



**COMILLAS**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA



Universidad Pontificia de Comillas - ICADE

# **IMPACTO SOCIAL, ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL DEL *DYNAMIC* *TOLLING* EN LAS METRÓPOLIS**

Autor: Marco Hart-Pallavicini Sáinz de la Cuesta

Director: Isabel Figuerola-Ferretti Garrigues

MADRID | Junio 2020

# Índice de Contenidos

<b>1. Resumen y Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Introducción.....</b>	<b>6</b>
2.1. Objetivos del estudio .....	7
2.2. Metodología .....	7
2.3. Revisión de la literatura .....	8
<b>3. Descripción de las <i>Managed Lanes</i>.....</b>	<b>9</b>
3.1. <i>Managed lanes</i> y <i>dynamic tolling</i> .....	9
3.2. Razones de implementar el <i>dynamic tolling</i> .....	11
3.3. Financiación de <i>managed lanes</i> mediante deuda TIFIA .....	13
3.4. Coordinación de Gobierno y empresas con las PPP .....	13
<b>4. Casos de <i>Managed Lanes</i>.....</b>	<b>15</b>
4.1. Ejemplos de éxito .....	15
4.2. Casos de fracaso.....	16
<b>5. Impacto Social de las <i>Managed Lanes</i>.....</b>	<b>18</b>
5.1. Reacción inicial de la sociedad .....	18
5.2. Ley fundamental de congestión vial.....	19
5.3. <i>Value of Time</i> y <i>Value of Reliability</i> .....	21
5.4. <i>Value of Urgency</i> .....	25
<b>6. Impacto Económico de las <i>Managed Lanes</i>.....</b>	<b>26</b>
6.1. Coste atribuible a la congestión .....	26
6.2. <i>Managed lanes</i> como solución más viable .....	28

<b>7. Impacto Medioambiental de las <i>Managed Lanes</i></b> .....	<b>29</b>
7.1. Contaminación antes y después del <i>dynamic tolling</i> .....	30
7.1.1. Autopista I-95 .....	30
7.1.2. Autopista I-4 .....	33
7.1.3. Autopista I-85 .....	37
7.2. Análisis de los resultados obtenidos .....	42
7.3. Consecuencias de la contaminación en la salud .....	44
<b>8. Conclusión</b> .....	<b>46</b>
<b>9. Bibliografía</b> .....	<b>48</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1: Media anual de todos los vehículos de emisiones (g/milla) antes de la implementación de las MLs.....	31
Tabla 2: Media anual de todos los vehículos de emisiones (g/milla) después de la implementación de las MLs en los carriles convencionales .....	31
Tabla 3: Media anual de todos los vehículos de emisiones (g/milla) después de la implementación de las MLs en los carriles de peaje dinámico .....	31
Tabla 4: Media anual de las emisiones (g/milla) de los autobuses antes de la implementación de las MLs.....	32
Tabla 5: Media anual de las emisiones (g/milla) de los autobuses después de la implementación de las MLs en los carriles de peaje dinámico .....	32

## Índice de Figuras

Figura 1: Emisiones contaminantes de CO (kg) en I-4 .....	34
Figura 2: Emisiones contaminantes de CO <sub>2</sub> (kg) en I-4 .....	34
Figura 3: Emisiones contaminantes de NO <sub>x</sub> (kg) en I-4 .....	35
Figura 4: Emisiones contaminantes de PM <sub>2.5</sub> (kg) en I-4 .....	35
Figura 5: Emisiones contaminantes de PM <sub>10</sub> (kg) en I-4 .....	36
Figura 6: Emisiones contaminantes de HC (kg/h) en I-85 .....	39
Figura 7: Emisiones contaminantes de CO (kg/h) en I-85 .....	39
Figura 8: Emisiones contaminantes de NO <sub>x</sub> (kg/h) en I-85 .....	40
Figura 9: Emisiones contaminantes de PM <sub>2.5</sub> (kg/h) en I-85 .....	40
Figura 10: Emisiones contaminantes de PM <sub>10</sub> (kg/h) en I-85 .....	41
Figura 11: Estimación de muertes prematuras por contaminación en EEUU ...	44

# 1. Resumen y *Abstract*

## Resumen

Este trabajo describe detalladamente el funcionamiento de las autopistas que incorporan el sistema de *dynamic tolling* en sus *managed lanes* y analiza el impacto social, económico y medioambiental que este tipo de proyecto tiene en grandes ciudades y su entorno. Describe la mayoría de los requisitos y formas de financiación de los que disponen estos proyectos, además de dar una serie de ejemplos tanto de casos de éxito como de fracaso. El impacto social de las *managed lanes* se mide mediante una serie de indicadores que evalúan el impacto de estos proyectos en la sociedad, explicando una serie de fórmulas utilizadas para ello. En cuanto al impacto medioambiental, este trabajo mide las emisiones provocadas por vehículos antes y después de la implementación de las *managed lanes*. Con todo ello, se puede llegar a la conclusión de que estas infraestructuras sí son adecuadas para grandes metrópolis.

**Palabras clave:** *dynamic tolling*, *managed lanes*, social, económico, medioambiental, emisiones, contaminación, autopistas, ciudades.

## Abstract

This paper describes in detail the operation of highways that incorporate the dynamic tolling system in their managed lanes and analyses the social, economic and environmental impact that these projects have in large cities and their surroundings. It describes the majority of requirements and forms of financing that these projects have, in addition of giving a series of examples of both success and failure cases. The social impact of managed lanes is measured through a series of indicators that evaluate the impact of these projects on society, explaining a series of formulas used for it. Regarding the environmental impact, this paper measures vehicle emissions before and after the implementation of managed lanes. With all this, it can be concluded that these infrastructures are indeed adequate for large metropolises.

**Key words:** dynamic tolling, managed lanes, social, economic, environmental, emissions, pollution, highways, cities.

## 2. Introducción

La gran mayoría de ciudades desarrolladas sufren del mismo problema aparentemente irreparable: la constante congestión en sus carreteras. Para los habitantes de estas ciudades y de sus metrópolis, la congestión en las carreteras supone una inversión malgastada de su tiempo ya que pierden una gran cantidad de horas al año en tráfico generado por atascos. Esta pérdida de tiempo se puede traducir en términos económicos en un alto coste para la sociedad, debido a que los trabajadores reducen su productividad por estas horas perdidas.

Además, la congestión en ciudades supone una alta contaminación provocada por las emisiones de los vehículos que circulan por las carreteras. Esta contaminación tiene un grave efecto negativo tanto en el medioambiente, afectando a la atmósfera y consecuentemente provocando un calentamiento global más agresivo, como en la salud de las personas que respiran este aire altamente contaminado.

En un principio, la solución para reducir la congestión en las grandes ciudades y en los accesos desde los suburbios colindantes viene mediante la construcción de nuevas carreteras para así aliviar las ya congestionadas. Sin embargo, esta medida no funciona a largo plazo ya que las nuevas carreteras construidas acabarán estando congestionadas tras unos años. Además, construir nuevos accesos a ciudades son proyectos de miles de millones de euros que conllevan un coste muy elevado y que la gran mayoría de administraciones no se pueden permitir, sobre todo en lugares en los que el espacio para construir está muy limitado y tiene un alto coste de adquisición.

Es por ello que la solución más efectiva proviene del cobro de una tasa, o peaje, a todos aquellos usuarios que deciden desplazarse en transporte privado y no quieren perder el tiempo en atascos. De esa manera, se incentiva el compartir vehículo para ir a trabajar y utilizar más el transporte público, contribuyendo así tanto al ahorro de tiempo como la reducción de contaminación.

## 2.1. Objetivos del estudio

Este trabajo tiene como objetivo dar al lector un conocimiento detallado del funcionamiento de las *managed lanes* y las implicaciones sociales, económicas y medioambientales que estas infraestructuras provocan. Este tipo de proyectos son muy conocidos especialmente en Estados Unidos y en Canadá, ya que en dichos países llevan varios años utilizando estas autopistas y se conoce muy bien su funcionamiento. Sin embargo, países en Europa y en gran parte del resto del mundo no disponen de sistemas e infraestructuras como las de las *managed lanes* y el *dynamic tolling*, con lo que es posible que su población no conozca este método innovador de viajar. Por ello, este trabajo pretende informar al lector de infraestructuras probadas y ya en funcionamiento que puedan solventar grandes problemas que la mayoría de ciudades sufren, como son las constantes congestiones y los altos grados de contaminación que sus habitantes tienen que soportar, principalmente durante los días laborables.

## 2.2. Metodología

Con la finalidad de alcanzar los objetivos establecidos anteriormente, este trabajo comienza con una descripción de los activos a analizar. En esta descripción, se explica el funcionamiento de las *managed lanes*. Para ello, se explican las pautas que son necesarias para la construcción de una autopista con *managed lanes* y se describe el funcionamiento del sistema que utilizan estos carriles llamado *dynamic tolling*. Más adelante, se explica la financiación que soportan estos proyectos mediante la deuda TIFIA y los acuerdos con el Gobierno llamados PPA. Además, se comentan tanto casos de éxito como ejemplos de proyectos que han fracasado para así dar una idea al lector de casos pasados que ya han implementado estos sistemas.

En el siguiente apartado, se analiza el impacto que tiene este tipo de proyectos en la sociedad, teniendo en cuenta sus reacciones iniciales que son de gran importancia, especialmente para los gobiernos a la hora de implementar

un proyecto que cambia de tal manera los trayectos de los conductores. Para medir este impacto, se presentan fórmulas que se pueden utilizar para conseguirlo, como la fórmula de la ley fundamental de congestión vial o la fórmula para calcular el *Value of Time*. También se explican diferentes parámetros que se suelen utilizar para medir los vectores que llevan a conductores a circular por las *managed lanes*. Tras haber explicado el impacto social, se explica tanto el impacto económico como el medioambiental para así dar una visión desde todos los puntos de vista posibles que un proyecto como este puede llegar a tener. En el caso de los impactos causados por el medioambiente, se utiliza las emisiones que se producen antes y después de la implementación de las *managed lanes* como datos para analizar la diferencia que un proyecto así puede llegar a causar. Estos datos son representativos del impacto que un proyecto de tal envergadura puede llegar a causar en temas tan importantes como la contaminación medioambiental. Por último, este trabajo acaba con una conclusión tomada de estos proyectos y del impacto general que tiene en el futuro del transporte terrestre.

### **2.3. Revisión de la literatura**

Este trabajo pretende sintetizar de forma clara y precisa los efectos que un proyecto de *managed lanes* puede llegar a tener en una ciudad y sus habitantes; tanto en lo social, en lo económico como en lo medioambiental. Para ello, consigue dar un entendimiento avanzado tanto del funcionamiento de estas autopistas como de sus impactos, partiendo desde una base en la que el lector no conoce este tipo de proyectos; algo que no ha conseguido englobar otro autor. Es por ello que este trabajo aporta una recopilación de diferentes trabajos proporcionando al lector un conocimiento general, detallado y relativamente sintetizado sobre los proyectos de *managed lanes*. Además, consigue dar una respuesta concisa a la cuestión de si sale rentable tanto económicamente como en todo lo relacionado con el ESG, que es un aspecto que empresas y gobiernos cada vez están apostando más por desarrollar y tenerlo presente, desarrollar una infraestructura de *managed lanes* en una ciudad congestionada.



### **3. Descripción de las *Managed Lanes***

#### **3.1. *Managed lanes y dynamic tolling***

Debido al gran aumento de la población mundial, especialmente en las grandes ciudades, se está experimentando un incremento en congestiones de vehículos provocado mayormente por una sobreutilización de las infraestructuras públicas por parte de esta población. Por ejemplo, ciudades como Madrid están sufriendo un coste anual de unos €5,500 millones provocado por más de 100 horas perdidas al año por un conductor medio (Rubio, 2018). Las personas que más están sufriendo estas congestiones prolongadas son aquellas que se desplazan a sus lugares de trabajo desde las afueras de las ciudades al centro, y viceversa, en vehículo privado; siendo estos los que más horas pasan en el tráfico debido a las horas pico que suceden al ir y al volver de sus puestos de trabajo. A estas causas además hay que sumarle el deterioro de las infraestructuras como puentes y autopistas, sobre todo en Estados Unidos, que sufren de problemas en cuanto a la financiación debido a los sistemas tradicionales que ha estado utilizando el Gobierno. Es por eso que se utiliza los métodos de financiación como los Private Public Partnership (PPP) que serán explicados más adelante en un capítulo a parte.

Los mismos países que sufren de los problemas mencionados anteriormente, países como Estados Unidos y Canadá, son los que han llegado a la solución de implementar proyectos e infraestructuras como las llamadas *managed lanes* (MLs). Esta idea consiste en la ampliación de autopistas que conectan los suburbios con el centro de las grandes ciudades mediante la construcción de nuevos carriles de pago que funcionan mediante un peaje de cobro dinámico llamado *dynamic tolling*. Estos carriles suelen construirse entre los ya existentes de las autopistas y pueden llegar a ser una ampliación de uno, dos o hasta tres carriles en ambos sentidos. Estos nuevos carriles estarán separados de los ya existentes mediante una serie de conos fijos, delimitaciones de hormigón o cualquier otra estructura que impida el paso de vehículos entre los mismos. También pueden llegar a hacerse carriles a distintos niveles para

delimitar claramente los unos de los otros, como se hizo en la autopista Lyndon B. Johnson Express Lanes en Texas, Estados Unidos; donde se construyeron parcialmente los nuevos carriles de pago dinámico a un nivel subterráneo, también para usar de forma más efectiva el espacio en zonas con una alta densidad de población (Shabanian, 2014).

