



Trabajo Final de Ingeniería Industrial

“Estudio de Sustentabilidad del Metrobus de la Av. 9 de Julio”

INTEGRANTES

Agostina Colaizzo – LEGAJO 50578

María Belén de Arbelaz – LEGAJO 49018

DOCENTE GUIA

IVAN VILABOA

FEBRERO 2015

Resumen

El presente trabajo tiene por objeto determinar, analizar y evaluar metodológicamente la estructura del sistema de movilidad a lo largo de la Avenida 9 de Julio, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, como base para la definición de indicadores y proyecciones que permitirán determinar la sustentabilidad a largo plazo de los proyectos involucrados dentro del corredor, haciendo especial hincapié en el Metrobus.

El en corredor 9 de Julio se implementó recientemente un sistema de transporte tipo BRT (Bus Rapid Transit), mejor conocido localmente como Metrobus, con el objetivo de paliar los crecientes inconvenientes sufridos por los usuarios a la hora de trasladarse a lo largo de esta avenida. Si bien la incorporación de este corredor para tránsito exclusivo de buses generó significativas disminuciones en el tiempo de viaje para atravesar la ciudad de Norte a Sur, la creciente demanda provocada por aumentos en la densidad poblacional en la zona y por traspaso de pasajeros de un tipo de movilidad privada a una pública, presenta el interrogante de cuál será el plazo dentro del cual este proyecto seguirá siendo viable, y hasta cuándo el mismo continuará representando una solución al problema.

El equipo de trabajo decidió hacer foco en la viabilidad del proyecto Metrobus a largo plazo, por ser este tipo de movilidad pública la que mayor volumen de pasajeros transporta, y donde mayores impactos pueden producirse para disminuir los tiempos de traslado. Sin embargo, también se consideraron otros tipos de movilidad tanto públicos como privados, tales como autos particulares y taxis, aunque simplemente con el objetivo de presentar un marco dentro del cual el sistema funciona.

Asimismo, el análisis de las futuras inversiones necesarias para hacer del Metrobus un proyecto sustentable a largo plazo, junto con la determinación de parámetros de análisis que permitirán evaluar su desempeño, sirven de sustento para alcanzar el objetivo del presente trabajo, que incluye el desarrollo de un modelo de simulación en el cual, mediante la introducción de valores de índole empírica, puede verse y evaluarse el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo, permitiendo evitar su saturación, y habilitando la ejecución de acciones preventivas que permitan que este tipo de movilidad siga representando una solución al problema de transporte de pasajeros en este corredor con el pasar de los años.

Executive Summary

This investigation seeks to methodologically identify, analyze and evaluate the structure of the mobility system throughout 9 de Julio Avenue, in Buenos Aires, Argentina, as a step for the definition of effective indicators and projections that will enable future decision-makers to favor the long term sustainability of the transit-related projects involved in this avenue, specially focusing on Metrobus.

A BRT (Bus Rapid Transit) mobility system has recently been implemented along 9 de Julio Avenue, locally referred to as Metrobus. The main objective of this project is the mitigation of the growing drawbacks with which users have to deal with on a daily basis, when travelling through this corridor. Even though the launch of this bus-exclusive corridor along the avenue has significantly reduced travel times for users, the demand increase, fueled by growth in population density levels around the area and by the transfer of users from private mobility systems to public ones, raises the question regarding how long will this project remain viable and whether it actually represents a true and effective solution for the transportation system in this area.

Our team focused on the study of the long-term feasibility of the Metrobus Project, since it has the highest number of users, thus making the positive impacts of travel-time reductions much more significant. Nevertheless, in the aims of presenting a realistic framework for the system under analysis, other types of mobility, both public and private, such as cars and taxis were also considered.

In addition, the analysis of future investments needed to ensure the Metrobus Project's long-term sustainability, together with the determination of parameters that will enable the evaluation of the system's development, contribute to achieving the goal of the present study, which involves the creation of a simulation model in which, through the input of experimental values, the behavior and evolution of the transportation system can be assessed, allowing the early detection of critical situations, and most of all, preventing it's saturation. This will ultimately serve as a tool to make the Metrobus Project a financially viable, sustainable and useful long-term solution for the public transportation problems throughout 9 de Julio Avenue.

