsidio neto que atiende el presupuesto nacional debe ser cancelado a las empresas.

La ley 143 de 1994, en el componente sobre la estructura de tarifas: establecidas en el capítulo IX, Del régimen económico y tarifario para las ventas de electricidad, en el Artículo 45, "Los costos de distribución que servirán de base para la definición de tarifas a los usuarios regulados del servicio de electricidad, por parte de la Comisión de Regulación de Energía y Gas tendrán en cuenta empresas eficientes de referencia según áreas de distribución comparables, teniendo en cuenta las características propias de la región, tomarán en cuenta los costos de inversión de las redes de distribución, incluido el costo de oportunidad de capital y los costos de administración, operación y mantenimiento por unidad de potencia

máxima suministrada. Además, tendrán en cuenta niveles de pérdidas de energía y potencia característicos de empresas eficientes comparables.”

Y en el artículo 46. Define que, La Comisión de Regulación de Energía y Gas tendrá en cuenta los siguientes componentes en la estructura de tarifas:

- a) Una tarifa por unidad de consumo de energía;
- b) Una tarifa por unidad de potencia, utilizada en las horas de máxima demanda;
- c) Un cargo fijo que refleje los costos económicos involucrados en garantizar la disponibilidad del servicio para el usuario, independientemente del nivel de consumo;
- d) Un cargo de conexión que cubrirá los costos de la conexión cada vez que el usuario se conecte al servicio de electricidad.

El artículo 126 de la Ley 142 de 1994, "Las fórmulas tarifarias tendrán una vigencia de cinco años, salvo que antes haya acuerdo entre la empresa de servicios públicos y la comisión para modificarlas o prorrogarlas por un período igual.

Excepcionalmente podrán modificarse de oficio o a petición de parte, antes del plazo indicado cuando sea evidente que se cometieron graves errores en su cálculo, que lesionan injustamente los intereses de los usuarios o de la empresa, o que ha habido razones de caso fortuito o fuerza mayor que comprometen en forma grave la capacidad financiera de la empresa para continuar prestando el servicio en las condiciones tarifarias previstas.

Vencido el período de vigencia de las fórmulas tarifarias, continuarán rigiendo mientras la comisión no fije las nuevas"; Este artículo es reglamentado por el Decreto 3860 de 2005, el cual fija las directrices de las políticas de revisión de tarifas, y señala en sus artículos reglamentarios:

“**Artículo 1°.** La Comisión de Regulación de Energía y Gas reconocerá, mediante los mecanismos que estime pertinentes, en las tarifas resultantes de los procesos de revisión tarifaria de que trata el artículo 126 de la Ley 142 de 1994, los efectos económicos causados a

partir de la fecha de la respectiva petición de revisión, siempre que sean derivados de las características especiales.”

“**Artículo 2°.** Para evitar el inmediato y directo impacto en las tarifas, el efecto tarifario que resulte de la aplicación del artículo anterior se realizará en forma gradual, comenzando a partir del primer día calendario que corresponda al mes inmediatamente siguiente a aquel en que quede en firme la resolución que modifique las tarifas y hasta la fecha de vencimiento del período de vigencia de las fórmulas tarifarias o el momento que determine la propia Comisión.”

La comercialización y venta de la energía se traduce en dos sistemas: El sistema Interconectado Nacional, SIN y las zonas No Interconectadas, ZNI, cada una con sus reglas estructurales, en estas zonas no hay mercado mayorista organizado, en estas zonas existe un mercado en donde las empresas integradas proveen el servicio a los usuarios finales.

En el caso de la SIN, la libre competencia es la razón de ser de las reglas del mercado eléctrico, y el fin del Estado es promover la libre competencia, el suministro del servicio de energía eléctrica, se realiza por medio de redes, es así que el servicio público de energía eléctrica es una actividad de redes, estas pueden ser de propiedad públicas o privadas, son bienes que tienen una función social, en el cual prima el interés general sobre el particular, en el caso de Bogotá, la energía eléctrica se comercializa, atendiendo las reglas de libertad regulada, el costo de generación, transporte, distribución y comercialización se calcula el valor de cada una de estas actividades, se suman los anteriores valores, y se obtiene un precio unitario, que es aplicado a la comercialización de los usuarios regulados, llamado el Price cap.

En general, el análisis normativo nos lleva a concluir que las normas determinan que los principios de los regímenes tarifarios o fórmulas de las tarifas están orientados por criterios de Eficiencia Económica; es decir que las tarifas deben ser próximas a los precios de

un mercado competitivo, las fórmulas de las tarifas deben tener en cuenta no solo los costos sino los aumentos de la productividad esperada, la cual se debe distribuir entre los usuarios y la empresa, como en un mercado competitivo, si la gestión de la empresa es ineficiente no se puede trasladar esto a los usuarios, las empresas no pueden apropiarse de las utilidades provenientes de prácticas restrictivas de la competencia. Las utilidades deben generarse vía incrementos de la cobertura, lo cual distribuye los costos entre un mayor número de usuarios y por ende las tarifas serían menores, generando el bienestar de la sociedad.

## **6. Fundamentos teóricos**

El trabajo de investigación que se presenta se enmarca dentro de la teoría de la *Economía del Bienestar*, generalmente conocida como *Welfare Economics*, la cual recoge elementos de la teoría clásica y neoclásica, tales como la función de bienestar social y su imposibilidad, ordinalidad y cardinalidad de la utilidad, las preferencias individuales, la elección individual y pública, entre otros temas, que encuentran su importancia al ser aplicados en la toma de decisiones por parte de los hacedores de políticas, tema fundamental al momento de analizar la prestación de los servicios públicos y sus tarifas.

### **6.1.La antigua economía del bienestar**

El nacimiento de la Economía del Bienestar se debe al profesor Arthur Cecil Pigou, maestro de la escuela de Cambridge entre 1.904 y 1.943, quien presentó sus planteamientos sobre lo que el Estado podía hacer para mejorar las condiciones de vida de las personas, teniendo en cuenta las imperfecciones del mercado y la incapacidad de las personas promedio de tomar las decisiones que más le convienen, en los libros *Riqueza y Bienestar (1.912)* y *La Economía del Bienestar (1.920)* plantea sus principales ideas.

La Economía del Bienestar encuentra sus raíces en los planteamientos utilitaristas clásicos, según los cuales una sociedad es justa si ha logrado maximizar la totalidad de las

utilidades individuales, es decir, que es más justo el estado que produzca mayor utilidad social. En este sentido se habla de la *utilidad cardinal*.

Como se puede observar, desde los planteamientos iniciales la economía del bienestar busca maximizar la utilidad individual de todos los miembros de una sociedad, *es por esto que se evidencia una clara relación entre el problema del aumento de las tarifas y los planteamientos de la economía del bienestar, ya que el ingreso de los consumidores (salario) se ve impactado por las tarifas de los servicios públicos.*

Más allá de compartir o no alguno de los planteamientos, queremos destacar que el tema de los servicios públicos, su prestación y tarifas juegan un papel determinante en la utilidad de un individuo, ya que dada su restricción presupuestal y dado que los servicios públicos son vitales y no se pueden reemplazar por otros, el individuo siempre tendrá que sacrificar su acceso a otros bienes al pagar por los servicios públicos.

## **6.2.El óptimo de Pareto y sus implicaciones.**

Wilfredo Pareto (1848) dejó su principal legado a la economía dentro del estudio de la Elección Social, en la cual se buscaba otorgar herramientas a los hacedores de política, para tomar decisiones democráticas, es decir analizando el nivel de bienestar que una decisión puede generar a los ciudadanos, esta tarea nunca ha sido fácil y aún en nuestros días la búsqueda de esta *Función de Elección Social* sigue siendo objeto de estudio; la idea de esta función es unificar las preferencias individuales para obtener un criterio de elección social, teniendo en cuenta la equidad.

La Función de Elección Social, puede definirse, en forma muy breve y sencilla, como un juicio de valor que parte de las preferencias individuales para determinar las preferencias colectivas, permitiendo al Estado tomar decisiones sobre políticas públicas; para poder construir esta función es necesario que la utilidad individual sea medible, de tal forma que

pueda ser agregada para obtener las preferencias colectivas y decidir de conformidad que decisiones benefician a la colectividad.

Sin embargo, la tarea de mediar la utilidad individual no es tan simple, ya que es necesario determinar el placer individual, su intensidad, duración, certeza o incertidumbre, proximidad o lejanía, pureza y extensión, pero una vez esto se logre se podrá comparar la utilidad entre diversos individuos.

Como ya lo hemos manifestado esta tarea no es fácil, a continuación vamos a plantear dos de los problemas más destacados que se han encontrado frente a esta teoría, el primero tiene que ver con la forma en que pueden medirse cada uno de los factores mencionados anteriormente, la verdad es que no es físicamente posible medir la utilidad – bienestar – de un individuo, sin embargo Pareto plantea un caso hipotético en el cual se han medido las utilidades de todos los individuos y se toman las acciones sociales que beneficien al menos a un individuo sin empeorar la situación de bienestar actual de ningún otro individuo, de tal forma que no exista otra situación alternativa que resulte preferible, (en teoría este estado lo alcanza el mercado cuando no hay intervención del Estado), en términos generales este planteamiento es el que ampliamente se denomina *El Óptimo de Pareto*, es decir ese punto de equilibrio del mercado en donde no hay ninguna situación alternativa que resulte mejor, al menos para un individuo sin perjudicar a otro.

El segundo problema que se ha resaltado frente la teoría de la Función Social tiene que ver con la distribución inicial de la riqueza, ya que en el planteamiento de Pareto, la distribución inicial de la riqueza influye en el resultado, por lo cual cualquier tributo que se imponga o gasto que se realice modificará las dotaciones de los individuos y el resultado variará, generando permanente incertidumbre frente al resultado cada vez que se realice algún ajuste.

Dados estos problemas la teoría económica del individualismo metodológico abandono la idea de realizar mediciones de utilidad y dio un giro hacia las relaciones de preferencias e indiferencias, es decir, paso de la utilidad cardinal a la utilidad ordinal.

El planteamiento de las teorías de *función de elección social* y el *óptimo de Pareto* plantean un problema directo a la decisión de privatizar los servicios públicos y al establecimiento de las tarifas de los mismos.

Desde el punto de vista de la economía del bienestar, solamente debería decidirse privatizar un servicio público, si al tomar esta decisión se va a mejorar la utilidad de al menos un individuo, sin desmejorar la de ningún otro, atendiendo al óptimo Paretiano, así las cosas, difícilmente privatizar un servicio público sería consistente con este planteamiento, más aún cuando el particular siempre busca maximizar su utilidad, independientemente del impacto que pueda generar en el bienestar general, es decir: la privatización incrementa la cobertura del servicio lo cual es un beneficio, pero genera un impacto negativo al incrementar las tarifas, lo cual disminuye los consumos de los hogares diferentes a energía. Por otra parte, al analizar el incremento de las tarifas de los servicios públicos, especialmente el de energía eléctrica, resulta claro que el bienestar real de los individuos se ha visto afectado debido al impacto sobre otros consumos.

En este punto encontramos importante resaltar que el problema de fondo en la investigación es, la justificación de la privatización del servicio de energía debería verificarse en aspectos esenciales del bienestar como son el aumento de la cobertura y la baja de tarifas a través de la aplicación de las ganancias de eficiencia obtenidas por la ampliación del mercado y mejoras en los costos operacionales. En esencia, la superioridad de la gestión privada en la producción y distribución de un bien público como el servicio de energía debe verificarse en tarifas más bajas ya que en caso contrario, altas tarifas generarían un impacto negativo sobre los otros consumos de los hogares afectando su bienestar.

### 6.3. La nueva escuela de la economía del bienestar

A pesar de su nombre fue poco lo realmente nuevo que esta escuela aportó ya que aceptaron los supuestos usuales de Pareto y Barone con *la independencia de la satisfacción de diferentes personas y la ausencia de economías externas y deseconomías*. Con estos supuestos ellos lograron dividir las condiciones de bienestar óptimo en dos grupos y trabajarlos separadamente, bajo los principios de eficiencia y equidad, pero teniendo en cuenta que prácticamente todos los cambios en política económica afectan la eficiencia de la economía y la distribución de bienestar, todos los cambios deberían ser juzgados bajo los estándares de eficiencia y equidad, pero estos nuevos economistas sostienen que está justificado que se emitan recomendaciones de economía política basados únicamente en consideraciones de eficacia.

Para demostrar su argumento los nuevos economistas del bienestar plantearon dos argumentos, el primero se le atribuye al Dr. Hicks, aun cuando su principal defensor fue el profesor Hotelling quien planteó el siguiente interrogante: *¿no es mejor pagar por la construcción de puentes y túneles y por grandes bienes públicos con los impuestos generales en vez de hacerlo mediante herramientas y tasas impuestas a los usuarios de los bienes públicos?* El retomó la definición de economía eficiente de Pareto, según la cual no se puede mejorar la situación de una persona sin empeorar la de otra. Cualquier cambio en políticas o en las instituciones, aunque demuestre eficiencia, si se acompaña de un sistema adecuado de recolección y recompensas generará que todos estén mejor al momento anterior; Hotelling pensaba que esos ajustes no podían realizarse ya que el bienestar podría ser adquirido solamente generando sacrificios para algunos, lo cual resulta injusto ya que unos se benefician a expensas de otros, aún si el beneficio es grande y el costo pequeño. Sin embargo, consideró que los economistas están justificados para hacer recomendaciones en política económica basados solamente en el criterio de eficiencia.

Su concepción de política económica en este campo consiste en una sucesión de pequeños cambios que van llevando al sistema más cerca de la eficiencia perfecta, redistribuyendo el bienestar de forma aleatoria, si así fuera, estas redistribuciones sucesivas se anularían entre sí y dejarían la mejoría en la eficiencia como el resultado neto, de forma tal que todas las personas quedarían mejor al final, sin embargo, es importante aclarar que Hotelling no estaba estudiando todo el problema de la economía política, sino solamente presentó argumentos para un problema particular, por lo cual sus argumentos pueden ser aceptados, pero teniendo en cuenta esta restricción y sin pretender generalizarlos como principios generales para cualquier recomendación en política económica.

Por otra parte el Dr. Hicks si realizó la generalización en los siguientes términos “*Si una comunidad fuera organizada bajo el principio de realizar todas las modificaciones que generen mejoras (en el sentido de eficiencia), entonces, aunque no podríamos decir que todos los habitantes de dicha comunidad estarían necesariamente mejor de lo que estarían si la comunidad se hubiera organizado bajo un principio diferente, si existe una gran probabilidad de que casi todos ellos estén mejor, tras un lapso suficiente de tiempo*”.

Con este argumento Hicks sostuvo que los economistas pueden y deben hacer recomendaciones en política económica, siempre y cuando se basen en el principio de eficiencia únicamente. Por otra parte destacó que algunos cambios pueden afectar muy significativamente la distribución y que no es posible probar la aleatoriedad de las diferentes redistribuciones, es por esas dos razones que no se puede esperar que los cambios sucesivos de bienestar se cancelen entre sí.

El segundo argumento, planteado especialmente por Kaldor, sostiene también que los economistas deben apoyar todos los cambios en política económica que mejoren la eficiencia del sistema económico, indistintamente de que algunos se vean perjudicados y de que exista o no un sistema de compensaciones establecido; para Kaldor pareciera que las decisiones en

política económica se dividen en dos, el cambio en sí mismo y la decisión política de compensar a quienes resulten afectados y sostiene que los economistas deben centrarse en la primera parte y basar sus consideraciones solamente en el principio de eficiencia ya que para Kaldor los representantes políticos de la comunidad tienen plena conciencia del problema de la equitativa distribución del ingreso y son ellos quienes deben ocuparse del mismo. De esta manera los economistas pueden hacer recomendaciones basadas en la eficiencia, ya que si el resultado genera una distribución no deseada, los políticos se encargaran de realizar los ajustes necesarios mediante un sistema de compensaciones (argumento del socialismo).

La crítica a este supuesto es que dentro de la economía de la libre empresa existe una presunción en contra de la intervención del estado para corregir la distribución resultante del mecanismo de mercado, ya que no se deben aceptar las medidas que deban ser acompañadas con pagos, subsidios o compensaciones, en otras palabras no pueden tomarse medidas basadas en la eficacia por un lado y en la distribución por el otro, ya que en las economías de libre empresa los pagos compensatorios no son políticamente posibles. Esto quiere decir que en economías de libre mercado las decisiones deben tomarse teniendo en cuenta la eficiencia y la equidad simultáneamente y no sobre un solo criterio.

Como conclusión se puede afirmar que el argumento de Kaldor es válido solamente para algunas economías y no puede ser considerado un argumento universal.

En este punto hay que analizar sí la evidencia empírica muestra que el incremento de tarifas y el consiguiente incremento de cobertura es progresivo y por ende equitativo a nivel de estratos y también o sí el impacto negativo del incremento de tarifas no es posible compensarlo vía subsidios. Igualmente, hay que observar sí en los hechos estilizados, el incremento de la cobertura debería llevar a la eficiencia, lo cual debería reflejarse en las utilidades de la empresa y bajar las tarifas y no subirlas.

Como se puede observar, los planteamientos más recientes de la economía del bienestar incorporaron el concepto de eficiencia, aceptando que en pro de prestar servicios más eficientes, es aceptable que se afecte la utilidad de algunos individuos, que en caso de nuestra investigación serían los usuarios de estratos altos con tarifas mayores a las tarifas de equilibrio, y se complementa el argumento indicando que se debe buscar la forma de compensar a quienes hacen el mayor esfuerzo, que en nuestro caso serían aquellos hogares cuyo gasto en energía en relación con su nivel de ingreso, alcanzaría a afectar negativamente su bienestar. Como se analizó a través de la normatividad, el sistema tarifario Colombiano, especialmente el de energía eléctrica, está regulado e incorpora una serie de subsidios cruzados a partir del pago de los estratos superiores, beneficiando o mejor, abaratando el costo, para los estratos bajos.

#### **6.4.El teorema de la imposibilidad de Arrow.**

Veamos formalmente en qué consiste la teoría de las relaciones de preferencias e indiferencias planteado por Hicks y Allen en 1930, el planteamiento parte de suponer que un individuo prefiere una cierta cantidad de  $x$  a otra cierta cantidad de  $y$ , es decir  $x > y$  y a partir de allí le asignará un valor económico al conjunto de bienes  $(x,y)$ , para que esta elección sea consistente y racional debe cumplir una serie de condiciones, que señalaremos a continuación:

1. Asimetría: en un conjunto de alternativas  $X$ , no existe un par  $x$  e  $y$  ( $x,y$ ) tal que  $x$  sea preferida a  $y$  e  $y$  preferido a  $x$ , formalmente (no existe ninguna  $[x,y] \in X / x > y, \wedge y > x$ ).
2. Transitividad: Para un conjunto de alternativas  $x, y, z$  no existe un par tal que si  $x$  sea preferido a  $y$  e  $y$  preferido a  $z$ , entonces  $z$  sea preferido a  $x$ , formalmente (no existe ninguna  $[x,y,z] \in X / x > y, y > z \wedge z > x$ ).
3. Irreflexividad: la elección  $x$  se considera tan buena como ella misma, formalmente ( $x \in X / x > x$ ).

4. Complitud: para los pares de alternativas  $(x,y)$  incluidos en el conjunto de alternativas  $X$ ,  $x$  puede ser preferido a  $y$ ,  $y$  puede ser preferido a  $x$ , o  $x$  e  $y$  pueden ser igual de preferidos, y las relaciones no definidas entre pares pertenecientes a  $X$  quedan excluidas.
5. Aciclicidad: si  $x_0$  es preferido a  $x_1$  y  $x_1$  es preferido a  $x_2$  y  $x_3$  es preferido a  $x_4$ , ... y  $x_{n-1}$  es preferido a  $x_n$ , entonces  $x_n$  es diferente de  $x_0$ , formalmente  $(x_n \neq x_0)$ . Esto significa que una alternativa es tan buena como otra y evita que la elección se convierta en cíclica.

Las dos primeras condiciones garantizan la consistencia de la elección, la segunda prueba la racionalidad interna del ordenamiento, la tercera es axiomática, la cuarta significa que el individuo puede comparar, ordenar y con persistencia conoce su elección; la quinta permite definir una función de elección sobre relaciones completas y reflexivas. Todas estas condiciones deben conducir a una estructura formal de ordenamiento que sea consistente, es decir, racional. Obsérvese que el individualismo metodológico supone que la influencia social sobre la persona es cero o cercana a cero.

El estudio de las preferencias sociales en economía lo realiza la teoría de elección social, sobre la cual busca determinarse la mejor forma de tomar las decisiones sociales que guíen la acción pública, esto es lo que se denomina *función de bienestar social*, la cual debe cumplir con las cinco condiciones mencionadas, lo cual llevo a Arrow a sostener que no es posible realizar racionalmente una decisión colectiva que cumpla con las condiciones planteadas, en forma sintética el planteamiento de Arrow puede expresarse de la siguiente forma; suponga que hay una sociedad de tres individuos (A, B y C), que deben elegir entre tres políticas públicas alternativas  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , cada individuo debe organizar sus preferencias entre las tres alternativas presentadas, obteniendo, por ejemplo, el siguiente resultado:

A:  $x > y > z$

$$B: y > z > x$$

$$C: z > x > y$$

Si se buscara tomar una decisión democrática, de mayoría o de mutuo acuerdo se presenta una dificultad para definir cuál es la opción que debe elegirse, ordenemos las mayorías obtenidas con cada par de individuos:

$$A \text{ y } C: x > y$$

$$A \text{ y } B: y > z$$

$$B \text{ y } C: z > x$$

De lo anterior puede inferirse que para la mayoría  $x > y \wedge y > z$ , también votarían que  $z > x$ , con lo cual se viola la condición de transitividad de la elección, por lo cual Arrow concluye que tomar decisiones de esta forma no es posible y que la mejor opción para una sociedad siempre es una dictadura<sup>i</sup>.

Siguiendo la teorización de Arrow, en relación con los objetivos y la hipótesis del trabajo, no sería posible conciliar la rentabilidad económica de las empresas, la cual sería vía incremento de tarifas y la rentabilidad social, la cual sería vía disminución de estas, de tal manera que para la sociedad, la privatización sería una imposición y no una elección.

## 7. La función de bienestar social

Veamos como plantea el problema de la elección el profesor Scitovsky en su análisis de la economía del bienestar de 1951, al estudiar la función de bienestar social<sup>ii</sup>.

El profesor Bergson define una FBS, la cual debe medir tanto el bienestar de cada miembro de la comunidad o la cantidad de bienes y servicios disfrutados por cada miembro. Esta FBS es general, pueden tomar en cuenta externalidades y deseconomías, como la dependencia de la satisfacción de una persona al bienestar de otra, en conclusión, la definición de Bergson es tan general, que resulta difícil identificar empíricamente que uso

pretendía darle, puede ser que él simplemente quería restablecer rigurosa y formalmente los problemas de la economía del bienestar.

De ser así logró clarificar varios conceptos y facilitar el trabajo posterior, sin embargo, su trabajo ha sido escogido como la mayor contribución a la economía del bienestar, ya que se considera la interpretación más positiva.

La FBS puede pensarse como función del bienestar de cada individuo, la cual dependerá tanto de su bienestar personal como de su apreciación de la distribución del bienestar entre todos los miembros de la comunidad, así las cosas la FBS es una función de utilidad colectiva que expresa las preferencias de todos, no solamente la satisfacción personal de cada quien sino también el estado de toda la comunidad y la distribución de bienestar entre los miembros de la comunidad.

Entonces podría afirmarse que los economistas deben centrarse en establecer las condiciones que maximicen la función de bienestar social y defender las políticas económicas que respalden esas condiciones, sin embargo, frente a esta idea surgen dos inconvenientes, el primero es determinar la forma de la función de bienestar social y su dependencia exacta del bienestar de cada individuo, a primera vista, usar la FBS libera al economista de realizar juicios de valor, de decidir cuál es la distribución más deseable de bienestar, porque la FBS expresa la opinión de la comunidad en sí misma.

Sin embargo, el problema no es tan sencillo, ya que la forma de la FBS debe determinarse de alguna forma, lo cual implica establecer el peso relativo asignado a las preferencias de cada individuo, cuando estas se agregan en la función social de preferencias. ¿Se le debe dar a las preferencias de todos el mismo valor?, de ser negativa la respuesta, en que principios se debe basar la diferenciación del peso en las preferencias de distintas personas?, muchos podrían sentir de forma instintiva que debe dársele a todos un voto igual, pero recordemos que ese es el mismo planteamiento que llevo a los economistas anteriores a

darle un mismo valor a la satisfacción de diferentes personas, es lo que hicieron los clásicos al asumir que todas las personas tienen la misma habilidad para disfrutar la vida. Aún si se hace de esta manera, determinar la forma de la FBS implica un juicio de valor, que seguramente tendría que ser realizado por el economista, por lo cual su problema no ha sido resuelto ya que paso de tener la responsabilidad de darle pesos a la satisfacción o bienestar de las personas a tener que determinar el peso de las opiniones y preferencias de las personas.

