

CONGESTIÓN VIAL EN BOGOTÁ: ¿RESTRICCIÓN O ARREGLO INSTITUCIONAL?

Diego Alejandro Parra Álvarez

Subdirector de Contenido

Estudiante de Economía

Universidad de los Andes

María Andrea Figueroa Suden

Estudiante de Economía

Universidad de los Andes

Para niveles bajos de congestión, una carretera es un bien público que genera utilidad a cualquier usuario, independientemente de que otros lo utilicen. Sin embargo, en la medida en que aumentan los niveles de congestión, una carretera es un recurso de uso común y la utilidad derivada por cada conductor es una función decreciente del número de conductores en la vía (Sternier, 2007). Más aún, la congestión vial también genera una externalidad negativa sobre la calidad del aire, pues el aumento del número de vehículos circulando en la carretera estimula la emisión de gases contaminantes. En ese sentido, resulta fundamental determinar qué factores permiten regular el flujo de tráfico en las carreteras y reducir las emisiones de gases contaminantes. A continuación, se discutirá la problemática de la congestión vial asumiendo que las carreteras son un recurso de uso común cuando existen altos niveles de congestión. Para ello se expondrá el origen de la teoría de los recursos de uso común, sus implicaciones y soluciones conceptuales; también se hará una aplicación empírica tomando como caso de estudio la implementación de la política del *Pico y Placa (PYP)* sobre el uso del carro particular y los niveles de polución del aire en Bogotá.

En principio, se debe partir por reconocer dos modelos de organización opuestos entre sí: la regulación centralizada y la libertad de mercado. Estos dos sistemas surgen a partir de una caracterización teórica de los bienes binaria, es decir, clasificándose como bienes públicos o bienes privados. Así pues, en qué medida debe el Estado intervenir para proveer bienes públicos se convirtió en el criterio para determinar por cuál sistema se debería inclinar una sociedad. No obstante, desde mediados del siglo XIX han aparecido alternativas de organización que van más allá de la dicotomía clásica entre Estado y mercado, gracias a la mayor complejidad teórica que ha tenido lugar en la

caracterización de los bienes. Desde que aparecieron los bienes comunes (también llamados recursos de uso común), la economía ha virado su objeto de estudio hacia nuevas formas institucionales de regulación basadas en la capacidad de auto-organización de las comunidades que podrían asegurar la sostenibilidad de los recursos en el tiempo (Comité Nobel, 2009). Éste es sólo uno de los grandes pilares en los que está fundamentada la nueva teoría de los recursos comunes que, comprendida y analizada a profundidad, puede llegar a sugerir toda una revolución en materia económica e institucional.

De esta manera, la historia de la clasificación de los bienes se puede rastrear hasta 1950 cuando Paul Samuelson, buscando justificar el gasto público de una economía, dividió a los bienes en públicos y privados haciendo énfasis en la exclusión (D'Alisa, 2014). Se consideraron bienes privados todos aquellos bienes por los que se debía pagar cierta compensación monetaria para acceder a ellos. Sin embargo, esta clasificación fue ampliamente criticada por los círculos de intelectuales de la época, pues era muy restrictiva al tomar en cuenta solamente una dimensión. Más adelante, en 1965 Buchanan estableció una división adicional afirmando la existencia de bienes públicos puros e impuros, particularmente estudiando los “impuros” como una desviación intermedia entre los dos extremos de Samuelson (Ramis, 2014). Bajo estos preceptos se identificó a los bienes artificialmente escasos o “de peaje” que son excluyentes y no rivales. Sin embargo, no se consideró el caso contrario cuando el bien es no excluyente y rival en consumo. Tendrían que pasar varios años hasta que en 2006, gracias al trabajo de Elinor Ostrom, se reconoció una segunda propiedad de los bienes que se derivó en el esquema actual de clasificación de bienes (D'Alisa, 2014). Este segundo atributo fue el de la rivalidad, que está estrechamente vinculado con la disponibilidad de los bienes, pues un bien se entiende como no rival cuando el consumo o uso de éste por parte de un agente no reduce la disponibilidad existente del recurso, es decir, dos personas pueden acceder a él simultáneamente (Fernández, 2002). Así pues, al trazar una equivalencia entre los criterios de exclusión y rivalidad, logró establecer un sistema de clasificación bidimensional que se describe en la Tabla 1 y que se convirtió en la teoría dominante de los recursos de uso común.

