

ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE ECOETIQUETADO VEHICULAR EN BOGOTÁ, COLOMBIA

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Ambiental y Sanitaria.

Paula Andrea Barbosa Barragán
Linda Isabel Barrios Mejía

INTRODUCCIÓN

8.000 muertes al año



0,2 y 1,5% del PIB.

Fuentes móviles



70% de emisión de partículas contaminantes en el aire.

La reducción de la concentración promedio de MP de aprox. 100 a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se vería reflejada en un 5% de reducción en mortalidad (Rojas, 2007).

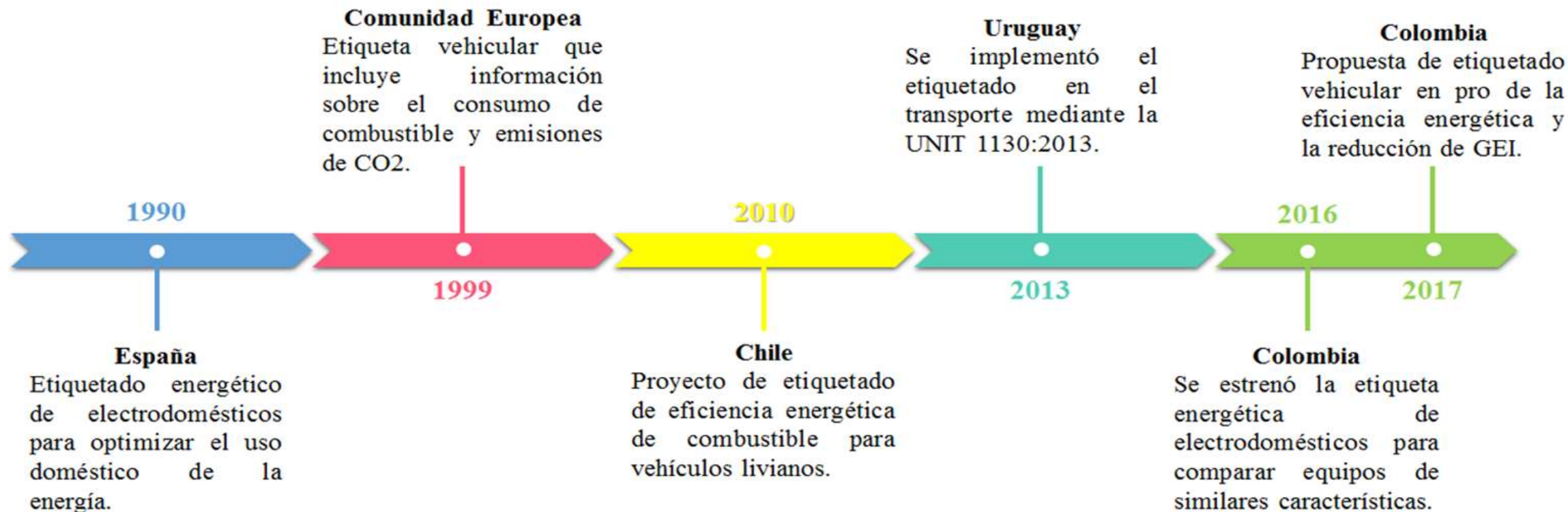
OBJETIVO GENERAL

Explorar el costo y la efectividad de la implementación de un programa de ecoetiquetado vehicular como estrategia de reducción de emisiones en Bogotá, Colombia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las bases de datos disponibles en Colombia sobre pruebas de emisiones de vehículos importados y ensamblados en el país.
- Proponer criterios ambientales para establecer categorías de vehículos y asignarles ecoetiquetas.
- Estimar la efectividad del programa de ecoetiquetado a través de la reducción de emisiones que puede ser posible lograr implementado una propuesta de restricción vehicular en Bogotá basada en las ecoetiquetas propuestas.
- Determinar los posibles costos de la ecoetiqueta desde su fabricación hasta su aplicación en los vehículos.

ESTADO DEL ARTE



METODOLOGÍA

FASE I. Revisión del Estado del Arte.



FASE II. Obtención y análisis de la base de datos de las emisiones vehiculares.