El profesor Arrow señaló el segundo problema de la siguiente forma: si debe realizarse una elección entre más de dos alternativas, no es posible construir una función de bienestar social que pueda ser considerada como una representación real de las preferencias individuales y al mismo tiempo generar un orden social de todas las alternativas que sea consistente y no contradictorio, realizar una representación real de las preferencias individuales significa, en este contexto, un orden social que es positivamente correlacionado con las preferencias individuales, uno que es independiente de la presencia o ausencia de alternativas irrelevantes y uno que no está determinado por los deseos de un dictador ni por simple convención o tradición, de esta forma Arrow demuestra que no podemos, en general, construir una FBS de tal forma que logremos cumplir el requisito antes mencionado, sin resultar envueltos en una contradicción.

Tomaría mucho reproducir todo el argumento de Arrow, pero reproduciré – dice Scitovsky – un ejemplo simple que el presentó. Imagine una comunidad de tres personas X, Y y Z, quienes deben elegir entre tres alternativas de política social A, B y C, X prefiere A a B y B a C, por lo cual también prefiere A a C, Y prefiere B a C, C a A, y por lo mismo B a A, Z prefiere C a A, A a B y como consecuencia C a B, si entonces le damos igual peso a las preferencias de cada persona, podemos tratar de construir una función de preferencia social basada en la ley de la mayoría, como dos personas prefieren A sobre B, tenemos una preferencia social de A sobre B, en el mismo sentido hay una preferencia de B sobre C, de lo

cual sigue que debe existir, igualmente, una preferencia social de A sobre C, pero dos de las tres personas prefieren C sobre A, entonces existe también una preferencia social de C y A, entonces la ley de la mayoría en este ejemplo nos lleva a una función de preferencias sociales contradictoria.

La objeción de Arrow no conduce del todo hacia la negativa de utilizar la FBS, solamente demuestra las limitaciones de la aproximación, su trabajo puede ser considerado como una prueba rigurosa de una verdad que ha sido conocida por mucho tiempo, aunque ese procedimiento democrático no siempre funciona, por lo cual la investigación reciente en este campo tendrá que concentrarse en encontrar las condiciones especiales bajo las cuales una función de bienestar social significativa y no contradictoria pueda ser construida, en otras palabras, bajo las cuales el procedimiento democrático pueda funcionar.

Algunos trabajos en esta línea han sido ya realizados, en el campo de la teoría política por Mr. Duncan Black de la Universidad de Glasgow, él ha demostrado que las preferencias políticas de un grupo, como se manifiestan en la elección de un candidato, siempre pueden ser representadas, en un sentido significativo, como las preferencias de los miembros del grupo, asumiendo que las alternativas pueden ser organizadas en escalas individuales (en una dimensión) de derecha a izquierda y siempre que todos los miembros del grupo, aun cuando difieran en las preferencias, estén de acuerdo en el orden en que las alternativas se organicen de izquierda a derecha.

Estas condiciones, por ejemplo, pueden deslegitimar el ejemplo de Arrow, piense en A como en una política de izquierda, B como una política de centro y C como una política de derecha, entonces X es de izquierda, Y de centro, pero hay algo extraño con Z; su primera elección es la política de derecha C, pero su segunda elección es A, lo cual viola la condición de Black. Para Black una persona de derecha tomaría la opción de centro en segundo lugar y en esa forma no se presentaría el resultado contradictorio de Arrow.

En el campo económico las alternativas disponibles no pueden ser reducidas a un ordenamiento unidimensional como una regla y en este campo por lo tanto la restricción que debe ser impuesta para asegurar la existencia de una función FBS, significativa probablemente tendrá que ser de una naturaleza totalmente diferente, hasta donde yo sé ningún trabajo se ha realizado aun para descubrir cuáles son estas restricciones mínimas, solo se puede adivinar que algún grado mínimo de acuerdo y uniformidad de preferencias debe ser requerido para asegurar la existencia de una FBS en la esfera económica.

Lo anterior significaría, que las familias preferirían alcanzar su bienestar a través de políticas que aumentaran sus salarios y a través de éstos adquirir los bienes y servicios necesarios en los términos en los que los ofrece el mercado.

### **8. Teoría de los servicios públicos**

Por definición se entiende por un *bien público* todo aquel producto o servicio que causa externalidades positivas, es decir, que tiene efectos positivos sobre terceros que no han participado en la transacción.

Los bienes públicos reúnen dos características: son de naturaleza no excluyente y de consumo no-rival. Esto significa, de un lado, que no puede impedirse que los que no pagan hagan uso del producto o servicio; no se les puede excluir, y de otro, el hecho de que alguien lo consuma no disminuye la cantidad disponible para los demás.

Los bienes y servicios tienen aspectos de bien público, dado que en mayor o menor grado casi todos generan externalidades positivas, efectos positivos sobre terceros que no participan en la transacción y de hecho, en tanto las externalidades son tales en función de las valoraciones subjetivas de los individuos, absolutamente todos los bienes y servicios son susceptibles de ser bienes públicos y dejar de serlo.

Las valoraciones de las personas son subjetivas y de carácter ordinal (un individuo prefiere A antes que B), no de carácter cardinal (A vale para un individuo 30 unidades de

utilidad y B sólo vale 10 unidades de utilidad), por lo que no pueden sumarse o restarse entre ellas ni cabe hacer comparaciones interpersonales de utilidad, situación que ya mencionamos al hablar de la *función de elección social*.

Las transacciones en el mercado son siempre pareto-óptimas en el sentido de que todas las partes mejoran su situación al desprenderse de algo que valoran menos, ex ante, que lo que van a recibir a cambio. Cuánto más se benefician unos que otros o cuánto menos se benefician de lo que podrían haberse beneficiado de haberse configurado otro tipo de arreglos es algo que desde un punto de vista científico no cabe determinar. Ex ante, la asignación ha sido óptima porque todos los participantes han actuado conforme a sus valoraciones subjetivas y han mejorado su posición sin que nadie haya visto empeorar la suya; todos han elegido lo que han preferido, puesto que han actuado voluntariamente.

Si, actuando voluntariamente, hubieran preferido otra alternativa entre las disponibles, la hubieran elegido, al decidirse por una alternativa concreta y no por otra decimos que han demostrado su preferencia por esa alternativa.

Aseverar que alguien, a pesar de haber elegido la alternativa X, prefiere en realidad la alternativa Z es contrario a la racionalidad humana, si el individuo ha elegido X en lugar de Z es porque en ese momento prefería, por el motivo que fuera, X a Z, de lo contrario hubiera hecho la elección contraria, sin embargo, fijémonos que al hablar de bienes públicos se dice que el individuo elige en realidad lo opuesto de lo que quiere.

No se trata, en definitiva, de si el individuo valora un "bien público" concreto, sino de si lo valora más que las alternativas a las que tendrá que renunciar al pagar por él.

El Estado no tiene absolutamente ningún modo de medir cuál es la cantidad óptima de un producto, no puede saber a cuántos ciudadanos reporta satisfacción el bien público ni si están dispuestos a renunciar a las alternativas para pagarlo.

Cuando el Estado provee bienes públicos carga impuestos a todos los ciudadanos, no sabe cuántos de estos valoran el bien público ni cuántos no lo valoran en absoluto, ni sabe si los que lo valoran, a pesar de valorarlo, preferirían gastar el dinero en otras alternativas, cualquier decisión que se tome fuera del mercado será, en este sentido, arbitraria y carente de justificación desde la óptica de la economía del bienestar.

La asignación de recursos en el mercado es óptima porque cada individuo elige lo que más valora de entre las alternativas disponibles, si elige no financiar un bien de los considerados públicos no cabe atribuirlo a nada más que al hecho de que en esas circunstancias de tiempo y lugar los individuos han decidido, por los más variados motivos, financiar otros bienes o servicios.

La asignación subóptima o ineficiente de recursos ocurre cuando el Estado interviene, porque el resultado de la coerción estatal será necesariamente distinto al resultado de las acciones libres de los individuos (de lo contrario, ¿por qué tendría que intervenir el Estado?), y sólo las acciones libres de los individuos se ajustan, obviamente, a sus particulares preferencias.

Según Musgrave (1992: 52) “el mercado solo puede funcionar en una situación donde se aplica el “principio de exclusión””, por lo tanto el mercado ayuda a asignar eficientemente los recursos para proporcionar bienes que cumplan con las propiedades de consumo rival y de exclusión. Así, el mercado será competitivo dadas las características que da el libre juego de oferta y demanda para determinar la cantidad de producción de bienes, la aseguración de que estos bienes respondan a las preferencias de los consumidores por medio de la competencia y la maximización de las ganancias por parte de los productores produciendo a un coste mínimo.

Samuelson argumenta que *“una vez producido el bien público para algunos consumidores, puede consumirse por los consumidores adicionales sin ningún costo”*

(Holcombe, 1998: 2). Esto se debe a que si el bien presenta un consumo no rival, el uso del bien por parte de un individuo no afecta negativamente los beneficios que obtiene otro individuo de utilizar ese mismo bien. En consecuencia, sería ineficiente cobrar un precio por su uso, debido a que no afecta a otros consumidores y aplicar la exclusión incentivaría a que no se consumiera el bien. Por lo tanto, *“el empleo eficiente de los recursos requiere que el precio sea igual al coste marginal, pero en este caso el coste marginal (el coste de admitir un usuario adicional) es cero, y este debería ser el precio”* (Musgrave: 1992: 53).

Stiglitz (2000: 65-87) esboza un mercado privado que cumple con tres características fundamentales: La primera es la relación marginal de sustitución, que hace referencia al sacrificio en el consumo de un individuo sobre la cantidad de un bien a cambio de consumir otro. La segunda característica es la relación marginal de sustitución técnica, esta consiste en la posición del productor que considera conveniente compensar la reducción de un factor de producción para aumentar otro factor. La tercera y última, es la relación marginal de transformación que se refiere a cuantas cantidades de determinado bien se pueden producir si se produce en menor cuantía otro bien. Por lo tanto, si las relaciones marginales de sustitución de todos los individuos son iguales entre dos bienes y las relaciones marginales de sustitución técnica de las empresas entre dos factores son iguales y la relación marginal de sustitución es igual a la relación marginal de transformación, se estaría hablando de economías competitivas.

Así las cosas, resulta adecuado afirmar, que aun cuando el servicio público de energía eléctrica en Bogotá, es comercializado por una empresa privada, el bien sigue teniendo todas las características de un bien público, por lo cual su tratamiento y especialmente las tarifas que se cobran a los ciudadanos del servicio, dadas las características del servicio de energía, al ser un bien cuyos costos marginales de producción son cero, las tarifas deberían ser suficientemente bajas para cubrir únicamente los costos de producción reales. El análisis de la

teoría nos permite deducir que, el incremento de tarifas no se justifica por el incremento de los costos de producción del servicio, por ejemplo vía los costos de producción o la tasa de cambio, sino debido a una posición dominante de las empresas, dada su naturaleza de monopolio natural.

## 9. Hipótesis

La privatización del servicio público de energía, ha aumentado las tarifas en un nivel considerable, que han impactado el gasto de los hogares, disminuyendo su capacidad de consumir otros bienes.

### 9.1. Hechos estilizados

A continuación procederemos a mencionar las variables económicas que se consideran dentro de este estudio, mediante gráficas y comentarios que permitirán comprender la relación existente entre el problema, la hipótesis planteada y las consecuencias.

En primer lugar tenemos el ingreso, el gasto en servicios públicos, especialmente el de energía eléctrica y los estratos socioeconómicos.

### Ilustración 1. Ingreso promedio mes por hogar y por decil

Ingreso promedio mes, por hogar y por decil. Pesos corrientes		
1	193.730	1,9%
2	579.264	5,7%
3	796.501	7,8%
4	1.058.444	10,4%
5	1.337.359	13,1%
6	1.680.252	16,4%
7	2.158.469	21,1%
8	2.937.555	28,7%
9	4.429.158	43,3%
10	10.219.598	100,0%

El porcentaje de la última columna representa la relación entre el ingreso de cada decil con respecto al ingreso del decil 10.

Fuente: EMB, 2011

Fuente: Bancoldex y Fedesarrollo

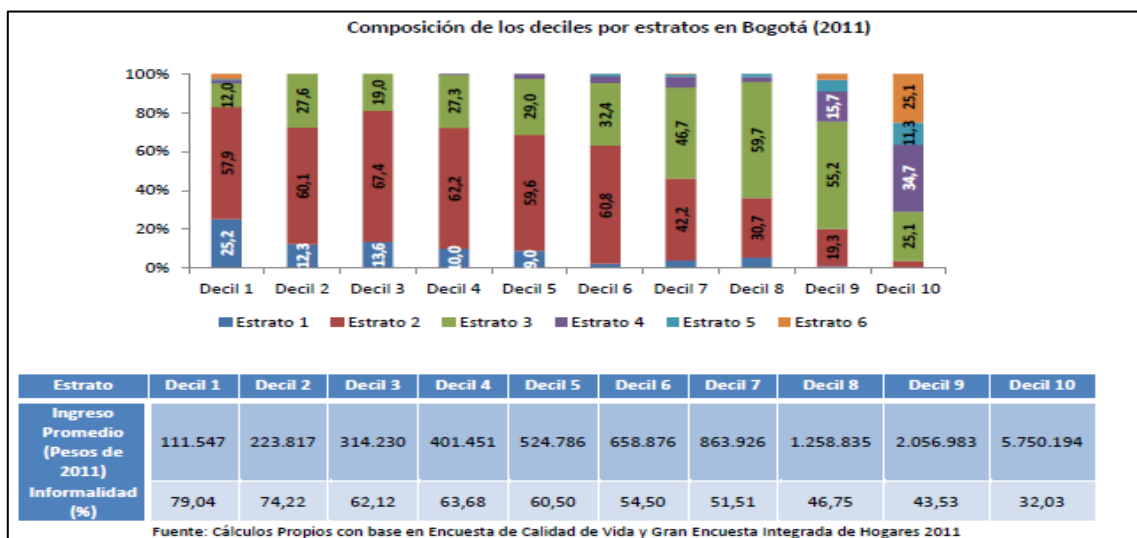
El cuadro anterior incluye el ingreso mensual promedio en la ciudad de Bogotá por hogar y por decil. La última columna es la relación porcentual entre el ingreso de cada decil con respecto al ingreso del decil 10.

Estos porcentajes permiten evidenciar ponen en evidencia la elevada concentración del ingreso que se observa en Bogotá y la brecha existente entre los diferentes deciles de la población, lo cual resulta de relevancia para el presente estudio ya que buscamos demostrar que el impacto del aumento de las tarifas en el servicio de energía eléctrica, afecta especialmente a la población de los deciles más pobres ya que les impide acceder a otros bienes y servicios.

En el siguiente cuadro se encuentra la participación de cada estrato en los deciles en los que está dividido Bogotá para el año 2011, esta información es relevante ya que varios de nuestros análisis toman los estratos y los deciles como mecanismos de clasificación de los hogares.

En relación con esta información encontramos pertinente resaltar como los estratos 5 y 6 únicamente aparecen en el décimo decil, mientras que el estrato dos es representativo en casi todos los deciles.

**Ilustración 2. Composición de los deciles por estratos en Bogotá 2011**



Fuente: Bancoldex y Fedesarrollo

El panorama en el año 2003 no era muy diferente, el estrato dos ya era el dominante en todos los deciles, solamente se evidencia un aumento en la participación del estrato 6 en el decil de mayor ingreso.

### Ilustración 3. Proporción de hogares por decil de ingreso 2003

Estrato	Decil 1	Decil 2	Decil 3	Decil 4	Decil 5	Decil 6	Decil 7	Decil 8	Decil 9	Decil 10	Total
1	49.1%	45.0%	41.2%	33.5%	25.8%	20.7%	15.6%	11.0%	9.4%	4.3%	25.6%
2	39.0%	45.1%	43.9%	49.8%	46.9%	45.1%	43.1%	36.8%	27.9%	13.2%	39.1%
3	11.0%	9.4%	14.2%	16.0%	25.9%	31.0%	36.5%	44.4%	44.6%	31.5%	26.5%
4	0.7%	0.3%	0.6%	0.6%	1.1%	2.9%	3.7%	6.0%	15.4%	28.1%	6.0%
5	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%	1.2%	2.4%	12.9%	1.8%
6	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.7%	0.5%	0.3%	10.0%	1.2%

Fuente: Cálculos Propios con base en Encuesta de Calidad de Vida 2003

Fuente: Bancoldex y Fedesarrollo

Para el análisis de consumo de los hogares tenemos el siguiente cuadro, el cual nos permite evidenciar en que gastan sus ingresos los hogares en los diferentes deciles, nótese como el gasto en servicios públicos es porcentualmente más elevado en los deciles de menores ingresos, mientras que en el decil superior este gasto presenta una participación significativamente inferior, lo cual resulta congruente con el planteamiento presentado.

### Ilustración 4. Estructura del gasto de los hogares (5) en Bogotá 2011

Decil	Salud	Edic.	Tran. y comu.	Alimentos	Vestuario	Vivienda	Ser. púb.	Cultura	Otros	Total
1	3,0	6,6	13,3	28,2	5,7	25,7	11,5	1,1	4,9	100
2	3,1	6,3	14,5	26,8	6,7	25,4	10,5	1,2	5,6	100
3	3,1	6,2	16,0	27,5	6,2	23,3	9,7	1,3	6,8	100
4	3,1	6,6	15,6	27,1	7,1	21,8	9,5	1,3	7,9	100
5	3,1	6,7	16,3	26,3	6,7	21,7	9,2	1,6	8,4	100
6	3,4	7,1	15,9	25,7	6,1	22,2	8,5	1,6	9,5	100
7	3,6	7,9	16,3	24,8	5,9	21,5	8,1	1,9	10,0	100
8	4,4	7,8	16,3	23,8	5,4	21,6	7,4	2,2	11,0	100
9	4,6	8,3	14,8	21,9	4,7	23,3	6,4	2,8	13,1	100
10	6,0	6,3	12,2	19,0	3,6	25,0	4,8	3,5	19,6	100
Total	4,6	7,0	14,3	22,5	5,0	23,4	6,9	2,6	13,6	100

Fuente: EMB 2011

Fuente: Bancoldex y Fedesarrollo

El siguiente cuadro muestra el gasto mensual promedio por tipo de servicio y estrato en los años 2004 y 2011.

**Ilustración 5. Gasto mensual promedio por tipo de servicio y estrato. Bogotá, pesos 2011**

Gasto mensual promedio por tipo de servicio y estrato. Bogotá, pesos de 2011								
Estr.	Acued., alc., aseo		Gas natural		Energía eléctrica		Telefonía fija	
	2004	2011	2004	2011	2004	2011	2004	2011
1	25.545	19.342	20.627	13.856	18.889	32.341	27.716	22.859
2	27.211	36.404	19.489	15.604	29.296	37.880	32.368	31.667
3	37.113	53.519	20.751	30.222	46.675	51.105	53.607	47.692
4	32.268	70.676	30.098	56.042	64.525	62.031	79.726	66.067
5	52.626	119.141	33.276	55.828	96.009	77.686	97.945	85.658
6	73.729	133.695	26.234	55.664	134.877	103.180	85.805	90.812
Total	34.892	50.018	21.749	25.274	45.531	47.838	51.432	46.514

Fuente: CID, 2004; EMB, 2011

Fuente: Bancoldex y Fedesarrollo

En el cuadro anterior muestra como las tarifas del servicio de energía han aumentado para los estratos de menores ingresos, 1 a 4, mientras que en los estratos altos, 5 y 6, la tarifa se ha reducido, lo cual resulta abiertamente regresivo, ya que no se están implementando las tarifas teniendo en cuenta el ingreso de los hogares.

La segunda variable que vamos a analizar son las tarifas del servicio de energía, tanto de forma interna y temporal como comparada con otras regiones y países, toda vez que el comportamiento de las tarifas resulta determinante para establecer si la privatización del servicio de energía ha generado eficiencia, entendida como mayor cobertura con menores tarifas, dada la tendencia negativa de los costos marginales de producción de la energía, el comportamiento debería ser el planteado.

No obstante lo anterior, la realidad es que las tarifas han aumentado progresivamente después de la privatización del servicio, observemos el siguiente cuadro en el cual se

compara el aumento de las tarifas por estrato del año 2001 al 2004, en todos los estratos se evidencia un aumento del costo del kilovatio.

**Ilustración 6. Codensa. Comparación de las tarifas en pesos constantes (2001-2004)  
Consumo básico (kw/h)**

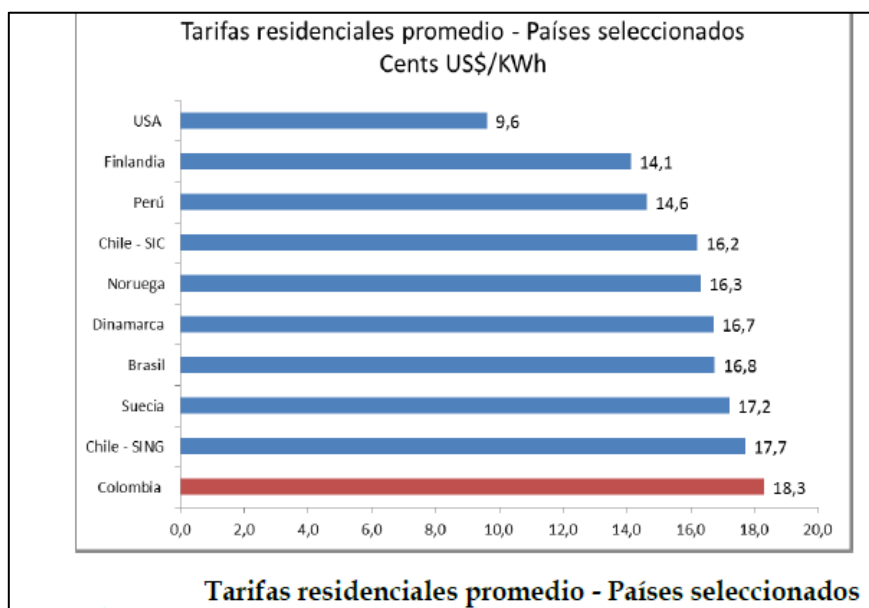
<b>Codensa. Comparación de las tarifas en pesos constantes (2001-2004) Consumo básico (kw/h)</b>			
ESTRATO	2001	2004*	%
1	100	106	6
2	120	127	6
3	171	183	7
4	201	216	7
5	240	259	8
6	240	259	8

*\*Corresponde a junio.  
Fuente: Superservicios, Codensa, cálculos del CID.*

Fuente: Bancoldex y Fedesarrollo

Ahora veamos qué tan altas son las tarifas del servicio comparadas con otros países desarrollados, en la gráfica siguiente se puede observar como Colombia presenta para el año 2012 la mayor tarifa residencial promedio.

**Ilustración 7. Tarifas residenciales promedio - Países seleccionados Cents US\$/KWh**



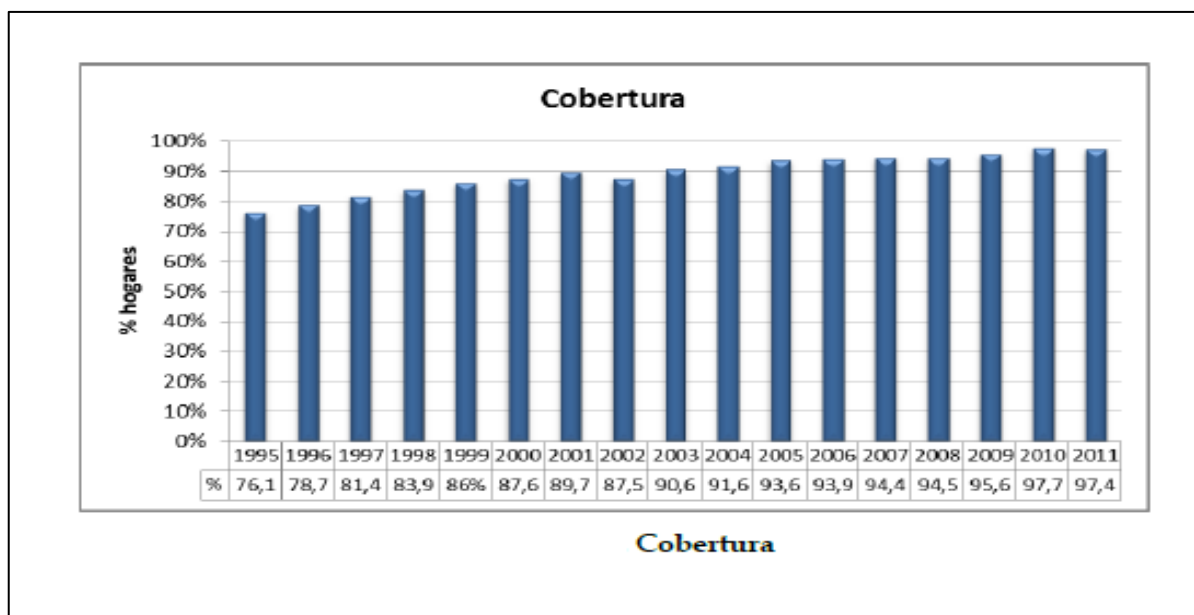
Fuente: Bancoldex y Fedesarrollo

Así las cosas, aun cuando el mandato constitucional hace un llamado a la eficiencia en la prestación de los servicios públicos y que las leyes que regulan la materia contemplan fórmulas para regular las tarifas y existen entidades encargadas de controlarlas, todo lo cual ya hemos analizado, resulta evidente que el costo del servicio de energía para los hogares colombianos es elevado, lo cual nos permite continuar sosteniendo la hipótesis de esta investigación en el sentido de que el aumento de las tarifas ha sido desproporcional desde la privatización, evitando así que el servicio sea eficiente.