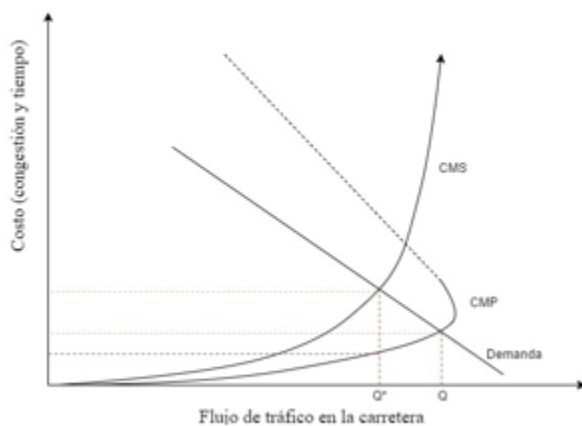
Tabla 1: Clasificación de los bienes

	Rivalidad Baja	Rivalidad Alta
Exclusión Difícil	Bienes públicos. Ej.: carretera sin congestión.	Recursos de uso común. Ej.: carretera con congestión
Exclusión Fácil	Artificialmente escasos. Ej.: carretera con peaje sin congestión.	Bienes privados. Ej.: carretera con peaje con congestión.

Bajo el enfoque teórico de Ostrom, los recursos de uso común (de aquí en adelante RUC) se convirtieron en aquellos bienes con una rivalidad alta y una exclusión baja. Particularmente, al considerar el caso de una vía, se diría que esta es un recurso de uso común cuando existen altos niveles de congestión. En ese sentido, un automóvil adicional en la vía reduce la disponibilidad para que otros conductores hagan uso de ella. Asimismo, es considerada de baja exclusión en la medida en que no hay que pagar para acceder a ella.

Ostrom hizo una diferenciación entre las unidades del recurso (las que los apropiadores sustraen en diferentes cantidades) y el sistema de recursos (las variables que permiten producir determinadas unidades de recurso por unidad de tiempo) (Munt, 2013). De este modo, sugiere que el principal problema al que se enfrentan los RUC es que todos los agentes, guiados por una maximización del beneficio individual, exceden el nivel óptimo de provisión del recurso, tal y como

Figura 1: Efectos de la congestión en el costo del flujo vehicular.



sucede en el modelo de la tragedia de los comunes (Fernández, 2002). Este efecto se ilustra en la Figura 1, donde el costo marginal social (*CMS*) incluye la suma de los costos temporales causados por un automóvil adicional sobre los demás conductores en la vía como resultado de la mayor congestión. En ese sentido, en la medida en que aumenta la congestión, el *CMS* diverge cada vez más del costo marginal privado (*CMP*), que consiste solamente del tiempo del conductor, el

Fuente: Sterner, T. (2007).

combustible y gastos de mantenimiento del vehículo (Sternier, 2007).

De la Figura 1 es necesario precisar que cuando la congestión es severa -hipercongestión-, la curva del *CMP* se dobla hacia atrás y los costos de congestión aumentan (Sternier, 2007). Es decir, para un nivel de flujo de tráfico dado, la densidad vehicular es mayor. Más aún, la congestión vial también genera una externalidad negativa sobre la calidad del aire, pues el aumento del número de vehículos circulando en la carretera estimula la emisión de gases contaminantes. Con todo lo anterior, se puede deducir que el nivel óptimo de tráfico (Q^*) es inferior al equilibrio de congestión (Q). Por lo tanto, avanzar del equilibrio de congestión Q al equilibrio óptimo Q^* conlleva un aumento colectivo del bienestar de los conductores (W).