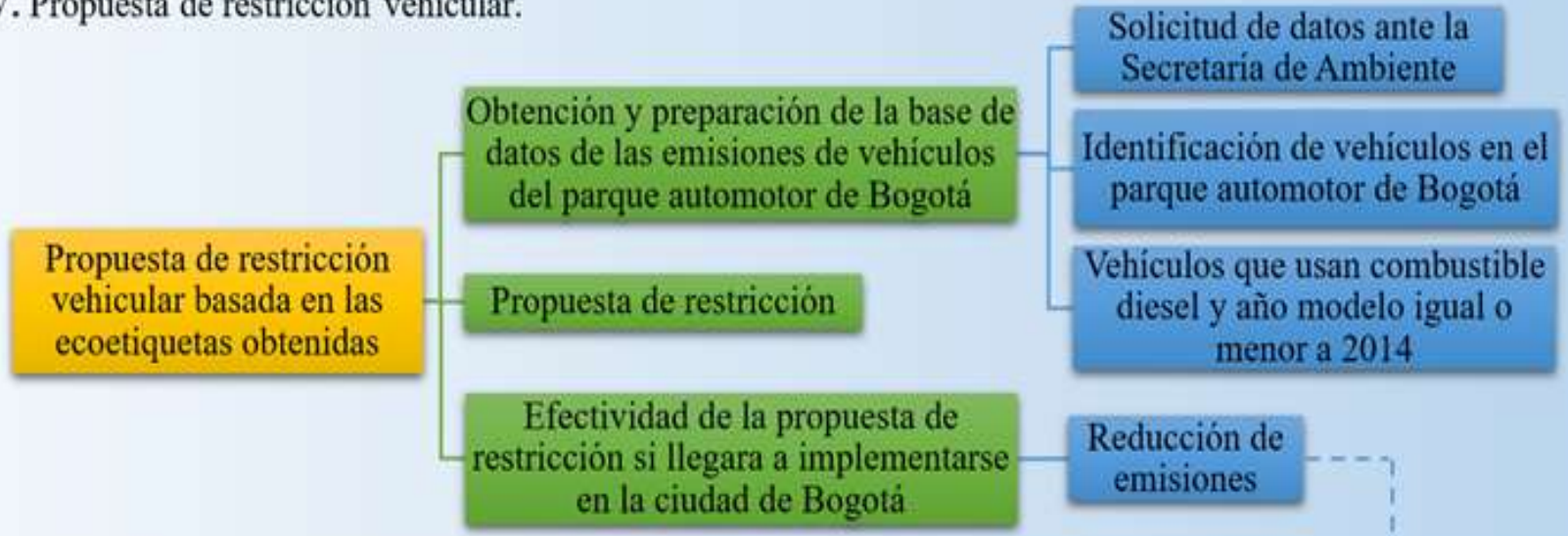
FASE III. Definición de criterios ambientales.

Definición de criterios para la clasificación de las ecoetiquetas

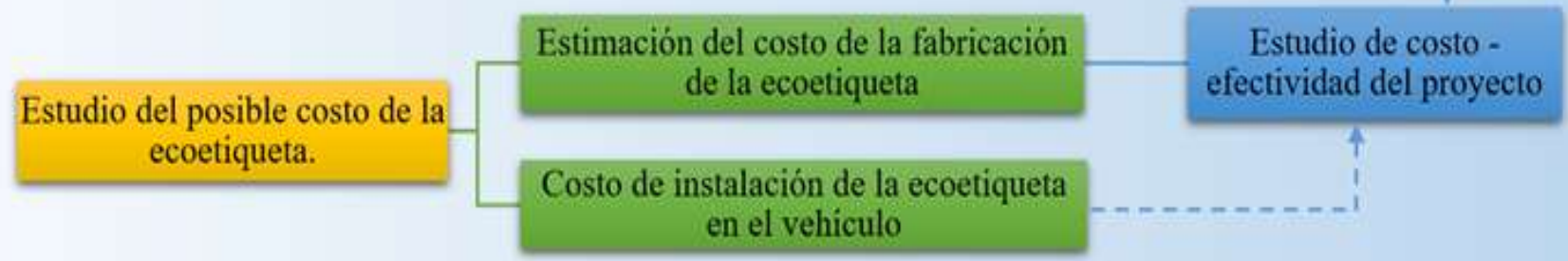
Identificación de los niveles de clasificación de los vehículos

Propuesta de la escala de colores para cada nivel de clasificación

FASE IV. Propuesta de restricción vehicular.



FASE V. Realización del estudio de costos.