El *dynamic tolling* consiste en una tarifa variable y dinámica que se reajusta constantemente en relación al tráfico actual de las *managed lanes*, con una frecuencia de variación mínima de cinco minutos. El objetivo de estos cambios en las tarifas es el de garantizar unas condiciones para los conductores que consiste en mantener una velocidad mínima normalmente de 50 millas por hora (unos 80 kilómetros por hora) y en unas condiciones en la autopista de un volumen máximo por carril de 1,650 vehículos por hora; manteniendo así unas condiciones generales que permiten un tráfico fluido a los usuarios y consecuentemente llegar antes y de forma más fiable a su destino (Rubio, 2018).

A lo largo de la autopista, hay habilitadas salidas y entradas entre los carriles de pago y los carriles gratuitos para que los usuarios puedan elegir qué carriles utilizar en función del tráfico y del precio actual de la tarifa en los carriles de pago. Estas salidas y entradas también están situadas estratégicamente para que los usuarios de los carriles de pago sean capaces de salir de los mismos para así poder coger la salida de la autopista que precisen para llegar a su destino. En cuanto al método de pago en los carriles de peaje, funciona mediante un sistema inteligente de cobro que permite a los usuarios no tener que bajarse de su vehículo ni detenerse. Este sistema consiste en estructuras instaladas por encima de los carriles y equipadas con cámaras y sensores que permiten detectar qué vehículo está circulando por el carril gracias a unos transpondedores instalados previamente en los mismos, permitiendo así el cobro del importe al estar vinculado el transpondedor a una tarjeta de crédito. Si circulase un vehículo por los carriles de pago sin disponer de un transpondedor, será detectado por las cámaras y se le mandará el importe de la tarifa a su residencia identificada previamente por la matrícula del mismo; esta tarifa será

mayor a la normal debido a que no se circulaba con el transpondedor, que es de obligado uso si se quiere circular por estos carriles (Shabanian, 2014).

También se han establecido excepciones en los que los usuarios están exentos de pagar las tarifas establecidas. Uno de estos casos se atribuye a vehículos que estén ocupados por tres o más personas, para así incentivar el uso del transporte compartido y en consecuencia conseguir la reducción de las emisiones contaminantes producidas por los vehículos de combustión. Además, podrán utilizar y también están exentos de pago los autobuses de línea, vehículos de emergencia y motos, mientras que los camiones tendrán prohibido su acceso para así facilitar la circulación de los usuarios de los carriles de pago.

### **3.2. Razones de implementar el *dynamic tolling***

Una de las grandes razones por las que se implementaría el *dynamic tolling*, también descrito como *High Occupancy Toll Lanes* (HOT Lanes), se debe a que una de las medidas que se tomaban especialmente en Estados Unidos con el objetivo de reducir las congestiones en las autopistas norteamericanas, ya no resultaba efectivo. Estas medidas se denominan *High Occupancy Vehicles Lanes* (HOV Lanes) y en ellas se habilitan carriles especiales en el centro de las autopistas para vehículos en los que viajan dos o más personas. Medidas como estas también se han implantado en España, como es el caso de la A-6 en Madrid o la B-23 en Barcelona.

Con ello se pretendía reducir el número de vehículos que circulan en las autopistas, sobre todo en las horas punta de la mañana y de la tarde, mediante el incentivo de compartir vehículos para desplazarse a los puestos de trabajo. Esta medida resultó efectiva en Estados Unidos en un principio; sin embargo, a medida que se flexibilizan los horarios laborales e incrementa el número de personas viviendo en hogares alejados de los suburbios, se está comprobando que cada vez menos personas se benefician de los HOV Lanes. Para que un proyecto con HOV Lanes funcione correctamente, debe de llevar al menos el

mismo número de personas por hora que los carriles vecinos de la autopista convencional. Un carril convencional tiene una capacidad de entre 1,500 – 1,800 vehículos por hora, con lo que un HOV *Lane* llevaría entre 500 – 600 vehículos por hora. Sin embargo, si los carriles convencionales están extremadamente congestionados soportando a más de 2,000 vehículos por hora, los HOV *Lanes* tienen que llevar una carga de unos 1,200 vehículos por hora para poder considerarse que funcionan correctamente (Poole & Kenneth Orski, 1999).

Esto lleva al resultado de que dichos carriles están operando considerablemente por debajo de sus capacidades, provocando que un gran número de personas que utilizan los carriles convencionales tengan que estar atascadas en tráfico, mientras que los HOV *Lanes* apenas contienen vehículos. Consecuentemente, la opinión pública sobre estos proyectos disminuye considerablemente ya que los conductores terminan enfadándose al percatarse de dicha situación; sobre todo aquellas personas que no tienen otra opción a la de ir solos a trabajar debido a sus complejos horarios laborales o por que no hay gente en su zona de residencia que trabaja cerca de su lugar de trabajo.

Si se diese la situación contraria a la mencionada anteriormente, es decir, que los carriles HOV estuviesen demasiado congestionados, se podría aumentar las restricciones de los vehículos que deben de llevar a dos o más personas para poder circular en dichos carriles a que deban llevar tres o más ocupantes. Sin embargo, lo más probable es que esto conlleve a un exceso de capacidad con lo que volveríamos a la situación descrita anteriormente. La solución más adecuada sería instalar desde un principio los sistemas de *dynamic tolling* mediante el uso de HOT *Lanes* para así garantizar la mejor gestión actualizada posible con lo que a la capacidad de las autopistas respecta.

También puede darse la situación de que una autopista convencional que no dispone de las HOV *Lanes* necesita aumentar su capacidad debido a que se están produciendo continuamente grandes retenciones en sus carriles. Esto es considerado como una razón más que válida para llevar a cabo una ampliación

de los carriles mediante la instalación de carriles que disponen del sistema dinámico de peaje mencionado anteriormente, el *dynamic tolling*. Con ello, podrán solventar el problema de las congestiones de una manera eficiente y sostenible tanto con respecto al medioambiente, en forma económica como en lo social. Un ejemplo de este caso sucede en con la reconstrucción de la LBJ Freeway en Dallas, Texas (Poole & Kenneth Orski, 1999).

### **3.3. Financiación de *managed lanes* mediante deuda TIFIA**

El programa que fue creado por el gobierno de los Estados Unidos y adoptado por su Congreso en 1998 es el *Transportation Infrastructure Finance Innovation Act* (TIFIA). Como objetivo principal de este programa se encuentra el mejor aprovechamiento de los recursos federales y la atracción de capital privado para la infraestructura del transporte. Esto se consigue proporcionando una asistencia crediticia a proyectos de una cierta envergadura tanto nacional como estatal en el sector previamente mencionado (Mostafavi et al. 2011).

Hay ciertos criterios que un proyecto tiene que cumplir y a los que se tiene que ajustar para que pueda llegar a recibir financiación mediante la deuda TIFIA. Las entidades que pueden aplicar para recibir esta ayuda del gobierno son gobiernos y bancos de infraestructuras estatales, empresas privadas, autoridades especiales, gobiernos locales y distritos de mejora de infraestructuras. Además, estos proyectos solo pueden ser aquellos relacionados con, entre otros, autopistas, puentes, sistemas inteligentes de transporte, vehículos de tránsito, autobuses interurbanos, transporte de mercancías, proyectos de infraestructura para ciclistas y peatones, proyectos de infraestructura rural, etc. (US Department of Transportation, 2019).

### **3.4. Coordinación de Gobierno y empresas con las PPP**

La construcción de una *managed lane* es un proceso complejo que se extiende desde la aprobación inicial del mismo por parte del Gobierno, el

proyecto comienza con la búsqueda de financiación y el diseño de la infraestructura y termina con la propia construcción de la autopista. Estas dos últimas pueden resultar técnicamente difíciles ya que estos proyectos se sitúan en zonas con un tráfico especialmente congestionado y dentro de zonas densamente pobladas, teniendo que modificar una autopista ya construida acomodando las necesidades específicas de una *managed lane*.

Estos proyectos han sido históricamente financiados por el sector público; sin embargo, debido a la escasez de fondos para este sector se han visto obligados a apoyarse en los *Public-Private Partnerships* (PPP). Como su propio nombre indica, se trata de asociaciones entre el sector público y el privado y ofrece una solución alternativa para la financiación de las *managed lanes*. El primer proyecto en este sector que se realizó con éxito fue el de la autopista llamada 495 Express Lanes realizado en 2008 y situada en Virginia del Norte, Estados Unidos. Desde entonces, este método ha resultado en una solución efectiva para que las autoridades locales puedan llevar a cabo los proyectos de rehabilitación de infraestructuras y de descongestión de carreteras que soportan de forma habitual un número excesivo de vehículos (KPMG, 2015).

Para que un proyecto financiado mediante un PPP resulte efectivo, debe de satisfacer tanto los requerimientos del sector público como del sector privado. En el sector público, cabe destacar la necesidad de ofrecer un valor añadido a la población, ya que son ellos los que pagan los impuestos con los que el sector público está financiando este tipo de proyectos. Además, estos proyectos también tienen que satisfacer las necesidades del sector privado; cuya mayor preocupación es la de recuperar el dinero invertido y generar beneficios económicos para mantener estas inversiones. Todo esto recibe un mayor grado de sensibilidad cuando el proyecto en el que se implementa el PPP es un proyecto de *managed lanes*, debido a sus aspectos técnicos y comerciales únicos, a los altos riesgos que estos proyectos conllevan y a los complicados métodos de financiación a los que se encuentran sometidos (KPMG, 2015).

## 4. Casos de *Managed Lanes*

### 4.1. Ejemplos de éxito

El primer caso de *managed lanes* que se puso en funcionamiento no fue en los Estados Unidos, sino en Canadá. En el año 1993, el gobierno de Ontario empezó con la búsqueda de financiación, el diseño y la construcción de la autopista 407 ETR, que sirve como autopista de circunvalación para la ciudad de Toronto. En un principio, esta autopista tenía una longitud de unos 69 kilómetros; sin embargo, ha sido sometida a varias extensiones y ahora tiene una longitud de unos 108 kilómetros. Tanto la autopista como el sistema de peaje dinámico abrió al público en junio de 1997 y, hasta la fecha, es la autopista de *dynamic tolling* que mayor éxito ha tenido; sirviendo como un icono para las demás autopistas gracias a sus beneficios tan altos y a la revalorización tan significativa que el proyecto ha experimentado (407 ETR Express Toll Route).

Esta revalorización ha sido, con mucha diferencia con los siguientes, la mayor en este sector globalmente; el proyecto tuvo unos costes de construcción en su día de \$0.8 mil millones, en el año 2019 estaba valorado el equity del proyecto en \$22.4 mil millones, lo que supone que ha conseguido multiplicar por +28.9x su valor en unos 23 años. Este argumento y este caso en concreto, ha servido como motivación y como ejemplo a seguir para otros proyectos; además de un ejemplo utilizado para convencer a inversores que financien nuevos proyectos como estos (Bloomberg).

Además, sirve como ejemplo de éxito para el método de financiación PPP (Public-Private Partnership), que se basa en financiar un proyecto mediante fondos privados y públicos al mismo tiempo; este método será explicado con más detalle en un capítulo a parte. La autopista 407 ETR también ha servido como punto de referencia en cuanto a los beneficios para que los conductores utilicen las *managed lanes*. Ha demostrado que su uso reduce el tiempo de circulación evitando retenciones, resulta más seguro, facilita un mejor

mantenimiento del vehículo y una reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera que conlleva a un mayor cuidado del medioambiente.

Otro ejemplo de éxito en cuanto a las *managed lanes* está en Estados Unidos y es el de la LBJ (Lyndon B. Johnson) Expressway en Dallas, Texas. Se trata de una autopista de peaje que utiliza el método de cobro de *dynamic tolling*, de 21 kilómetros de longitud y que abrió en septiembre de 2015. Esta autopista ha sido una de las más saturadas del país desde que se construyó hace 40 años, es por eso que se optó por modificar y extender hasta en seis carriles parte de la autopista y así acomodar el sistema de *dynamic tolling* regulando y reduciendo la cantidad de tráfico en sus carriles. Se calcula que este proyecto podrá lidiar con el crecimiento demográfico del área para los próximos 30 años. Esta infraestructura fue financiada mediante el método explicado anteriormente de PPP (Ferrovial).

La NTE (North Tarrant Express) es una autopista que incorpora el sistema de peaje *dynamic tolling*, también está situada en Texas y también tiene una longitud de 21 kilómetros. Este proyecto es considerado un caso de éxito ya que ha conseguido mejorar las condiciones de tráfico en las horas punta de la autopista y reducir el impacto medioambiental de los vehículos que circulan en ella. Además, ha conseguido una revalorización del proyecto de 5x desde su apertura en el año 2015 (Ferrovial).

#### **4.2. Casos de fracaso**

También se han producido varios casos en los que las autopistas han entrado en bancarrota debido a que no han sido capaces de generar suficientes beneficios para mantener los costes operacionales y para repagar la deuda. Si un proyecto genera menos beneficios que los calculados en las sensibilidades más pesimistas realizadas en el análisis de viabilidad del mismo, la inversión no será rentable y provocará el fracaso del proyecto. Esto se debe principalmente a estimaciones erróneas de afluencia de tráfico que han resultado en una menor



utilización de las *managed lanes* de lo previsto, como se puede apreciar en los ejemplos descritos a continuación.

Cabe destacar el caso de la SH 130 en Texas, se trata de una autopista de unos 66 kilómetros de longitud inaugurada en el año 2012. En 2016, esta autopista entró en bancarrota debido a que solamente recibía un 30% del tráfico que las consultoras contratadas para el proyecto habían predicho. Además, la autopista presentaba problemas de construcción en cuanto a la calidad y causó desbordamientos de ríos de la zona, lo que conllevó a mayores costes para el proyecto tanto en arreglos como en indemnizaciones. Este proyecto fue financiado mediante un PPP, en el que el Estado financió parte de la inversión mediante una deuda TIFIA, que ha sido explicado anteriormente en un capítulo a parte, de \$430 millones; los costes generales de construcción sumaban unos \$1.35 mil millones (Schmitt, 2016).