Finalmente vamos a analizar la variable *cobertura*, ya que uno de los principales argumentos de la privatización fue que la empresa privada tendría mayor eficiencia en ampliar la cobertura del servicio.

En la siguiente grafica correspondiente a un estudio realizado por el DANE en 2012 podemos observar como se ha incrementado la cobertura desde el año 1995 al 2011 en el país, realmente en la actualidad la cobertura del servicio es prácticamente del 100%, sin embargo en algunas zonas continúan presentándose interrupciones en el servicio “*apagones*”, lo cual afecta la calidad en la prestación del servicio.

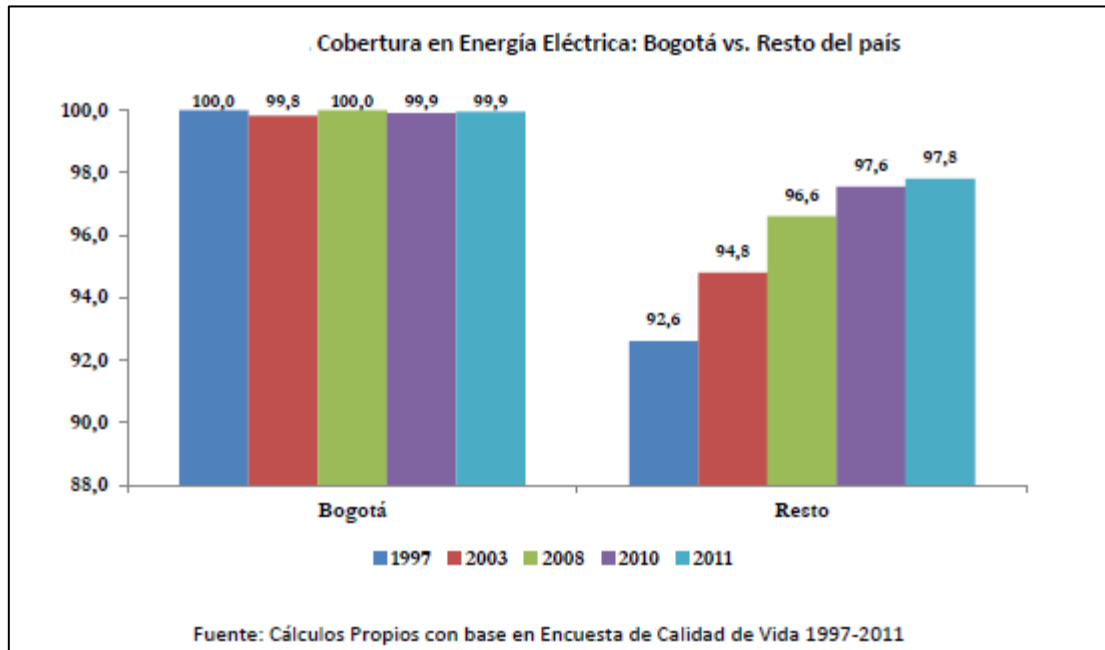
**Ilustración 8. Cobertura**



Fuente: Bancoldex y Fedesarrollo

Si bien es cierto que la cobertura nacional se encuentra cercana al 100%, también lo es que Bogotá logró este porcentaje de cobertura con mayor rapidez que el resto del país, tal como se puede evidenciar en el siguiente gráfico.

**Ilustración 9. Cobertura en Energía Eléctrica: Bogotá vs. Resto del País**



Fuente: Bancoldex y Fedesarrollo

A continuación podremos ver como se comportó la cobertura en Bogotá y la cantidad de hogares beneficiados con el servicio, de igual manera se puede concluir que desde el año 2004 la cobertura en la capital de Colombia es prácticamente del 100%.

**Ilustración 10. Cobertura energía. Hogares 2004**

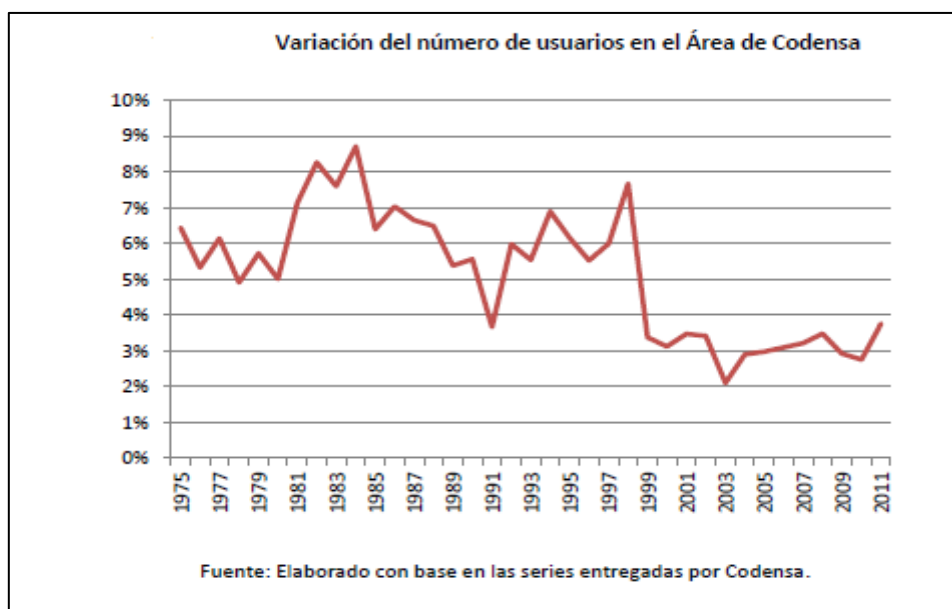
ESTRATO	TOTAL HOGARES	HOGARES	COBER. %
1	145.012	144.642	99.7
2	672.389	671.910	99.9
3	802.078	802.078	100.0
4	224.778	224.778	100.0
5	75.796	75.796	100.0
6	64.537	64.537	100.0
Total	1.984.590	1.983.741	100.0

Fuente: Cálculos del CID a partir de la ECP.

Fuente: Bancoldex y Fedesarrollo

No obstante el avance en la cobertura, a continuación podemos analizar como varia la cantidad de usuarios que debe cubrir Codensa por año, como resulta lógico, la variación es cada vez menor ya que al lograr la cobertura total el aumento de usuarios obedece al crecimiento poblacional, el cual normalmente se da en las mismas zonas ya pobladas, por lo cual la inversión necesaria por la empresa para mantener esta cobertura no es igual de alta a la requerida en el pasado para lograr la cobertura, lo cual debería redundar en una disminución de las tarifas para los usuarios.

### Ilustración 11. Variación del número de usuarios en el Área de Codensa



Fuente: Bancoldex y Fedesarrollo

## 10. Metodología

Con el fin ilustrar a manera de ejemplo la hipótesis de trabajo, se elaboró una base de datos, con series estadísticas de las variables que de manera directa o indirecta pudieran influir en la relación Tarifas de Energía y Consumo de los Hogares, (como proxy del gasto de los hogares). Las variables seleccionadas, fueron: PIB Bogotá, IPC, Salario, Utilidades de Codensa (como proxy de la eficiencia) Tasa Representativa del Mercado, Subsidios Bogotá. Las series fueron tomadas de sus fuentes originales, tales como Dane, DAPD, Codensa y Banco de la República, para el período 2010 – 2014. Todas las series se unificaron a valores

de 1990. Ante la imposibilidad de acceder a los datos completos para todas las series, se procedió a llenar los datos faltantes por medio de un ejercicio de Monte Carlo<sup>1</sup>. Con los datos obtenidos de éste ejercicio se procedió a modelarlos con la metodología de series de tiempo. Por las características de la hipótesis se escogió realizar un ejercicio de series de tiempo, a través de un modelo múltiple que nos permitiera identificar las relaciones de causalidad, en el sentido de direccionalidad estadística, entre la variable dependiente seleccionada: Consumo de hogares y el conjunto de variables independientes que podrían influir en dicha variable, como son las tarifas de Energía, el Salario Mínimo, el PIB de Bogotá (como proxy de las variaciones del nivel de ingreso de los hogares diferentes al salario), el IPC, (como proxy de los costos operacionales locales que se trasladan a las tarifas de energía); la Tasa Representativa del Mercado (como Proxy del componente importado de los costos de energía que se trasladan a las tarifas) las Utilidades de Codensa (como proxy de la eficiencia de la empresa, la cual al menos en parte debería trasladarse a las tarifas) y los subsidios, los cuales deberían atenuar el impacto de las tarifas sobre el consumo de los hogares.

### **10.1 Análisis de los hechos estilizados de las variables que se incluyen en el modelo**

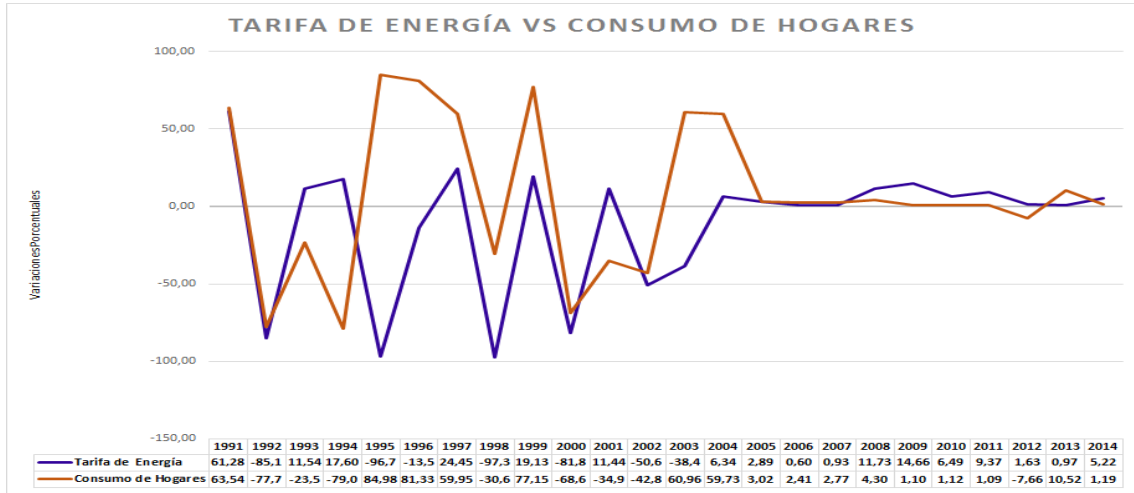
Como lo muestra la gráfica No. 12 las tarifas de energía presentan un patrón muy similar al del consumo de los hogares. En la primera década de los noventa, es decir antes de las privatizaciones, el consumo de los hogares estuvo por encima de las tarifas, excepto en el período del apagón durante el gobierno de Gaviria. Este comportamiento se extendió a lo largo del gobierno Samper, pero después del año 2000 en el gobierno de Pastrana, año en que las privatizaciones se profundizan sobre todo en el sector de la energía, la brecha entre el

---

<sup>1</sup> El método de Monte Carlo proporciona soluciones aproximadas a una gran variedad de problemas matemáticos posibilitando la realización de experimentos con muestreos de números pseudoaleatorios en una computadora. El método es aplicable a cualquier tipo de problema, ya sea estocástico o determinista. A diferencia de los métodos numéricos que se basan en evaluaciones en N puntos en un espacio M-dimensional para producir una solución aproximada, el método de Monte Carlo tiene un error absoluto de la estimación que decrece como en virtud del teorema del límite central. Para la aplicación del método en las estimaciones, se utilizó la media geométrica, la cual es recomendada para datos de progresión geométrica. Se aplicó la media geométrica para las columnas carentes de datos y se aplicó el método de simulación montecarlo utilizando números aleatorios en Microsoft Excel.

consumo de hogares y las tarifas de energía fue disminuyendo y a partir del 2006 el crecimiento de las tarifas de energía han estado por encima del crecimiento del consumo de los hogares.

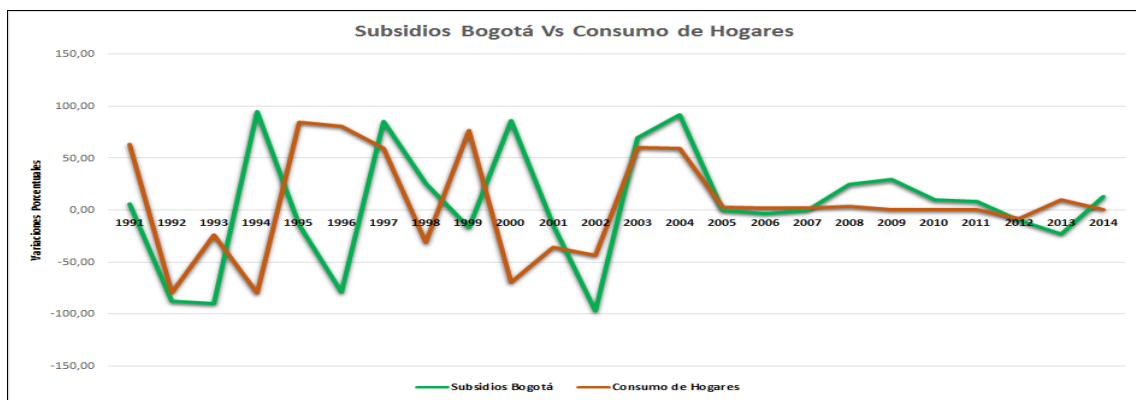
**Ilustración 12. Tarifa de Energía Vs. Consumo de Hogares**



Fuente: DANE, CODENSA, DAPD, Banrep, elaboración autores.

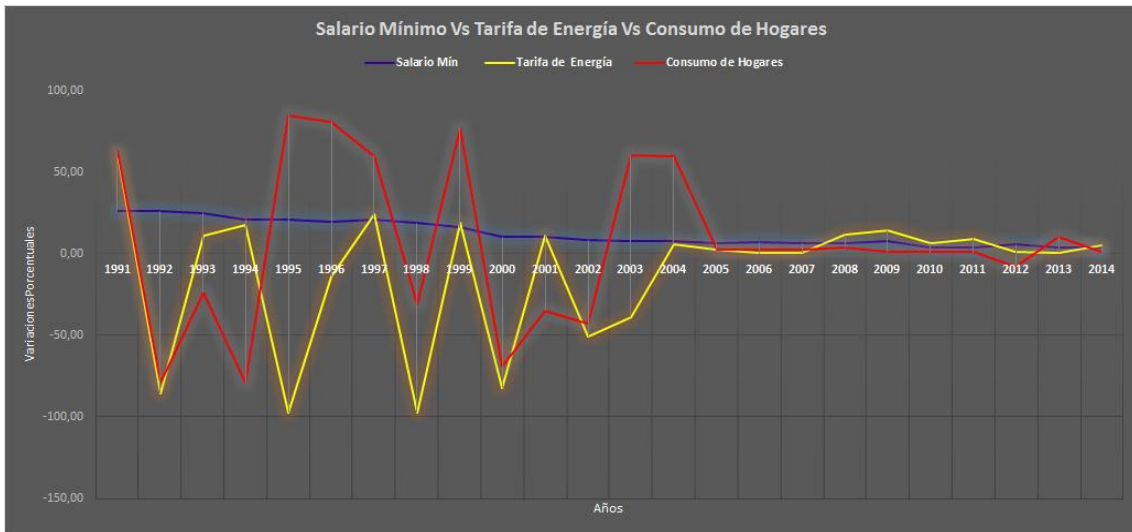
Uno de los predicados de la política de privatización de los servicios públicos, es que el impacto de las mayores tarifas que podrían surgir debido a la ampliación de la infraestructura, podrían ser compensados a través de subsidios. La siguiente gráfica nos muestra que los subsidios jalan bastante el consumo de hogares pero sólo hasta el 2004, año en que se desmontó parcialmente el esquema de subsidios cruzados y se complementaron los fondos de solidaridad con recursos del presupuesto nacional.

**Ilustración 13. Subsidios Bogotá Vs. Consumo de Hogares**



Fuente: DANE, CODENSA, DAPD, Banrep, elaboración autores

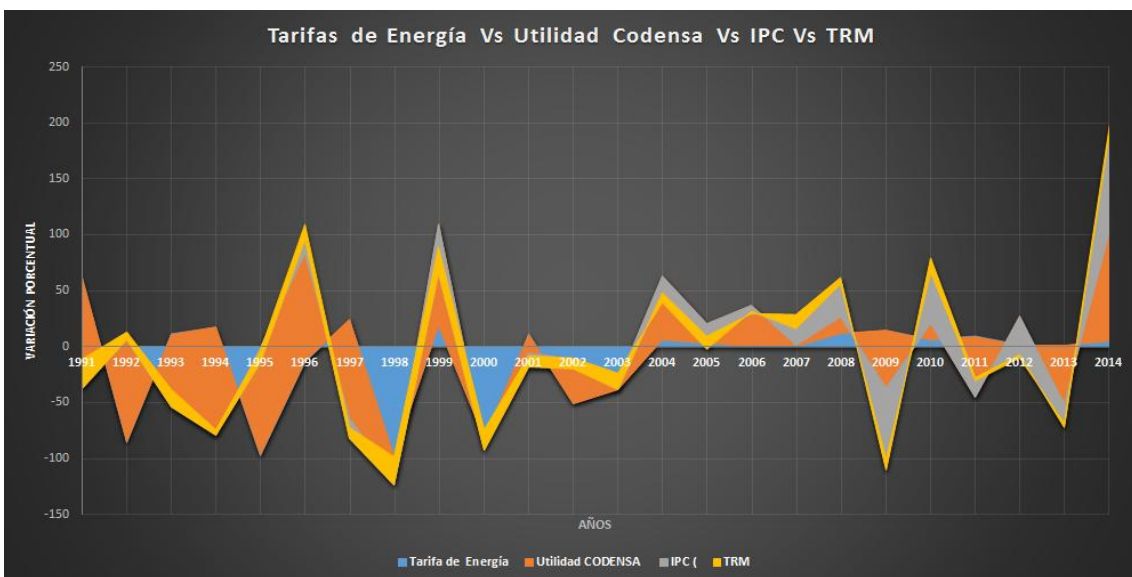
**Ilustración 14. Salario Mínimo Vs. Tarifa de Energía Vs. Consumo de Hogares**



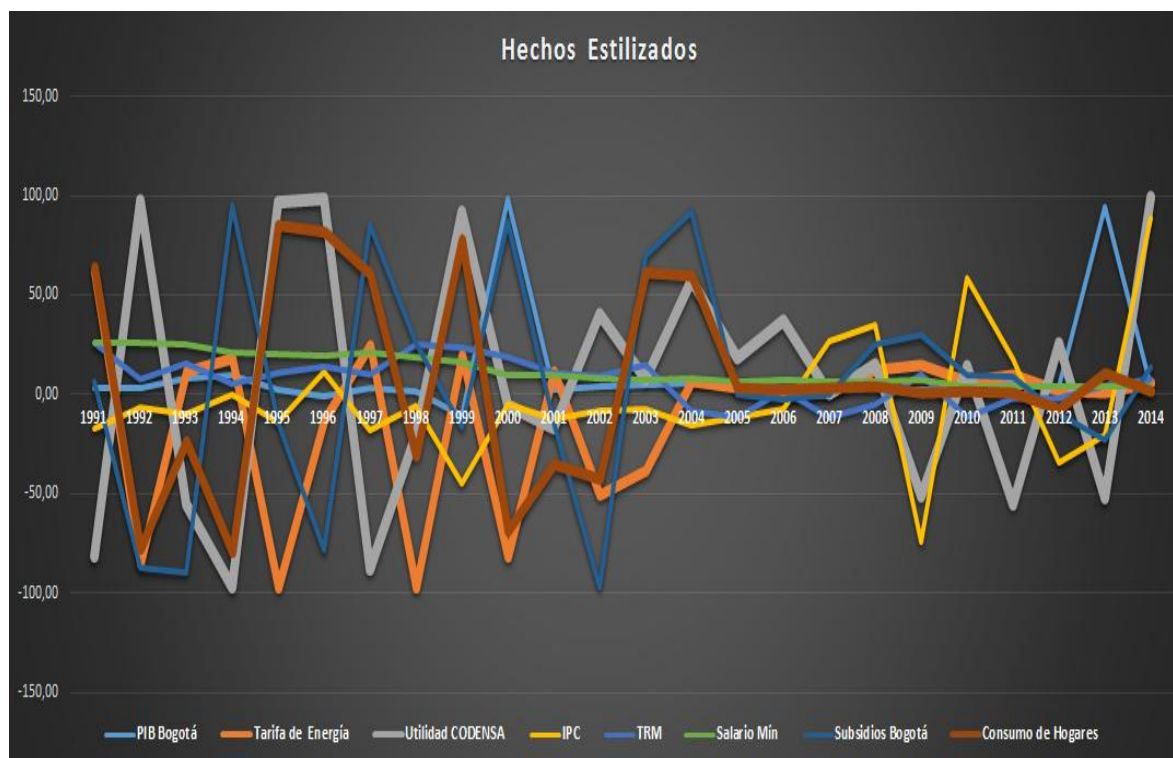
Fuente: DANE, CODENSA, DAPD, Banrep, elaboración autores

En términos de las relaciones entre los salarios de los estratos bajos, suponiendo que todos alcanzan siempre el salario mínimo, la gráfica No. 14 nos muestra que mientras el salario mínimo ha venido decreciendo, las tarifas de energía desde el año 2007 han crecido por encima de éste y el crecimiento del consumo en promedio ha estado por debajo de ambas variables. Por su parte, el gráfico No. 15 nos permite ver que las utilidades de Codensa, han estado moviéndose más al ritmo de la tasa de cambio y la inflación y no tanto de las tarifas.

**Ilustración 15. Tarifas de Energía Vs. Utilidad Codensa Vs. IPC Vs. TRM**



Fuente: DANE, CODENSA, DAPD, Banrep, elaboración autores

**Ilustración 16. Hechos Estilizados de las Variables del Modelo**

Fuente: DANE, CODENSA, DAPD, Banrep, elaboración autores

Finalmente, la gráfica No. 16 nos muestra que para el período estudiado, cuando las tarifas de energía han subido el consumo de los hogares ha disminuido y que los subsidios no alcanzan a cerrar la brecha entre estas dos variables.

### 11. Ejercicio Econométrico

Como se indicara antes, este trabajo econométrico está compuesto por una función de transferencia para encontrar causalidad (direccionalidad estadística), una prueba de cointegración para definir si hay relación de largo plazo y un modelo de corrección de error para caracterizar dicha relación.

De acuerdo con la hipótesis de trabajo, decidimos por tanto estudiar los determinantes de la variable relevante que es el Consumo de Hogares, como proxy del gasto de los hogares, el cual se verá afectado cuando las tarifas de energía se incrementan, en la medida en que los hogares tendrían que asignar más gasto a este rubro y disminuir las asignaciones a otros consumos, desmejorando su nivel de bienestar. Planteamos la hipótesis alrededor del

consumo y sus determinantes (variables independientes) y tratamos de definir si había alguna correlación entre éste y estas variables.

Para ello hicimos un análisis econométrico que persiguió dos cosas fundamentales: la primera, definir si existe causalidad (como direccionalidad en el sentido estadístico) entre el consumo y sus variables explicativas y su relación impulso-respuesta, es decir, definir si las variables explicativas son realmente significativas en el consumo y, si esto es así, cuánto se demoraría éste último en responder a las primeras; la segunda, ya identificado un grado de significancia alto entre una variable explicativa dada y el consumo, definir si están suficientemente correlacionadas en el largo plazo. Para la realización de estos modelos tuvimos en cuenta los estudios ya realizados sobre los determinantes del consumo, las variables explicativas que se incluyen en ellos y la forma como se incluyen.