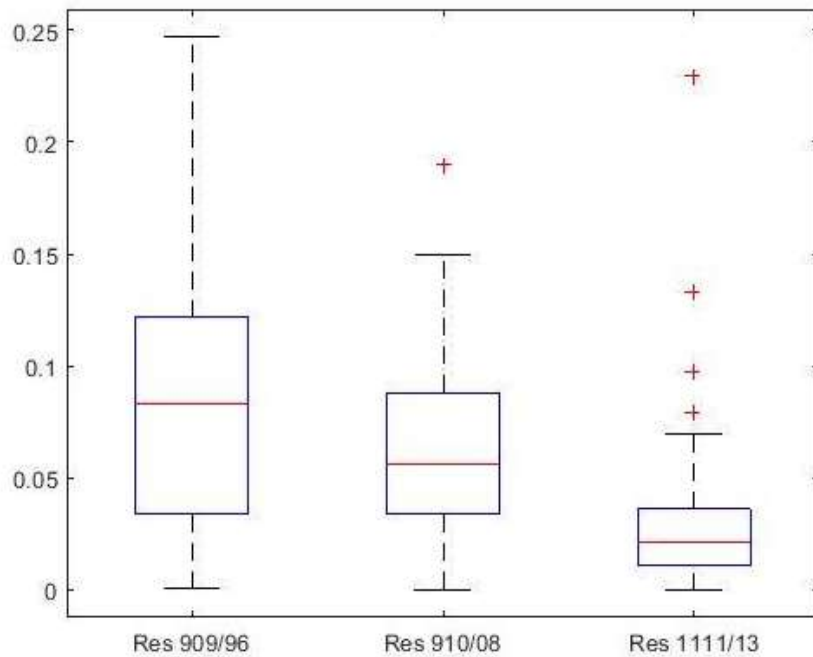
RESULTADOS

Preparación base de datos.

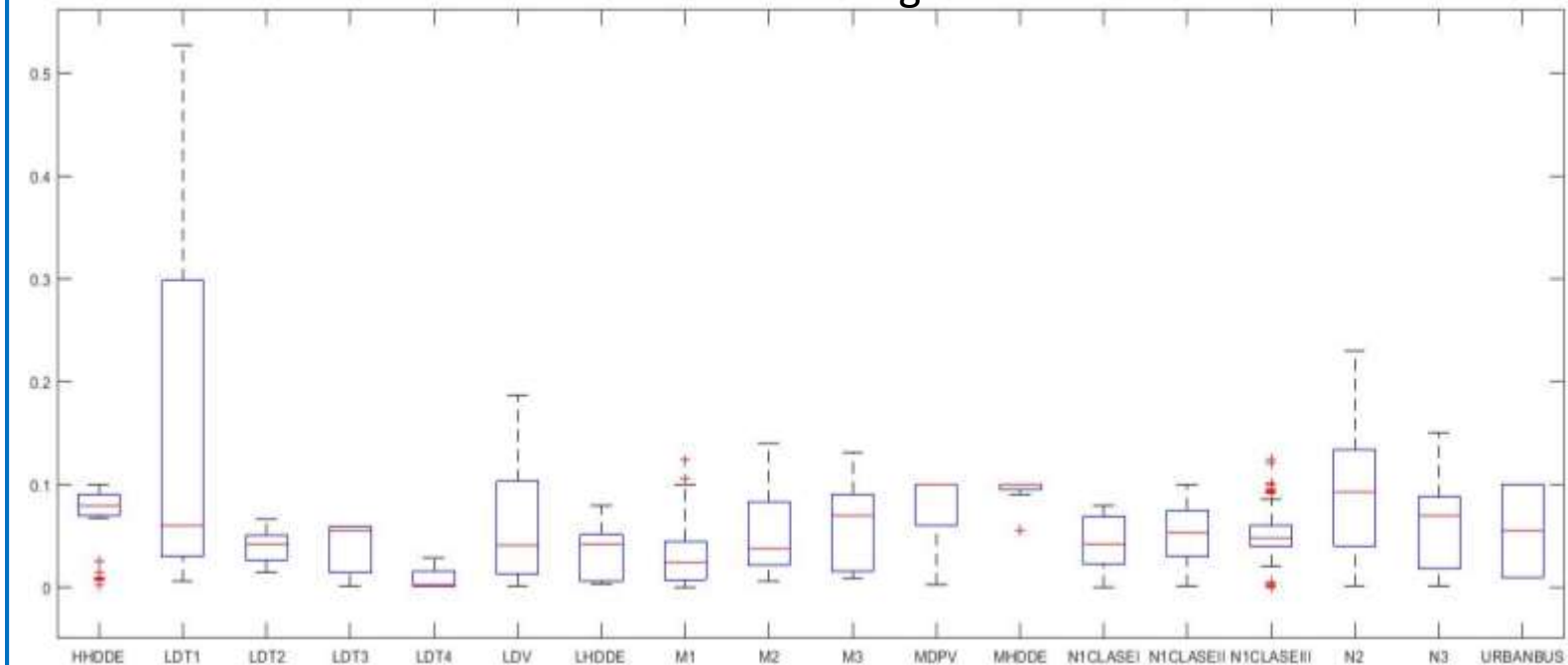
Comparación con la normatividad (Res 909/96, 910/08, 1111/13).