La autopista llamada Pocahontas Parkway, o Pocahontas 895, en Virginia, Estados Unidos, entraba en bancarrota en el año 2004, dos años después de su inauguración en 2002 y con una longitud de unos 14 kilómetros. En el primer año de operación, la autopista únicamente consiguió un 43% del tráfico previamente estimado; un porcentaje demasiado bajo que consecuentemente no permitió a la autopista el poder pagar sus costes de mantenimiento. Otro ejemplo de autopistas de peaje dinámico que ha entrado en bancarrota es el de South Bay Expressway, autopista que también tiene casi 15 kilómetros de longitud y que entró en bancarrota en el año 2010, tres años después de su apertura en noviembre de 2007 debido de nuevo a la falta de tráfico en sus carriles (Pocahontas Parkway).

## 5. Impacto Social de las *Managed Lanes*

### 5.1. Reacción inicial de la sociedad

La reacción natural de una persona ante la necesidad de tener que pagar por un servicio que se ha convertido tan básico para todos como es el transporte terrestre por carreteras, es situarse en contra de tal medida. La decisión mencionada anteriormente se acentúa aún más si se trata de personas que utilizan el transporte privado por autopistas para ir y volver todos los días del trabajo; es decir, personas que viven en la metrópoli de grandes ciudades y se desplazan con regularidad a estas para acudir a sus puestos de trabajo. Esta es la razón por la que en un elevado número de ocasiones un proyecto como es el de la implementación del *dynamic tolling* en una autopista no se lleva a cabo, razón que lleva a políticos a no apostar por estos proyectos debido a la preocupación de perder votantes. Además, estos proyectos suelen tener un periodo de unos años de *ramp-up* de educación para los conductores.

La negativa ante tales proyectos suele estar seguida de sugerencias de alternativas para eliminar la congestión en dichas autopistas, como la construcción de entradas y salidas adicionales a las grandes ciudades. En teoría, esta solución debería de reducir el número de usuarios en las autopistas congestionadas ya que un número determinado de *commuters* pasarían de utilizar dicha autopista a utilizar la recientemente construida. A parte de otras razones como la imposibilidad de la construcción de autopistas adicionales debido a la falta de espacio físico causado por las poblaciones limítrofes a las ciudades o la falta de fondos públicos que conllevarían tales construcciones; la práctica demuestra que este no es el caso como explica la ley fundamental de congestión vial descrita en el próximo capítulo (Brent & Gross, 2017).

La voluntad de construir nuevas infraestructuras urbanas gratuitas para sus usuarios aliviando así la congestión producida en las horas punta no solo es apoyada por personas que se oponen a tener que pagar peajes en las autopistas, sino que también por organismos que defienden esta medida como la más

efectiva. La *American Road and Transportation Builders Association* considera que la clave para aliviar las infraestructuras congestionadas pasa por la construcción de nuevas autopistas, mientras que la *American Public Transit Association* apoya que sin una nueva y continuada inversión en la infraestructura pública, las autopistas pasarán a estar tan congestionadas que dejarán de funcionar correctamente (Duranton & Turner, 2011).

## **5.2. Ley fundamental de congestión vial**

Elaborada por Anthony Downs en 1962, esta ley afirma que el incremento de la capacidad de carreteras se iguala con el aumento de demanda para su uso; ley que sigue viéndose reflejada en el comportamiento de los conductores más de medio siglo después (Brent & Gross, 2017). Esto se debe a que si los habitantes de los suburbios de grandes ciudades observan que gracias a la apertura de una nueva carretera las mismas están menos congestionadas, incrementarán su uso del transporte privado al percibir que no hay tráfico en las carreteras, con lo que tardarán menos para ir y volver del trabajo.

Sin embargo, esta solución únicamente mantiene su efectividad a corto plazo, ya que al largo plazo volverán a estar igual de congestionadas al llegar a la capacidad máxima de las autopistas provocada por el continuo aumento natural de la población y por el incremento de los *commuters* que utilizan el transporte privado a diario. Es prácticamente imposible aumentar el número de carreteras en proporción al incremento en el número de habitantes en cierta metrópoli, por ello hay que desarrollar soluciones que resulten factibles como la de cobrar un peaje para el uso de las mismas. Esto se debe a que las personas suelen abusar de todo ello que es gratuito, utilizándolo un mayor número de veces de las que son realmente necesarias y únicamente siendo responsables si se imponen tarifas que restrinjan su uso (Duranton & Turner, 2011).

Estas teorías están respaldadas por evidencias prácticas y estudios que se han realizado al respecto, apoyando así la afirmación que defiende que el

incremento de kilómetros en autopistas construidas no va a aliviar las congestiones en carreteras saturadas. Para ello hay que considerar un modelo de equilibrio de DRV (distancia recorrida por vehículo) desarrollado por Durantón y Turner, que explica lo siguiente:

$$P(Q) = \frac{C(R, Q)}{Q}$$

Donde:

$R$ : kilómetros carril de carretera en una ciudad

$Q$ : distancia recorrida por vehículo

$P(Q)$ : demanda inversa de DRV

$C(R, Q)$ : coste total variable de DRV  $Q$ , dado  $R$  carreteras

La ecuación evidencia que la disposición de los usuarios a pagar es igual al coste medio de kilómetro-carril, asumiendo el mismo coste medio por viaje conducido para todos los viajeros y consiguiendo así un equilibrio entre los usuarios. Además, según Durantón y Turner, manteniendo los kilómetros-carril constantes en  $R$ , los costes medios derivados de conducir incrementan con DRV y es por ello que la curva de coste para DRV es ascendente. Incrementando la variable  $R$  desde su situación inicial a  $R'$  se consigue al aumentar la oferta de kilómetros-carril de carretera y consecuentemente reducir el coste de conducción para cualquier nivel de la DRV (Duranton & Turner, 2011).

Con ello, concluimos que el coste de conducir en un corto plazo se reduce debido a la menor congestión en las carreteras; sin embargo, este coste incrementará al largo plazo causado por la posterior congestión en las carreteras añadidas mencionado anteriormente en la ley fundamental de congestión vial elaborada por Anthony Downs. Lo más relevante para medir el impacto que tiene la construcción de nuevas carreteras gratuitas en una ciudad congestionada en comparación con la construcción de autopistas con el sistema de *dynamic tolling* es conocer el efecto que conlleva este incremento de carreteras gratuitas en la conducción en las ciudades.

### 5.3. *Value of Time y Value of Reliability*

Una vez se haya estabilizado el comportamiento habitual de los usuarios de estas autopistas, se puede empezar a medir el impacto que tiene en los mismos. Este impacto está estrechamente relacionado con uso de este tipo de autopistas. Los usuarios pueden decidir al instante si quieren usar o no los carriles de pago al tener habilitadas varias entradas desde las gratuitas hasta las de pago; una vez dentro, pueden decidir también de forma instantánea si quieren seguir utilizando las de pago o volver a incorporarse a las gratuitas según la urgencia de su viaje o el precio actual del peaje. Consecuentemente, si el impacto que tiene este concepto de autopistas es positivo o negativo, se puede comprobar de forma casi instantánea con el número de usuarios que utilizan estos carriles de peaje dinámico.

El *Value of Time* (VoT) y *Value of Reliability* (VoR) son dos factores de gran importancia que se deben de previamente analizar antes de llevar a cabo la construcción de una autopista que contenga unas *managed lanes*. El VoT mide el valor que una población atribuye al tiempo invertido a desplazarse, incrementando ese valor cuanto más preciada sea su percepción del tiempo. El VoR se centra en medir el valor que una población atribuye a la fiabilidad de que el trayecto va a durar considerablemente menos si se paga y utiliza las *managed lanes* a utilizar gratuitamente los carriles convencionales. Brent & Gross (2017) se centran en generar estimaciones empíricas de la elasticidad del precio de la demanda y calcular el VoT y VoR en *managed lanes* que utilizan el sistema de *dynamic tolling*.

El efecto positivo de la demanda de las *managed lanes* puede entenderse como un comportamiento poco lógico, ya que la demanda de estos carriles incrementa cuanto mayor sea su precio. Esto contradice cualquier ley de oferta y demanda, donde un precio alto suele reducir su demanda. El efecto producido en las *managed lanes* se produce ya que el precio actúa como una señal de futuras congestiones en los carriles convencionales; consecuentemente, un

precio mayor se relaciona con un mayor ahorro de tiempo. Aquí se puede apreciar claramente el alto grado de VoT y VoR demostrado por usuarios de las *managed lanes* y la población en general. Con ello, los peajes incrementan causando una correlación positiva entre precio y uso (Brent & Gross, 2017).

La influencia del VoT y VoR en la toma de decisiones de los usuarios de las *managed lanes* también se ve afectada por la congestión de los carriles contrarios, con lo que el tráfico de una dirección condiciona los precios de la dirección opuesta. Esto provoca que se produzcan variaciones en los precios que no están relacionadas con las condiciones del tráfico de ciertos carriles donde un usuario va a pagar su peaje. Teniendo todo esto en consideración, los usuarios valoran VoR muy por encima del VoT, atribuyendo a VoT \$6.7/hora mientras que VoR llega a \$22.3/hora. Consecuentemente, el 68% de los beneficios de usar las *managed lanes* proviene del incremento de la fiabilidad del uso de estos carriles, aunque el ahorro de tiempo en ciertos trayectos es más importante para un grupo de conductores (Brent & Gross, 2017).

Una forma de determinar el VoT de una cierta autopista se produce dividiendo el peaje entre el ahorro de tiempo, aunque esta fórmula produce resultados demasiado altos en cuanto a las estimaciones de VoT en autopistas con *dynamic tolling*:

$$VoT = \frac{\text{Peaje}}{TT_{GP} - TT_{HOT}}$$

Donde:

*VoT*: Value of Time

*Peaje*: precio que se paga por utilizar las *managed lanes*

*TT<sub>GP</sub>*: duración del trayecto utilizando los carriles convencionales

*TT<sub>HOT</sub>*: duración del trayecto utilizando las *managed lanes*

La fórmula calcula el VoT dividiendo el peaje a pagar entre el ahorro de tiempo que supondría circular por las *managed lanes* por cada intervalo de cinco minutos. El valor que, calculado con esta fórmula, es el mínimo que está

dispuesto a pagar un conductor por el ahorro que supondría utilizar los carriles de pago. En el caso de la autopista SR167, para poner un ejemplo y que así resulte más sencillo hacerse una idea de a lo que se valora el ahorro de tiempo, utilizando la fórmula descrita anteriormente da un resultado de \$38/hora. Cuando el tiempo destinado a recorrer el trayecto es mayor en las *managed lanes* que en el carril gratuito convencional, entonces la experiencia de VoT es negativa. En el caso de la autopista SR167, esta experiencia negativa fue percibida por el 0.7% de los usuarios de estos carriles, lo que resulta una cantidad de conductores muy reducida que resulta insatisfecha (Brent & Gross, 2017).

Las variables que pueden influenciar en la decisión de un conductor de usar las *managed lanes* o no pueden ser varias, como la profesión, estado civil, distancia del viaje, motivo del desplazamiento, flexibilidad de llegada, ingresos anuales, edad, sexo, educación, etc. El sexo es una variable que juega un papel importante ya que las mujeres constituyen únicamente el 15% de los conductores que se dirigen a sus puestos de trabajo entre las 4:00 am y las 5:00 am; mientras que llegan al 39% de los conductores que se desplazan para trabajar entre las 7:00 am y las 8:00 am. En cuanto al motivo del desplazamiento, entre las 4:00 am y las 5:00 am el 100% de estos desplazamientos se deben a motivos laborales, mientras que entre las 7:00 am y las 8:00 am este porcentaje se reduce al 58%. La combinación de sexo y motivo del desplazamiento suele asumir una gran importancia ya que en el caso de las mujeres que son madres y a la vez trabajan, suelen ser más propensas a utilizar las *managed lanes* debido a su tendencia de querer acortar la duración de sus desplazamientos por el limitado tiempo que pueden invertir en los mismos (Small et al. 2005).

El motivo del viaje suele ser de gran importancia a la hora de decidir si utilizar las *managed lanes* o no, debido a que los conductores están interesados en no llegar tarde a sus puestos de trabajo ya que esto puede llegar a tener un impacto económico mayor al de pagar el precio del peaje asociado a utilizar las *managed lanes*. El precio total esperado por viaje aumenta acorde con la incertidumbre de la duración del viaje si es costoso llegar tarde al destino, como

puede llegar a ser en el caso de llegar tarde a los puestos de trabajo. Si llegar tarde al destino es más perjudicial para el conductor que llegar pronto, el coste esperado del viaje es especialmente sensible a la distribución de duración de viajes (Small et al. 2005).

Para los usuarios de las *managed lanes*, la fiabilidad de saber cuánto va a durar el viaje es de mayor importancia que el ahorro de tiempo en sí. Esta afirmación es consistente con el hecho que los conductores valoran la urgencia del viaje y el llegar a tiempo más que cualquier otra variable, ya que estos son sucesos relacionados con la fiabilidad del viaje (Bento et al. 2014).