### **11.1. Análisis econométrico de los determinantes del consumo.**

Para el trabajo econométrico aquí expuesto, se tuvo en cuenta muchos de los conceptos mencionados anteriormente, pero aplicados a modelos con series de tiempo (función de transferencia y modelo AR (1)). Se tratará de explicar el consumo en función de las tarifas de energía, tanto presentes como las presentadas en periodos de tiempo pasados. También se tendrá en cuenta el mayor consumo en periodos de tiempo pasados como variable explicativa para el consumo.

#### **11.1.1. Tratamiento de las series.**

Para correr un modelo econométrico con series de tiempo se hace necesario trabajar con cifras constantes, que hayan eliminado el efecto de los precios, con el fin de medir efectos reales en la economía, eliminando tendencias en las variables que puedan provocar problemas en la obtención del modelo. Así mismo, los modelos con series de tiempo exigen que las variables sean estacionarias<sup>2</sup> y que no presente problemas de estacionalidad, para

---

<sup>2</sup> Para obtener variables estacionarias se optó por aplicar logaritmos a las cifras originales.

evitar la obtención de relaciones de causalidad espúreas; es decir, se obtiene un modelo con relaciones de causalidad aparentemente aceptables, con pruebas estadísticas y con un  $R^2$  que indican un ajuste correcto de este, pero que en realidad no lo es<sup>3</sup>.

### 11.1.2. Modelo AR (1) para el consumo

En una primera instancia se quiso examinar qué tanto el consumidor colombiano está bajo la influencia de las costumbres y hábitos de consumo, con lo cual se intenta ver la dependencia del consumo actual con el consumo pasado. Para ello se optó por correr un modelo AR(1)<sup>4</sup> en el que las observaciones presentadas en periodos anteriores más un término error son las variables que explican el comportamiento de la misma en un periodo de tiempo  $t$ <sup>5</sup>.

Se elaboró un modelo AR (1) por las características presentadas en el correlograma del consumo ya estacionarizado. En el correlograma se puede observar que la Función de Auto correlación presenta un decrecimiento rápido exponencial atenuado, así mismo la Función de Autocorrelación Parcial muestra que sólo el primer coeficiente es altamente significativo, características que coinciden con la especificación de un modelo autor regresivo de orden uno<sup>6</sup>, definida como<sup>7</sup>:

$$\nabla \ln C_{p_t} = \sigma + \phi_1 \nabla \ln(C_{p_{t-1}}) + \varepsilon$$

La cual también puede ser expresada como:

$$C_{p_t} = \frac{\sigma}{1 - \phi_1 B} + \frac{\varepsilon_t}{1 - \phi_1 B}$$

<sup>3</sup> César Pérez López- Paso a Paso. Problemas Resueltos de Econometría. Thomson Editores Spain. Madrid, España. 2006. Pág. 178

<sup>4</sup> Modelo auto regresivo de orden 1.

<sup>5</sup> César Pérez López- Paso a Paso. Problemas Resueltos de Econometría. Thomson Editores Spain. Madrid, España. 2006. Pág. 167

<sup>6</sup> Ver Anexo 3. Tabla 2

<sup>7</sup> Antonio Pulido. Modelos Económicos. Ediciones Pirámide, S.A. Cuarta Edición. Madrid. 1993. Pág. 569.

Donde  $\sigma$  es un constante,  $C_{pt}$  y  $C_{pt-1}$  se consideran desviaciones de la variable a la media  $\mu$  de los procesos y  $\varepsilon_t$  como la perturbación aleatoria o ruido blanco, la cual debe cumplir las siguientes restricciones:

$$- \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_a)$$

El parámetro  $\phi$  deberá estar entre:

$$-1 < \phi < 1$$

Como las variables están en diferencias tenemos que:

$$\nabla \ln(Cp)_t = \frac{\sigma}{1 - \phi_1 B} + \frac{\varepsilon_t}{1 - \phi_1 B}$$

Al correr el modelo se obtiene que la variable es significativa individualmente y conjuntamente en el modelo con un nivel de confianza del 95%<sup>8</sup>, así mismo presenta un Durbin-Watson cercano a 2 (2.07) indicando la no existencia de Autocorrelación. Para confirmar la validez del modelo se opta por obtener el correlograma<sup>9</sup> residual del mismo que muestra las probabilidades asociadas al Q estadístico en su mayoría superiores a 0.05, indicando la existencia de ruido blanco en el modelo<sup>10</sup>.

Los procesos para la estimación y validación del modelo se realizaron en el programa Eviews, la nomenclatura que se utilizara en el programa se resume en el siguiente cuadro.

VARIABLE	VARIABLE EN EIEWS	VARIABLE DIFERENCIADA EN EIEWS	VARIABLE DIFERENCIADA EN LOGARITMOS EN EIEWS
Consumo de hogares	Ch	Ddch	Ddlogch
Pib de Bogotá	Pib	ddpib	Ddlogpib
IPC	IPC	Ddipc	Ddlogipc
Tarifa de energía	Tarif	Ddtarif	Ddlogtarif
TRM	TRM	Ddtrm	Ddlogtrm
Salario mínimo	Sm	Ddsm	Ddlogsm
Subsidios Bogotá	Sbta	ddsbtta	ddlogsbta
Utilidades codensa	Uc	Dduc	ddloguc

<sup>8</sup> Ver Anexo 3. Tabla 3

<sup>9</sup> Ver Anexo 3. Tabla 4

<sup>10</sup> Ver anexo del modelo AR (1).

## 12. Identificación

### 12.1. Pruebas de estacionalidad Phillips- Perron

El test de Phillips-Perron es un test de estacionalidad similar al ya mencionado test de Dickey –Fuller. Esta prueba puede hacerse suponiendo que el proceso tiene un intercepto, una tendencia o ninguna; la prueba se hace para estas tres probabilidades, para cada una de las posibilidades lo que se busca es encontrar si en el modelo existe o no una raíz unitaria, esto quiere decir que los datos se encuentran dentro del círculo unitario complejo, y se define que el proceso no es estacionario de esta manera la prueba de raíz unitaria elimina la posibilidad de cambios estructurales en la serie de tiempo. La prueba arroja 3 niveles de significancia estadística estos niveles son 1,5 y 10 por ciento el P-valor de la prueba debe ser menor a todos los niveles de significancia para definir la no existencia de raíz unitaria y que la serie efectivamente es estacionaria. Pero a diferencia de la prueba de Dickey-Fuller el test de Phillips-Perron no existe un término de diferencia retardada y utiliza métodos estadísticos que no son paramétricos para evitar una correlación serial entre los errores.

En los resultados podemos observar que las variables en logaritmos ya diferenciadas presentan estacionalidad en todos los casos y las diferentes posibilidades como se muestra a continuación:

#### 12.1.1. DDLOGCH.

Tabla 1. DDLOGCH 1

Null Hypothesis: DDLOGCH has a unit root				
Exogenous: Constant				
Bandwidth: 11 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel				
			Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic			-27.44372	0.0000
Test critical values:	1% level		-3.759597	
	5% level		-3.004851	
	10% level		-2.642242	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Residual variance (no correction)				9.599573
HAC corrected variance (Bartlett kernel)				0.871850
Phillips-Perron Test Equation				
Dependent Variable: D(DDLOGCH)				
Method: Least Squares				
Date: 06/24/15 Time: 07:08				
Sample (adjusted): 1993 2014				
Included observations: 22 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGCH(-1)	-1.659195	0.168052	-9.873125	0.0000
C	0.007627	0.692806	0.011009	0.9913
R-squared	0.829756	Mean dependent var		0.018395
Adjusted R-squared	0.821244	S.D. dependent var		7.685852
S.E. of regression	3.249543	Akaike info criterion		5.251414
Sum squared resid	211.1906	Schwarz criterion		5.380600
Log likelihood	-56.09555	Hannan-Quinn criter.		5.304779
F-statistic	97.47859	Durbin-Watson stat		2.193316
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Salida de Eviews

**Tabla 2. DDLOGCH 2**

Null Hypothesis: DDLOGCH has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 11 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
<b>Phillips-Perron test statistic</b>	<b>-26.63167</b>	<b>0.0000</b>
Test critical values:		
1% level	-4.440739	
5% level	-3.632896	
10% level	-3.254671	

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

Residual variance (no correction)	9.599563
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.870612

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGCH)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:10  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGCH(-1)	-1.659190	0.172421	-9.622918	0.0000
C	0.014132	1.671244	0.008456	0.9933
@TREND("1990")	-0.000482	0.112040	-0.004301	0.9966

R-squared	0.829756	Mean dependent var	0.018395
Adjusted R-squared	0.811836	S.D. dependent var	7.685852
S.E. of regression	3.333959	Akaike info criterion	5.372322
Sum squared resid	211.1904	Schwarz criterion	5.521100
Log likelihood	-56.09554	Hannan-Quinn criter.	5.407370
F-statistic	46.30239	Durbin-Watson stat	2.193361
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Salida de Eviews

**Tabla 3. DDLOGCH 3**

Null Hypothesis: DDLOGCH has a unit root  
 Exogenous: None  
 Bandwidth: 11 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
<b>Phillips-Perron test statistic</b>	<b>-28.22652</b>	<b>0.0001</b>
Test critical values:		
1% level	-2.674290	
5% level	-1.957204	
10% level	-1.608175	

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

Residual variance (no correction)	9.599631
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.873549

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGCH)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:11  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGCH(-1)	-1.659198	0.164002	-10.11694	0.0000

R-squared	0.829755	Mean dependent var	0.018395
Adjusted R-squared	0.829755	S.D. dependent var	7.685852
S.E. of regression	3.171239	Akaike info criterion	5.190511
Sum squared resid	211.1919	Schwarz criterion	5.240104
Log likelihood	-56.09562	Hannan-Quinn criter.	5.202193
Durbin-Watson stat	2.193299		

Fuente: Salida de Eviews

12.1.2. DDLOGIPC

Tabla 4. DDLOGIPC 1

Null Hypothesis: DDLOGIPC has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 8 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-14.55689	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.769597	
5% level	-3.004861	
10% level	-2.642242	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.271094
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.043897

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGIPC)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:12  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGIPC(-1)	-1.534992	0.201265	-7.626736	0.0000
C	0.030802	0.116425	0.264563	0.7941

R-squared	0.744138	Mean dependent var	0.033700
Adjusted R-squared	0.731345	S.D. dependent var	1.053559
S.E. of regression	0.546080	Akaike info criterion	1.714407
Sum squared resid	5.964077	Schwarz criterion	1.813593
Log likelihood	-16.85848	Hannan-Quinn criter.	1.737772
F-statistic	58.16711	Durbin-Watson stat	2.443870
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Salida de Eviews

Tabla 5. DDLOGIPC 2

Null Hypothesis: DDLOGIPC has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 8 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-15.01195	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.440739	
5% level	-3.632896	
10% level	-3.254671	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.268219
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.038103

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGIPC)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:13  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGIPC(-1)	-1.532715	0.205457	-7.460034	0.0000
C	-0.083340	0.279411	-0.298270	0.7687
@TREND("1990")	0.008455	0.018733	0.451348	0.6568

R-squared	0.746852	Mean dependent var	0.033700
Adjusted R-squared	0.720205	S.D. dependent var	1.053559
S.E. of regression	0.557287	Akaike info criterion	1.794651
Sum squared resid	5.900810	Schwarz criterion	1.943430
Log likelihood	-16.74117	Hannan-Quinn criter.	1.829699
F-statistic	28.02747	Durbin-Watson stat	2.469216
Prob(F-statistic)	0.000002		

Fuente: Salida de Eviews

**Tabla 6. DDLOGIPC 3**

Null Hypothesis: DDLOGIPC has a unit root  
 Exogenous: None  
 Bandwidth: 8 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-14.83928	0.0001
Test critical values:		
1% level	-2.674290	
5% level	-1.957204	
10% level	-1.608175	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.272043
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.045038

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGIPC)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:14  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGIPC(-1)	-1.535165	0.196756	-7.802365	0.0000

R-squared	0.743242	Mean dependent var	0.033700
Adjusted R-squared	0.743242	S.D. dependent var	1.053559
S.E. of regression	0.533852	Akaike info criterion	1.626992
Sum squared resid	5.984950	Schwarz criterion	1.676584
Log likelihood	-16.89691	Hannan-Quinn criter.	1.638674
Durbin-Watson stat	2.435229		

Fuente: Salida de Eviews

**12.1.3. DDLOGPIB**

**Tabla 7. DDLOGPIB 1**

Null Hypothesis: DDLOGPIB has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 21 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-23.84242	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.769597	
5% level	-3.004861	
10% level	-2.642242	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.161619
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.011538

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGPIB)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:16  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGPIB(-1)	-1.541727	0.187987	-8.201240	0.0000
C	-0.001322	0.089894	-0.014709	0.9884

R-squared	0.770801	Mean dependent var	-0.001872
Adjusted R-squared	0.759341	S.D. dependent var	0.859491
S.E. of regression	0.421641	Akaike info criterion	1.197182
Sum squared resid	3.556619	Schwarz criterion	1.296368
Log likelihood	-11.16900	Hannan-Quinn criter.	1.220547
F-statistic	67.26034	Durbin-Watson stat	2.396703
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Salida de Eviews

**Tabla 8. DDLOGPIR 2**

Null Hypothesis: DDLOGPIB has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 21 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
<b>Phillips-Perron test statistic</b>	<b>-25.24316</b>	<b>0.0000</b>
Test critical values:		
1% level	-4.440739	
5% level	-3.632896	
10% level	-3.254671	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.161243
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.009579

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGPIB)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:17  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGPIB(-1)	-1.542662	0.192697	-8.005637	0.0000
C	0.039981	0.216642	0.184548	0.8555
@TREND("1990")	-0.003059	0.014524	-0.210644	0.8354

R-squared	0.771335	Mean dependent var	-0.001872
Adjusted R-squared	0.747265	S.D. dependent var	0.859491
S.E. of regression	0.432090	Akaike info criterion	1.285759
Sum squared resid	3.547335	Schwarz criterion	1.434537
Log likelihood	-11.14334	Hannan-Quinn criter.	1.320806
F-statistic	32.04546	Durbin-Watson stat	2.401028
Prob(F-statistic)	0.000001		

Fuente: Salida de Eviews

**Tabla 9. DDLOGPIR 3**

Null Hypothesis: DDLOGPIB has a unit root  
 Exogenous: None  
 Bandwidth: 21 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
<b>Phillips-Perron test statistic</b>	<b>-24.52767</b>	<b>0.0001</b>
Test critical values:		
1% level	-2.674290	
5% level	-1.957204	
10% level	-1.608175	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.161621
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.011609

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGPIB)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:18  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGPIB(-1)	-1.541729	0.183458	-8.403738	0.0000

R-squared	0.770798	Mean dependent var	-0.001872
Adjusted R-squared	0.770798	S.D. dependent var	0.859491
S.E. of regression	0.411482	Akaike info criterion	1.106284
Sum squared resid	3.555658	Schwarz criterion	1.155877
Log likelihood	-11.16912	Hannan-Quinn criter.	1.117966
Durbin-Watson stat	2.396675		

Fuente: Salida de Eviews

### 12.1.4. DDLOGSBTA

**Tabla 10: DDLOGSBTA 1**

Null Hypothesis: DDLOGSBTA has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 21 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-17.57867	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.769597	
5% level	-3.004861	
10% level	-2.642242	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	1.107921
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.155274

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGSBTA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:19  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGSBTA(-1)	-1.519184	0.184302	-8.242902	0.0000
C	0.080110	0.235881	0.339618	0.7377

R-squared	0.772586	Mean dependent var	-0.048624
Adjusted R-squared	0.761216	S.D. dependent var	2.259164
S.E. of regression	1.103953	Akaike info criterion	3.122180
Sum squared resid	24.37425	Schwarz criterion	3.221366
Log likelihood	-32.34398	Hannan-Quinn criter.	3.145545
F-statistic	67.94544	Durbin-Watson stat	2.211825
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Salida de Eviews

**Tabla 11: DDLOGSBTA 2**

Null Hypothesis: DDLOGSBTA has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 21 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-22.23669	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.440739	
5% level	-3.632896	
10% level	-3.254671	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	1.084144
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.088466

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGSBTA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:20  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGSBTA(-1)	-1.537281	0.189139	-8.127770	0.0000
C	0.413420	0.569148	0.726384	0.4765
@TREND("1990")	-0.024576	0.038072	-0.645511	0.5263

R-squared	0.777467	Mean dependent var	-0.048624
Adjusted R-squared	0.754042	S.D. dependent var	2.259164
S.E. of regression	1.120413	Akaike info criterion	3.191396
Sum squared resid	23.85118	Schwarz criterion	3.340174
Log likelihood	-32.10535	Hannan-Quinn criter.	3.226443
F-statistic	33.19022	Durbin-Watson stat	2.222231
Prob(F-statistic)	0.000001		

Fuente: Salida de Eviews

**Tabla 12: DDLOGSBTA 3**

Null Hypothesis: DDLOGSBTA has a unit root  
 Exogenous: None  
 Bandwidth: 21 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-16.16195	0.0001
Test critical values:		
1% level	-2.674290	
5% level	-1.957204	
10% level	-1.608175	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	1.114310
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.198929

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGSBTA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:21  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGSBTA(-1)	-1.515039	0.179982	-8.417706	0.0000

R-squared	0.771275	Mean dependent var	-0.048624
Adjusted R-squared	0.771275	S.D. dependent var	2.259164
S.E. of regression	1.080450	Akaike info criterion	3.037022
Sum squared resid	24.51482	Schwarz criterion	3.086614
Log likelihood	-32.40724	Hannan-Quinn criter.	3.048704
Durbin-Watson stat	2.207182		

Fuente: Salida de Eviews

### 12.1.5. DDLOGSM

**Tabla 13: DDLOGSM 1**

Null Hypothesis: DDLOGSM has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-5.111873	0.0005
Test critical values:		
1% level	-3.769597	
5% level	-3.004861	
10% level	-2.642242	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.000278
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.000278

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGSM)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:22  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGSM(-1)	-1.140962	0.223198	-5.111873	0.0001
C	-0.009757	0.004205	-2.320247	0.0310

R-squared	0.566454	Mean dependent var	0.000208
Adjusted R-squared	0.544777	S.D. dependent var	0.025902
S.E. of regression	0.017476	Akaike info criterion	-5.169423
Sum squared resid	0.006108	Schwarz criterion	-5.070238
Log likelihood	58.86386	Hannan-Quinn criter.	-5.146058
F-statistic	26.13124	Durbin-Watson stat	1.980955
Prob(F-statistic)	0.000053		

Fuente: Salida de Eviews

**Tabla 14: DDLOGSM 2**

Null Hypothesis: DDLOGSM has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-5.562736	0.0010
Test critical values:		
1% level	-4.440739	
5% level	-3.632896	
10% level	-3.254671	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.000247
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.000213

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGSM)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:23  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGSM(-1)	-1.206205	0.220291	-5.475511	0.0000
C	-0.022280	0.009154	-2.434012	0.0250
@TREND("1990")	0.000885	0.000580	1.527543	0.1431

R-squared	0.613874	Mean dependent var	0.000208
Adjusted R-squared	0.573230	S.D. dependent var	0.025902
S.E. of regression	0.016921	Akaike info criterion	-5.194348
Sum squared resid	0.005440	Schwarz criterion	-5.045570
Log likelihood	60.13783	Hannan-Quinn criter.	-5.159301
F-statistic	15.10339	Durbin-Watson stat	2.094232
Prob(F-statistic)	0.000119		

Fuente: Salida de Eviews

**Tabla 15: DDLOGSM 3**

Null Hypothesis: DDLOGSM has a unit root  
 Exogenous: None  
 Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-4.171759	0.0002
Test critical values:		
1% level	-2.674290	
5% level	-1.957204	
10% level	-1.608175	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.000352
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.000386

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGSM)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:24  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGSM(-1)	-0.900892	0.217431	-4.143344	0.0005

R-squared	0.449754	Mean dependent var	0.000208
Adjusted R-squared	0.449754	S.D. dependent var	0.025902
S.E. of regression	0.019214	Akaike info criterion	-5.021963
Sum squared resid	0.007753	Schwarz criterion	-4.972371
Log likelihood	56.24160	Hannan-Quinn criter.	-5.010281
Durbin-Watson stat	2.025458		

Fuente: Salida de Eviews

12.1.6. DDLOGTARIF

Tabla 16: DDLOGTARIF 1

Null Hypothesis: DDLOGTARIF has a unit root				
Exogenous: Constant				
Bandwidth: 9 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel				
			Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic			-15.37789	0.0000
Test critical values:	1% level		-3.769597	
	5% level		-3.004861	
	10% level		-2.642242	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Residual variance (no correction)			4.372815	
HAC corrected variance (Bartlett kernel)			0.462815	
Phillips-Perron Test Equation				
Dependent Variable: D(DDLOGTARIF)				
Method: Least Squares				
Date: 06/24/15 Time: 07:25				
Sample (adjusted): 1993 2014				
Included observations: 22 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGTARIF(-1)	-1.398362	0.202582	-6.902699	0.0000
C	-0.031607	0.467621	-0.067592	0.9468
R-squared	0.704349	Mean dependent var	-0.068292	
Adjusted R-squared	0.689566	S.D. dependent var	3.936338	
S.E. of regression	2.193193	Akaike info criterion	4.495102	
Sum squared resid	96.20194	Schwarz criterion	4.594288	
Log likelihood	-47.44613	Hannan-Quinn criter.	4.518467	
F-statistic	47.64726	Durbin-Watson stat	2.538895	
Prob(F-statistic)	0.000001			

Fuente: Salida de Eviews

Tabla 17: DDLOGTARIF 2

Null Hypothesis: DDLOGTARIF has a unit root				
Exogenous: Constant, Linear Trend				
Bandwidth: 9 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel				
			Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic			-14.83798	0.0000
Test critical values:	1% level		-4.440739	
	5% level		-3.632896	
	10% level		-3.254671	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Residual variance (no correction)			4.370210	
HAC corrected variance (Bartlett kernel)			0.462248	
Phillips-Perron Test Equation				
Dependent Variable: D(DDLOGTARIF)				
Method: Least Squares				
Date: 06/24/15 Time: 07:26				
Sample (adjusted): 1993 2014				
Included observations: 22 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGTARIF(-1)	-1.397847	0.207839	-6.725624	0.0000
C	-0.140267	1.127982	-0.124352	0.9023
@TREND("1990")	0.008048	0.075615	0.106432	0.9164
R-squared	0.704525	Mean dependent var	-0.068292	
Adjusted R-squared	0.673422	S.D. dependent var	3.936338	
S.E. of regression	2.249498	Akaike info criterion	4.585415	
Sum squared resid	96.14462	Schwarz criterion	4.734194	
Log likelihood	-47.43957	Hannan-Quinn criter.	4.620463	
F-statistic	22.65160	Durbin-Watson stat	2.541072	
Prob(F-statistic)	0.000009			

Fuente: Salida de Eviews

**Tabla 18. DDLOGTARIF 3**

Null Hypothesis: DDLOGTARIF has a unit root  
 Exogenous: None  
 Bandwidth: 9 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-15.88925	0.0001
Test critical values:		
1% level	-2.674290	
5% level	-1.957204	
10% level	-1.608175	

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

Residual variance (no correction)	4.373814
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.463793

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGTARIF)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:27  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGTARIF(-1)	-1.398518	0.197710	-7.073598	0.0000
R-squared	0.704281	Mean dependent var		-0.068292
Adjusted R-squared	0.704281	S.D. dependent var		3.936338
S.E. of regression	2.140582	Akaike info criterion		4.404422
Sum squared resid	96.22391	Schwarz criterion		4.454014
Log likelihood	-47.44864	Hannan-Quinn criter.		4.416104
Durbin-Watson stat	2.538197			

Fuente: Salida de Eviews

**12.1.7. DDLOGTRM**

**Tabla 19. DDLOGTRM 1**

Null Hypothesis: DDLOGTRM has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 8 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-8.875937	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.769597	
5% level	-3.004861	
10% level	-2.642242	

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

Residual variance (no correction)	0.008349
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.004523

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGTRM)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:29  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGTRM(-1)	-1.423234	0.191009	-7.451120	0.0000
C	-0.003872	0.020500	-0.188891	0.8521
R-squared	0.735167	Mean dependent var		0.008606
Adjusted R-squared	0.721925	S.D. dependent var		0.181728
S.E. of regression	0.095830	Akaike info criterion		-1.765964
Sum squared resid	0.183670	Schwarz criterion		-1.666778
Log likelihood	21.42560	Hannan-Quinn criter.		-1.742598
F-statistic	55.51919	Durbin-Watson stat		2.269301
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Salida de Eviews