Análisis estadístico.
-Diagramas de caja.
-ANOVA y prueba Z.

MP vs Resolución

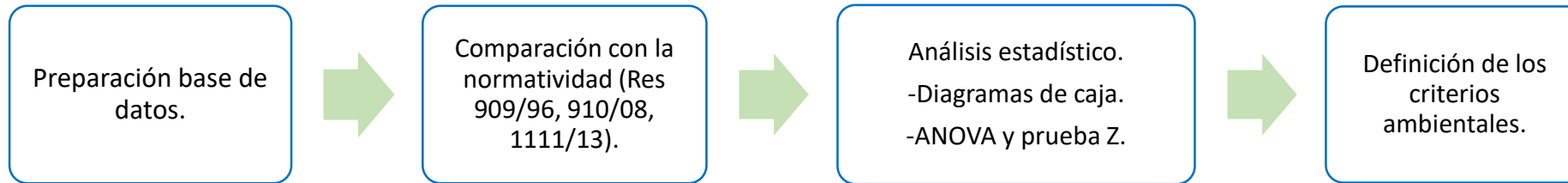


MP vs categorías



Fuente: autores

Definición de criterios ambientales



Verde	Amarillo	Naranja	Rojo
-Eléctricos -Gas natural	Gasolina	Diésel Años modelo de 2015–actual	Diésel Años modelo hasta 2014

Fuente: autores

Efectividad de la propuesta de restricción vehicular

1. Propuesta de restricción vehicular

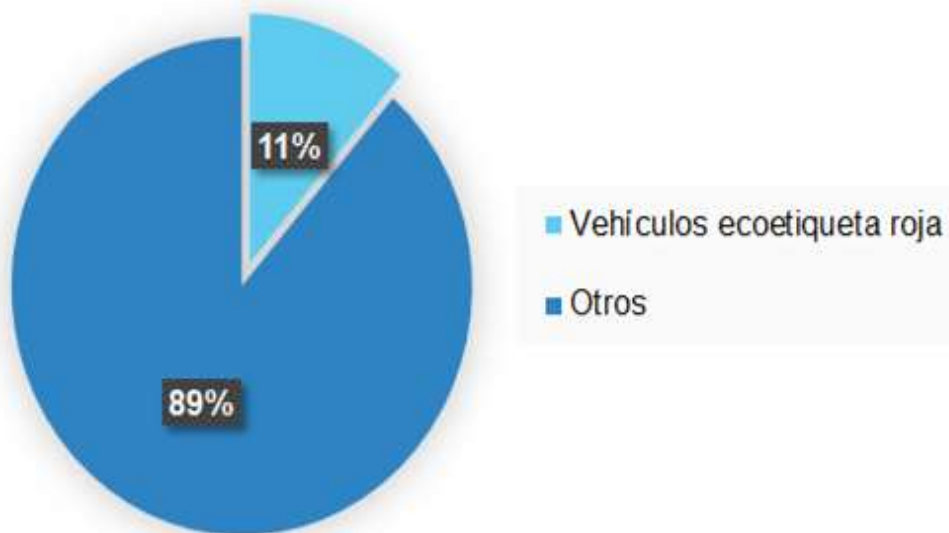


2. Posible reducción al implementar la propuesta de restricción

	Sin restricción (Ton/año)	Con restricción (Ton/año)	Reducción (Ton/año)
MP 2.5	1309,11	1005,48	303,63
MP 10	1447,01	1107,17	339,85