Los conductores sobreponen la fiabilidad al ahorro de tiempo cuando se dirigen a sus puestos de trabajo debido a la necesidad de llegar a su destino a una hora específica, ni demasiado pronto ni demasiado tarde. Valoran más la fiabilidad ya que saben exactamente a la hora a la que tienen que llegar a trabajar, sin querer llegar después o antes de lo previsto; ya que llegar a antes significa que podrían haber invertido ese tiempo en otras cosas que no sean trabajar y llegar tarde desagrada a sus superiores y compañeros. Sin embargo, cuando los conductores regresan a sus domicilios después de trabajar, valoran en mayor medida el ahorro de tiempo ya que quieren llegar lo antes posible a sus casas y no estar invirtiendo innecesariamente tiempo en su desplazamiento. Consecuentemente, a la hora de ir a trabajar los conductores valoran más el VoR mientras que a la hora de volver a sus domicilios valoran en mayor medida el VoT. Con ello se puede concluir que aquellos conductores que valoran más el VoR no son tan susceptibles a las variaciones de precio en las *managed lanes*, mientras que aquellos que valoran más el VoT son más sensibles; con lo que pequeñas variaciones pueden llegar a hacerles cambiar de opinión con respecto a si acceder a las *managed lanes* o no (Brent & Gross, 2017).

El ahorro de tiempo tras utilizar las *managed lanes* suele ser de media 3.3 minutos en comparación con los carriles gratuitos convencionales durante el periodo entre las 5:00 y las 9:00 am, considerado horas punta y donde más



congestión se produce en las autopistas de entrada a grandes ciudades. El conductor medio que se dirige a trabajar entre esas horas pagará un precio medio de \$1.18 por el ahorro de tiempo y \$0.56 por la fiabilidad que ofrece el uso de estos carriles. Además, aproximadamente un tercio de los conductores que utilizan las *managed lanes* lo hacen debido a la fiabilidad que estos carriles aportan; siendo menor esta cantidad durante el principio de las horas punta y mayor hacia el final de las mismas (Small et al. 2005).

#### **5.4. Value of Urgency**

El parámetro de *Value of Urgency* (VoU) adquiere un papel igual de importante que los previamente explicados VoT y VoR a la hora de analizar la viabilidad económica de un proyecto de *managed lanes* y de analizar las razones por las que los conductores elegirían pagar por utilizar estos carriles, en vez de circular por los que son gratuitos. Este parámetro refleja el coste de congestión que los conductores invierten en su viaje diario a sus puestos de trabajo. Las *managed lanes*, gracias a sus múltiples entradas y salidas a sus carriles de pago, permiten gestionar la urgencia de un conductor con una gran exactitud. Esto se debe a que el conductor, a medida que circula, puede decidir si entrar o salir de los carriles de pago consiguiendo así que su viaje dure exactamente lo necesario para llegar a tiempo a su puesto de trabajo; ni demasiado pronto ni demasiado tarde (Bento et al. 2014).

Los conductores que se dirigen todos los días a sus trabajos en vehículo privado están dispuestos a pagar un precio fijo de \$3 por viaje para acceder a las *managed lanes* y así acortar la duración del mismo. Este coste supone que el VoU se sitúa aproximadamente en un 15% de los impuestos locales. La importancia de tener el VoU en cuenta se ve reflejada en que la disposición a pagar por hora para acceder a las *managed lanes* desciende en relación con la diferencia entre la duración del viaje entre carriles y que el porcentaje de individuos que llegan tarde a sus puestos de trabajo es consecuente en aquellas situaciones en las que no se tiene en cuenta la urgencia (Bento et al. 2014).

## 6. Impacto Económico de las *Managed Lanes*

### 6.1. Coste atribuible a la congestión

Tanto la distancia recorrida por cada vehículo como la congestión tiende a incrementar a medida que pasan los años. Entre los años 2000 y 2030, las millas recorridas por cada vehículo tienen una estimación de crecimiento del 33%, que supone un incremento en la media de millas viajadas cada día de 2.97 mil millones a 3.94 mil millones de millas viajadas. Este incremento en las millas viajadas conlleva a un aumento en las emisiones de los vehículos que, como podemos observar en la Figura 11, conllevó en 2005 a la muerte prematura de aproximadamente unas 3,000 personas. Este dato, en términos económicos, se puede traducir a una pérdida de valoración económica de unos \$24 mil millones, en dólares a su valor en 2007 (Levy et al. 2010).

Una parte importante del coste atribuible a la contaminación es la pérdida de tiempo a la que se someten los conductores durante las horas invertidas en tráfico, lo que se traduce a una pérdida de productividad por parte de los trabajadores. El coste del tiempo perdido suma unos \$31 mil millones en el año 2000 y se incrementa a unos \$96 mil millones en 2030 debido al aumento de las horas invertidas en tráfico, ya que este coste es directamente proporcional a la congestión. Los costes atribuidos a la muerte prematura provocada por la inhalación de emisiones contaminantes por parte de las personas y provenientes de los vehículos, pasa a ser unos \$31 mil millones en el año 2000 a unos \$13 mil millones en 2020 debido al descenso en este tipo de muertes entre este periodo de tiempo. Sin embargo, el número de muertes asciende a partir del año 2020 debido al aumento en la población y el correspondiente aumento del uso del vehículo privado, tal y como muestra la Figura 11, hasta llegar a una pérdida económica de unos \$17 mil millones en dicho año. El Estado también se ve afectado por los problemas de salud que conllevan las altas emisiones debido al gasto en la sanidad pública que en el año 2000 supuso el 34% de su coste, mientras que en el año 2030 desciende este porcentaje al 14% (Levy et al. 2010).

Debido al incremento del uso del vehículo privado y al aumento de la población en las grandes metrópolis, causado por el incremento de la población mundial y por la tendencia de transición provenientes de zonas rurales a las ciudades, las congestiones en carreteras se producen cada vez más a menudo. Para la economía estadounidense, esto se traduce en costes muy elevados por la importante pérdida de productividad, malgasto de gasolina y una alta contaminación medioambiental. El problema de este incremento reside en que el aumento de millas viajadas por vehículo en Estados Unidos es mayor que el aumento de millas por carril construido (Sisiopiku & Alnazer, 2012).

Las crecientes congestiones están provocando que los viajes de los conductores invierten en ir a trabajar se están alargando, además de viajes relacionados con el transporte de mercancías terrestres que también están experimentando resultados similares. En el año 1980 en Estados Unidos, se estimaba que el tráfico causaba unas 700 millones de horas persona de retraso cada año, mientras que ese número aumenta a 2 mil millones de horas en tan solo 10 años; en el año 2000 las horas persona de retraso llegan a ser unas 3.5 mil millones. Con estos números observamos una evolución muy agresiva en el incremento de las horas perdidas, lo que se traduce también en un aumento considerable en los costes perdidos. Estos costes en el año 2004, que son costes de oportunidad para los conductores y productividad perdida, sumaban unos \$50 mil millones; este coste se incrementa acorde con el incremento de la población en Estados Unidos que no ha parado de crecer (Winston & Langer, 2004).

Para intentar paliar estos costes asociados con la alta congestión en Estados Unidos, el Gobierno invirtió entre los años 1998 y 2003 unos \$80 mil millones en autopistas y carreteras. De esta cantidad de dinero invertida en autopistas, por cada dólar invertido únicamente \$3.3 céntimos son los que reducen el coste atribuido a la congestión. Además, esta cantidad no es atribuible a cada año, sino que solamente al año en el que se produce la inversión. Con unos resultados poco exitosos comparados con la alta suma de dinero invertido en estas infraestructuras tan costosas, se concluye que si se

centrase en descongestionar las áreas metropolitanas de grandes ciudades, que es donde una mayor congestión diaria se produce, el coste anual de congestión descendería unos \$7.2 mil millones o un 20% del total; beneficiando así tanto a los conductores como al Gobierno (Winston & Langer, 2004).

## **6.2. *Managed lanes* como solución más viable**

La expansión de autopistas, especialmente alrededor de las metrópolis, muestra un gran número de problemas tanto económicos como de efectividad ya que, tal y como hemos podido observar en capítulos anteriores, la construcción de nuevas autopistas que conectan una ciudad con sus suburbios no muestran una solución válida a largo plazo. Esto se debe mayormente a que nuevas autopistas que no están congestionadas, no suelen tardar más de unos años en congestionarse, debido al impulso a utilizar el transporte privado que provoca el observar autopistas vacías a la hora de desplazarse para ir a trabajar. Los altos costes que provocan la congestión en autopistas llevan a recurrir en opciones como las *managed lanes*, que han demostrado su efectividad en proporcionar una reducción en el tráfico. Este método apuesta por la utilización más eficiente de las infraestructuras existentes, en vez de recurrir a los altos costes que conlleva la construcción de nuevas autopistas que además no suelen ser efectivas en reducir el tráfico a largo plazo en las autopistas de entrada a grandes ciudades (Sisiopiku & Alnazer, 2012).

## 7. Impacto Medioambiental de las *Managed Lanes*

El impacto que un proyecto o una inversión tiene en el medioambiente asume una gran importancia, no solo para la sociedad en general y la población que habita cerca de aquel proyecto, sino para los inversores y administradores de activos que apuestan por ciertos proyectos. Esto se debe al creciente énfasis que adquieren las inversiones en todo aquello relacionado con el departamento de *Environmental, Social & Governance* (ESG) de una compañía o proyecto.

La consideración relacionada con el ESG a la hora de invertir en un proyecto también se denomina *Socially Responsible Investing* (SRI) y conlleva todo aquello que aporta dimensiones de un valor no económico a un proyecto. Para la mayoría de inversores que analizan proyectos a los que invertir, la incorporación de factores relacionados con ESG son un aspecto indispensable para considerar invertir en un proyecto. La importancia que recibe el tener en cuenta aspectos de ESG no solo se debe a la querencia de inversores a tener una cartera con activos que son beneficiosos tanto para la sociedad como para el medioambiente; sino también por que el no considerar estas dimensiones puede llegar a ser perjudicial para el negocio de una compañía a su imagen o a posibles sanciones a las que se puede someter (Duuren et al. 2015).

Las inversiones que tienen en consideración el ESG de cierto proyecto o que se consideran SRI, adquieren una mayor relevancia que las inversiones activas, que buscan batir al mercado con una base ajustada de riesgo. Cuando la inversión activa estaba en auge, la única consideración de los inversores era hacer la mayor cantidad de dinero en el menor tiempo posible, haciendo así los proyectos rentables independientemente de sus consecuencias. Aunque hoy en día esto sigue siendo muy relevante, también es el hecho de asegurar la sostenibilidad del mundo en el que vivimos y apostar por mejorarlo continuamente. Es por eso que se buscan inversiones como las *managed lanes* que reducen las emisiones contaminantes de los vehículos, cuidando así nuestra salud y la del medioambiente (Duuren et al. 2015).

## 7.1. Contaminación antes y después del *dynamic tolling*

### 7.1.1. Autopista I-95

La conversión de la I-95 supuso transformarse de una autopista de cuatro carriles que son convencionales y uno que únicamente acepta a vehículos que contienen tres o más ocupantes, o *High Occupancy Vehicles* (HOV), a una autopista con el mismo número de carriles convencionales y dos carriles en los que los HOV viajan gratuitamente y aquellos que con un menor número de ocupantes deben pagar un peaje mediante el sistema de *dynamic tolling*; es decir, una *managed lane*. Esta conversión fue desarrollada por el Departamento de Transporte de Florida. La totalidad de la autopista une, entre otras ciudades al tratarse una autopista interestatal, la ciudad de Miami con el la ciudad de Houlton (Federal Highway Administration, 2010).

Para poder establecer el impacto que un proyecto como las *managed lanes* tiene en cuanto a la contaminación de vehículos en una metrópoli, es necesario medir las emisiones contaminantes en la autopista antes y después de la construcción de los carriles de peaje dinámico. La contaminación se mide mediante diferentes criterios como el monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), partículas de menos de 2.5 μm de diámetro (PM<sub>2.5</sub>) y partículas de menos de 10 μm de diámetro (PM<sub>10</sub>). El monóxido de carbono afecta la capacidad de inhalar oxígeno que afecta a personas con enfermedades cardiovasculares, el dióxido de nitrógeno influye tanto en problemas respiratorios de personas como en la formación de ozono en la atmósfera, el ozono a nivel del suelo contribuye a la contaminación urbana que también se asocia con problemas respiratorios y las partículas tanto sólidas como líquidas influyen en la salud, pudiendo provocar incluso la muerte prematura (Stuart et al. 2010).

Las *managed lanes* influyen tanto en el número de vehículos que circulan en estos carriles, debido a que si los usuarios comparten vehículos y consiguen ser tres o más personas el uso del mismo es gratuito, y el número de autobuses que circulan, ya que estos vehículos también están exentos de pagar el peaje. A

continuación, podemos observar en las tablas un descenso generalizado en las diferentes estimaciones de emisiones de los vehículos antes y después de la implementación de las *managed lanes*. También observamos un descenso en las emisiones provenientes de los autobuses ya que, aunque probablemente haya incrementado la frecuencia de este servicio debido a su mayor utilización, la conducción más constante de estos vehículos provocado por el descenso de los atascos conlleva a una reducción de la contaminación (Stuart et al. 2010).