Tabla 20. DDLOGTRM 2

Null Hypothesis: DDLOGTRM has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Bandwidth: 8 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-8.664583	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.440739	
5% level	-3.632896	
10% level	-3.254671	

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

Residual variance (no correction)	0.008272
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.004473

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(DDLOGTRM)  
Method: Least Squares  
Date: 06/24/15 Time: 07:30  
Sample (adjusted): 1993 2014  
Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGTRM(-1)	-1.433140	0.196485	-7.293879	0.0000
C	-0.022757	0.049566	-0.459112	0.6514
@TREND("1990")	0.001392	0.003313	0.420321	0.6790

R-squared	0.737606	Mean dependent var	0.008606
Adjusted R-squared	0.709986	S.D. dependent var	0.181728
S.E. of regression	0.097866	Akaike info criterion	-1.684310
Sum squared resid	0.181978	Schwarz criterion	-1.535531
Log likelihood	21.52741	Hannan-Quinn criter.	-1.649262
F-statistic	26.70516	Durbin-Watson stat	2.277385
Prob(F-statistic)	0.000003		

Fuente: Salida de Eviews

Tabla 21. DDLOGTRM 3

Null Hypothesis: DDLOGTRM has a unit root  
Exogenous: None  
Bandwidth: 8 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-8.941621	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.674290	
5% level	-1.957204	
10% level	-1.608175	

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

Residual variance (no correction)	0.008364
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.004827

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(DDLOGTRM)  
Method: Least Squares  
Date: 06/24/15 Time: 07:31  
Sample (adjusted): 1993 2014  
Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGTRM(-1)	-1.420286	0.185949	-7.638056	0.0000

R-squared	0.734694	Mean dependent var	0.008606
Adjusted R-squared	0.734694	S.D. dependent var	0.181728
S.E. of regression	0.093604	Akaike info criterion	-1.855090
Sum squared resid	0.183997	Schwarz criterion	-1.805497
Log likelihood	21.40599	Hannan-Quinn criter.	-1.843408
Durbin-Watson stat	2.269058		

Fuente: Salida de Eviews

### 12.1.8. DDLOGUC

**Tabla 22. DDLOGUC 1**

Null Hypothesis: DDLOGUC has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 9 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-29.02138	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.769597	
5% level	-3.004861	
10% level	-2.642242	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

---

Residual variance (no correction)	3.463832
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.352809

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGUC)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:32  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGUC(-1)	-1.714087	0.159267	-10.76236	0.0000
C	-6.62E-05	0.416245	-0.000159	0.9999

R-squared	0.852755	Mean dependent var	-0.089003
Adjusted R-squared	0.845393	S.D. dependent var	4.964329
S.E. of regression	1.951977	Akaike info criterion	4.262071
Sum squared resid	76.20431	Schwarz criterion	4.361256
Log likelihood	-44.88278	Hannan-Quinn criter.	4.285436
F-statistic	115.8285	Durbin-Watson stat	2.854508
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: salida de Eviews

**Tabla 23. DDLOGUC 2**

Null Hypothesis: DDLOGUC has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Bandwidth: 9 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-29.60908	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.440739	
5% level	-3.632896	
10% level	-3.254671	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

---

Residual variance (no correction)	3.449680
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.318530

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(DDLOGUC)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 07:33  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGUC(-1)	-1.716357	0.163273	-10.51221	0.0000
C	-0.253406	1.002505	-0.252773	0.8032
@TREND("1990")	0.018775	0.067246	0.279192	0.7831

R-squared	0.853357	Mean dependent var	-0.089003
Adjusted R-squared	0.837921	S.D. dependent var	4.964329
S.E. of regression	1.998591	Akaike info criterion	4.348886
Sum squared resid	75.89295	Schwarz criterion	4.497664
Log likelihood	-44.83774	Hannan-Quinn criter.	4.383933
F-statistic	55.28323	Durbin-Watson stat	2.865417
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Salida de Eviews

**Tabla 24. DDLOGUC 3**

Null Hypothesis: DDLOGUC has a unit root Exogenous: None Bandwidth: 9 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel				
		Adj. t-Stat	Prob.*	
Phillips-Perron test statistic		-29.86122	0.0001	
Test critical values:	1% level	-2.674290		
	5% level	-1.957204		
	10% level	-1.608175		
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Residual variance (no correction)			3.463832	
HAC corrected variance (Bartlett kernel)			0.352826	
Phillips-Perron Test Equation Dependent Variable: D(DDLOGUC) Method: Least Squares Date: 06/24/15 Time: 07:34 Sample (adjusted): 1993 2014 Included observations: 22 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGUC(-1)	-1.714087	0.155398	-11.03032	0.0000
R-squared	0.852755	Mean dependent var		-0.089003
Adjusted R-squared	0.852755	S.D. dependent var		4.964329
S.E. of regression	1.904935	Akaike info criterion		4.171162
Sum squared resid	76.20431	Schwarz criterion		4.220755
Log likelihood	-44.88278	Hannan-Quinn criter.		4.182844
Durbin-Watson stat	2.854507			

Fuente: salida de Eviews

## 12.2. Estimación

Una vez identificada la estacionalidad de las series con las que se va a trabajar, se procede a analizar el proceso que sigue la serie diferenciada del consumo de los hogares para identificar si sigue un proceso auto regresivo.

El objetivo es examinar qué tanto el consumo de los hogares de Bogotá está bajo la influencia de las costumbres y hábitos de consumo, con lo cual se intenta ver la dependencia del consumo actual con el consumo pasado. Para ello se puede optar por correr un modelo

AR (1)<sup>11</sup> en el que las observaciones presentadas en periodos anteriores más un término error son las variables que explican el comportamiento de la misma en un periodo de tiempo  $t$ <sup>12</sup>.

### 12.2.1. Modelo auto regresivo (AR)

Se puede elaborar un modelo AR (1) a partir de las características presentadas en el correlograma del consumo ya estacionarizado. En el correlograma se debe observar el decrecimiento de la Función de Auto correlación y así mismo los coeficientes de la Función de Autocorrelación Parcial con el fin de establecer si las características coinciden con la especificación de un modelo autor regresivo de orden uno, definida como<sup>13</sup>:

$$\nabla ch_t = \sigma + \phi_1 \nabla(ch_{t-1}) + \varepsilon_t$$

Función la cual también puede ser expresada como:

$$ch_t = \frac{\sigma}{1 - \phi_1 B} + \frac{\varepsilon_t}{1 - \phi_1 B}$$

Donde  $\sigma$  es un constante,  $ch_{pt}$  y  $ch_{pt-1}$  se consideran desviaciones de la variable a la media  $\mu$  de los procesos y  $\varepsilon_t$  como la perturbación aleatoria o ruido blanco, la cual debe cumplir las siguientes restricciones:

$$- \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_a)$$

El parámetro  $\phi$  deberá estar entre:

$$-1 < \phi < 1$$

Como las variables están en diferencias tenemos que:

$$\nabla(ch)_t = \frac{\sigma}{1 - \phi_1 B} + \frac{\varepsilon_t}{1 - \phi_1 B}$$

<sup>11</sup> Modelo autorregresivo de orden 1.

























<sup>12</sup> César Pérez López- Paso a Paso. Problemas Resueltos de Econometría. Thomson Editores Spain. Madrid, España. 2006. Pág. 167

<sup>13</sup> Antonio Pulido. Modelos Económicos. Ediciones Pirámide, S.A. Cuarta Edición. Madrid. 1993. Pág. 569.

En el correlograma del consumo de los hogares, podemos encontrar que en el segmento de autocorrelacion los rezagos tienden rapidamente al cero lo que identifica que el modelo es estacionario, mientras que en el segmento de correlacion parcial podemos observar un primer rezago significativo que indica que es un proceso autorregresivo (AR) de orden uno, sin embargo el rezago numero 3 es tambien significativo, por lo que este rezago podria explicar tambien la variable.

**Tabla 25. Correlograma Consumo de Hogares 1**

Date: 06/24/15 Time: 07:37  
 Sample: 1990 2014  
 Included observations: 23

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.659	-0.659	11.357	0.001
		2	0.242	-0.340	12.963	0.002
		3	-0.243	-0.506	14.659	0.002
		4	0.282	-0.316	17.062	0.002
		5	-0.200	-0.339	18.334	0.003
		6	0.143	-0.285	19.029	0.004
		7	-0.059	-0.043	19.152	0.008
		8	-0.089	-0.254	19.459	0.013
		9	0.105	-0.294	19.909	0.018
		10	0.031	-0.155	19.953	0.030
		11	-0.082	-0.237	20.272	0.042
		12	0.025	-0.167	20.306	0.062

Fuente: salida de Eviews

Se decide correr con un modelo AR de orden uno y se encuentran los siguientes resultados:

**Tabla 26. Correlograma Consumo de Hogares 2**

Dependent Variable: DDLOGCH  
Method: Least Squares  
Date: 06/24/15 Time: 07:39  
Sample (adjusted): 1993 2014  
Included observations: 22 after adjustments  
Convergence achieved after 3 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.659198	0.164002	-4.019452	0.0006
R-squared	0.434811	Mean dependent var		0.011905
Adjusted R-squared	0.434811	S.D. dependent var		4.218247
S.E. of regression	3.171239	Akaike info criterion		5.190511
Sum squared resid	211.1919	Schwarz criterion		5.240104
Log likelihood	-56.09562	Hannan-Quinn criter.		5.202193
Durbin-Watson stat	2.193299			
Inverted AR Roots	-.66			

Fuente: salida de Eviews

Para tener en cuenta el tercer rezago significativo se decide correr el el modelo incluyendo el tercer rezago en el que podemos observar los siguientes resultados:

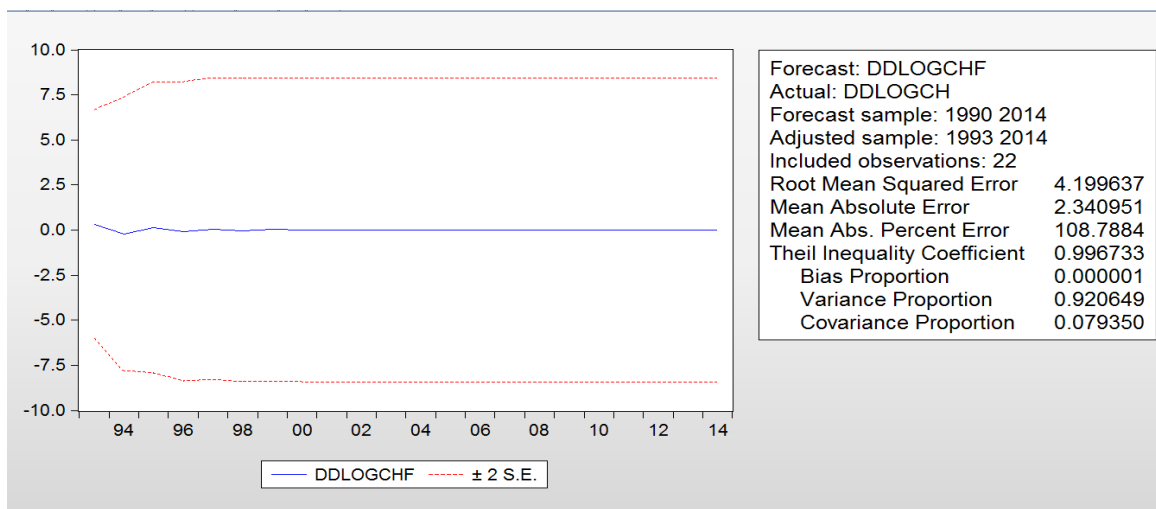
**Tabla 27. Modelo AR 1**

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.397955	0.077430	-5.139540	0.0001
AR(3)	-0.146397	0.071281	-2.053801	0.0548
R-squared	0.675794	Mean dependent var	-0.345341	
Adjusted R-squared	0.657782	S.D. dependent var	2.273152	
S.E. of regression	1.329779	Akaike info criterion	3.502543	
Sum squared resid	31.82964	Schwarz criterion	3.602116	
Log likelihood	-33.02543	Hannan-Quinn criter.	3.521980	
Durbin-Watson stat	2.270795			
Inverted AR Roots	.15-.43i	.15+.43i	-.70	

Fuente: salida de Eviews

El siguiente paso es escoger entre la ecuación 1 y la ecuación 2, la que mejor se ajusta al modelo; para decidir cuál de las dos ecuaciones es mejor, la serie de tiempo será rezagada en sus últimos 2 periodos y posteriormente se analizará el coeficiente de desigualdad de Theil, para este caso el coeficiente lo que medirá es la distribución en los datos, el coeficiente se encuentra entre 0 y 1; entre más cercano a 1 este el coeficiente, peor será la distribución. Para el primer caso en que solo se escoge un rezago significativo se encuentra que el coeficiente de desigualdad de theil es de 0.9965

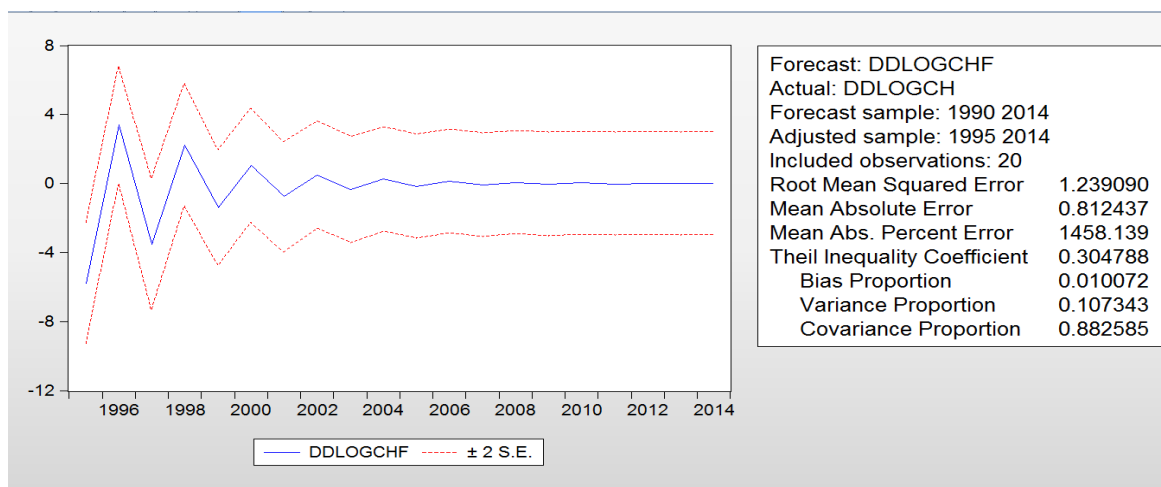
**Ilustración 17. Índice de theil 1**



Fuente: salida de Eviews

Para el segundo caso en el que se escoge el primer y el cuarto rezago significativo se encuentra que el coeficiente de desigualdad de theil es de 0.3047

**Ilustración 18. Índice de theil 2**



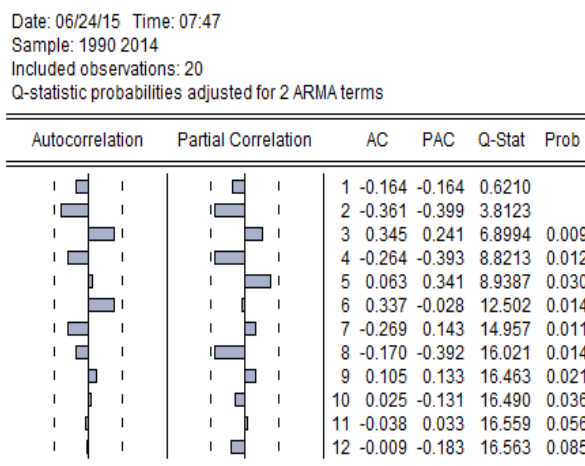
Fuente: salida de Eviews

Dado que el coeficiente de theil es menor en la ecuacion que acepta los dos rezagos significativos, se decide trabajar con esta ecuacion ya que es la que mejor explica el comportamiento de la serie; la ecuacion para el proceso autorregresivo de orden uno seria la siguiente:

$$ddch = -0.397955AR(1) - 0.146387 AR (3) + E$$

Por ultimo se observa el correlograma de los residuos, en el que podemos encontrar que ningun rezaggo es significativo y que los errores siguen un comportamiento de ruido blanco.

### Ilustración 19. Correlograma de residuos



Fuente: salida de Eviews

Una vez determinado el proceso que sigue la serie se procede a realizar en modelo de funcion de trasferencia el cual se caracteriza por tener en cuenta los retardos de las variables.

#### 12.2.2. La función de transferencia

La idea es, a través de un modelo de función de transferencia determinar la relación impulso-respuesta entre el consumo de los hogares como variable salida, y las tarifas de energía, los subsidios, las utilidades de condensa, el PIB, el salario mínimo, el IPC y la TRM, como variables de entrada. De forma general, una función de transferencia está definida por:

$$y_t = \sum_{i=1}^k v(B_i)x_{it} + N_t$$

Donde  $y_t$  es la variable explicada,  $v(B_i)$  es el polinomio de rezagos, que constituye la función de transferencia y  $N_t$  es la parte aleatoria de la ecuación o no explicada por las variables, así mismo captura el ruido en la relación entre la variable explicada  $y_t$  y las explicativas  $X_{it}$ .

El polinomio de retardo se forma de la razón entre:

$$w(B) = w_0 - w_1B - \dots - w_sB^s$$

Y

$$\delta(B) = 1 - \delta_1B - \dots - \delta_rB^r$$

A su vez la parte aleatoria se puede expresar como:

$$\phi(B)e_t = \theta(B)a_t$$

De manera que la función puede ser re expresada como:

$$yt = \sum_{i=1}^k \frac{w_i(B)}{\delta_i(B)} x_{it} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t$$

Para el caso que nos ocupa, la ecuación estaría dada por:

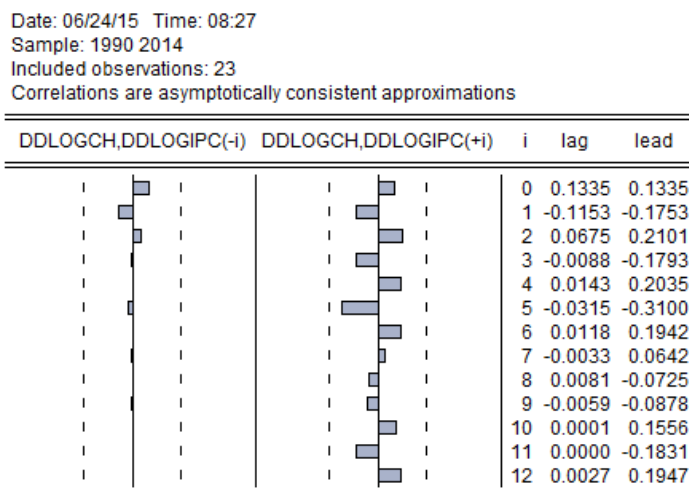
$$ch_t = \frac{w_1B}{\delta_1B} \text{tarif}_t + \frac{w_2B}{\delta_2B} Sbtat + \frac{w_3B}{\delta_3B} + UC \frac{w_4B}{\delta_4B} Pib + \frac{w_5B}{\delta_5B} IPC + \frac{w_6B}{\delta_6B} Sm + \frac{w_7B}{\delta_7B} TRM + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} + a_t$$

### 12.2.3. Correlogramas cruzados

Para verificar que las variables independientes causen a la variable dependiente se analizaran los correlogramas cruzados de cada una de las variables con la variable de consumo de los hogares diferenciada, esto se hace para identificar cuales variables efectivamente son significativas para el modelo; al realizar el ejercicio se encontraron los siguientes resultados:

El correlograma cruzado entre el logaritmo del IPC diferenciado y el consumo de los hogares diferenciado no muestra algunos rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable causa al consumo de los hogares.

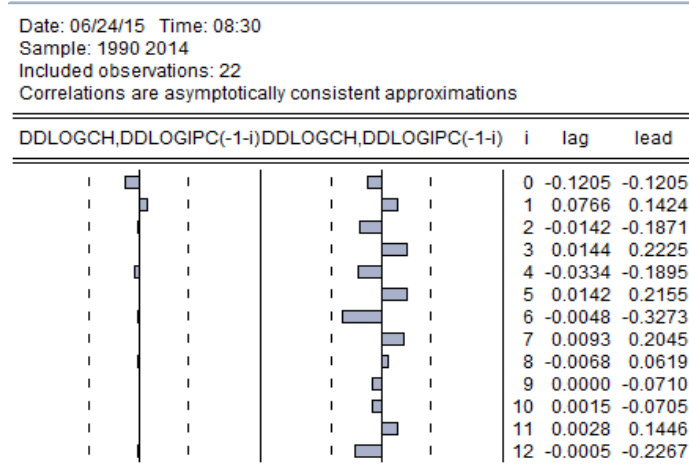
### Ilustración 20. Correlograma cruzado 1



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre el logaritmo del IPC diferenciado rezagado un periodo y el consumo de los hogares diferenciado no muestra rezagos significativos, por lo que se evidencia que la causa al consumo de los hogares.

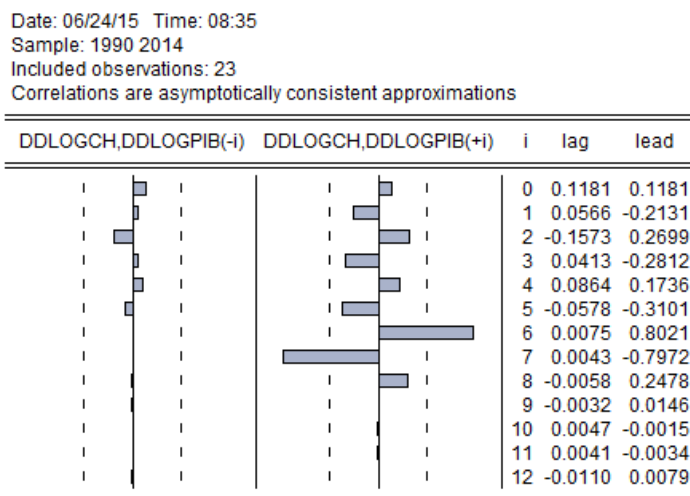
### Ilustración 21. Correlograma cruzado 2



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre el logaritmo del PIB diferenciado y el consumo de los hogares diferenciado no muestra rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable puede causar al consumo de los hogares.

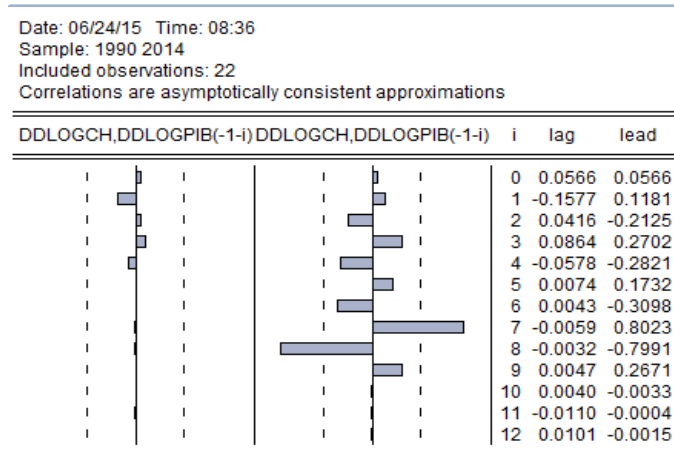
### Ilustración 22. Correlograma cruzado 3



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre el logaritmo del PIB diferenciado rezagado un periodo y el consumo de los hogares diferenciado no muestra rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable puede causar al consumo de los hogares.

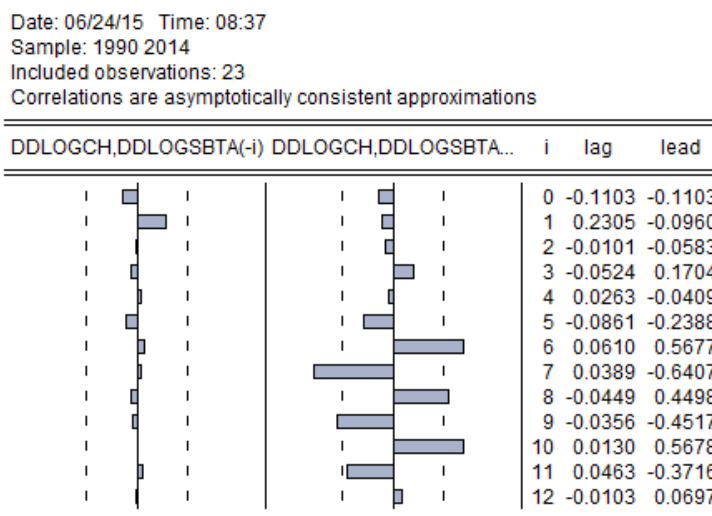
### Ilustración 23. Correlograma cruzado 4



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre el logaritmo de los subsidios Bogotá diferenciado y el consumo de los hogares diferenciado no muestra rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable puede causar al consumo de los hogares.