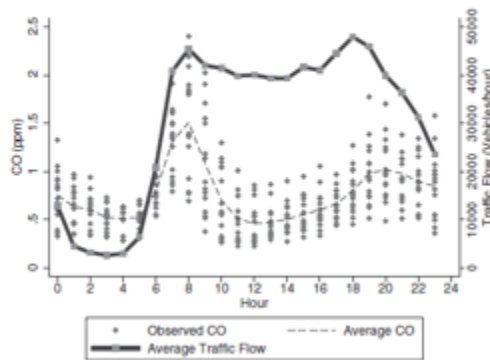
En ese sentido, con el objetivo de alcanzar el equilibrio óptimo Q^* , históricamente se han planteado dos alternativas: privatización o estatización. Sin embargo, el gran aporte de Ostrom fue considerar el hecho de que los mismos consumidores o usuarios de un bien pueden encontrar modalidades de auto organización que funcionan efectivamente bajo ocho arreglos institucionales: el establecimiento de límites claramente definidos, la coherencia entre reglas de apropiación y provisión, arreglos de elección colectiva, la supervisión, el establecimiento de sanciones graduales, la existencia de mecanismos de resolución de conflictos, el reconocimiento mínimo de derechos de organización y, finalmente, la determinación de actividades complementarias (Moncada & Pérez, 2013). Por otro lado, al abordar otro tipo de soluciones, William Vickrey, galardonado con el premio Nobel de Economía en 1996, propuso lo que hoy se conoce como las “tarifas de congestión”. Estas conforman un mecanismo de precios propio de la economía de mercado cuyo fin último es penalizar con un cobro -que puede ser una tarifa fija o el establecimiento de un impuesto pigouviano-, a los usuarios de las carreteras (Tyler *et al*, 2013). En esta medida, los agentes internalizan los costos que imponen a otros por consumir simultáneamente un bien, por lo que se induce una distribución espacial y temporal más equitativa del exceso de demanda del recurso, así como podría fomentarse el consumo de un bien sustituto. De esta forma, las tarifas de congestión permitirían reducir la congestión y la contaminación vehicular, por lo que se solucionaría el problema al que se enfrentan las vías por ser un RUC. En todo caso, este planteamiento propone aumentar el grado de exclusión de las vías de manera que se reduzca el acceso del recurso a los individuos y los niveles de congestión y contaminación disminuyan. Dado que el criterio de exclusión está asociado a un pago en forma monetaria, no hay otro modo posible de abordar este problema que no sea penalizando e imponiendo un cobro monetario.

En ese sentido, más allá de la coerción social o la restricción absoluta, se ha probado que las únicas estrategias eficientes en el manejo de los RUC son aquellas que modifican el grado de exclusión del bien. De modo contrario, otro tipo de políticas resultarían ineficientes para reducir los niveles de uso del recurso. Por ejemplo, en Bogotá se implementó desde 1998 una solución al problema de la congestión vial de tipo restrictivo. A través de la política del *Pico y Placa (PYP)*, se restringió el acceso de vehículos a las vías de la ciudad en determinados días de la semana. A continuación, se expondrá por qué esta medida resultó ineficiente al abordar el problema de la congestión vial.