Efectividad de la propuesta de restricción vehicular

Total de vehículos inventariados en Bogotá, 2014



Total de vehículos del parque automotor

1'431.083

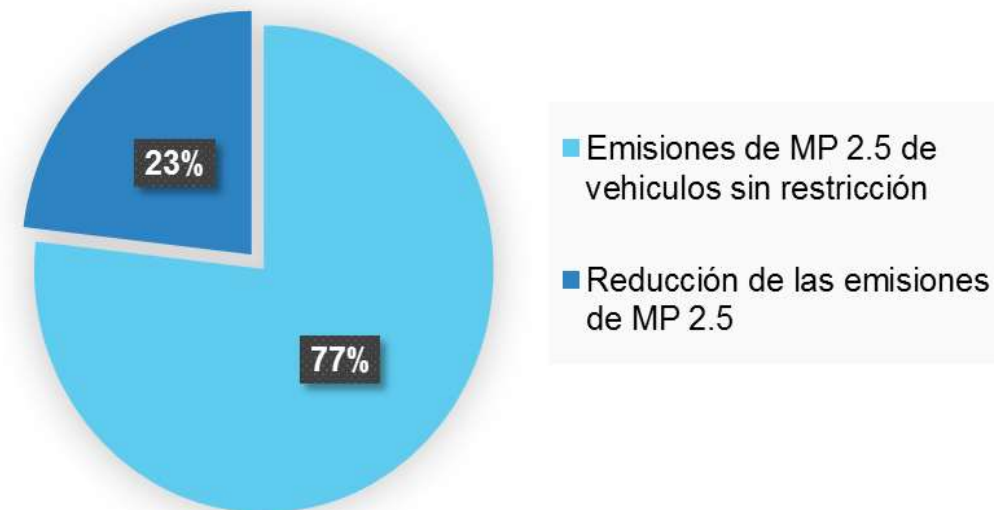
Vehículos con ecoetiqueta roja

163.063

Vehículos sin ecoetiqueta roja

1'268.020

Emisiones de MP 2.5



Sin restricción (Ton/año)

1309,11

Con restricción (Ton/año)

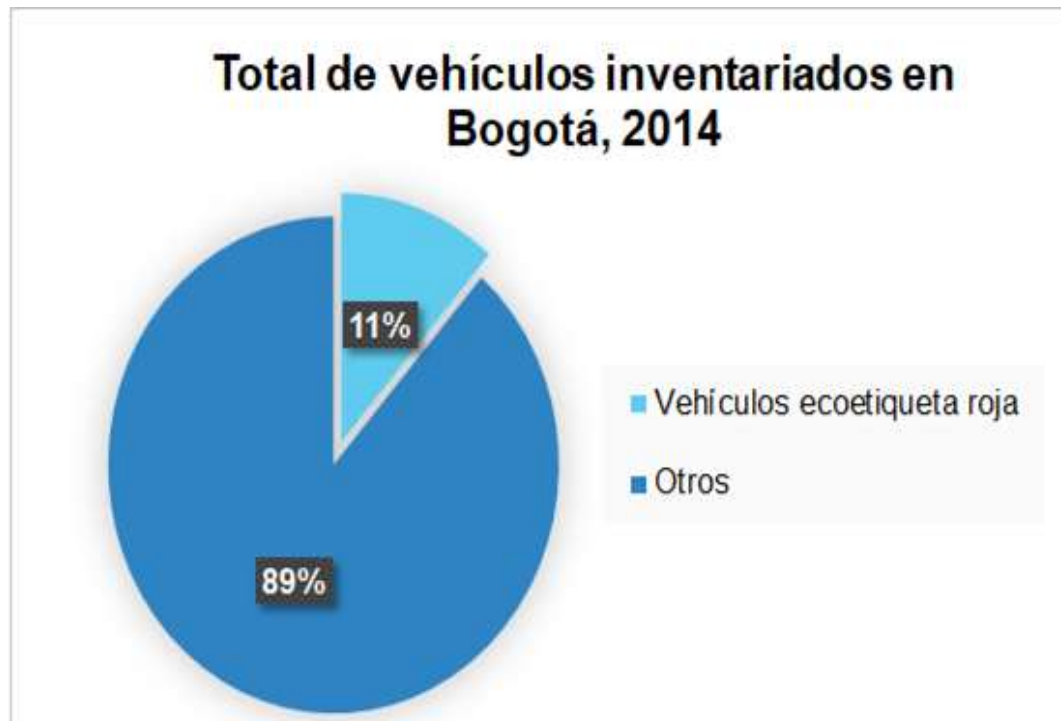
1005,48

Reducción (Ton/año)