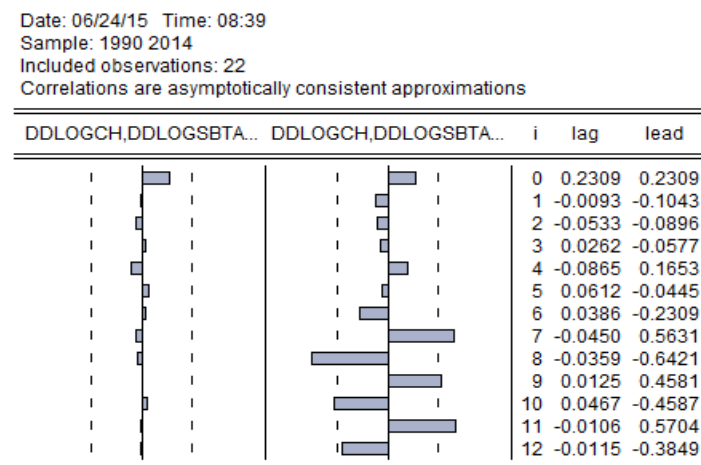
**Ilustración 24. Correlograma cruzado 5**



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre subsidios Bogotá diferenciado rezagado un periodo y el consumo de los hogares diferenciado no muestra rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable puede causar al consumo de los hogares.

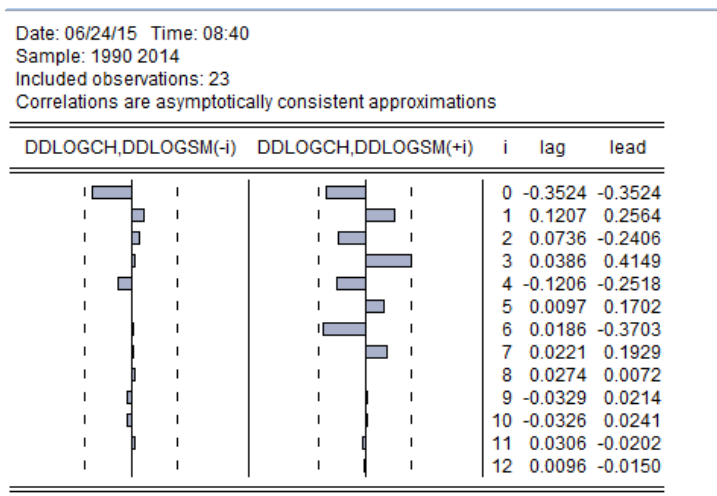
**Ilustración 25. Correlograma cruzado 6**



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre el logaritmo del salario mínimo diferenciado y el consumo de los hogares diferenciado no muestra rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable del salario mínimo si puede causar al consumo de los hogares.

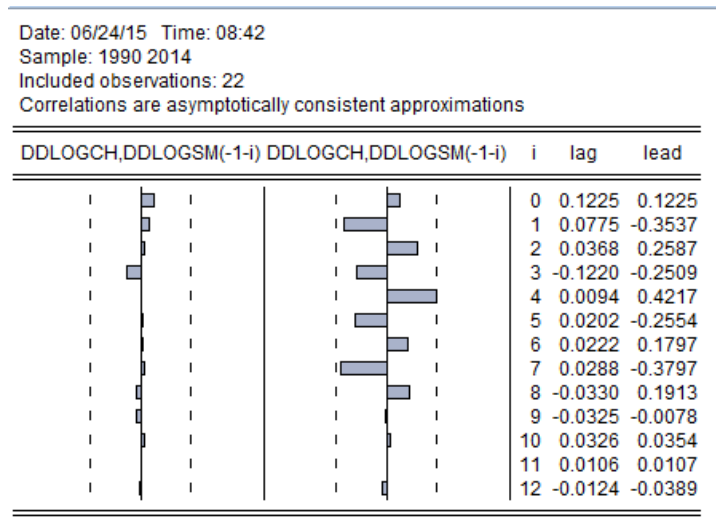
**Ilustración 26. Correlograma cruzado 7**



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre el logaritmo del salario mínimo diferenciado rezagado un periodo y el consumo de los hogares diferenciado no muestra rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable puede causar al consumo de los hogares.

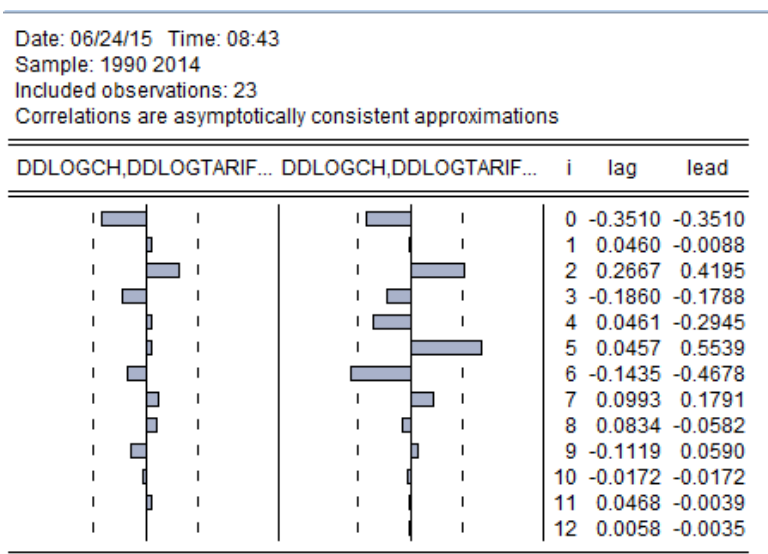
**Ilustración 27. Correlograma cruzado 8**



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre el logaritmo de la tarifa de energía diferenciada y el consumo de los hogares diferenciado no muestra rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable causa al consumo de los hogares.

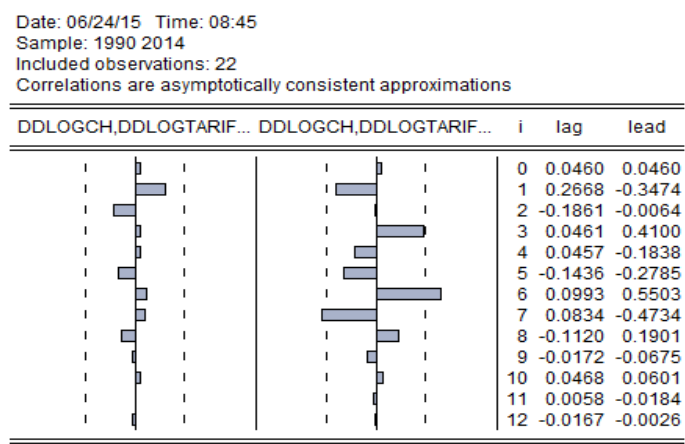
**Ilustración 28. Correlograma cruzado 9**



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre el logaritmo tarifa de energía diferenciado rezagado un periodo y el consumo de los hogares diferenciado no muestra rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable podría causar al consumo de los hogares.

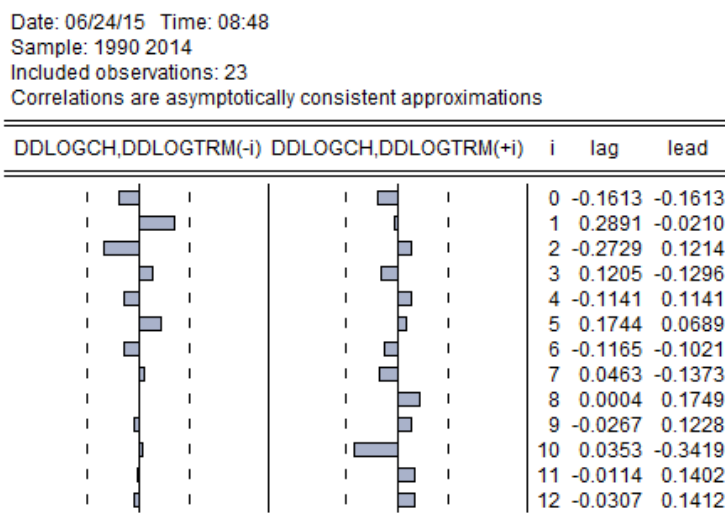
**Ilustración 29. Correlograma cruzado 10**



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre el logaritmo de la TRM diferenciado y el consumo de los hogares diferenciado no muestra rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable puede causar al consumo de los hogares.

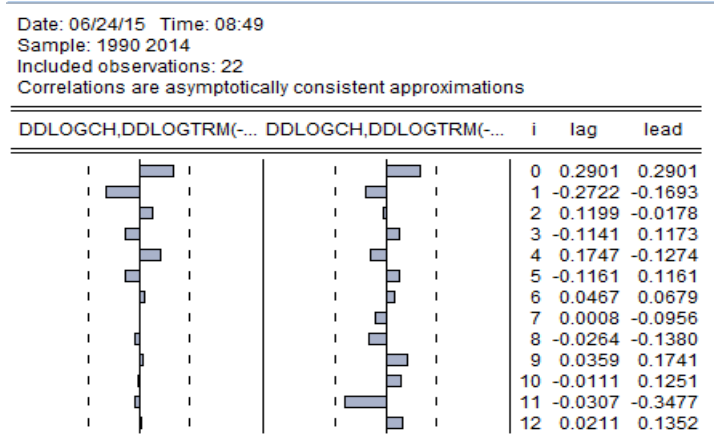
### Ilustración 30. Correlograma cruzado 11



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre el logaritmo de la TRM diferenciado rezagado un periodo y el consumo de los hogares diferenciado no muestra rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable puede causar al consumo de los hogares.

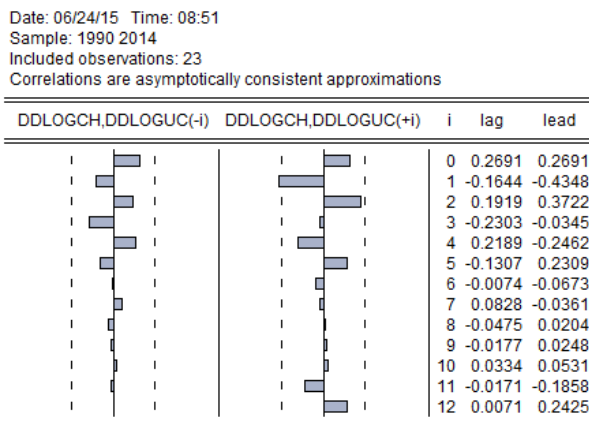
### Ilustración 31. Correlograma cruzado 12



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre el logaritmo de las utilidades codensa diferenciado y el consumo de los hogares diferenciado no muestran rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable puede causar al consumo de los hogares.

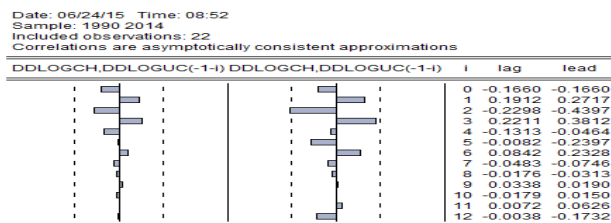
**Ilustración 32. Correlograma cruzado 13**



Fuente: salida de Eviews

El correlograma cruzado entre el logaritmo de las utilidades codensa diferenciado rezagado un periodo y el consumo de los hogares diferenciado muestra algunos rezagos significativos, por lo que se evidencia que la variable podría no causar al consumo de los hogares.

**Ilustración 33. Correlograma cruzado 14**



Fuente: salida de Eviews

Con la excepción de las utilidades de Codensa, el conjunto de variables seleccionadas es pertinente para explicar el bienestar de los hogares a través del consumo.

**12.3. Primera estimación**

En una primera estimación del modelo se tuvieron en cuenta nuevamente las variables ya mencionadas junto con un rezago para cada variable explicativa. Adicionalmente se tuvo en cuenta que el modelo presenta una función autorregresiva y se debe tener en cuenta el estadístico de Durbin-Watson el cual refleja el tipo de autocorrelación que tiene el modelo.

Entre más cercano este a dos este estadístico, menores problemas de autocorrelación presenta el modelo; cuando el estadístico es menor a 2, se presenta autocorrelación positiva, y cuando es mayor a 2 se presenta autocorrelación negativa.

En la columna de prob se encuentra para cada una de las variables, la probabilidad de que la variable sea no significativa para el modelo.

Para el modelo podemos encontrar un estadístico de Durbin-Watson de 0.8578 el cual muestra una alta autocorrelación positiva en los datos para el modelo. Sin embargo de acuerdo con los valores prob aparentemente todas sus variables son significativas.

**Tabla 28. Estadístico de Durbin-Watson**

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGIPC	-3.511436	1.356957	-2.587729	0.0812
DDLOGIPC(-1)	1.264557	1.191443	1.061366	0.3664
DDLOGPIB	1.567741	1.310642	1.196163	0.3176
DDLOGPIB(-1)	-0.696454	1.041785	-0.668520	0.5516
DDLOGSBTA	-4.743478	1.261029	-3.761594	0.0329
DDLOGSBTA(-1)	0.075110	0.676144	0.111085	0.9186
DDLOGSM	59.14055	29.17536	2.027072	0.1357
DDLOGSM(-1)	-38.64056	30.10033	-1.283726	0.2894
DDLOGTARIF	1.109335	0.436672	2.540431	0.0846
DDLOGTARIF(-1)	1.136207	0.411160	2.763417	0.0700
DDLOGTRM	-29.97114	9.027967	-3.319811	0.0451
DDLOGTRM(-1)	17.40923	4.741204	3.671900	0.0350
DDLOGUC	-0.257156	0.282665	-0.909755	0.4300
DDLOGUC(-1)	1.449739	0.437226	3.315767	0.0452
AR(1)	-0.341332	0.079985	-4.267430	0.0236
AR(3)	-0.558237	0.060416	-9.239825	0.0027
R-squared	0.958105	Mean dependent var	-0.033241	
Adjusted R-squared	0.748633	S.D. dependent var	1.843347	
S.E. of regression	0.924191	Akaike info criterion	2.518587	
Sum squared resid	2.562384	Schwarz criterion	3.313904	
Log likelihood	-7.926575	Hannan-Quinn criter.	2.653186	
Durbin-Watson stat	0.857809			
Inverted AR Roots	.31+70i	.31-70i	-95	

Fuente: salida de Eviews

Por otro lado se realizaron pruebas de cointegración en las que se examinaron los residuos para verificar si las variables están cointegradas o no lo están. Cuando el residuo del modelo es estacionario, podemos afirmar que las variables están cointegradas y por consiguiente el modelo es útil.

Tras realizar la prueba de Phillips-Perrón de raíz unitaria encontramos que los residuos no son estacionarios y que las variables no se cointegran en el modelo.

**Tabla 29. Prueba de Phillips Perron**

Null Hypothesis: RESIDEQB has a unit root Exogenous: Constant Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel		
	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-2.260941	0.1938
Test critical values:		
1% level	-3.857386	
5% level	-3.040391	
10% level	-2.660551	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values. Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 18		
Residual variance (no correction)		0.092545
HAC corrected variance (Bartlett kernel)		0.092545

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(RESIDEQB)  
Method: Least Squares  
Date: 06/24/15 Time: 12:38  
Sample (adjusted): 1997 2014  
Included observations: 18 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RESIDEQB(-1)	-0.486491	0.215172	-2.260941	0.0381
C	0.060158	0.080716	0.745302	0.4669
R-squared	0.242132	Mean dependent var		-0.000970
Adjusted R-squared	0.194765	S.D. dependent var		0.359576
S.E. of regression	0.322665	Akaike info criterion		0.680038
Sum squared resid	1.665808	Schwarz criterion		0.778968
Log likelihood	-4.120341	Hannan-Quinn criter.		0.693679
F-statistic	5.111853	Durbin-Watson stat		1.701531
Prob(F-statistic)	0.038051			

Fuente: salida de Eviews

#### 12.4. Estimación corregida del modelo

Dadas los diferentes problemas que presenta el modelo se decide re estimar el modelo, eliminando algunas de las variables que no son significativas para el modelo; para este caso se eliminó el retardo de las variables, de tal forma que el modelo no corresponderá a los

valores pasados de las variables, el estadístico de Durbin-Watson para el modelo es de 2.19 lo cual no refleja problemas de auto correlación para el modelo.

**Tabla 30. Estimación corregida del modelo**

Dependent Variable: DDLOGCH				
Method: Least Squares				
Date: 06/24/15 Time: 08:19				
Sample (adjusted): 1995 2014				
Included observations: 20 after adjustments				
Convergence achieved after 10 iterations				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGIPC	-0.254161	0.701741	-0.362187	0.7241
DDLOGPIB	0.927599	1.091740	0.849652	0.4136
DDLOGSBTA	-0.244211	0.497318	-0.491056	0.6330
DDLOGSM	12.81013	16.93618	0.756377	0.4653
DDLOGTARIF	-0.318180	0.179228	-1.775279	0.1035
DDLOGTRM	-3.657800	4.865029	-0.751856	0.4679
DDLOGUC	-0.146199	0.210207	-0.695502	0.5012
AR(1)	-0.511501	0.110775	-4.617461	0.0007
AR(3)	-0.106977	0.099736	-1.072600	0.3064
R-squared	0.812395	Mean dependent var	-0.345341	
Adjusted R-squared	0.675954	S.D. dependent var	2.273152	
S.E. of regression	1.293992	Akaike info criterion	3.655504	
Sum squared resid	18.41857	Schwarz criterion	4.103584	
Log likelihood	-27.55504	Hannan-Quinn criter.	3.742974	
Durbin-Watson stat	2.198928			
Inverted AR Roots	.10-.37i	.10+.37i	-.72	

Fuente: salida de Eviews

La ecuación para el modelo estimado queda entonces de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 DDLOGCH = & -0.254161DDLOGIPC + 0.927599DDLOGPIB - 0.244211DDLOGSBTA \\
 & + 12.81013DDLOGSM - 0.31818DDLOGTARIF - 3.6578DDLOGTRM \\
 & - 0.146199DDLOGUC + \left( \frac{1}{(1 - 0.511501AR(1))} \right. \\
 & \left. + \frac{1}{(1 - 0.106977AR(3))} \right) at
 \end{aligned}$$

En el modelo podemos observar que cuando DDLOGIPC varía en un uno por ciento, el logaritmo consumo diferenciado de los hogares varía en -0.254161%. Cuando se afecta en un uno por ciento al logaritmo del PIB diferenciado, la variable de consumo de los hogares

diferenciada se mueve en 0.927599%. Cuando es afectada en un uno por ciento la variable DDSBTA se afecta en -0.244211% el consumo de hogares. Cuando se afecta en un uno por ciento al logaritmo del salario mínimo diferenciado afecta el consumo de los hogares en 12.81%. Cuando el logaritmo de la tarifa de energía diferenciada se afecta en uno por ciento, el consumo de hogares se afecta en -0.31818. Cuando la TRM se afecta en un uno por ciento, el consumo de hogares se afecta en -3.6578%. Por último, cuando las utilidades de Codensa varían en un uno por ciento el consumo de hogares varía en -0.146199%. Además la variable de consumo de los hogares es afectada por un proceso autorregresivo.

La matriz de correlaciones del modelo muestra una aceptable correlación entre las variables, aunque es un poco bajo sin embargo ninguna está por debajo de 0.1 en valor absoluto, por lo que podemos aceptar que la existencia de correlación entre las variables, nos muestra su pertinencia frente a la hipótesis del trabajo.

**Tabla 31. Matriz de Correlaciones**

	DDLOGCH	DDLOGIPC	DDLOGPIB	DDLOGSBTA	DDLOGSM	DDLOGTARIF	DDLOGTRM	DDLOGUC
DDLOGCH	1.000000	0.133513	0.118091	-0.110297	-0.352363	-0.350965	-0.161292	0.269145
DDLOGIPC	0.133513	1.000000	0.170938	0.011153	-0.550014	-0.092209	-0.455113	0.159126
DDLOGPIB	0.118091	0.170938	1.000000	0.498965	-0.479742	-0.332431	0.035859	-0.039273
DDLOGSBTA	-0.110297	0.011153	0.498965	1.000000	0.000279	-0.148471	-0.323936	0.081613
DDLOGSM	-0.352363	-0.550014	-0.479742	0.000279	1.000000	0.266985	0.257814	-0.115295
DDLOGTARIF	-0.350965	-0.092209	-0.332431	-0.148471	0.266985	1.000000	0.033525	0.360352
DDLOGTRM	-0.161292	-0.455113	0.035859	-0.323936	0.257814	0.033525	1.000000	-0.413246
DDLOGUC	0.269145	0.159126	-0.039273	0.081613	-0.115295	0.360352	-0.413246	1.000000

Fuente: autores

## 12.5. Validación

Para verificar que las variables estén cointegradas se procede a analizar los residuos del modelo: si los residuos del modelo son estacionarios, se puede decir que si existe cointegración entre las variables, y el modelo es apropiado para explicar la causalidad entre

las variables independientes y la dependiente. Para verificar que los residuos sean estacionarios se realizó la prueba de Phillips-Perrón: para cada una de las posibilidades de la prueba, la probabilidad de que los residuos presentara raíz unitaria fue menor a los niveles de significancia establecidos como lo muestran las siguientes tablas de Eviews, por lo anterior se puede establecer que los residuos son estacionarios y que el modelo tiene una relación de cointegración de largo plazo.

**Tabla 32. Tabla Eviews correlación 1**

Date: 06/24/15 Time: 09:31  
 Sample: 1990 2014  
 Included observations: 20

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.114	-0.114	0.3011	0.583
		2 -0.325	-0.342	2.8798	0.237
		3 -0.068	-0.180	2.9989	0.392
		4 -0.074	-0.272	3.1496	0.533
		5 0.343	0.235	6.6055	0.252
		6 0.019	0.009	6.6163	0.358
		7 -0.199	0.001	7.9566	0.336
		8 -0.204	-0.256	9.4783	0.304
		9 0.117	0.068	10.022	0.349
		10 0.138	-0.125	10.860	0.369
		11 -0.023	0.001	10.885	0.453
		12 -0.021	-0.018	10.910	0.537

Fuente: salida de Eviews

**Tabla 33. Tabla Eviews correlación 2**

Null Hypothesis: RESID24A has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Bandwidth: 18 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-6.865389	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.831511	
5% level	-3.029970	
10% level	-2.655194	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.  
 Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 19

Residual variance (no correction)	0.933264
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.167244

Phillips-Perron Test Equation  
 Dependent Variable: D(RESID24A)  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 09:32  
 Sample (adjusted): 1996 2014  
 Included observations: 19 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RESID24A(-1)	-1.114104	0.238719	-4.667016	0.0002
C	0.046297	0.234306	0.197591	0.8457

R-squared	0.561641	Mean dependent var	0.051377
Adjusted R-squared	0.535856	S.D. dependent var	1.499091
S.E. of regression	1.021303	Akaike info criterion	2.979336
Sum squared resid	17.73202	Schwarz criterion	3.078751
Log likelihood	-26.30370	Hannan-Quinn criter.	2.996161
F-statistic	21.78104	Durbin-Watson stat	2.087149
Prob(F-statistic)	0.000221		

Fuente: salida de Eviews

**Tabla 34. Tabla Eviews correlación 3**

Null Hypothesis: RESID24A has a unit root  
Exogenous: Constant, Linear Trend  
Bandwidth: 18 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-8.995365	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.532598	
5% level	-3.673616	
10% level	-3.277364	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.  
Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 19

Residual variance (no correction)	0.897651
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.082999

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(RESID24A)  
Method: Least Squares  
Date: 06/24/15 Time: 09:35  
Sample (adjusted): 1996 2014  
Included observations: 19 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RESID24A(-1)	-1.152877	0.246183	-4.683010	0.0002
C	-0.481101	0.703052	-0.684304	0.5036
@TREND("1990")	0.035148	0.044115	0.796734	0.4373

R-squared	0.578369	Mean dependent var	0.051377
Adjusted R-squared	0.525665	S.D. dependent var	1.499091
S.E. of regression	1.032453	Akaike info criterion	3.045692
Sum squared resid	17.05536	Schwarz criterion	3.194814
Log likelihood	-25.93408	Hannan-Quinn criter.	3.070930
F-statistic	10.97395	Durbin-Watson stat	2.111840
Prob(F-statistic)	0.000999		

Fuente: salida de Eviews

**Tabla 35. Tabla Eviews correlación 4**

Null Hypothesis: RESID24A has a unit root  
Exogenous: None  
Bandwidth: 18 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-6.659575	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.692358	
5% level	-1.960171	
10% level	-1.607051	

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.  
Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 19

Residual variance (no correction)	0.935407
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.205615

Phillips-Perron Test Equation  
Dependent Variable: D(RESID24A)  
Method: Least Squares  
Date: 06/24/15 Time: 09:37  
Sample (adjusted): 1996 2014  
Included observations: 19 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RESID24A(-1)	-1.114323	0.232257	-4.797810	0.0001

R-squared	0.560635	Mean dependent var	0.051377
Adjusted R-squared	0.560635	S.D. dependent var	1.499091
S.E. of regression	0.993667	Akaike info criterion	2.876367
Sum squared resid	17.77274	Schwarz criterion	2.926075
Log likelihood	-26.32549	Hannan-Quinn criter.	2.884780
Durbin-Watson stat	2.082061		

Fuente: salida de Eviews

**13. Prueba de cointegración y modelo de corrección de error**

- 1) Verificada la cointegración entre la variable dependiente y las independientes, se debe proceder a calcular un Modelo de Corrección de Errores, con el fin de observar el

comportamiento dinámico de las series en cada uno de los modelos en el largo plazo.