Contenido

1. Introducción	9
1.1 Contextualización	10
1.2 Metrobus vs. Sistema de Transporte de Colectivos Previo.....	11
1.3 Análisis del Beneficio Percibido.....	13
1.4 ¿La solución ideal?	15
2. Dinámica de Sistemas.....	23
2.1 Introducción a la Dinámica de Sistemas	23
2.2 Diagrama de la Simulación en PowerSim.....	26
2.3 Definición de variables	27
2.4 Definición de Stocks y Flujos	28
2.5 Supuestos del modelo	29
3. Simulación y Escenarios	33
3.1 Escenario de Inversión a Corto Plazo	33
3.1.1 Evolución del Tiempo de Recorrido para Tramos de Ida o Vuelta	34
3.1.2 Cantidad de Pasajeros Diarios	34
3.1.3 Flujo de Colectivos por Carriles Exclusivos.....	36
3.1.4 Flota de Metrobus.....	37
3.1.5. Flujo de automóviles por la Av. 9 de Julio.....	38
3.2 Escenario a largo plazo.....	39
3.2.1 Tiempo por tramo según inversión en unidades	39
3.2.2 Cantidad de Pasajeros Diarios en el Sistema	40
3.2.3 Evolución del Flujo de Colectivos Instantáneo.....	41
3.2.4 Evolución de la Flota de Colectivos	41
3.2.5 Flujo Diario de Automóviles en la Avenida 9 de Julio	42
3.3 Inyección de Capitales en Metrobus Av. 9 de Julio.....	43
3.3.1 Tiempo por Tramo tras la Ampliación del Sistema	44
3.3.2 Preferencias de los Pasajeros luego de la Inversión	44
3.3.3. Flujo de colectivos.....	45
3.3.4 Evolución del Tamaño de la Flota de Colectivos.....	46
3.3.5. Flujo Diario de Automóviles en la Av. 9 de Julio	47
4. Análisis de Sensibilidad	49
4.1 Comportamiento de los Pasajeros variando el Máximo de Colectivos por Carril.....	50

4.2	Mínimo de Pasajeros beneficiados por el Metrobus en 20% de Reinversión.....	51
4.3.	Tiempo por Tramo Máximo en cada Escenario.....	52
4.4	Evolución del Flujo de Colectivos Instantáneo, para el Máximo fijado	53
4.5	Evolución de la Flota de Colectivos	53
5.	Flujo de Fondos y Viabilidad Económico-Financiera del Proyecto.....	55
6.	Conclusiones y Reflexiones Finales	66
7.	Anexos	68
	Anexo I. Endeudamiento del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires	68
	Anexo II. Desarrollo Sustentable	70
	Anexo 3. VAN y TIR.....	72
	Anexo IV. Sistemas BRT alrededor del mundo.....	74
8.	Bibliografía	78

1. Introducción

Este trabajo busca proponer una solución que permita minimizar y amortiguar algunos de los muchos y variados problemas que plantea el actual sistema de movilidad urbana en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Diariamente, ingresa a la ciudad un flujo de personas que duplica la población estable de la Ciudad, saturando los servicios y la capacidad del sistema actual de transporte dentro de la traza urbana.

En particular, la Ciudad de Buenos Aires presenta hoy, en la Av. 9 de Julio, un revolucionario medio de movilidad y transporte metropolitano, un BRT (Bus Rapid Transit) que ha sido implementado en diferentes ciudades a lo largo de todo el mundo.

Los ciudadanos que deben atravesar dicho corredor a diario, sufrían con anterioridad a esta nueva modalidad los excesivos tiempos de viaje, así como las congestiones, la deficiente interconexión entre los distintos puntos de la ciudad, la contaminación del aire, y la inseguridad.

Cabe preguntarse, entonces, si el nuevo modo de movilidad representa la solución adecuada para este punto neurálgico de la Ciudad de Buenos Aires, como lo es la Av. 9 de Julio. Además surgen variados interrogantes acerca de cómo evolucionará este medio de transporte a corto y largo plazo, cómo será la interacción con el entorno que lo rodea, y principalmente cómo resultará el proyecto en cuanto a su sustentabilidad y viabilidad económico-social.