Tabla 1: Media anual de todos los vehículos de emisiones (g/milla) antes de la implementación de las MLs

<b>Contaminación</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Benceno	0.0323	0.0287	0.026	0.0228	0.0205
CO	15.43	13.49	12.6	11.64	10.83
HC	1.31	1.22	1.15	1.07	0.98
NOx	1.46	1.33	1.21	1.11	1.01
PM <sub>10</sub>	0.0398	0.0377	0.0361	0.0344	0.033

Fuente: Elaboración Propia. Datos: Stuart et al. 2010

Tabla 2: Media anual de todos los vehículos de emisiones (g/milla) después de la implementación de las MLs en los carriles convencionales

<b>Contaminación</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Benceno	0.0318	0.0282	0.0256	0.0225	0.0202
CO	15.65	13.67	12.77	11.8	10.98
HC	1.27	1.18	1.11	1.03	0.95
NOx	1.45	1.32	1.2	1.1	1
PM <sub>10</sub>	0.0388	0.0369	0.0353	0.0337	0.0324

Fuente: Elaboración Propia. Datos: Stuart et al. 2010

Tabla 3: Media anual de todos los vehículos de emisiones (g/milla) después de la implementación de las MLs en los carriles de peaje dinámico

<b>Contaminación</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Benceno	0.0317	0.0281	0.0255	0.0224	0.0201
CO	15.63	13.65	12.75	11.77	10.95
HC	1.26	1.17	1.1	1.03	0.95
NOx	1.5	1.37	1.25	1.14	1.05
PM <sub>10</sub>	0.0415	0.0393	0.0374	0.0356	0.0342

Fuente: Elaboración Propia. Datos: Stuart et al. 2010

Tabla 4: Media anual de las emisiones (g/milla) de los autobuses antes de la implementación de las MLs

<b>Contaminación</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Benceno	0.0042	0.0036	0.0031	0.0027	0.0024
CO	3.19	3.01	2.74	2.42	2.14
HC	0.39	0.34	0.29	0.25	0.22
NOx	18.75	17.83	16.83	15.69	14.6
PM <sub>10</sub>	0.63	0.5	0.4	0.31	0.26

Fuente: Elaboración Propia. Datos: Stuart et al. 2010

Tabla 5: Media anual de las emisiones (g/milla) de los autobuses después de la implementación de las MLs en los carriles de peaje dinámico

<b>Contaminación</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Benceno	0.0039	0.0034	0.0029	0.0025	0.0022
CO	2.97	2.8	2.56	2.25	1.99
HC	0.36	0.31	0.27	0.23	0.21
NOx	18.97	18.04	17.02	15.88	14.77
PM <sub>10</sub>	0.63	0.5	0.4	0.31	0.26

Fuente: Elaboración Propia. Datos: Stuart et al. 2010

Las tablas muestran la media de las emisiones por cada año entre los años 2005 y 2009 por cada vehículo que ha circulado en los carriles de la autopista I-95. A parte de analizar la media de las emisiones de cada año, las tablas también diferencian los distintos tipos de emisiones y los analizan independientemente. Estas emisiones se miden mediante los gramos de dicha emisión que un vehículo produce por cada milla viajada. Las tres primeras tablas se centran en las emisiones provocadas por los vehículos antes y después de la implementación de las *managed lanes*. Para el escenario de después de dicha implementación, las tablas también diferencian entre las emisiones provocadas dentro de los carriles de peaje dinámico y los carriles convencionales gratuitos. Además, las tablas también analizan las emisiones provocadas por los autobuses antes y después de la implementación de las *managed lanes*. Esta información es relevante ya que los autobuses juegan un papel importante, debido a que la implementación de las *managed lanes* suele conllevar el incremento de dicho servicio y con ello se debe de tener en consideración las emisiones que esto puede llegar a provocar.

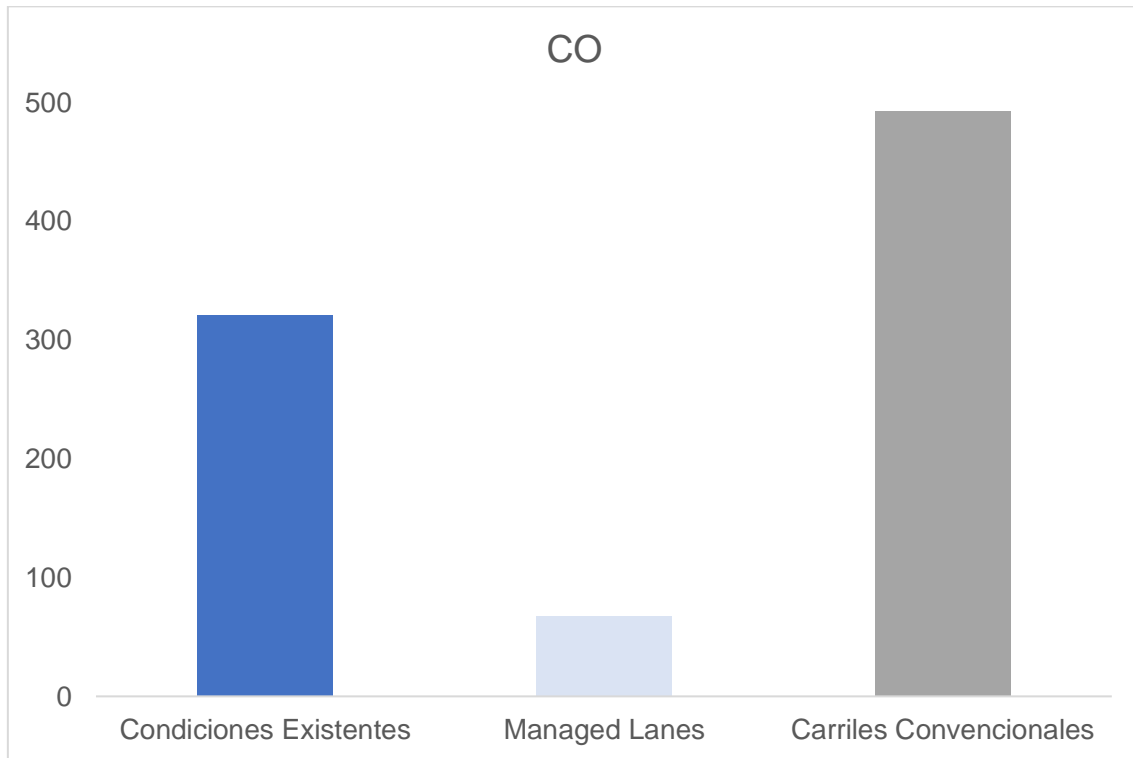


El estudio presentó mejoras en la velocidad de los vehículos gracias a la implementación de las *managed lanes*, sobre todo en las horas punta por la tarde, donde la gran mayoría de los conductores vienen de sus puestos de trabajo y se dirigen a sus casas. Los autobuses presentaron un descenso en la duración de su trayecto de unos nueve minutos debido a la mayor fluidez del tráfico. En cuanto a las emisiones contaminantes, presentan un pequeño incremento en dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno, las partículas de materia tanto sólidas como líquidas y el benceno; mientras que los hidrocarburos (HC) presentan un pequeño descenso en las estimaciones. Los autobuses en este caso se estiman que van a reducir su contaminación provocado por la implementación de las *managed lanes* en una autopista. El estudio también muestra una reducción de las emisiones en la zona norte, debido a la distribución espacial de las emisiones contaminantes provocado por la reducción de atascos en la carretera. Con ello se evita que se junten un gran número de vehículos que provocan un alto grado de contaminación que es causado por los constantes acelerones que se producen en un atasco (Stuart et al. 2010).

### **7.1.2. Autopista I-4**

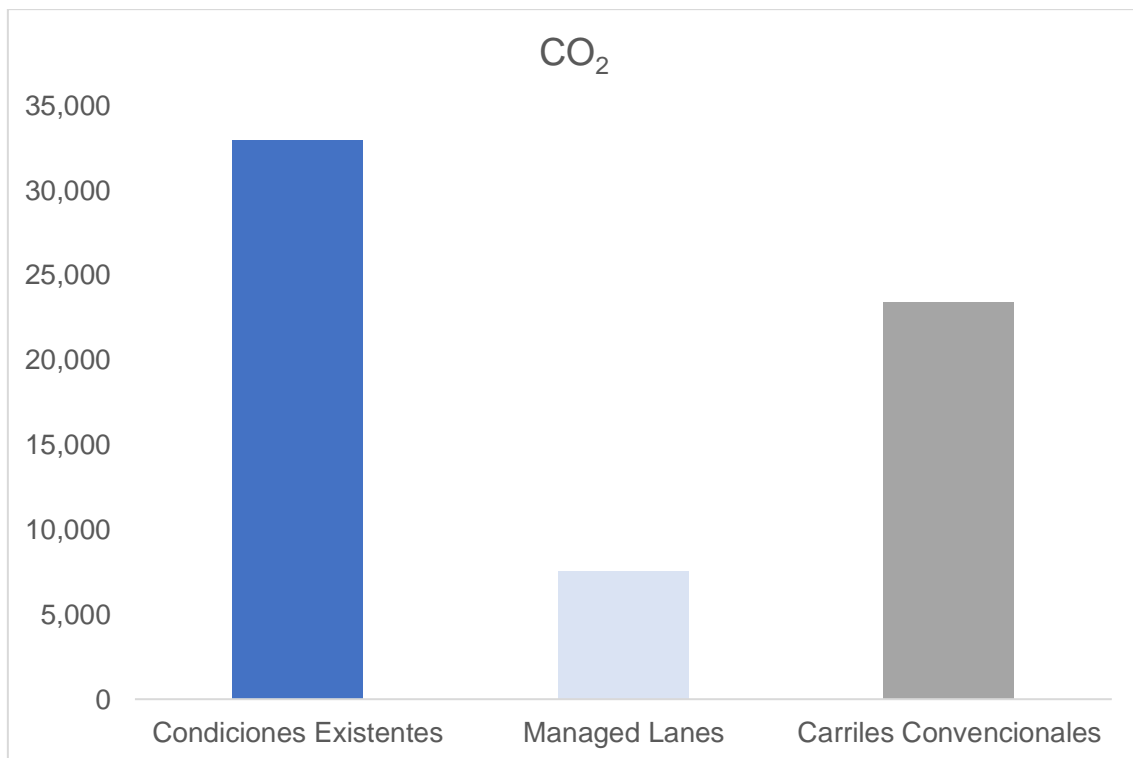
La autopista I-4, situada en Florida, que une Tampa y Daytona Beach tiene una longitud de unos 212 kilómetros y el tramo que abarca las *managed lanes* mide unos 11 kilómetros. El Departamento de Transporte de Florida comparó los resultados obtenidos de las condiciones existentes antes de implementar los carriles de *managed lanes* y los resultados, al ya haber implementado estos carriles tanto en los propios de pago como en los carriles convencionales gratuitos. Las emisiones que se han medido para todos los casos son monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), partículas de menos de 2.5 µm de diámetro (PM<sub>2.5</sub>) y partículas de menos de 10 µm de diámetro (PM<sub>10</sub>). Como se puede observar en las figuras, el comportamiento de las emisiones son parecidas a las mostradas en la I-95 (Abou-Senna, 2012).

Figura 1: Emisiones contaminantes de CO (kg) en I-4



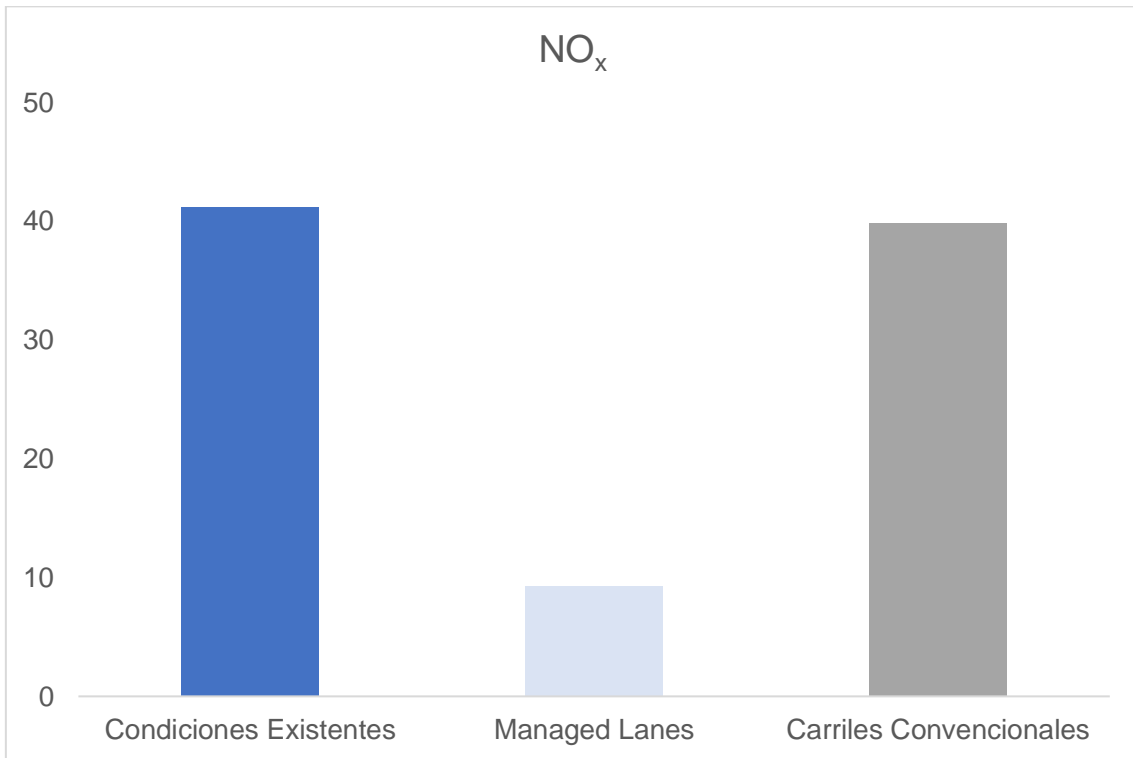
Fuente: Elaboración Propia. Datos: Abou-Senna, 2012