Para ello tenemos que el término de Corrección de Error:

$$CE : \gamma(Y_{t-1} - \beta_1 - \beta_2 X_{t-1})$$

Partiendo de los anteriores modelos se le introduce a cada uno de estos el término de Corrección de Error:

$$\nabla(ch)_t = \delta \nabla(tarif)_t \dots \text{étc..} + \gamma(y_{t-1} - \beta_1 - \beta_2 X_{t-1}) + e_t$$

De esta forma se puede comprobar la velocidad de cointegración de largo plazo a partir

$$\beta_i$$

de los valores obtenidos de los  $\beta_i$ , indicando el comportamiento de convergencia en el

largo plazo

### 13.1. Correlograma de los errores

Por otro lado el correlograma de los errores muestra que ninguno de los rezagos de los errores es significativo, por lo que podemos encontrar ruido blanco en el modelo.

**Tabla 36. Correlograma de errores**

Date: 06/24/15 Time: 12:58						
Sample: 1990 2014						
Included observations: 20						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.114	-0.114	0.3011	0.583
		2	-0.325	-0.342	2.8798	0.237
		3	-0.068	-0.180	2.9989	0.392
		4	-0.074	-0.272	3.1496	0.533
		5	0.343	0.235	6.6055	0.252
		6	0.019	0.009	6.6163	0.358
		7	-0.199	0.001	7.9566	0.336
		8	-0.204	-0.256	9.4783	0.304
		9	0.117	0.068	10.022	0.349
		10	0.138	-0.125	10.860	0.369
		11	-0.023	0.001	10.885	0.453
		12	-0.021	-0.018	10.910	0.537

Fuente: salida de Eviews

### 13.2. Modelo de corrección de errores

El procedimiento que se realizó para encontrar la velocidad de cointegración de las variables a través del mecanismo de corrección de errores se basó en general en correr una regresión entre la variable endógena y cada una de las variables exógenas por separado ingresando el residuo del modelo entre la variable endógena y la respectiva variable exógena. De este ejercicio se pueden observar los siguientes resultados:

La variable del logaritmo IPC diferenciado se cointegra en el largo plazo con la variable del consumo de los hogares diferenciado a una velocidad de -0.649823 lo cual es una velocidad aceptable para la variable.

**Tabla 37. Corrección de errores IPC**

Dependent Variable: DDLOGCH  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 10:58  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGIPC	0.425118	1.157238	0.367356	0.7172
RESIDLOGIPC(-1)	-0.649823	0.171962	-3.778872	0.0012
R-squared	0.427099	Mean dependent var		0.011905
Adjusted R-squared	0.398454	S.D. dependent var		4.218247
S.E. of regression	3.271646	Akaike info criterion		5.294972
Sum squared resid	214.0734	Schwarz criterion		5.394157
Log likelihood	-56.24469	Hannan-Quinn criter.		5.318337
Durbin-Watson stat	2.198549			

Fuente: salida de Eviews

La variable del logaritmo PIB diferenciado se cointegra en el largo plazo con la variable del consumo de los hogares diferenciado a una velocidad de -0.6725 lo cual es una velocidad aceptable para la variable.

**Tabla 38. Corrección de errores PIB**

Dependent Variable: DDLOGCH  
Method: Least Squares  
Date: 06/24/15 Time: 11:02  
Sample (adjusted): 1993 2014  
Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGPIB	0.153793	1.445081	0.106425	0.9163
RESIDLOGPIB(-1)	-0.672590	0.168822	-3.984005	0.0007
R-squared	0.450250	Mean dependent var		0.011905
Adjusted R-squared	0.422762	S.D. dependent var		4.218247
S.E. of regression	3.204861	Akaike info criterion		5.253723
Sum squared resid	205.4227	Schwarz criterion		5.352908
Log likelihood	-55.79095	Hannan-Quinn criter.		5.277088
Durbin-Watson stat	2.152510			

Fuente: salida de Eviews

La variable del logaritmo subsidios Bogotá diferenciado se cointegra en el largo plazo con la variable del consumo de los hogares diferenciado a una velocidad de -0.6754 lo cual es una velocidad aceptable para la variable.

**Tabla 39. Corrección de errores Subsidios**

Dependent Variable: DDLOGCH  
Method: Least Squares  
Date: 06/24/15 Time: 11:06  
Sample (adjusted): 1993 2014  
Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGSBTA	-0.706016	0.555480	-1.271001	0.2183
RESIDLOGSBTA(-1)	-0.675475	0.168713	-4.003690	0.0007
R-squared	0.451275	Mean dependent var		0.011905
Adjusted R-squared	0.423839	S.D. dependent var		4.218247
S.E. of regression	3.201872	Akaike info criterion		5.251856
Sum squared resid	205.0396	Schwarz criterion		5.351042
Log likelihood	-55.77042	Hannan-Quinn criter.		5.275221
Durbin-Watson stat	2.231167			

Fuente: salida de Eviews

La variable del logaritmo salario mínimo diferenciado se cointegra en el largo plazo con la variable del consumo de los hogares diferenciado a una velocidad de -0.6525 lo cual es una velocidad aceptable para la variable.

**Tabla 40. Corrección de errores Salario mínimo**

Dependent Variable: DDLOGCH  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 11:09  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGSM	-31.48872	37.55983	-0.838361	0.4117
RESIDLOGSM(-1)	-0.652549	0.181101	-3.603227	0.0018
R-squared	0.453820	Mean dependent var		0.011905
Adjusted R-squared	0.426511	S.D. dependent var		4.218247
S.E. of regression	3.194438	Akaike info criterion		5.247207
Sum squared resid	204.0886	Schwarz criterion		5.346393
Log likelihood	-55.71928	Hannan-Quinn criter.		5.270572
Durbin-Watson stat	2.088004			

Fuente: salida de Eviews

La variable del logaritmo de tarifa de energía diferenciado se cointegra en el largo plazo con la variable del consumo de los hogares diferenciado a una velocidad de -0.8114 lo cual demuestra la hipótesis de trabajo a través del modelo especificado.

**Tabla 41. Corrección de errores Tarifa de energía**

Dependent Variable: DDLOGCH  
 Method: Least Squares  
 Date: 06/24/15 Time: 11:12  
 Sample (adjusted): 1993 2014  
 Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGTARIF	-0.853826	0.227450	-3.753909	0.0012
RESIDLOGTARIF(-1)	-0.814401	0.134616	-6.049813	0.0000
R-squared	0.690184	Mean dependent var		0.011905
Adjusted R-squared	0.674693	S.D. dependent var		4.218247
S.E. of regression	2.405905	Akaike info criterion		4.680238
Sum squared resid	115.7676	Schwarz criterion		4.779423
Log likelihood	-49.48261	Hannan-Quinn criter.		4.703603
Durbin-Watson stat	2.163050			

Fuente: salida de Eviews

La variable del logaritmo de la TRM diferenciado se cointegra en el largo plazo con la variable del consumo de los hogares diferenciado a una velocidad de -0.6519 lo cual es una velocidad aceptable para la variable.

**Tabla 42. Corrección de errores TRM**

Dependent Variable: DDLOGCH  
Method: Least Squares  
Date: 06/24/15 Time: 11:15  
Sample (adjusted): 1993 2014  
Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGTRM	-9.650764	6.779189	-1.423587	0.1700
RESIDLOGTRM(-1)	-0.651936	0.169892	-3.837362	0.0010
R-squared	0.442307	Mean dependent var		0.011905
Adjusted R-squared	0.414422	S.D. dependent var		4.218247
S.E. of regression	3.227931	Akaike info criterion		5.268068
Sum squared resid	208.3908	Schwarz criterion		5.367254
Log likelihood	-55.94875	Hannan-Quinn criter.		5.291433
Durbin-Watson stat	2.230730			

Fuente: salida de Eviews

La variable del logaritmo utilidad codensa diferenciada se cointegra en el largo plazo con la variable del consumo de los hogares diferenciado a una velocidad de -0.649823 lo cual es una velocidad aceptable para la variable.

**Tabla 43. Corrección de errores Utilidad Codensa**

Dependent Variable: DDLOGCH  
Method: Least Squares  
Date: 06/24/15 Time: 11:19  
Sample (adjusted): 1993 2014  
Included observations: 22 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DDLOGUC	0.178473	0.275302	0.648278	0.5242
RESIDLOGUC(-1)	-0.633342	0.182845	-3.463808	0.0025
R-squared	0.420523	Mean dependent var		0.011905
Adjusted R-squared	0.391549	S.D. dependent var		4.218247
S.E. of regression	3.290369	Akaike info criterion		5.306384
Sum squared resid	216.5305	Schwarz criterion		5.405570
Log likelihood	-56.37023	Hannan-Quinn criter.		5.329750
Durbin-Watson stat	2.228455			

Fuente: salida de Eviews

El trabajo econométrico está comprendido por un modelo de función de transferencia para definir causalidad, una prueba de cointegración para encontrar relaciones de largo plazo y un modelo de corrección de error, para determinar la velocidad del ajuste. Las variables que

proporcionaron un mejor ajuste al modelo, la función de transferencia, fueron las definidas en la hipótesis de trabajo resultando significativas para explicar el consumo de los hogares.

Dado que las variables en el modelo de función de transferencia fueron diferenciadas para obtener el ruido blanco y lograr la validación de sus resultados, estos últimos están definidos en relación a los incrementos de las series.

Los resultados del trabajo econométrico son coherentes con los resultados obtenidos a través de las cifras con otros trabajos.

#### **14. Conclusiones**

A lo largo del desarrollo de éste trabajo, la evidencia empírica y documental recopilada nos muestra que, las variaciones de las tarifas de energía, afectan en el corto y el largo plazo el consumo de los hogares y por ende su nivel de bienestar. La revisión de la bibliografía tanto en el tema de la privatización de los servicios públicos en América Latina, como en la relación tarifas, nivel de bienestar, coinciden en cuanto a: el momento histórico en el cual se desarrollan, casi todas alrededor del año 1990, lo cual permite observar la influencia del paradigma neoliberal dominante en la región durante esa época, basado en teorías que defendían la apertura económica y la privatización de los servicios públicos, en el supuesto de que la eficiencia del sector privado traería mayores niveles de eficiencia (mayor cobertura y tarifas más bajas) a los usuarios.

Una segunda coincidencia es el deteriorado estado económico de las empresas prestadoras de servicios públicos, encontrando que todas ellas generaban pérdidas al momento de la privatización, justificando así su privatización. El tercer punto coincidente es el aumento de las tarifas, en todos los países lo cual es el resultado de obtener utilidades vía la posición de monopolio y de no trasladar las ganancias de eficiencia de una mayor cobertura a los usuarios a través de menores tarifas debido a las economías de escala.

Los servicios públicos, su prestación y las tarifas juegan afectan la utilidad de un individuo (hogar), ya que dada su restricción presupuestal y dado que los servicios públicos son vitales y no se pueden reemplazar por otros, el individuo siempre tendrá que sacrificar su acceso a otros bienes al pagar por los servicios públicos.

La evidencia recopilada muestra que la justificación de la privatización del servicio de energía no se verifica en aspectos esenciales del bienestar como son la baja de tarifas, vía el aumento de la cobertura por las economías de escala y por ende a través de la aplicación de las ganancias de eficiencia obtenidas por la ampliación del mercado y mejoras en los costos operacionales. Los hechos muestran que la superioridad de la gestión privada en la producción y distribución de un bien público como el servicio de energía no se verifican en tarifas más bajas. Por el contrario, altas tarifas generan un impacto negativo sobre los otros consumos de los hogares afectando su bienestar.

El impacto negativo del incremento de tarifas no es posible compensarlo vía subsidios, ya que estos se generan a su vez y en su mayoría a través del incremento de tarifas. En los hechos estilizados, el incremento de la cobertura lleva a la eficiencia, lo cual se refleja en las utilidades de la empresa, pero no se traslada a los usuarios para bajar las tarifas sino que por el contrario las sube.

De acuerdo con la teoría de Arrow, en relación con los objetivos y la hipótesis del trabajo, no es posible conciliar la rentabilidad económica de las empresas, la cual sería vía incremento de tarifas y la rentabilidad social, la cual sería vía disminución de estas, de tal manera que para la sociedad, la privatización constituye una imposición y no una elección. Igualmente, desde la teoría del bienestar, se deduce que las familias preferirían alcanzar su bienestar a través de políticas que aumenten sus salarios y a través de estos adquirir los bienes y servicios necesarios en los términos en los que los ofrece el mercado, lo cual se verifica en la relación salarios – consumo de hogares.

Con base en el análisis teórico realizado, es posible afirmar, que aun cuando el servicio público de energía eléctrica en Bogotá, es comercializado por una empresa privada, el bien sigue teniendo todas las características de un bien público, por lo cual su tratamiento y especialmente las tarifas que se cobran a los ciudadanos del servicio, dadas las características del servicio de energía, al ser un bien cuyos costos marginales de producción son cero, las tarifas deberían ser suficientemente bajas para cubrir únicamente los costos de producción reales. El análisis de la teoría y de los hechos estilizados (IPC, TRM) nos permite deducir que, el incremento de tarifas no se justifica por el incremento de los costos de producción del servicio, por ejemplo vía los costos de producción o la tasa de cambio, sino debido a una posición dominante de las empresas, dada su naturaleza de monopolio natural.

Como lo muestran la batería de gráficas, las tarifas de energía presentan un patrón muy similar al del consumo de los hogares: antes de las privatizaciones el consumo de los hogares estuvo por encima de las tarifas, excepto en el período del apagón durante el gobierno de Gaviria. Este comportamiento se extendió hasta el año 1998, después del año 2000, año en que las privatizaciones se profundizan sobre todo en el sector de la energía, la brecha entre el consumo de hogares y las tarifas de energía fue disminuyendo y a partir del 2006 el crecimiento de las tarifas de energía han estado por encima del crecimiento del consumo de los hogares.

En términos de las relaciones entre los ingresos de los estratos bajos vía salarios, suponiendo que todos alcanzan siempre el salario mínimo, los datos muestran que mientras el salario mínimo ha venido decreciendo, las tarifas de energía desde el año 2007 han crecido por encima de éste y el crecimiento del consumo en promedio ha estado por debajo de ambas variables. Igualmente, las cifras muestran que las utilidades de Codensa, han estado moviéndose más al ritmo de la tasa de cambio y la inflación y no tanto de las tarifas.

Finalmente, el trabajo econométrico compuesto por una función de transferencia para encontrar causalidad (direccionalidad estadística), una prueba de cointegración para definir si hay relación de largo plazo y un modelo de corrección de error para caracterizar dicha relación, nos muestra que existe causalidad en el corto y el largo plazo entre las variables que conforman la hipótesis y los determinantes del consumo de hogares. Las pruebas aplicadas al modelo confirman su pertinencia (correlación) para todas las variables, con la excepción de las utilidades de Codensa.

Como conclusión final tiene que el Consumo de Hogares, como proxy del gasto de los hogares, se ve afectado cuando las tarifas de energía se incrementan y por ende se deduce que, en la medida en que los hogares tengan que asignar más gasto a este rubro y disminuir las asignaciones a otros consumos, desmejoran su nivel de bienestar

### 15. Bibliografía

- Arrow, Kenneth J. (1950) “*A Difficulty in the Concept of Social Welfare*”, The Journal of Political Economy, Vol. 58, No. 4. pp. 328-346.
- Arrow, Keneth (1951) “Elección Social y Valores Individuales”.
- Bergson, Abram (1983) “*Pareto on Social Welfare. Journal of Economic Literature*”, Vol. 21, No. 1. pp. 40-46.
- Bergson, Abram (1938) “*A Reformulation of Certain Aspects of Welfare Economics*”, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 52, No. 2. pp. 310-334.
- Bergson, Abram (1954) “*On the Concept of Social Welfare*”, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 68, No. 2. pp. 233-252.
- Buchanan, James M. (1962) “*The Relevance of Pareto Optimality*”, The Journal of Conflict Resolution, Vol. 6, No. 4. pp. 341-354.
- Buchanan, James M. (1959) “*Positive Economics, Welfare Economics, and Political Economy*”. Journal of Law and Economics, Vol. 2. pp. 124-138.
- Buchanan, James M. (1954) “*Social Choice, Democracy and Free Markets*”. The Journal of Political Economy, Vol. 62. No. 2, pp. 114-123.
- Campbell, Donald E. (1992) “*Implementation of Social Welfare Functions*”, International Economic Review, Vol. 33, No. 3. pp. 525-533.
- Cropsey, Joseph (1955) “*What is Welfare Economics? Ethics*”, Vol. 65, No. 2. pp. 116-125.
- Herbener, Jeffrey (1956) “*The Pareto Rule and Welfare Economics*”, Washington and Jefferson College.
- Hernández, Isidro (2005) “*Teoría Política y Fiscal*”, U. Externado de Colombia.
- Marshall, Alfred (1890) “*Elementos de Economía Pura*”.

- Ostrom, Vincent (1975) “*Public Choice Theory: A New Approach to Institutional Economics*”, American Journal of Agricultural Economics, Vol. 57, No. 5, Proceedings Issue. pp. 844-850.
- Ostrom, Vincent; Elinor Ostrom (1971) “*Public Choice: A Different Approach to the Study of Public Administration*”, Public Administration Review, Vol. 31, No. 2. pp. 203-216.
- Pérez López-César (2006) “Paso a Paso”. Problemas Resueltos de Econometría. Thomson Editores Spain. Madrid, España.
- Pulido San Román Antonio (1993). “Modelos Econométricos”. Ediciones Pirámide, S.A. Cuarta Edición. Madrid.
- Ramseyer, Mark (1995) “*Public Choice*”, University of Chicago.
- Scitovsky, Tibor (1951) “*The State of Welfare Economics*” The American Economic Review, Vol. 41, No. 3. pp. 303-315.
- Schumpeter, Joseph A. (1995) “Historia del Análisis Económico”, Editorial Ariel S.A., Barcelona.
- Sen, Amartya (1970) “Elección Colectiva y Bienestar Social”.
- Sen, Amartya (1970) “The Impossibility of a Paretian Liberal”.
- Sen, Amartya (1977) “Social Choice Theory: A Re-Examination”.
- Sen, Amartya (1983) “Liberty and Social Choice”.
- Sen, Amartya (1995) “Rationality and Social Choice”.
- Suzumura, Kotaro (1999) “*Paretian Welfare Judgements and Bergsonian Social Choice*”, The Economic Journal, Vol. 109, No. 455., pp. 204-220.
- Universidad Carlos III de Madrid. “Prácticas de la asignatura Series Temporales” Octava entrega.

[http://www.est.uc3m.es/esp/nueva\\_docencia/getafe/ciencias\\_estadisticas/series\\_temporales/practicas/notaseviews8.pdf](http://www.est.uc3m.es/esp/nueva_docencia/getafe/ciencias_estadisticas/series_temporales/practicas/notaseviews8.pdf)

Walras, León (1874) “Elementos de Economía Pura”.

## 16. Anexos

### 16.1. Anexo función de transferencia

#### Ejercicio de series temporales, modelo de función de transferencia:

Los modelos de función de transferencia, son modelos de series de tiempo multivariantes. Como en el caso de los modelos univariantes, en los modelos de función de transferencia se modela la serie como un filtro, es decir como una combinación lineal de valores pasados y presentes y a su vez con los valores pasados y presentes de otras series.

Sean  $X_t$  e  $Y_t$  dos series temporales estacionarias.  $X_t$  representa el input o variable causa e  $Y_t$  el output o variable respuesta.  $N_t$  es un ruido no correlacionado con la serie input  $X_t$  que será modelado como ARMA.

El modelo final se expresa

$$Y_t = \sum v_j X_{t-j} + N_t$$

El operador  $V(B) = \sum v_j B^j$  se llama **función de transferencia** y los pesos  $v_i$  son los pesos **impulso-respuesta** del sistema. Si los parámetros  $v_0 = v_1 = \dots = v_{b-1}$ , entonces las variaciones en el input se manifiestan en el output  $b$  retardos después.

En la formulación del modelo, se supone que el presente y el pasado del input influyen en el presente del output, pero no al revés, es decir, no existe retroalimentación o “feed-back”. Los modelos de función de transferencia se diferencian de los modelos de regresión principalmente en:

1. Permiten que los errores estén correlacionados.
2. La relación entre el regresor y la variable independiente es una relación dinámica output-input.
3. Tanto la variable dependiente como la independiente presentan auto correlación.

En el ejercicio realizado, nos limitamos a modelos en los que  $\sum v_j B^j < \infty$  Si  $|B| \leq 1$ , es decir cambios finitos en el input producen cambios finitos en el output. (Ver anexo)

$$V(1) = \sum v_j = g < \infty.$$

A  $g$  se le denomina **ganancia** del sistema y representa el valor del output si el input es constante e igual a 1 y no hay perturbación. Estos modelos, presentan un problema y es que tiene infinitos parámetros, una alternativa sería truncar el polinomio  $V(B)$ , es decir,  $Y_t = v_0 X_t + v_1 X_{t-1} + \dots + v_h X_{t-h} + N_t$ . Donde  $h$  se elige de forma que el efecto de los retardos posteriores a  $h$  sea despreciable, sin embargo es una decisión difícil y puede evitarse poniendo  $V(B)$  como cociente de dos polinomios.

$$V(B) = W(B) B^b / \phi(B)$$

$$W(B) = w_0 + w_1 B + \dots + w_s B^s \quad \phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_r B^r$$

De esta forma se reduce el número de parámetros y el modelo es

$$Y_t = [W(B) B^b / \phi(B)] X_t + N_t$$

Si no existe perturbación, es decir  $N_t = 0$  el modelo sería

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_r B^r) Y_t = (w_0 + w_1 B + \dots + w_s B^s) B^b X_t$$

Expresión análoga a la de un modelo ARMA( $r, s$ ). Es decir un modelo ARMA es un caso particular de un modelo dinámico de función de transferencia en el que el input es un ruido blanco, no existe perturbación y la función de transferencia es el cociente de dos polinomios correspondientes a la parte de media móvil el numerador y a la parte autorregresiva el denominador. Así las condiciones de estacionalidad e invertibilidad para la función de transferencia son las mismas que para los modelos ARMA, es decir, las raíces de los polinomios  $W(B)$  y  $\phi(B)$  fuera del círculo unitario del plano complejo.

A continuación calculamos los pesos  $v_i$  impulso-respuesta en función de los coeficientes de los polinomios numerador y denominador.

$$V(B) = W(B) B^b / \phi(B) \text{ multiplicando ambas partes de la igualdad por } \phi(B)$$

$$\phi(B) V(B) = W(B) B^b \text{ Desarrollando}$$

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_r B^r)(v_0 + v_1 B + \dots) = (w_0 + w_1 B + \dots + w_s B^s) B^b$$

Igualando coeficientes

$$v_0 = v_1 = \dots = v_{b-1} = 0$$

$$v_b = \alpha_1 v_{b-1} + \alpha_2 v_{b-2} + \dots + \alpha_r v_{b-r} + w_0$$

$$v_j = \alpha_1 v_{j-1} + \alpha_2 v_{j-2} + \dots + \alpha_r v_{j-r} + w_{j-b} \quad j = b+1, \dots, b+s$$

$$v_j = \alpha_1 v_{j-1} + \alpha_2 v_{j-2} + \dots + \alpha_r v_{j-r} \quad j > b + s$$

Estas relaciones hay que tenerlas presentes ya que son muy útiles para identificar la función de transferencia, lo que es equivalente a identificar

b, retardo a partir del cual una variación en el input se refleja en el output

s, orden del polinomio del numerador.

r, orden del polinomio del denominador.