Bajo esta premisa se basa la motivación principal para abordar este trabajo profesional, y para presentar ante el Gobierno de la Ciudad un estudio que le permita a éste tomar decisiones, re-orientar su enfoque y delimitar ciertos agentes que pueden impactar negativamente en la evolución del proyecto implementado. Requerirá además que el Gobierno de la Ciudad se proponga hacer un relevamiento detallado y profundo de algunos parámetros, con los que podrá alimentar el modelo y obtener resultados tan específicos como lo deseara.

Existen además ciertos factores exógenos que desean modelizarse, tales como la creciente demanda de los usuarios en lugar, tiempo y forma, y con mayor nivel de confort, que hacen que el sistema implementado pueda ser fuertemente *Atractivo* como *Detractor* para el perfil de pasajeros.

Si bien este proyecto no pretende resolver todos los problemas que pueden presentarse en un sistema tan complejo como lo es una ciudad, se propone encontrar una visión integral que permita ver el comportamiento global del sistema, sus principales repercusiones y la complejidad de los agentes con los que interactúa.

1.1 Contextualización

El concepto de “movilidad sustentable” constituye, hoy en día, un pilar de vital importancia dentro de las grandes ciudades del mundo. La “movilidad sustentable” engloba un conjunto de procesos y acciones orientadas para conseguir como objetivo final un uso racional de los medios de transporte.

Las ciudades en América Latina han liderado la implementación de Sistemas de Transporte Público Masivo de Autobuses tipo BRT (definidos de esta manera de acuerdo al término en inglés Bus Rapid Transit) que se encuentran alineados al concepto de “movilidad sustentable”. El número de ciudades de América Latina que ya han invertido en este tipo de proyectos supera las 45, representando el 63,6% de la cantidad de pasajeros de transporte BRT a nivel mundial.

La puesta en práctica de los sistemas de transporte tipo BRT en América Latina arranca a mediados de la década del '70, siendo el primero implementado en la ciudad de Curitiba, Brasil.

Como resultado de esta implementación, puede desprenderse la conclusión de que el éxito del sistema BRT puede incrementarse a través de la concentración del desarrollo del suelo a lo largo del eje del sistema de transporte público masivo, y que este sistema puede fomentar activamente el desarrollo del suelo.

El tipo de desarrollo urbano que debe darse alrededor de un sistema de transporte tipo BRT resulta un factor fundamental a la hora de diseñar la distribución de estaciones y terminales. Debe haber una comprensión profunda de la estrategia de crecimiento regional, y debe establecerse como objetivo la concientización de la población que utilizará el servicio, y el fomento del uso del mismo, alimentando el éxito en su implementación.

La implementación del Metrobus dentro de la ciudad de Buenos Aires en 2011, nace como parte del plan de Movilidad Sustentable del Gobierno de la Ciudad, en busca de una solución a la ineficiencia del transporte público y la ausencia de infraestructura de una metrópolis a la que acceden diariamente 6 millones de personas.

El Metrobus replica el sistema de Bus Rapid Transit (BRT), implementado previamente en grandes capitales americanas, europeas y asiáticas. Este sistema permite ofrecer un servicio de altas prestaciones para transporte público, y tiene como objetivo combinar los carriles exclusivos de autobuses con un corredor central de estaciones para lograr el rendimiento y la calidad de un tren ligero o un sistema de metro, con la flexibilidad, el costo y la simplicidad de un sistema de autobuses.

El primer sistema de BRT dentro de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires se inauguró el 31 de Mayo de 2011, constando de un único corredor a lo largo de la Avenida Juan B. Justo entre los barrios de Liniers y Palermo. En 2013, se habilitaron dos nuevos corredores de carriles exclusivos para colectivos: el primero sobre el recorrido de la Avenida 9 de Julio y el segundo, al sur de la ciudad, uniendo la estación Plaza Constitución con el Puente La Noria.

A pesar de las controversias sembradas principalmente por cuestiones políticas, son varios los beneficios que ha traído el Metrobus al transporte dentro de la Ciudad de Buenos Aires. Dentro de estos beneficios, podemos destacar la reducción en tiempo de viaje, el incremento en la capacidad, la confiabilidad del servicio, la organización del tráfico, la imagen, la disminución de costos en combustible y el menor impacto ambiental. Por mencionar algunos números, el Metrobus Juan B. Justo benefició a 150.000 pasajeros con una reducción de 45% en el tiempo de viaje; mientras que Metrobus 9 de Julio obtuvo un aumento de 25% de usuarios por la mejora en la calidad del servicio y por una reducción promedio de 40 minutos en el tiempo de viaje.