Figura 2: Emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub> (kg) en I-4



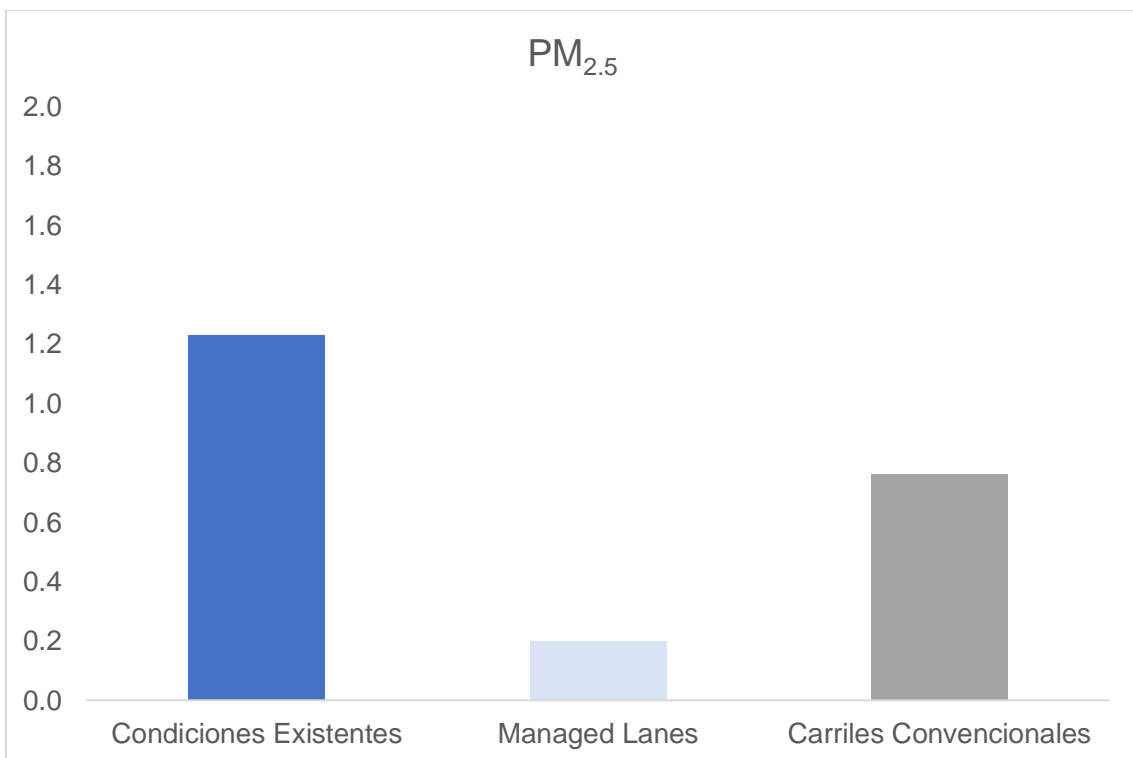
Fuente: Elaboración Propia. Datos: Abou-Senna, 2012

Figura 3: Emisiones contaminantes de NO<sub>x</sub> (kg) en I-4



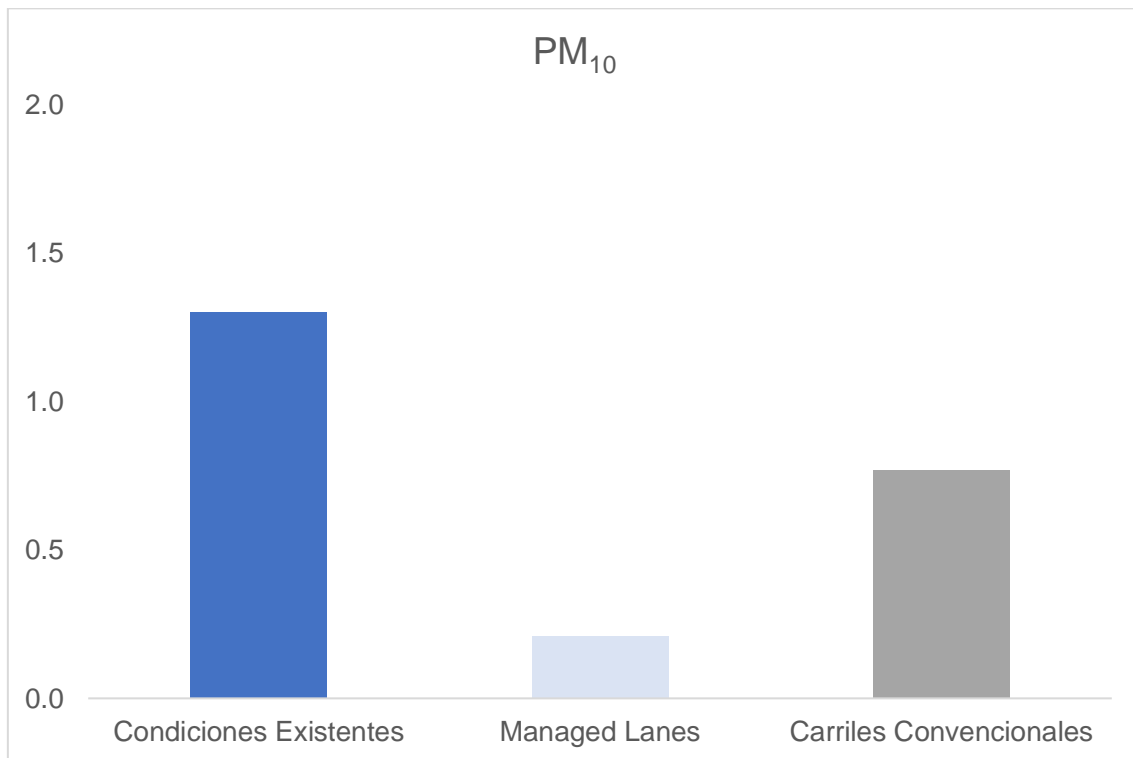
Fuente: Elaboración Propia. Datos: Abou-Senna, 2012

Figura 4: Emisiones contaminantes de PM<sub>2.5</sub> (kg) en I-4



Fuente: Elaboración Propia. Datos: Abou-Senna, 2012

Figura 5: Emisiones contaminantes de PM<sub>10</sub> (kg) en I-4



Fuente: Elaboración Propia. Datos: Abou-Senna, 2012

Estas figuras muestran las emisiones provocadas por los vehículos en la I-4 antes y después de la implementación de las *managed lanes*. Cada una de las figuras muestra la media de cada vehículo de las emisiones de un gas diferente en kilogramos, habiendo elegido los más importantes y representativos a la hora de analizar las emisiones de los vehículos en una carretera. La primera columna de cada figura muestra las emisiones en la autopista antes de la construcción de las *managed lanes*, es decir, las emisiones cuando no existían carriles de peaje dinámico y los conductores únicamente tenían la opción de viajar por los carriles convencionales y gratuitos. La columna del medio y de la derecha en cada figura suma la combinación de las emisiones provocada después de la construcción de las *managed lanes*. La columna del medio muestra exclusivamente las emisiones en los carriles de peaje dinámico, mientras que la columna de la derecha se limita a mostrar las emisiones provocadas por todos los vehículos que no han decidido viajar por los carriles de pago y han preferido utilizar los carriles convencionales y gratuitos para su desplazamiento.

Con la información mostrada anteriormente, podemos observar que el total de las emisiones ha descendido en los escenarios de CO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>; mientras que en los escenarios de CO y NO<sub>x</sub> el total de las emisiones ha ascendido si sumamos las emisiones provocadas por las *managed lanes* con las de los carriles convencionales y los comparamos con las emisiones resultantes de las condiciones existentes en cada escenario. En el caso de CO, su incremento se debe a que el consumo de monóxido de carbono es más alto cuanto mayor sea la velocidad de los vehículos; que suele ser relativamente alta en las *managed lanes* debido a la velocidad mínima que se impone en esos carriles. Consecuentemente, la velocidad de los carriles convencionales también se incrementa debido a la reducción de la congestión provocado por el alivio que proporcionan las *managed lanes* (Abou-Senna, 2012).

### **7.1.3. Autopista I-85**

La I-85 es una autopista interestatal que une los estados de Alabama y Virginia y tiene una longitud de 1,072 kilómetros. El Instituto de Tecnología de Georgia llevó a cabo un estudio para determinar la viabilidad de la implementación del sistema de *dynamic tolling* mediante unas *managed lanes* de unos 24 kilómetros de longitud ubicados en la entrada de la ciudad de Atlanta. El estudio llevado a cabo tiene propósitos muy similares a los descritos anteriormente para la I-4 y la I-95. Este sistema de peaje dinámico se implementó en el año 2012. Las *managed lanes* consiguieron tras su implementación descender el número de vehículos que circulan en la autopista en un 6.6% durante las horas punta de la mañana y en un 2.9% durante las horas punta de la tarde (Guensler et al. 2013).

El proyecto de conversión de la I-85 no supone la construcción de nuevos carriles, sino que consiste en convertir los carriles HOV-2 en carriles HOV-3 y en *Single Occupancy Vehicles* (SOVs) dispuestos a pagar un peaje por utilizar los carriles; lo que viene siendo lo mismo a unas *managed lanes*, ya que también utiliza los sistemas de *dynamic tolling* y tiene los mismos criterios para cobrar los

peajes establecidos. Para calcular el impacto medioambiental relacionado con las emisiones de los vehículos, se miden las variaciones de tráfico, las características de los vehículos (como edad y clase de los mismos) y la velocidad. Como en los casos descritos anteriormente, se tienen en cuenta emisiones de los vehículos como monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), partículas de menos de 2.5 μm de diámetro (PM<sub>2.5</sub>) y partículas de menos de 10 μm de diámetro (PM<sub>10</sub>); que son los distintos agentes utilizados comúnmente para medir el grado de contaminación que cierta carretera provoca en una zona determinada (Kall et al. 2007).

Para medir las emisiones, se utiliza para un escenario base y un escenario futuro en el que ya están implementadas las *managed lanes*. Estas emisiones se calculan de la siguiente manera:

$$\frac{ME}{h} = \frac{VMT}{h} * CER$$

Donde:

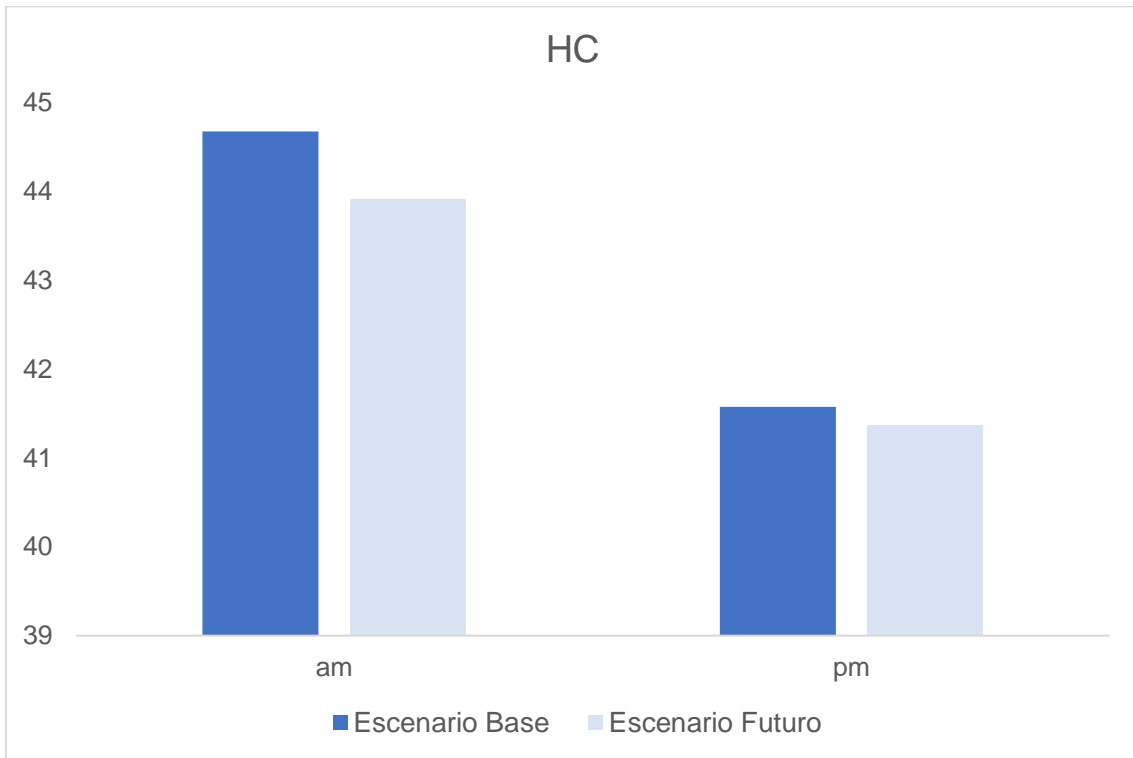
*ME/h*: emisiones (g/h)