Bonilla (2016) examina los efectos de la implementación del PYP sobre el uso del carro particular y los niveles de polución del aire en Bogotá. Con una población superior a los 8 millones, la presión que genera el vehículo particular sobre autopistas y carreteras de la ciudad es bastante importante. En efecto, las vías urbanas son usadas principalmente por carros particulares, aproximadamente 1,400,000, lo que representa un 72% de la flota vehicular (Secretaria de Movilidad, 2015). Además, el incremento en el uso de carros particulares deteriora la calidad de aire con emisiones anuales de 404.000 toneladas de CO, 18.200 toneladas de óxidos de nitrógeno (NO_x) y 46.500 toneladas de hidrocarburos (Bonilla, 2016). De esta manera, en agosto de 1998 se introdujo el PYP en Bogotá con el objetivo de reducir la congestión vial. Inicialmente, en lo que se denomina una restricción moderada, el programa prohibía el uso del carro particular entre lunes y viernes durante las horas pico (7:00 - 9:00 a.m. y 5:30–7:30 p.m.), de acuerdo a un cronograma basado en el último dígito de la matrícula del vehículo. En 2002, la restricción se incrementó por 30 minutos en la mañana (6:30 – 9:00 a.m.) y se movió 30 minutos más temprano en la tarde (5:00 – 7:00 p.m.). En 2004, nuevamente se incrementó en 30 minutos por la mañana (6:00 – 9:00 a.m.) y una hora en la tarde (4:00 – 7:00 p.m.). Finalmente, en febrero de 2009 la restricción se hizo más severa y se restringió el uso de carro particular de lunes a viernes entre las 6:00 a.m. y las 8:00 p.m. Lo anterior, que extendió el programa a 14 horas al día, se denominará una restricción drástica.

Ahora bien, para estimar la efectividad de la implementación del PYP en Bogotá, Bonilla (2016) utilizó las emisiones de monóxido de carbono (CO) como una variable proxy del uso del carro particular, teniendo en cuenta que el CO es emitido principalmente por el tráfico vehicular (85-98% del total de emisiones entre 2001 y 2007). Lo anterior explica que los niveles más altos de las emisiones de CO coincidan con las horas pico de tráfico vehicular, tal como se puede apreciar en el Gráfico 1. Allí se muestra una fuerte correlación entre el flujo de tráfico en Bogotá y la concentración de CO en el aire, medida en partes por millón (ppm). Por consiguiente, es posible hacer uso de datos históricos de las emisiones de CO y otras variables meteorológicas para estimar el efecto de la implementación del PYP tanto en el flujo de tráfico en Bogotá como en la calidad de aire.

Gráfico 1. Concentraciones de CO y flujo de tráfico en Bogotá.



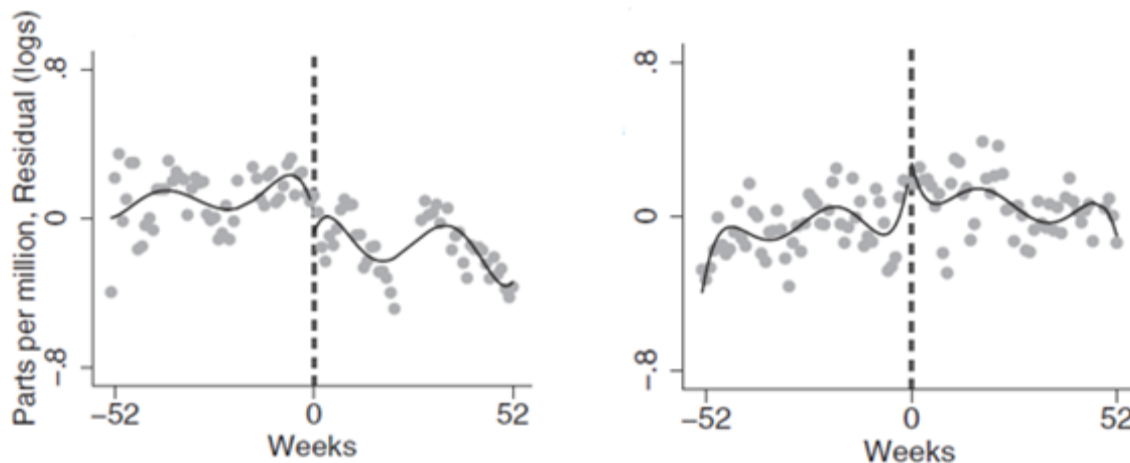
Fuente: Bonilla, J. (2016).