1.2 Metrobus vs. Sistema de Transporte de Colectivos Previo

En esta sección se busca realizar una comparación entre el sistema de transporte público de colectivos previo y posterior a la implementación del Metrobus 9 de Julio. Se buscará, mediante indicadores a determinar, analizar cuáles fueron los beneficios de esta nueva modalidad de transporte, para luego, junto con análisis posteriores, determinar si efectivamente este proyecto representa una solución a largo plazo del problema de transporte que existe hoy en día en la Ciudad de Buenos Aires, para atravesarla utilizando la avenida previamente mencionada.

La introducción del Metrobus como sistema integral, con sus cuatro ramales, suscita algunas menciones particulares. Aproximadamente el 70% de las personas que se transportan en la Ciudad de Buenos Aires lo hacen utilizando el sistema tradicional de colectivos. La puesta en marcha del proyecto Metrobus tuvo impacto sobre 600.000 personas, muchas de las cuales viajaban utilizando la antigua modalidad de colectivos, por lo que hoy han cambiado sus hábitos de transporte. Debe resaltarse que la implementación del Metrobus acarreó un aumento en la demanda que oscila entre el 25 y el 30%, que afortunadamente había sido previsto en el diseño inicial.

Volviendo al proyecto Metrobus 9 de Julio, puede decirse que éste representó, sin duda, una revolución por medio de un proceso de reingeniería del sistema de transporte de colectivos en la Ciudad de Buenos Aires. Previo a su implementación, algunas líneas de subte (en especial la línea C, que une Retiro con Constitución y cuyo recorrido se superpone con este ramal de Metrobus en un tramo) se encontraban operando muy por encima de su capacidad de servicio. La puesta en marcha del Metrobus contribuyó significativamente a aliviar esta situación. Así como también favoreció a miles de usuarios que debían utilizar vías alternativas de transporte, a menudo teniendo que hacer combinación de dos o más colectivos para transportarse de una terminal a la otra.

El Metrobus 9 de Julio logró unificar el servicio de 11 líneas de colectivo que antes circulaban por las avenidas Cerrito y Carlos Pellegrini a sus costados. Pero no es sólo la unificación de los servicios lo que generó un impacto positivo en el sistema de transporte; deben considerarse también aspectos como el impacto ambiental, la reducción en el uso de combustible, la accesibilidad para personas con movilidad reducida, y la seguridad vial.

En relación a este último punto, los análisis de desempeño indican que el Metrobus 9 de Julio mejoró la seguridad vial del área, viéndose reducida la cantidad de siniestros. Fundamentalmente debido a la especialización de la avenida por la que circula. Al circular los colectivos por el centro, en carriles exclusivos, separados de otros vehículos, se eliminó la necesidad de sobrepaso, factor influyente en la siniestralidad. Además, el corredor generó mayor bienestar en los choferes, reducción de estrés, por lo que también mejoró su conducción. A modo de ejemplo, la línea 34 redujo su cantidad de siniestros mensuales de 44 a 4. Pero la seguridad vial también se aplica a los peatones. Previo a la implementación del proyecto, estos aguardaban al colectivo en veredas estrechas y en mal estado, estando en una posición totalmente vulnerable frente a cualquier inconveniente de tránsito.

A partir de la puesta en marcha del Metrobus 9 de Julio, las paradas pasaron a transformarse en estaciones confortables, ofreciendo un refugio accesible y seguro, y equipadas con cámaras de seguridad, pantallas que brindan información en tiempo real y servicio de WiFi. Esto también favoreció significativamente a los pasajeros con movilidad reducida, tales como embarazadas o discapacitados, que con el nuevo sistema pueden aguardar la llegada del colectivo en un lugar seguro, y totalmente equipado para su ascenso y descenso de las unidades de transporte.