*VMT/h*: millas viajadas hora por cada vehículo

*CER*: ratio de composición de emisiones

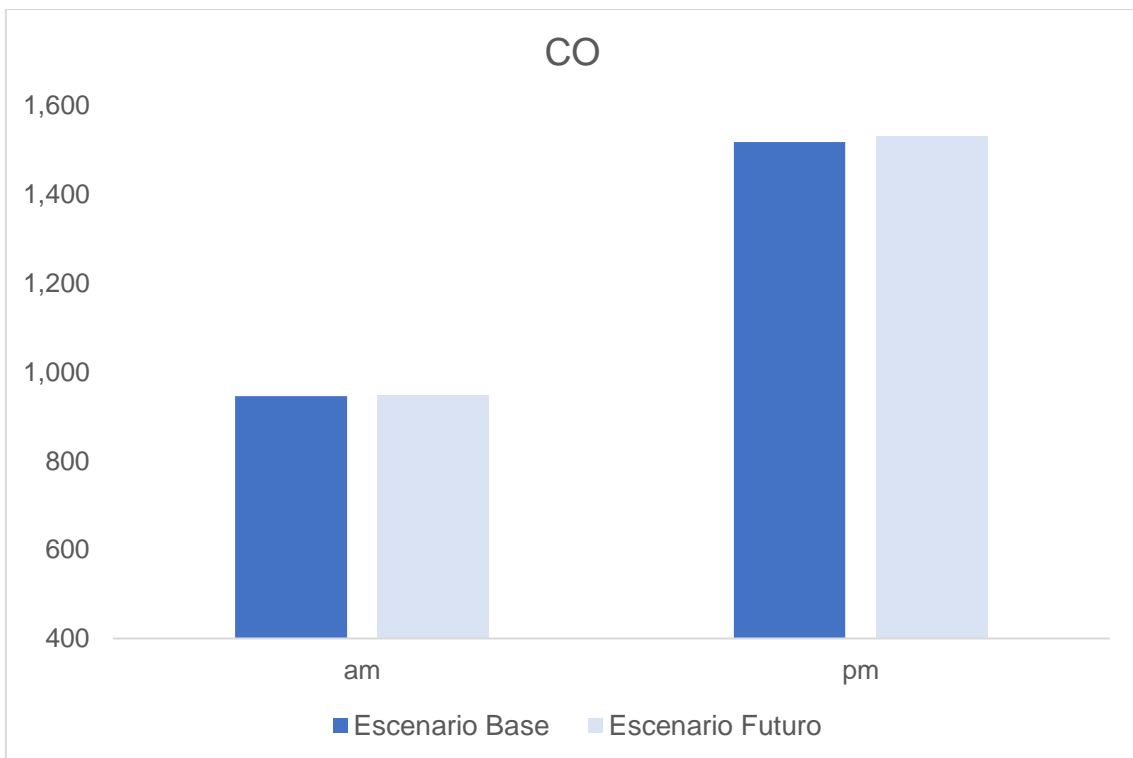
Con esta fórmula, se miden las distintas emisiones de los vehículos tanto en las horas punta de la mañana como de la tarde para los diferentes escenarios; tanto en el caso de las emisiones antes de la implementación de las *managed lanes* como después, donde ya se pueden llegar a ver las consecuencias en las emisiones provenientes de los vehículos que circulan por estas autopistas. Los resultados se ven reflejados en las figuras a continuación:

Figura 6: Emisiones contaminantes de HC (kg/h) en I-85



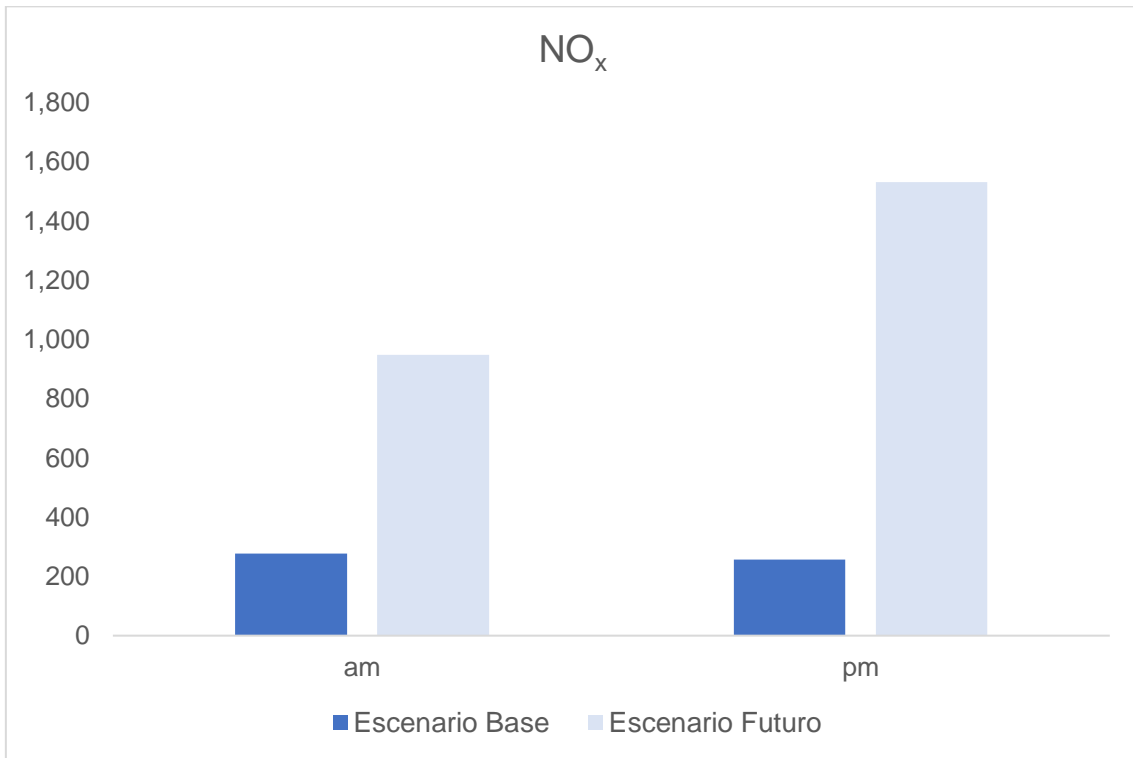
Fuente: Elaboración Propia. Datos: Kall et al. 2007

Figura 7: Emisiones contaminantes de CO (kg/h) en I-85



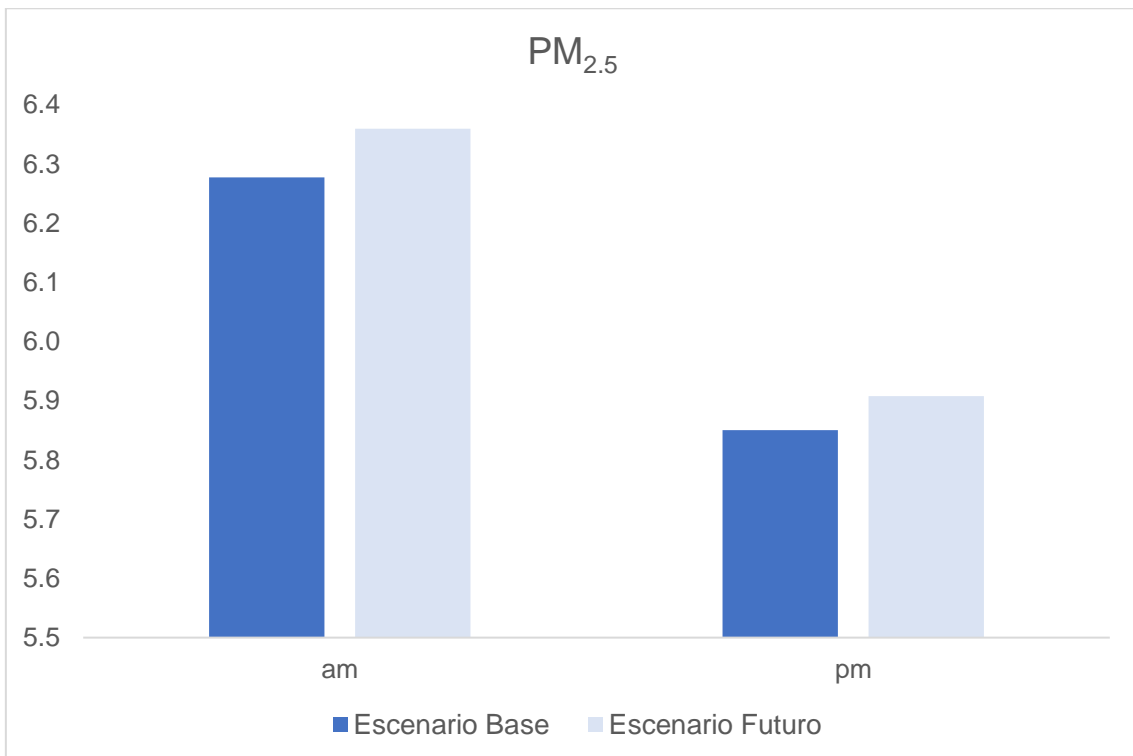
Fuente: Elaboración Propia. Datos: Kall et al. 2007

Figura 8: Emisiones contaminantes de NO<sub>x</sub> (kg/h) en I-85



Fuente: Elaboración Propia. Datos: Kall et al. 2007

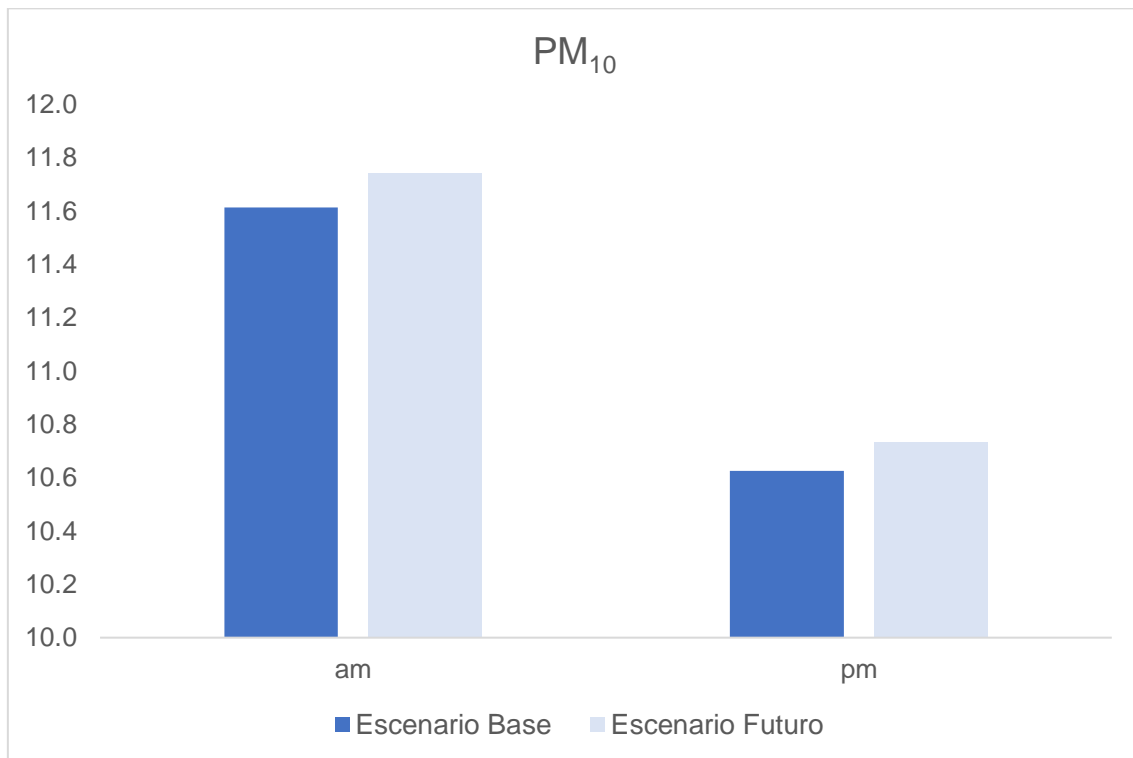
Figura 9: Emisiones contaminantes de PM<sub>2.5</sub> (kg/h) en I-85



Fuente: Elaboración Propia. Datos: Kall et al. 2007



Figura 10: Emisiones contaminantes de PM<sub>10</sub> (kg/h) en I-85



Fuente: Elaboración Propia. Datos: Kall et al. 2007

Estas figuras representan la media de las emisiones de cada vehículo en kilogramo hora, tanto en el escenario base como en el escenario futuro; además de diferenciar las horas punta de la mañana como de la tarde. El escenario base representa las condiciones en la autopista I-85 antes de la construcción de las *managed lanes*; donde los conductores no tenían la opción de circular por carriles de peaje dinámico pero si por carriles HOV-2, en los que se les permitía circular por ellos si el vehículo en el que viajaban tenía dos o más ocupantes. Sin embargo, el escenario futuro representa las emisiones que los vehículos provocan después de la implementación de las *managed lanes*, donde los conductores tenían la opción de circular por los carriles de peaje dinámico o por los carriles convencionales. En consecuencia, las columnas del escenario futuro incluyen tanto las emisiones de las *managed lanes* como los carriles convencionales gratuitos.

Las figuras muestran incrementos pequeños provocados por las *managed lanes* en todas las emisiones NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> excepto HC; que muestra

un descenso en sus contaminaciones. Estos descensos se engloban en las estimaciones de las emisiones de vehículos que aseguran una buena calidad del aire para las personas; con lo que estas emisiones no violan los límites establecidos por las Leyes Federales de Conformidad en Estados Unidos. Sin embargo, el descenso en los hidrocarburos tiene un efecto neto mayor que los incrementos de los otros agentes; con lo que la predicción de emisiones generales de vehículos desciende gracias a la implementación de las *managed lanes*. Además, hay que tener en cuenta que estas predicciones tienen en consideración el aumento de la distancia recorrida por vehículo, que está tendiendo a crecer debido al mayor número de vehículos y sus mayores distancias recorridas, y el aumento de edad de vehículos que provocan una mayor contaminación atmosférica (Kall et al. 2007).

## **7.2. Análisis de los resultados obtenidos**

Aunque no todas las categorías de emisiones en una autopista concreta se reducen a causa de la implementación del proyecto de las *managed lanes*, sí que se reducen las que resultan de mayor importancia para el medioambiente e incluso para nuestra salud. Es por ello que el resultado obtenido de la medición de emisiones provenientes de los vehículos en autopistas antes y después de la implementación de las *managed lanes* es positiva.

Los resultados obtenidos son muy convincentes en los extraídos de la autopista I-95, ya que muestra un descenso en la mayoría de sus indicadores. Al reducirse la mayoría de los gases contaminantes emitidos por los vehículos después de la implementación de las *managed lanes*, es deducible que los resultados son positivos. Sin embargo, en las estimaciones de los resultados en las autopistas I-4 e I-85, cabe destacar que la mayoría de los resultados empeoran tras la implementación de las *managed lanes*. Esto no provoca necesariamente el considerar como no beneficioso para el medioambiente a este tipo de proyectos, ya que los resultados que muestran que hay emisiones que sí que disminuyen a causa de las *managed lanes* son de mayor importancia tanto

para el medioambiente como para la salud de las personas que las otras emisiones. En el caso de la I-4, el único valor que disminuye es el del monóxido de carbono, y en el caso de la I-85 el único valor que disminuye es el de los hidrocarburos. Al haber únicamente un valor que desciende, mientras que el resto de valores ascienden debido a las *managed lanes*, es comprensible, pero incorrecto, pensar que estos proyectos no son buenos para el medioambiente.