Así pues, es necesario distinguir entre dos intervalos de tiempo para estimar los efectos de la política. El primer intervalo corresponde a la fase moderada del PYP (Agosto 18, 1997 - Agosto 17, 1999) y el segundo intervalo corresponde a la fase drástica (Febrero 7, 2008 – Febrero 5, 2010). Los datos usados para la estimación fueron suministrados por la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá (RMCAB), que mide las concentraciones de CO, NOx, dióxido de nitrógeno (NO2), PM10, dióxido de azufre (SO2) y ozono (O3). De esta manera, se hace uso de un modelo de regresión discontinua para estimar los efectos del PYP sobre las concentraciones de CO en el aire, lo que a su vez es usado como variable proxy del flujo vehicular en Bogotá. De acuerdo a los resultados de la estimación (ver Anexo 1), no se encuentra evidencia para sugerir que la implementación del PYP haya reducido las concentraciones de CO en la ciudad. A continuación, se presentan gráficamente los resultados obtenidos por Bonilla:

Gráfico 2. Efectos sobre el uso de carro particular de la implementación del PYP en Bogotá.

2.A. Fase Moderada PYP (Agosto, 1998).

2.B. Fase Drástica PYP (Febrero, 2009).



Fuente: Bonilla (2016).

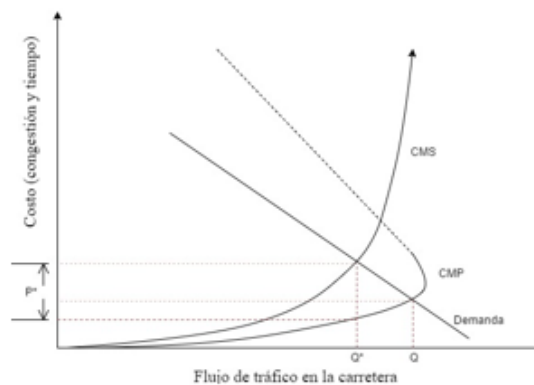
El Gráfico 2 describe la evolución de la concentración de CO por hora, medida en partes por millón (ppm), en ambas fases de la implementación del PYP en Bogotá. En el Gráfico 2.A., que corresponde a la fase moderada del programa, se presenta la evolución del registro de emisiones de CO durante 104 semanas con centro en agosto de 1998. Por otro lado, el Gráfico 2.B. hace referencia a la fase drástica del programa y tiene su centro en febrero de 2009. Así, pese a que en el corto plazo (fase moderada del PYP), se observa una disminución del 21% en las concentraciones de CO, y por ende una reducción del uso de carro particular; este efecto desaparece con el tiempo en fases extendidas del programa. Por el contrario, para la fase drástica del PYP, se encuentra que en horas de la mañana, parece haberse incrementado las emisiones de CO, y por lo tanto el uso de carro particular, en un 13% con significancia estadística.

Lo anterior sugiere que restricciones drásticas sobre el uso de carro particular tienden a generar consecuencias contraproducentes en relación con restricciones moderadas. Por lo tanto, resulta necesario analizar evidencia adicional para explicar por qué la implementación del PYP en su fase resultó inefectiva. En efecto, la respuesta de los hogares a la implementación del PYP en las fases más drásticas, consistió en encontrar formas de evadir la prohibición. Por ejemplo, los hogares aumentaron su stock de vehículos, de tal manera que ser propietario de dos o más vehículos permitiera evadir la restricción del PYP. Así, Bonilla (2016) encontró un aumento del número de vehículos registrados y las ventas de nuevo carros durante la fase más drástica del programa. Además, se

incrementó el número de viajes y el consumo de gasolina en las horas que no fueron restringidas por el programa, lo que explicaría el aumento en las emisiones de CO por las mañanas.

Por lo tanto, es necesario explorar el uso de otros instrumentos para reducir la congestión vial y los niveles de contaminación del aire en Bogotá. Retomando la tarifa de congestión propuesta por Vickrey, se podría proponer cobrar una tarifa o impuesto vial (P^*) para obtener el nivel óptimo de tráfico (Q^*). Lo anterior se encuentra descrito en la Figura 1. En ese sentido, se podría plantear un impuesto a la gasolina, que resultaría ser un mejor incentivo para que los hogares disminuyan el uso del carro particular. El problema al cobrar (P^*) es que los conductores deberán pagar la renta completa ($R = P^*Q^*$) para obtener el bienestar (W). Así, su situación colectiva puede ser mejor en el equilibrio de congestión Q . Esto representa un dilema para los hacedores de política, quienes deberán considerar gastar al menos una parte de las recaudaciones en costos que los conductores perciben como beneficios (Stern, 2007).