Abordando el asunto del impacto ambiental, puede afirmarse que la puesta en marcha del proyecto Metrobus 9 de Julio mejoró significativamente la cantidad de emisiones de dióxido de carbono al ambiente, e incorporó 414 nuevos árboles al corredor circulación, totalizando 1854 árboles distribuidos a lo largo de toda la avenida en cuestión. Adicionalmente, la implementación de este ramal disminuyó la emisión de dióxido de carbono en 5612 toneladas anuales. Otro dato significativo, es la reducción en el consumo de combustible de tanto colectivos como automóviles. Se estima que la merma en estos parámetros fue del 25% y 10% respectivamente a partir del inicio de funcionamiento del proyecto. Las imágenes mostradas en el *Gráfico 1.2.1* y el *Gráfico 1.2.2* a continuación sirven como ilustración de las mejoras previamente mencionadas:

Antes:



Gráfico 1.2.1 Situación previa al proyecto Metrobus 9 de Julio.

Después:



Gráfico 1.2.2 Situación actual en carriles exclusivos del Metrobus.

1.3 Análisis del Beneficio Percibido

A continuación se procederá a realizar un análisis para cuantificar el ahorro de tiempo generado a partir de la implementación del Metrobus 9 de Julio.

A partir del 1 de Enero de 2014, el salario mínimo tomó un valor de \$3600 por mes. Estimando 20 días laborables mensuales, y considerando jornadas de 8 horas, el valor por minuto del salario es de \$0,375. Con la implementación del Metrobus, el tiempo de viaje se reduce de 50 minutos a 25 minutos por tramo, es decir, un ahorro aproximado de 50 minutos por día.

Haciendo los cálculos, se obtiene que el tiempo mensual adicional utilizado en viajes sin el Metrobus (cuantificado en dinero de acuerdo al salario básico) es de \$375, siendo el correspondiente valor anual por persona de \$4500. Extrapolando estos datos a los 200,000 usuarios diarios del Metrobus 9 de Julio, se obtiene que el “valor del tiempo adicional” por año asciende a 900 millones de pesos.

Realizando el mismo análisis para un salario de \$10,000 mensuales, y tomando las mismas consideraciones, se obtiene un valor por minuto de salario equivalente a \$1,04. Considerando el ahorro diario de 50 minutos de viaje para los usuarios del Metrobus, el tiempo mensual adicional utilizado en viajes previo a su implementación (cuantificado en dinero de acuerdo al valor salarial) alcanza el valor de \$1,042, siendo su correspondiente valor anual de \$12,500 por persona. Extrapolando este valor a los 200,000 usuarios diarios del Metrobus 9 de Julio, se cuantifica el ahorro anual obteniendo un valor de 2,500 millones de pesos.

Siguiendo el mismo procedimiento para un salario de \$20,000 mensuales, el valor por minuto cuantificado en base al salario arroja un valor de \$2,08, el tiempo ahorrado en viajes mensualmente (cuantificado del mismo modo) tiene un valor de \$2,083, el tiempo ahorrado por persona anualmente se cuantifica en \$25,000, y la extrapolación a los 200,000 usuarios arroja un ahorro anual de 5,000 millones de pesos

Dado que este es un análisis estimativo y ninguna de las tres alternativas por sí sola es un reflejo fiel de la realidad, se procedió a realizar un promedio ponderado de las tres situaciones, asignando las ponderaciones 60% a la primera banda salarial (salario mínimo), 30% a la segunda, y 10% a la tercera.

Realizando los cálculos de promedio ponderado, se obtienen los siguientes valores, considerados representativos para la muestra de 200,000 personas tomada:

- ✓ Valor por minuto (cuantificado en base al salario): \$0,75
- ✓ Valor mensual: \$746
- ✓ Valor anual por persona: \$8,950
- ✓ Valor anual poblacional (200,000 usuarios): \$ 1,790MM

Considerando que las inversiones para realizar el Metrobus de 9 de Julio alcanzaron los \$195MM (millones de pesos), puede a priori decirse que dicha inversión resulta económicamente sustentable en términos del beneficio que representa para la sociedad.

Actualmente, existe un proyecto para realizar cuatro ramales adicionales de Metrobus, en adición a los tres existentes (9 de Julio, Sur y Juan B. Justo), a saber:

- ✓ Metrobus Cabildo: 2,1km de extensión, une la Avenida General Paz con Congreso de Tucumán. Involucra a 10 líneas de colectivo, y afectaría diariamente a 175,000 pasajeros.
- ✓ Metrobus Paseo Colón: 2,5 km de extensión, une Plaza de Mayo con La Boca. Involucra a 18 líneas de colectivo, y afectaría diariamente a 225,000 pasajeros.
- ✓ Metrobus Av. San Martín: 5,8 km de extensión, une Juan B Justo y General Paz. Involucra a 7 líneas de colectivo, y afectaría diariamente a 70,000 pasajeros.
- ✓ Metrobus 25 de Mayo: 7,5 km de extensión, une 9 de Julio con la Autopista Perito Moreno. Afecta 180,000 personas diariamente.