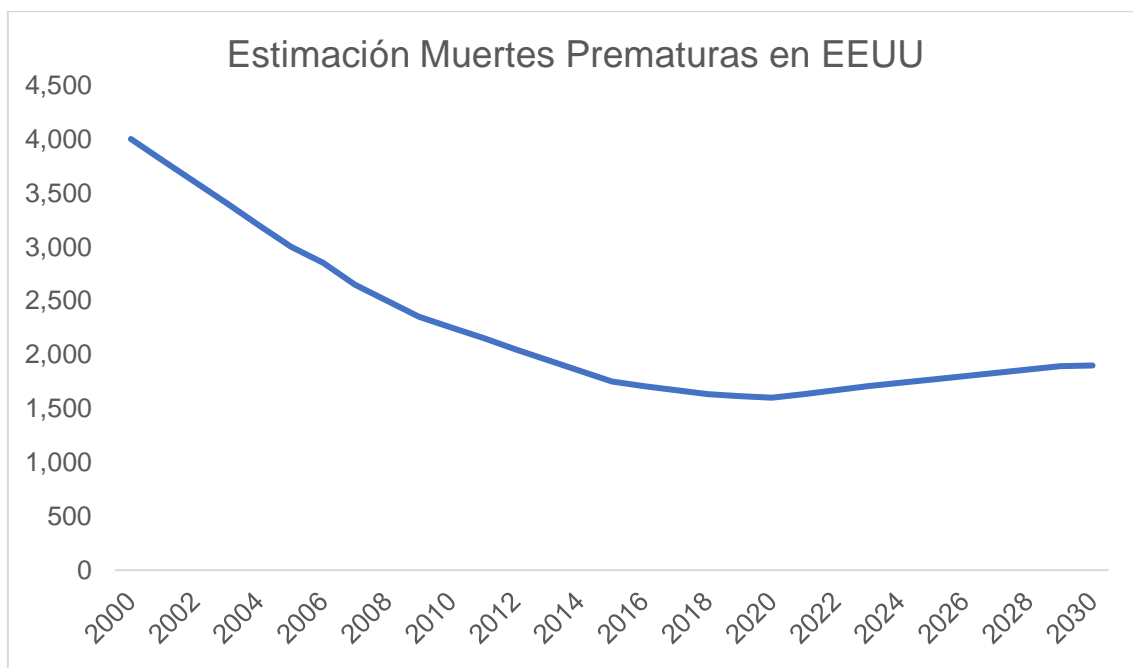
Estos resultados son especialmente importantes para inversores que buscan tener un cartera que contribuya, o por lo menos no empeore, el mantenimiento de nuestro entorno en un estado habitable. En ello reside que las compañías tengan en cuenta el importante papel que lleva a cabo el ESG. La comunicación de estas medidas provoca legitimidad y satisfacción a los *stakeholders* de una empresa. Para que los *stakeholders* perciban estas consideraciones por parte de la empresa de cuidado al medioambiente y de las personas, es igual de importante la comunicación como el hecho de tener y llevar a cabo estas consideraciones. Por ello es indispensable tener en cuenta los resultados obtenidos de las series descritas anteriormente y ponerlas en contexto para que de verdad consigan tener la importancia que merecen (Odriozola & Baraibar-Diez, 2016).

No solo asume importancia el compartir estas actuaciones con los *stakeholders*, sino que también con los clientes. En este caso, los clientes de un proyecto de *managed lanes* serían los conductores, que al comunicarles que utilizando estos carriles ayudan a la reducción de la contaminación atmosférica tienden a estar más conformes con su utilización. El propósito social que esto conlleva se traduce en la atribución de credibilidad y confianza en la compañía. Este propósito social también afecta al propósito económico de una empresa, ya que al incrementar la satisfacción y confianza de esta en sus clientes y *stakeholders*, se consigue incrementar sus ventas de una forma muy efectiva (Odriozola & Baraibar-Diez, 2016).

### 7.3. Consecuencias de la contaminación en la salud

A parte del impacto medioambiental anteriormente descrito causado por la emisión de gases contaminantes, estas emisiones también tienen un grave impacto en la salud de las personas que conviven en el entorno de las mismas. A causa de estos gases contaminantes emitidos por vehículos, unas 3,000 personas fallecieron de forma prematura únicamente en los Estados Unidos en el año 2005. Aunque la fecha sea algo desactualizada, es coherente asumir que esta cifra desciende a lo largo de los años debido a la modernización de los vehículos que lleva a una mayor eficiencia y menor contaminación. Sin embargo, este descenso no será constante, sino que a partir del año 2020 comenzará un ligero ascenso causado por el incremento de la población que lleva al mayor uso de vehículos; como se puede observar en la figura a continuación. Estas muertes fueron causadas por unas 1.2 millones de toneladas de óxido de nitrógeno aproximadamente, unas 34,000 toneladas de dióxido de azufre y unas 23,000 toneladas de partículas emitidas de menos de 2.5  $\mu\text{m}$  de diámetro por vehículos durante un año (Levy et al. 2010).

Figura 11: Estimación de muertes prematuras por contaminación en EEUU



Fuente: Elaboración Propia. Datos: Levy et al. 2010

La figura presenta la curva mostrada debido al comportamiento de la cantidad de emisiones que se expulsan a la atmósfera. Las emisiones por cada milla recorrida por vehículo de óxido de nitrógeno entre los años 2005 y 2030 tienen una estimación de descender un 86% en autopistas, mientras que las partículas emitidas de menos de 2.5  $\mu\text{m}$  de diámetro por cada milla recorrida por vehículo tiene una estimación de descender un 64% y un 24% en el caso de dióxido de azufre en el mismo periodo de tiempo. En cuanto al porcentaje de las emisiones atribuible a la mortalidad prematura en el año 2030, el 24% es atribuible a óxido de nitrógeno, el 27% se puede relacionar con dióxido de azufre y el restante 49% con las partículas emitidas de menos de 2.5  $\mu\text{m}$  de diámetro (Levy et al. 2010).

Las emisiones, y en consecuencia las muertes prematuras, descienden de tal manera debido a la tendencia de las empresas a invertir en el anteriormente mencionado ESG. Compañías como las automovilísticas incluyen el ESG cada vez más en sus planes de negocio, lo que les lleva a reducir las emisiones que sus vehículos producen.

## 8. Conclusión

El problema de las carreteras congestionadas en las grandes ciudades afecta a un gran número de personas, tanto a aquellas que utilizan las carreteras congestionadas frecuentemente como aquellas que viven en una ciudad y respiran el aire contaminado; provocado por parte por las emisiones de los vehículos en las carreteras. La congestión va a tender a subir debido mayormente al aumento de la población en las ciudades, que lleva a un incremento en la utilización del vehículo privado que consecuentemente deriva al aumento de las congestiones. El aumento del uso del vehículo privado también se va a ver acentuado por la reciente crisis provocada por el COVID-19, que debido a la forma de transmisión del virus incita a no hacer uso del transporte público para así evitar contagios; al menos en un corto periodo de tiempo hasta que se consiga encontrar una vacuna.

En este trabajo hemos podido observar el comportamiento inicialmente negativo de la población ante la implementación de los carriles de pago; sin embargo, una vez que esta población comprueba la efectividad de estos carriles, esta reacción tiende a convertirse en positiva tanto para los usuarios de estos carriles como los de los carriles convencionales. Con ello podemos destacar la necesidad de medidas como estas, debido al constante incremento en la población y en consecuencia en el uso de los vehículos y en las congestiones que provocan en las carreteras.

El coste atribuible a la congestión, evidentemente se puede reducir mediante la reducción del tráfico en las carreteras. Al conseguir esto, las *managed lanes* son medidas más que válidas para ahorrar dinero tanto al Gobierno como a los habitantes de un país. Esto demuestra que no solo atendiendo a las reacciones sociales se llegan a considerar como viables a estos proyectos, sino que también en cuanto a los beneficios económicos que estas infraestructuras generan y que deben de aceptarse e implementarse en las grandes ciudades y sus suburbios.

En cuanto al impacto medioambiental, probablemente el aspecto más importante para muchas personas, compañías y gobiernos; estas infraestructuras han demostrado tener un impacto positivo. Consiguen reducir considerablemente las emisiones malignas para el medioambiente de los vehículos, así favoreciendo la conservación de nuestro entorno y el planeta en el que habitamos. Además, la reducción de la contaminación también lleva a la mejora de la calidad del aire, lo que provoca un descenso en las enfermedades y en las muertes prematuras provocadas por estas emisiones. Es por eso que podemos destacar la influencia positiva que tienen las *managed lanes* tanto para la salud de las personas como para el medioambiente.

La efectividad de este proyecto se ha demostrado en países como los Estados Unidos de América y Canadá. Aunque hayan sido tan exitosos en esos países, primero hay que llevar a cabo estudios para determinar si la población en países como los europeos estarían preparados a asumir la necesidad de pagar por utilizar un cierto bien como es el de las autopistas de entrada a ciudades. Esto es por que la mentalidad de las personas en la Unión Europea tiende a ser diferente a las de las personas en los países norteamericanos y es difícil prever si van a utilizar estos carriles o no.

La creciente población que las ciudades y sus suburbios tienen que soportar, lleva a las administraciones a buscar e implementar nuevas medidas para que puedan seguir siendo habitables y el uso del transporte privado sea factible. Se han analizado y probado un gran número de estos proyectos que intentan enfrentarse a tales problemas que parecen inevitables; sin embargo, pocos proyectos han resultado ser tan beneficiosos económica, medioambiental y socialmente como lo son las *managed lanes*. Es por eso que se pueden considerar como una opción viable y aconsejable en la mayoría de ciudades y países recurrir a las *managed lanes* con el sistema de *dynamic tolling* como medida para solucionar la alta contaminación y la creciente congestión en sus carreteras.

## 9. Bibliografía

- Abou-Senna, H. (2012). *Microscopic Assessment of Transportation Emissions on Limited Access Highways*. University of Central Florida.
- Bento, A. M.; Roth, K & Waxman, A. (2014). *The Value of Urgency. Evidence from Congestion Pricing Experiments*.
- Brent, D. & Gross, A. (2017). *Dynamic Road Pricing and the Value of Time and Reliability*. Wiley.
- Duranton, G. & Turner, M. (2011). *The Fundamental Law of Road Congestion: Evidence from US Cities*. American Economic Review.
- Duuren, E.; Plantinga, A. & Scholtens, B. (2015). *ESG Integration and the Investment Management Process: Fundamental Investing Reinvented*. Journal of Business Ethics.
- Federal Highway Administration. (2010). *"95 Express" – I-95, Miami, FL, HOV to HOT Conversion Project*. US Department of Transportation.
- Guensler, R.; Elango, V.; Guin, A.; Hunter, M. & Laval, J. (2013). *Atlanta I-85 HOV-to-HOT Conversion: Analysis of Vehicle and Person Throughput*. Georgia Department of Transportation.
- Kall, D.; Guensler, R.; Rodgers, M. & Pandey, V. (2007). *Effect of Highway-Occupancy Toll Lanes on Mass Vehicle Emissions. Application to I-85 in Atlanta, Georgia*. Georgia Institute of Technology.
- KPMG (2015). *Managed Lanes: Transaction Strategies from the PPP Forefront*. KPMG.
- Levy, J.; Buonocore, J. & Stackelberg, K. (2010). *Evaluation of the Public Health Impacts of Traffic Congestion: A Health Risk Assessment*. Environmental Health.
- Mostafavi, A.; Abraham, D. & Sullivan, C. (2011). *Drivers of Innovation in Financing Transportation Infrastructure: A Systematic Investigation*. Florida International University Digital Commons.
- Odriozola, M. & Baraibar-Diez, E. (2016). *Is Corporate Reputation Associated with Quality of CSR Reporting? Evidence from Spain*. Corporate Social Responsibility and Environmental Management.



- Pocahontas Parkway (Route 895). *The Toll Road that Failed*.
- Poole, R. & Kenneth Orski, C. (1999). *Building a case for HOT lanes. A new approach to reducing urban highway congestion*. RPPI.
- Rubio, N. (2018). *Managed lanes. Solución innovadora para la gestión urbana*. Revista de Obras Públicas.
- Schmitt, A. (2016). *Private Toll Road Backed by \$430 Million in Federal Funds goes Bust*. Streets Blog USA.
- Shabaniyan, S. (2014). *Advanced Methodologies in Dynamic Traffic Assignment Modeling of Managed Lanes*. Florida International University Digital Commons.
- Sisiopiku, V. & Alnazer, S. (2012). *Determining the Suitability of Freeway Corridors for Managed Lanes Deployment*. International Journal of Engineering Research and Applications.
- Small, K. A.; Winston, C. & Yan, J. (2005). *Uncovering the Distribution of Motorists' Preferences for Travel Time and Reliability*. Econometrica.
- Stuart, A. L.; Lin, P.; Lee, C.; Yu, H. & Chen, H. (2010). *Assessing Air Quality Impacts of Managed Lanes*. Florida Department of Transportation.
- US Department of Transportation (2019). *TIFIA Credit Program Overview*. Transportation Infrastructure Finance.
- Winston, C. & Langer, A. (2004). *The Effect of Government Highway Spending on Road Users' Congestion Costs*. Final Report to the Federal Highway Administration.

### **Páginas Web**

- Bloomberg
- Ferrovial
- 407 ETR Express Toll Route