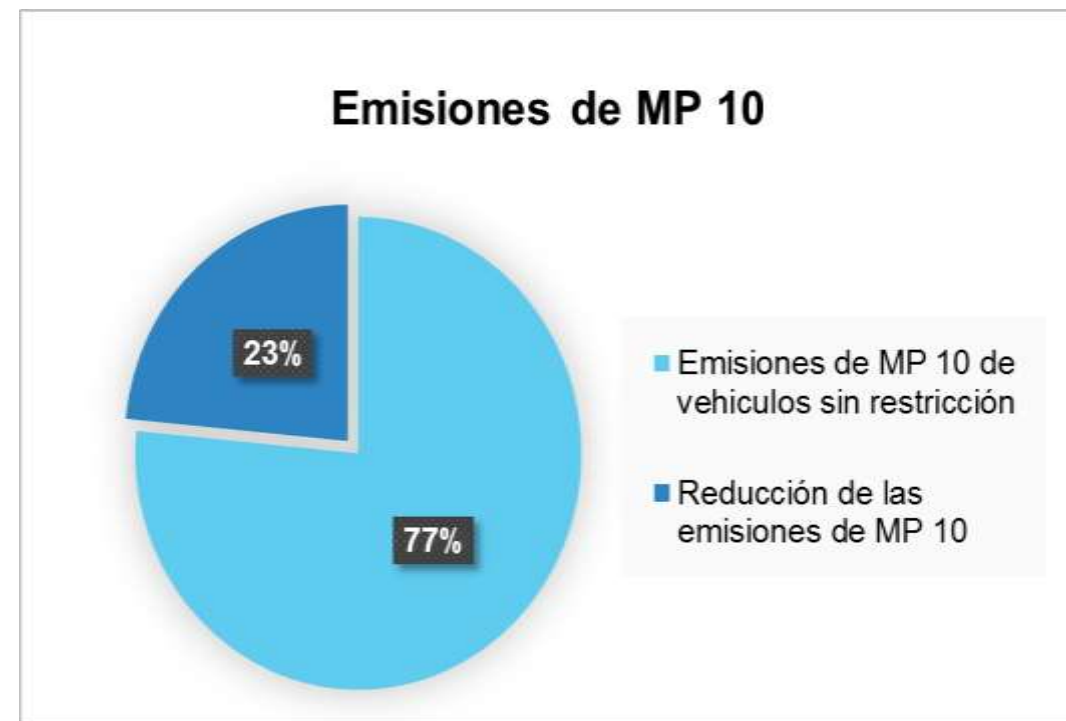
303,63

Fuente: autores

Efectividad de la propuesta de restricción vehicular



Total de vehículos del parque automotor	Vehículos con ecoetiqueta roja	Vehículos sin ecoetiqueta roja
1'431.083	163.063	1'268.020



Sin restricción (Ton/año)	Con restricción (Ton/año)	Reducción (Ton/año)
1447,01	1107,17	339,85

Fuente: autores

Estimación del costo de la fabricación y adhesión de la ecoetiqueta

Material	Polipropileno blanco brillante
Tipo de adhesivo	Acrílico de alto poder
Colores	Amarillo, azul, rojo, naranja, verde, negro
Acabados	Laminación brillante
Ancho	10 cm
Largo	15 cm
Sistema de seguridad	3M
Cantidad por rollos	1.000 etiquetas
Valor unitario	USD\$ 1,00 (2.956,44 COP ¹)
Valor por rollo	USD\$ 1.000 (2'956.440 COP)
Costo mano de obra especializada para adherirlo al vehículo (por unidad de etiqueta)	USD\$ 0,25 (739,11 COP)

Fuente: línea adhesiva, 2018

1. TRM promedio del año 2018 (Banco de la República, 2019).

RESULTADOS

Relación costo- efectividad del proyecto

$$\text{Relación costo-efectividad} = \frac{\$ 2.300,38 \text{ COP}^2 \times 1'431.083}{303,63 \text{ (Ton/año)}} = 10'842.278 \text{ COP por Ton/año}$$

$$\text{Relación costo-efectividad} = \frac{\$ 2.300,38 \text{ COP}^2 \times 1'431.083}{339,85 \text{ (Ton/año)}} = 9'686.728 \text{ COP por Ton/año}$$

Esto significa que reducir una tonelada al año de MP 2,5 tiene un costo aproximado de 10'842.278 COP y para MP 10 de 9'686.728 COP.

2. Este valor resultó de acuerdo con la TRM promedio del año 2014 que indica que el valor promedio de un dólar equivalió a 2000,33 COP en 2014.