En las ecuaciones que verifican los coeficientes se observa

a) - los b-1 primeros coeficientes son 0  $v_0 = v_1 = \dots = v_{b-1} = 0$

b) - los siguientes s+1 no siguen ninguna pauta fija  $v_b v_{b+1} \dots v_{b+s}$

c) - a partir del coeficiente s+b+1 los  $v_k$  verifican una ecuación en diferencias análoga a la que verifica la función de autocorrelación de un modelo AR(r), es decir decrecimiento suma de exponenciales y ondas seno coseno.

Para identificar la función de transferencia es importante una estimación inicial de los pesos  $v_j$ . Para ello necesitaremos la función de autocorrelación cruzada ya que como veremos los  $v_k$  son proporcionales a ella. Antes daremos algunas definiciones.

**Definición:** Un proceso estocástico bivalente  $(X_t, Y_t)$  se dice que es **estacionario** en el sentido amplio si

a) Cada componente  $X_t, Y_t$  es estacionario. La función de autocovarianza solo depende del retardo que separa las variables y no del tiempo en que se mide.

$$K_X(h) = \text{cov}(X_t, X_{t+h}) \quad K_Y(h) = \text{cov}(Y_t, Y_{t+h}) \quad h = 0, 1, 2, \dots$$

b) La función de covarianza cruzada entre las dos series solo depende del retardo que las separa.

$$K_{X,Y}(h) = \text{cov}(X_t, Y_{t+h}) \quad h = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Notar que la función de covarianza cruzada no es una función par y verifica la relación

$$K_{X,Y}(h) = K_{Y,X}(-h).$$

Se define la función de autocorrelación cruzada por la relación

$$\rho_{X,Y}(h) = K_{X,Y}(h) / \sigma_X \sigma_Y \quad h = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Si tenemos una muestra de tamaño N de una serie bivalente, los estimadores de la correlación cruzada son los habituales

$$r_{X,Y}(h) = C_{X,Y}(h) / s_X s_Y \quad h = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$(1/N) \sum_{t=1}^{N-h} X_t Y_{t+h} \quad h = 0, 1, 2, \dots$$

$$C_{X,Y}(h) =$$

$$(1/N) \sum_{t=1}^{N-h} X_{t+h} Y_t \quad h = 0, -1, -2, \dots$$

En general las varianzas y covarianzas de estos estimadores son difíciles de calcular. En algunos casos especiales disponemos de aproximaciones.

- Si  $X_t$  es ruido blanco e  $Y_t$  y  $X_t$  son incorreladas la aproximación de Barlett (1955) da como resultado

$$\text{Var}[r_{X,Y}(h)] \cong (N-h)^{-1} \quad \text{Corr}[r_{X,Y}(h), r_{X,Y}(h+1)] \cong \rho_Y(1).$$

Es decir, aunque los procesos sean incorrelados, los estimadores de la función de correlación cruzada están correlados y reproducen la autocorrelación del output en el primer retardo.

- Si  $X_t$  e  $Y_t$  son los dos ruidos blancos y están incorrelados entonces

$$\text{Var} [r_{X,Y}(h)] \cong (N-h)^{-1} \quad \text{Corr} [r_{X,Y}(h), r_{X,Y}(h+1)] \cong 0.$$

**Identificación de la función de transferencia:**

Por analogía con los modelos ARMA, se puede intentar identificar la función de transferencia a partir de las correlaciones cruzadas muestrales, pero las propiedades muestrales no son fáciles de establecer, al estar estos estimadores correlados. Los cálculos se simplificarían sobremanera si el input fuera un ruido blanco, ya que en este caso disponemos de la aproximación de Barlett. Por lo que vamos a utilizar la técnica de “preblanqueo” para conseguirlo.

**Técnica de pre blanqueó:**

Se realiza en dos etapas

1. - Ajustamos un modelo ARMA a la serie input  $X_t$   $\square_X(B) X_t = \square_X(B)\square_t$ . La serie  $\square_t$  de los residuos es un ruido blanco  $\square_t = \square_X(B) \square^{-1}_X(B) X_t$
2. - Aplicamos el mismo filtro a la serie output  $\square_t = \square_X(B) \square^{-1}_X(B) X_t$

La correlación cruzada entre  $\square_t$  y  $\square_t$  juega un papel importante a la hora de identificar la función de transferencia como se ve a continuación después de establecer los resultados

**Las funciones de transferencia que relacionan  $Y_t$  con  $X_t$  y  $\square_t$  con  $\square_t$  son iguales.**

Sea el modelo  $Y_t = V(B) X_t + N_t$  con  $Y, X$  y  $N$  procesos estacionarios.

Aplicando el filtro  $\square_X(B) \square^{-1}_X(B)$  a ambos lados de la igualdad anterior

$$\square_t = V(B) \square_t + \square_t \text{ con } \square_t = \square_X(B) \square^{-1}_X(B) N_t$$

**La función de covarianza cruzada entre  $\square$  y  $\square$  es proporcional a  $V(B)$**

Calculemos esta covarianza cruzada

$$K_{\square,\square}(h) = \text{Cov}(\square_t, \square_{t+h}) = E(\square_t \square_{t+h}) = E[\square_t (V(B) \square_{t+h} + \square_{t+h})] =$$

$$v_0 E(\epsilon_t, \epsilon_{t+h}) + v_1 E(\epsilon_t, \epsilon_{t+h-1}) + \dots + v_h E(\epsilon_t, \epsilon_t) + \dots + E(\epsilon_t, \epsilon_{t+h}) = v_h \sigma_\epsilon^2$$

Ya que  $\epsilon_t$  es ruido blanco y está incorrelado con  $\epsilon_t$ . Despejando

$$v_h = K_{\epsilon, \epsilon}(h) / \sigma_\epsilon^2 = (\sigma_\epsilon / \sigma_\epsilon) (K_{\epsilon, \epsilon}(h) / \sigma_\epsilon \sigma_\epsilon) = (\sigma_\epsilon / \sigma_\epsilon) \rho_{\epsilon, \epsilon}(h) \quad h = 0, 1, 2,$$

Con lo que  $v_h$  es proporcional a la correlación cruzada entre el input y el output preblanqueados en el retardo  $h$ .

**Identificación de los órdenes b, s y r**

$v_h$  puede ser estimada por  $(s_\epsilon / s_\epsilon) r_{\epsilon, \epsilon}(h)$ . Estos estimadores en general son no eficientes, pero sirven de base para una primera modelación de la función de transferencia. Mediante la aproximación de Barlett podemos comparar  $r_{\epsilon, \epsilon}(h)$  con su desviación típica  $(N-h)^{-1/2}$ . También hay que comprobar que  $r_{\epsilon, \epsilon}(h) = 0$  si  $h < 0$ , es decir que no hay retroalimentación.

$b$  es el primer retardo positivo tal que  $r_{\epsilon, \epsilon}(h) \neq 0$ .

Los órdenes  $s$  y  $r$  de los polinomios  $W(B)$  y  $\hat{V}(B)$  se pueden determinar por la forma de la función de correlación cruzada entre  $\epsilon$  y  $\hat{V}$  a partir del retardo  $b$ , ya que  $r_{\epsilon, \hat{V}}(b) \dots r_{\epsilon, \hat{V}}(b+s)$  no presentan ninguna pauta de comportamiento y a partir del retardo  $b+s$ ,  $r_{\epsilon, \hat{V}}(h)$  se comporta como la función de autocorrelación de un modelo AR(r).

**Identificación del modelo para  $N_t$ .**

Una vez elegidos los órdenes  $b$ ,  $r$  y  $s$ , la función de transferencia se estima

$$\hat{V}(B) = \hat{\delta}^{-1}(B) \hat{W}(B) B^b$$

Y se calculan los residuos

$$\hat{N}_t = Y_t - \hat{V}(B)X_t = Y_t - \hat{\delta}^{-1}(B) \hat{W}(B) B^b$$

$\hat{N}_t$  es un proceso estacionario y por los métodos habituales de identificación, identificamos un modelo ARMA (p, q) para  $\hat{N}_t$

$$\square_N(B) \hat{N}_t = \square_N(B) a_t \quad \text{con } a_t \text{ ruido blanco.}$$

Finalmente el modelo identificado es

$$Y_t = [W(B)/\square(B)] B^b X_t + [\square_N(B)/\square_N(B)] a_t \text{ o también}$$

$$\square(B) \square_N Y_t = W(B) \square_N(B) X_{t-b} + \square(B) \square_N(B) a_t \text{ que en forma desarrollada}$$

$$Y_t = d_1 Y_{t-1} + \dots + d_{p+r} Y_{t-r-p} + c_0 X_{t-b} + c_1 X_{t-b-1} + \dots + c_{p+s} X_{t-b-p-s} + a_t + b_1 a_{t-1} + \dots + b_{q+r}$$

$a_{t-q-r}$

Aquí finaliza la etapa de identificación que nos da un modelo base que debe ser estimado. El modelo identificado puede ser modificado para eliminar parámetros superfluos una vez superada la etapa de estimación.

El orden de los polinomios en general no será muy grande (2 suele ser suficiente) y si encontramos factores comunes, deben ser simplificados ya que en caso contrario, los resultados serían erróneos.

**Estimación del modelo**

Los métodos de estimación son los mismos que en las series univariantes.

Si  $W(B)$  y  $\square(B)$  son polinomios de orden 0, se obtienen estimadores mínimo cuadrados con expresión exacta, en caso contrario los estimadores se obtienen por aproximaciones sucesivas.

Debemos estimar los coeficientes de los polinomios  $\square(B) W(B) \square_N(B) \square_N(B)$ .

Sea  $\square$  el parámetro a estimar  $\square' = (\square', W', \square_N', \square_N')$ .

Para cualquier elección de  $\square'$  se pueden calcular los errores  $a_t$  a partir de  $t > m$  siendo  $m = \max(p+r, b+p+s) + 1$  mediante la expresión

$$\square(B) \square_N Y_t = W(B) \square_N(B) X_{t-b} + \square(B) \square_N(B) a_t \text{ que en forma desarrollada}$$

$$a_t = Y_t - d_1 Y_{t-1} - \dots - d_{p+r} Y_{t-r-p} - c_0 X_{t-b} - c_1 X_{t-b-1} - \dots - c_{p+s} X_{t-b-p-s} - b_1 a_{t-1} - \dots - b_{q+r} a_{t-q-r}$$

$a_{t-q-r}$

Nos permite calcular la suma de los cuadrados de los residuos.

Si suponemos  $a_0 = a_1 = \dots = a_m = 0$  obtenemos mínimos cuadrados condicionados.

Si estimamos por el método de máxima verosimilitud y suponemos normalidad, como los residuos  $a_t$  son incorrelados también serán independientes.

$$L(\beta, \sigma^2/X, Y) \cong \sigma^{-n} \exp [(-1/2) \sum_{t=m+1}^N a_t^2(\beta)].$$

La verosimilitud se aproxima por la suma de cuadrados de los residuos, que hay que minimizar.

**Validación del modelo.**

Es la etapa siguiente a la estimación. El modelo ajustado puede no ser válido por:

a) El modelo para el ruido  $N_t$  no es el adecuado. En este caso los residuos son correlados y  $\gamma_a(h) \neq 0$  para algún  $h > 0$ , pero como la función de transferencia está bien ajustada, el input preblanqueado y los residuos están incorrelados, es decir,  $\gamma_{\square,a}(h) = 0 \forall h$ . En este supuesto hay que buscar un nuevo modelo para el ruido, sin modificar la función de transferencia.

b) El modelo para la función de transferencia no es el adecuado. El input preblanqueado y los residuos están correlados, es decir  $\gamma_{\square,a}(h) \neq 0$  para algún  $h$ . En este caso hay que modificar la función de transferencia lo que llevará consigo también una modificación del modelo para el ruido o perturbación.

c) Ninguno de los dos modelos es adecuado. Este caso se comporta como el anterior.

A continuación vamos a probar estas afirmaciones.

Supongamos el modelo

$$Y_t = \square^{-1}(B) W(B) X_{t-b} + \square_N^{-1}(B) \square_N(B) a_t = V(B) X_t + \square(B) a_t$$

Y que hemos seleccionado el modelo

$$Y_t = V_0(B) X_t + \square_0(B) a_{0t}$$

Despejando  $a_{0t} = \Phi_0^{-1}(B) [Y_t - V_0(B) X_t] = \Phi_0^{-1}(B) [V(B) - V_0(B)] X_t + \Phi_0^{-1}(B) \epsilon_t(B)$

$a_t$ .

**Si la función de transferencia es correcta**

$a_{0t} = \Phi_0^{-1}(B) \epsilon_t(B) a_t$ .  $\{a_{0t}\}$  no es un ruido blanco, presenta autocorrelación  $\rho_{a_0}(h) \neq 0$

para algún h

Pero  $\{a_{0t}\}$  y  $\{\epsilon_t\}$  son incorrelados ya que  $\{\epsilon_t\}$  y  $\{a_t\}$  lo son.

**Si la función de transferencia no es correcta**

$\{a_{0t}\}$  presenta correlación cruzada con la serie  $\{X_t\}$  y por tanto también presenta autocorrelación y correlación con la serie  $\{\epsilon_t\}$ , es decir,  $\rho_{\epsilon, a_0}(h) \neq 0$  para algún h.

En el caso c) la serie  $\{a_{0t}\}$  presenta autocorrelación por presentar la serie  $\{X_t\}$  y también tiene autocorrelación cruzada con la serie  $\{X_t\}$  y por tanto con la serie  $\{\epsilon_t\}$ .

Independientemente de sí el modelo para la perturbación está bien o mal modelado, el cálculo de la correlación cruzada de los residuos, resultado del ajuste de la función de transferencia, con el input preblanqueado puede informarnos acerca de los cambios que hay que hacer en la función de transferencia.

Consideremos el modelo preblanqueado

$$\epsilon_t = V(B) \epsilon_t + \eta_t \quad \text{con} \quad \eta_t = \Phi_X(B) \Phi_X^{-1}(B) N_t, \quad \epsilon_t = \Phi_X(B) \Phi_X^{-1}(B) X_t$$

Los residuos del modelo erróneo son

$$\epsilon_{0t} = \epsilon_t - V_0(B) \epsilon_t = (V(B) - V_0(B)) \epsilon_t + \eta_t$$

**La correlación cruzada entre  $\epsilon_{0t}$  y  $\epsilon_t$  en el retardo h mide la discrepancia que existe entre  $v_h$  y  $v_{0h}$**

$$E(\epsilon_t \epsilon_{0t+h}) = E\{\epsilon_t [(V(B) - V_0(B)) \epsilon_{t+h} + \eta_{t+h}]\} = (v_h - v_{0h}) E(\epsilon_t^2) + E(\epsilon_t \eta_{t+h}) = (v_h - v_{0h}) E(\epsilon_t^2)$$

por estar las series  $\epsilon_t$  y  $\eta_t$  incorreladas. Despejando

$$(v_h - v_{0h}) = \rho_{\epsilon_0 \epsilon}(h) (\rho_{\epsilon_0 \epsilon}(h))$$

Es decir una correlación cruzada alta en un retardo entre el ruido y el input preblanqueado es debido a una diferencia grande entre el valor de la función impulso respuesta estimada y la real en ese mismo retardo.

En resumen para la validación del modelo utilizaremos las pruebas de correlación

#### **Auto correlación de los residuos.**

Si esta función da señales de que los residuos no son aleatorios, esto puede ser debido a que la función de transferencia no es correcta, o a que la perturbación está mal modelada, o las dos causas a la vez.

#### **Correlación cruzada entre el input preblanqueado y los residuos.**

Si la correlación cruzada entre el input preblanqueado y los residuos es distinta de cero para algún retardo, hay que modificar la función de transferencia.

Si la correlación cruzada no da muestras de que el error está en la función de transferencia, si los residuos siguen presentando autocorrelación hay que modificar el modelo para el ruido.

Es necesario comprobar las dos funciones de correlación.

Debido a que las autocorrelaciones y las correlaciones cruzadas están correladas entre sí, el comprobar que estos valores son 0, puede llevar a errores, sobre todo en los retardos bajos. Por esta razón se utilizan los estadísticos

$$Q_1 = [N(N+2)] / (N-k) \sum_{h=1}^k r_a^2(h)$$

$r_a^2(h)$  es la autocorrelación en el retardo  $h$  de los residuos

$$Q_2 = [N(N+2)] / (N-k) \sum_{h=1}^k r_{\square,a}^2(h)$$

$r_{\square,a}^2(h)$  correlación cruzada en el retardo  $h$  del input preblanqueado y los residuos

Bajo la hipótesis nula de que el modelo está bien ajustado, estos estadísticos se distribuyen según una chi cuadrado con grados de libertad  $k-p-q$  y  $k-r-s$  respectivamente. Siendo  $p$  y  $q$  los órdenes autorregresivo y de media móvil de la perturbación y  $r$  y  $s$  los órdenes del numerador y denominador de la función de transferencia.

Necesitamos los dos estadísticos para asegurarnos de la bondad del modelo. Estos dos estadísticos son muy conservadores, por lo que además es conveniente estudiar la aleatoriedad de los residuos  $a_t$  por los métodos habituales.

## 16.2. Anexo estadístico

### Series del modelo y de los cuadros

Tabla 44. Series del modelo y de los cuadros

AÑOS	PIB Bogotá	Tarifa de Energía	Utilidad CODENSA	IPC	TRM	Salario Mín	Subsidios Bogotá	Consumo de Hogares
1990								
1991	2,91	61,28	-81,49	-17,12	26,04	26,06	6,23	63,54
1992	3,39	-85,19	97,63	-6,30	7,43	26,05	-87,65	-77,79
1993	7,96	11,54	-54,79	-10,07	15,67	25,03	-89,69	-23,51
1994	10,01	17,60	-96,69	-0,04	5,07	21,09	94,90	-79,01
1995	2,64	-96,79	96,75	-13,86	10,43	20,50	-14,26	84,98
1996	-1,36	-13,55	97,64	11,15	13,56	19,50	-78,69	81,33
1997	3,27	24,45	-87,73	-18,26	10,08	21,02	85,09	59,95
1998	1,71	-97,36	-20,14	-5,54	25,06	18,50	25,51	-30,66
1999	-10,84	19,13	91,25	-44,73	23,23	16,01	-16,78	77,15
2000	98,37	-81,86	-5,06	-5,20	18,70	10,00	86,46	-68,67
2001	2,69	11,44	-16,92	-12,57	10,17	9,96	-14,40	-34,91
2002	4,10	-50,68	39,98	-8,63	9,05	8,04	-96,74	-42,84
2003	4,87	-38,41	7,29	-7,15	14,73	7,44	69,45	60,96
2004	5,25	6,34	57,22	-15,25	-8,73	7,83	92,01	59,73
2005	5,13	2,89	18,08	-11,82	-11,63	6,56	-0,28	3,02
2006	6,83	0,60	36,90	-7,63	1,60	6,95	-2,97	2,41
2007	6,51	0,93	0,65	27,01	-11,86	6,30	-0,06	2,77
2008	3,45	11,73	14,85	34,80	-5,39	6,41	24,66	4,30
2009	2,05	14,66	-50,58	-73,92	9,66	7,67	29,42	1,10
2010	3,70	6,49	13,85	58,50	-11,98	3,64	9,81	1,12
2011	6,02	9,37	-54,66	17,67	-2,62	4,00	8,30	1,09
2012	4,15	1,63	25,90	-34,58	-2,70	5,81	-9,88	-7,66
2013	94,20	0,97	-52,12	-20,49	3,93	4,02	-22,78	10,52
2014	4,25	5,22	98,86	88,66	7,05	4,50	13,22	1,19

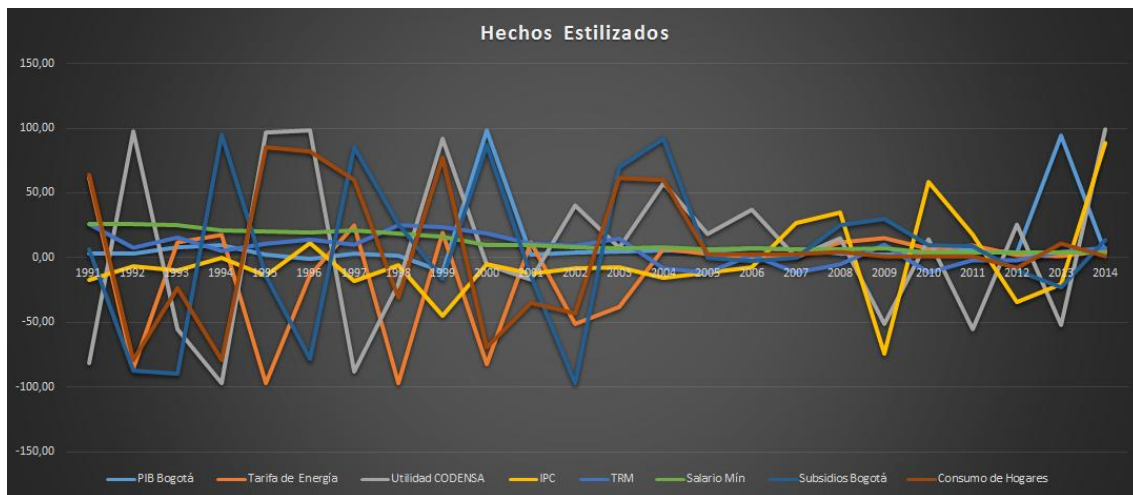
Fuente: DANE, CODENSA, DAPD, Banrep, elaboración autores

Series originales

AÑOS	PIB BTA (94)	TARIF ENER (Corr)	UTILID CODENS	IPC (2008)	TRM	SALARIO MIN	SUBSIDIOS BTA	CONSUMO DE
1990	12,957	223	210.994	32,36	\$502.26	41.025.00	3.579.902.626	499.232.056
1991	13,334	24	433.831	26,82	\$633.05	51.716.00	147.523.032.437	8.782.329.960
1992	13,786	305	94.128	25,13	\$680.10	65.190.00	16.423.085.619	1.278.109.631
1993	14,884	203	47.660	22,6	\$786.67	81.510.00	13.971.366.079	1.652.927.385
1994	16,374	80	174.536	22,59	\$826.56	98.700.00	446.211.545.648	5.690.490.923
1995	16,807	1.358	429.683	19,46	\$912.78	118.934.00	28.337.555.014	303.168.943
1996	16,578	1.175	89.402	21,63	\$1.036.55	142.125.00	63.895.119.386	2.912.425.665
1997	17,120	373	408.473	17,68	\$1.141.08	172.005.00	74.430.206.274	3.448.468.783
1998	17,412	432	65.315	16,7	\$1.427.04	203.826.00	15.156.116.103	6.620.930.328
1999	15,525	272	124.915	9,23	\$1.758.58	236.460.00	48.943.924.354	6.340.299.146
2000	72,087	125	118.593	8,75	\$2.087.42	260.100.00	95.956.746.889	1.382.749.671
2001	74,023	85	98.532	7,65	\$2.299.77	286.000.00	28.181.701.055	1.333.592.479
2002	77,058	71	137.926	6,99	\$2.507.96	309.000.00	12.647.540.481	6.597.867.933
2003	80,814	210,03	147.984	6,49	\$2.877.50	332.000.00	27.861.852.357	791.207.315
2004	85,06	223,34	232.658	5,5	\$2.626.22	358.000.00	130.399.243.598	3.154.264.467
2005	89,427	229,8	274.733	4,85	\$2.320.77	381.500.00	130.035.699.814	3.249.529.812
2006	95,534	231,19	376.117	4,48	\$2.357.98	408.000.00	126.168.430.393	3.327.898.371
2007	101,756	233,33	378.566	5,69	\$2.078.35	433.700.00	126.094.249.251	3.420.207.336
2008	105,263	260,71	434.789	7,67	\$1.966.26	461.500.00	157.193.976.429	3.567.206.792
2009	107,417	298,93	92.431	2	\$2.156.29	496.900.00	203.446.254.499	3.606.367.500
2010	111,389	318,34	208.206	3,17	\$1.897.89	515.000.00	223.405.822.591	3.646.641.285
2011	118,095	348,16	48.080	3,73	\$1.848.17	535.600.00	241.956.794.000	3.686.388.907
2012	122,994	353,83	200.061	2,44	\$1.798.23	566.700.00	218.052.248.893	3.404.067.296
2013	127,569	357,25	139.727	1,94	\$1.868.90	589.500.00	168.390.677.924	3.762.280.021
2014	132,991	375,89	57.473	3,66	\$2.000.68	616.000.00	190.646.374.132	3.807.135.006

Fuente: DANE, CODENSA, DAPD, Banrep, elaboración autores

16.3. Anexo gráficas



16.4. Anexo econométrico

<sup>i</sup> Hernández, Isidro (2005) “Teoría Política y Fiscal”, U. Externado de Colombia.

<sup>ii</sup> Scitovsky, Tibor (1951) “The State of Welfare Economics” The American Economic Review, Vol. 41, No. 3. pp. 303-315.