Figura 1: Efectos de la congestión en el costo del flujo vehicular.



Fuente: Sterner, T. (2007).

De igual forma, otra alternativa discutida en la literatura para reducir la congestión vehicular consiste en la implementación de peajes en las vías. De esta manera, las vías dejan de ser un recurso de uso común en la medida en que dejan de ser *no excluyentes* vía ingreso. Evidencia de Estocolmo (Bonilla, 2016) sugiere que la implementación de peajes en las vías ha mostrado ser efectiva en la medida en que la elasticidad de la cuota sobre el uso del vehículo es mayor en el largo plazo, por lo que el efecto no desaparece en el tiempo. Así, se podrían plantear cobros de peaje en las principales vías de Bogotá que dependan de la hora del día, siendo la tarifa más alta en horas en que la congestión es mayor. Más aún, el recaudo de los peajes podría ser usado para financiar infraestructura y aumentar el bienestar (W) de los hogares. Por ejemplo, actualmente se plantea en Bogotá que el trazado sur de la Avenida Longitudinal de Occidente (ALO) tenga dos peajes, lo que contribuiría a su financiación. Esto constituiría un primer paso para explorar políticas alternativas al PYP que resulten más eficientes.

En síntesis, se ha abordado la problemática de la congestión vial a partir de dos mecanismos de solución: i) el establecimiento de restricciones sobre el uso de la carretera y ii) el aumento del grado de exclusión del bien. Se ha demostrado a través del análisis de la implementación del PYP en Bogotá que restringir a los conductores el uso de la vía no resulta efectivo al reducir la congestión vial, pues los hogares encuentran rápidamente formas de evadir la restricción, por ejemplo, aumentando su stock de vehículos. Por el contrario, se ha argumentado que la forma más eficiente de abordar el problema consiste en aumentar el grado de exclusión de la carretera. En efecto, en este tipo de soluciones propuestas se debe hacer énfasis en que se propone el establecimiento de derechos de propiedad como mecanismo para abordar la problemática de la congestión vial. En efecto, al cobrar una tarifa de congestión P^* o al establecer el cobro de peajes en la vía, se establecen derechos de propiedad de los conductores sobre la infraestructura vial. Lo anterior permitiría que los usuarios de las carreteras internalicen los costos de congestión que generan sobre otros y resultaría ser más eficiente para reducir el uso de las carreteras que una restricción del tipo PYP. Más aún, como se expuso previamente, se desarrollan arreglos institucionales por los cuales se establecen en la carretera límites claramente definidos para los conductores en favor de la coherencia entre las reglas de apropiación y provisión. Así pues, después de realizar el análisis de las vías en el marco teórico de los recursos comunes atribuido a Elinor Ostrom, se concluye que aumentar el grado de exclusión es el mejor mecanismo para evitar e internalizar las dos externalidades negativas que, por defecto, el uso individual de las carreteras genera sobre la sociedad: contaminación y congestión vial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonilla, J. (2016). *The More Stringent, the Better? Rationing Car Use in Bogota with Moderate and Drastic Restrictions*. The World Bank Economic Review, Vol. 0, No. 0, pp. 1-25.
- Cárdenas, J.C. (2009). *Dilemas de lo colectivo: instituciones, pobreza y cooperación en el manejo local de los recursos de uso común*. Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE). Facultad de Economía, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.
- Committee, Nobel Prize. (2009). *Economic governance: the organization of cooperation*. Recuperado el 4 de mayo de 2017, de http://nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/2009/info.html
- D'Alisa, G. (2014). *Bienes comunes: Las estructuras que conectan*. Revista "ecologíaPolítica": Cuadernos de debate internacional. Fundación ENT e Icaria Editorial. Número 45 pp 30. Barcelona, España.
- Fernández, J. (2002). El problema de los recursos de uso común: Un enfoque de teoría de juegos. Revista "Estudios Demográficos y Urbanos". Número 50 pp. 381-409. El Colegio de México, A.C. Distrito Federal, México.
- Moncada & Pérez. (2013) *Comunidades organizadas y el servicio público de agua potable en Colombia: una defensa de la tercera opción económica desde la teoría de recursos de uso común*. Revista "Ecos de Economía". Número 37 pp.125-159. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.
- Munt, J. L. (2013). El problema de acción colectiva inherente a los recursos de uso común (RUC): Una aproximación a las principales teorías que abordan la problemática. Revista "Cuadernos de Gestión Social". Volúmen 4 número 2 pp. 181-197. Centro Interdisciplinar de Desarrollo y Gestión Social (CIAGS). Universidad Federal de Bahía. Salvador de Bahía, Brasil.