CONCLUSIONES

- En cuanto a emisiones de material particulado los vehículos empezaron a cambiar significativamente desde el 2015 hacia adelante, momento en el que entró en vigencia la Resolución 1111/13.
- Por medio del análisis estadístico realizado se logró determinar los criterios ambientales que debieron ser tomados en cuenta a la hora de establecer los niveles de color en la ecoetiqueta, se obtuvo una ecoetiqueta con cuatro niveles de color que son: verde, amarillo, naranja y rojo; donde el color verde representa los vehículos menos contaminantes, el amarillo los que son moderadamente contaminantes, el naranja aquellos altamente contaminantes y el rojo los vehículos que son más contaminantes en cuanto a emisiones de MP.

CONCLUSIONES

- Se realizó una propuesta de restricción vehicular que consiste en la no circulación de los vehículos que tengan ecoetiqueta roja un día a la semana en la ciudad de Bogotá. Se encontró que sólo restringiendo aproximadamente el 11% de los vehículos del parque automotor de Bogotá se lograría una reducción de emisiones de MP de aproximadamente 23% para MP 2.5 y para MP 10 para el año 2014.
- Se logró estimar que la ecoetiqueta con sistema de seguridad tiene un costo aproximado de 2.300,38 COP en el 2014, costo que debe ser asumido por los fabricantes de los vehículos y que puede presentar una fluctuación dependiendo de varios factores.
- Al calcular la relación costo - efectividad, la cual fue realizada con el costo de la fabricación y adhesión de la etiqueta al vehículo, sin tener en cuenta otros factores, se obtuvo que el costo para reducir una tonelada al año de MP es de aproximadamente 10'842.278 COP para MP 2.5 y 9'686.728 COP para MP 10 el cual representa el 0,00054% y el 0,00048% respectivamente del costo de la contaminación en Bogotá estimado en aproximadamente 1000 millones de dólares (2.000.330'000.000 COP) en el año 2014.

REFERENCIAS

- Eafit. Evaluación financiera de proyectos. Obtenido de: <http://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/departamentos/departamento-contaduria-publica/planta-docente/Documents/Nota%20de%20clase%2066%20evaluacion%20financiera%20de%20proyectos.pdf>
- Environmental Protection Agency. Terms of Environment: Glossary, Abbreviations and Acronyms 2007. Obtenido de: <https://www.epa.gov/nscep>.
- Fernández, Andrés. Diccionario de Términos Económicos, Agroeconómicos y Contables. Santiago de Cuba, 2004.
- Fidalgo, R. (07 de febrero de 2017). Cómo reducen sus emisiones los coches. Obtenido de: <http://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/como-reducen-las-emisiones-los-coches>
- Gran diccionario de Lengua Española [CITE]. (2016). Significado de distintivo. Obtenido de: <https://es.thefreedictionary.com/distintivo>
- Global Ecolabelling Network [GEN], 2000. The Ecolabelling Guide “A Guide to Ecolabelling Around the World”.
- IDEAM. (2016). Contaminación atmosférica. Obtenido de: <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/contaminacion-atmosferica>
- IDEAM. (2016). *Informe del estado de la Calidad del Aire en Colombia 2011-2015*.
- IDEAM. (2014). *Emisiones por fuentes móviles*. Obtenido de: <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/emisiones-por-fuentes-moviles>
- Larner, B. (2004). Colombia. Cost of Environmental Damage: A socio-economic and Environmental Health Risk Assessment.
- Luna, A. (2013). Eco-etiquetado, estrategia para la mejora de la competitividad de la cadena productiva del cuero, calzado y marroquinería. Obtenido de: <http://bdigital.unal.edu.co/45996/1/822141.2013.pdf>

- Martínez, E. (2016). *La contaminación del aire en Medellín, y los prejuicios para la salud*. Obtenido de: <http://www.elcolombiano.com/colombia/salud/la-contaminacion-del-aire-en-medellin-y-los-perjuicios-para-la-salud-LL3951148>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013). Resolución No 1111. Obtenido de: <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527825/Resoluci%C3%B3n+1111+de+2013+Modifica+parcialmente+Resoluci%C3%B3n+910+de+2008.pdf/17e33a3b-fbdb-4e99-a7aa-6c6930dd139f>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). Contaminación atmosférica. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=1801:plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-2#2-2-documentos-relacionados>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). Calidad del aire. Obtenido de: <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). Resolución 2254. Por lo cual adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones. Obtenido de: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf>
- NGK, S. P. (2017). Normas Euro. Obtenido de Tecnología en Detalle: <https://www.ngk.de/es/tecnologia-en-detalle/sondas-lambda/aspectos-basicos-de-los-gases-de-escape/normas-euro/>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2016). *Los efectos de la contaminación del aire sobre la salud humana*. Obtenido de: <http://www.who.int/es/news-room/detail/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact>

- Palladino A. (2011). Gráfico de cajas. Obtenido de: <https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/aps/GR%C3%81FICO%20DE%20CAJA.pdf>
- Pérez, J (2012). Definición de costo. Obtenido de: <https://definicion.de/costo/>
- Parlamento Europeo. (13 de diciembre de 1999). Directiva 1999/94/CE. Obtenido de Diario Oficial de las Comunidades Europeas: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:012:0016:0023:ES:PDF>
- Reynolds J, Cost effectiveness analysis. Chevy Chase, MD. Center for Human Services, 1985. PRICOR monograph series N° 2)
- Rojas, N. (2007). *Aire y problemas ambientales de Bogotá*. Obtenido de: http://oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/aire_y_problemas_ambientales_de_bogota.pdf
- Sánchez, R. (2015). *t-Student. Usos y abusos*. Obtenido de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/cardio/h-2015/h151i.pdf>
- Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales [SNIARN]. 2016. *Contaminantes criterio*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-ambiental-y-de-recursos-naturales>
- Solano, H & (2006). Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad. Colombia: Edición Uninorte. (74-77)
- Tyler, N., & Acevedo, J. (2013). Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia. University College London, Universidad de Los Andes. Retrieved septiembre 15, 2017, de <https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-en-Colombia.pdf>
- Unidad de Planeación Minero Energética (2016). Etiquetado energético en Colombia. 2016: año de la etiqueta energética en Colombia. Obtenido de <http://www.etiquetaenergetica.gov.co/?p=1452>

Gracias

ANOVA (MP vs Categorías)

RESUMEN			
Grupos	Cuenta	Promedio	Varianza
HHDE	82	0,062869756	0,000844195
LDT1	4	0,05499725	0,000248261
LDT2	9	0,054198889	0,000441628
LDT3	7	0,051748857	0,000497822
LDT4	9	0,054215556	0,000338348
LDV	20	0,0509921	0,003400022
LHDDE	5	0,062644	0,001226081
M1	381	0,04849799	0,002027144
M2	51	0,053639216	0,001749228
M3	119	0,056992437	0,001690166
MDPV	5	0,06174	0,002022808
MHDDE	8	0,06073625	0,001416079
N1 CLASE I	14	0,052170714	0,000890705
N1 CLASE II	13	0,057758	0,001078134
N1 CLASE III	279	0,051870466	0,000466412
N2	233	0,061053648	0,002174537
N3	246	0,0607395	0,00183854
URBAN BUS	2	0,055	0,00405

ANÁLISIS DE LA VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,042474069	17	0,002498475	1,571011472	0,064167303	1,62972765
Dentro de los grupos	2,336239619	1469	0,001590361			
Total	2,378713688	1486				

Prueba Z (MP vs Resoluciones)

	Res 909/96	Res 1111/13
Media	0,080676563	0,024141822
Varianza (conocida)	0,002994996	0,000417185
Observaciones	80	404
Diferencia hipotética de las medias	0	
Z	9,114940234	
P(Z<=z) una cola	0	
Valor crítico de z (una cola)	1,644853627	
Valor crítico de z (dos colas)	0	
Valor crítico de z (dos colas)	1,959963985	

	Res 909/96	Res 910/08
Media	0,080676563	0,062279883
Varianza (conocida)	0,002995	0,001578
Observaciones	80	1012
Diferencia hipotética de las medias	0	
Z	2,945947555	
P(Z<=z) una cola	0,001609835	
Valor crítico de z (una cola)	1,644853627	
Valor crítico de z (dos colas)	0,00321967	
Valor crítico de z (dos colas)	1,959963985	

Prueba Z (MP vs Resoluciones)

	Res 910/08	Res 1111/13
Media (g/km)	0,066925655	0,02414182
Varianza (conocida)	0,00157822	0,00041718
Observaciones	1012	404
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	23,6881014	
P(Z<=z) una cola	0	
Valor crítico de z (una cola)	1,64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	0	
Valor crítico de z (dos colas)	1,95996398	

Cálculo reducción de emisiones

Emisiones (ton/año)		Emisiones (ton/día)		Emisiones (ton/día) (con restr)	
PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10
1.309	1.447	3,14	3,46	0,52	0,56
Reducción diaria				2,62	2,90

Emisiones (ton/sem)		Emisiones (ton/sem) (con restr)		Emisiones (ton/año) (con restr)	
PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10
21,96	24,19	19,34	21,29	1.005,48	1.107,17