Ramis, A. (2014). *El concepto de bienes comunes en la obra de Elinor Ostrom*. Revista “ecologíaPolítica”: Cuadernos de debate internacional. Número 45 pp 106. Fundación ENT e Icaria Editorial. Barcelona, España.

Sterner, T. (2007). *Instrumentos de política económica para el manejo del ambiente y los recursos naturales*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. p.29-32.

Tyler, N. & et. Al. (2013). *Cobros de congestión en ciudades colombianas*. University College London- Universidad de Los Andes. Recuperado el 4 de mayo de 2017, de https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Cobros-de-congestión-en-ciudades-Colombianas_UCLULA_Abril2013.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Efectividad de la implementación del PYP en Bogotá.

Bonilla (2016) hace uso de un modelo de regresión discontinua para estimar los efectos del PYP sobre las concentraciones de CO en el aire, lo que a su vez es usado como variable proxy del flujo vehicular en Bogotá. Se estima el siguiente modelo:

$$y_t = \alpha + \beta PYP_t + f(t) + X'_t \omega + Z'_t \theta + D'_t \pi + \epsilon_t$$

Donde y_t corresponde al registro de la concentración de CO por hora, medida en partes por millón (ppm). PYP es una variable dicótoma que, para la fase moderada, toma el valor de 1 después de agosto de 1998 y 0 en cualquier otro caso. Para la fase drástica, toma el valor de 1 después de febrero de 2009 y 0 en cualquier otro caso. Las variables de control incluyen a X'_t , que representa cualquiera de las variables meteorológicas tales como velocidad del viento, humedad, temperatura y lluvia. Z'_t es una variable dicótoma que incluye dirección del viento y D'_t denota variables dicótomas estacionales para cada mes del año, día de la semana, hora del día e interacciones entre semanas y la hora del día. $f(t)$ es una tendencia polinómica flexible del tiempo y ϵ_t es el término de error. El parámetro de interés es β , que refleja el efecto promedio del PYP sobre las concentraciones de CO. Los resultados de la estimación se presentan a continuación:

Resultados de la estimación:

	All hours (1)	Morning peak (2)	Evening peak (3)	Off-peak (4)	Weekends (5)
(a) Moderate phase					
PYP (moderate)	-0.008 (0.066)	-0.037 (0.066)	-0.052 (0.076)	0.006 (0.089)	0.062 (0.130)
Observations	9,999	825	1,249	2,875	707
R ²	0.654	0.637	0.600	0.483	0.735
(b) Drastic phase					
PYP (drastic)	0.180 (0.147)	0.131* (0.077)	0.154 (0.164)	0.167 (0.199)	0.067 (0.092)
Observations	10,873	1,418	1,404	2,805	780
R ²	0.708	0.607	0.680	0.593	0.730
<i>p</i> value of hyp. testing:					
$H_0 : \beta_{drastic} - \beta_{moderate} \leq 0$	0.121	0.046**	0.124	0.228	0.487
$H_1 : \beta_{drastic} - \beta_{moderate} > 0$					