Si bien los beneficios de la implementación del Metrobus 9 de Julio son extensos, y los que se vislumbran en los futuros proyectos son prometedores, no bastan por sí solos para determinar si este proyecto es realmente una solución a largo plazo del problema de transporte que existe hoy en día para atravesar la Ciudad de Buenos Aires utilizando transporte público.

1.4 ¿La solución ideal?

Las 17 estaciones que se encuentran situadas a lo largo de los 3 kilómetros que recorre el Metrobus 9 de Julio han sido dispuestas en los carriles exclusivos que se extienden a través de dicha avenida, desde la intersección con Av. San Juan hasta la calle Arroyo.

Resulta oportuno preguntarse en este punto si la implementación del Metrobus ha conllevado la resolución de los problemas cuyas implicancias repercutían en el día a día de los ciudadanos que circulan por la avenida en cuestión.

Por lo pronto puede inferirse, por contraste con la situación anterior, que se ha potenciado la conectividad del Área Central y de los centros de trasbordo de Constitución, Obelisco y Retiro con la región metropolitana; ha mejorado la movilidad así como el régimen de operación del servicio de transporte público de pasajeros al reducir los tiempos de viaje y permitir una mayor regularidad; ha mejorado el ordenamiento y circulación en la Av. 9 de Julio y sus laterales; se está promoviendo el cambio modal desde el auto particular hacia el transporte público y por ende, está mejorando la calidad ambiental del Área Central.

No obstante la cantidad de ventajas que pueden apreciarse, permanece la inquietud acerca de si ha sido ésta la solución óptima para llevar adelante en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Para responder esta pregunta, se realizará un estudio comparando la situación actual con posibles alternativas de transporte que resultaban viables de implementar en la avenida 9 de Julio a la hora de tomar la decisión.

Dado que en la Ciudad de Buenos Aires existen al momento 6 líneas de subterráneo, se plantea como primera opción la posibilidad de haber desarrollado una nueva línea transversal que circulase debajo de la avenida 9 de Julio. En primer lugar, se decidió encontrar el valor del tiempo promedio de viaje por cada kilómetro recorrido a través de un benchmarking con el resto de las líneas de subte. Esto se sustenta en la premisa de que el nuevo subte en cuestión funcionaría de manera semejante a los que circulan en las actuales líneas, y que por ende, no existiría un salto tecnológico respecto a ellos.

Como puede verse en la **Tabla 1.4.1**, el valor obtenido es de **2,59 minutos por kilómetro**.

Línea	Km	# Estaciones	Tiempo (min)	Tiempo (min) /km
A	6,8	14	20,16	2,96
B	10,5	15	22,95	2,19
C	4,4	9	12,96	2,95
D	11	16	26,08	2,37
E	9,6	15	24	2,5
			Promedio	2,59

Tabla 1.4.1. Tiempos y distancias recorridas por actuales líneas de Subte. CABA, Argentina.

Con este valor, y sabiendo que la extensión que debía recorrer este subterráneo de haberse implementado es de 3km; se obtiene un total de **7,77 min** en el recorrido de la 9 de Julio

desde Av. San Juan hasta la calle Arroyo. Este resultado es notoriamente menor a los **25 min** que tarda el Metrobus.

Por lo tanto, si se considera que el mix de pasajeros que utiliza el transporte público está compuesto en un 60% por trabajadores que cobran el salario mínimo mensual de \$3.600, en un 30% por quienes cobran \$10.000 y en un 10% por quienes perciben ingresos de \$20.000, se obtiene un salario promedio mensual de **\$7.160**; lo que equivale a decir que el minuto promedio de los pasajeros que utilizan el servicio ofrecido por Metrobus cuesta **\$0,75¹**. Con este valor cuantificado del minuto del pasajero promedio, se puede obtener un beneficio anual extra de **\$1.233,7MM²** frente al percibido actualmente.

A priori parecería que el subterráneo prometía un beneficio mayor al brindado por el Metrobus, sin embargo falta analizar la inversión requerida para llevar adelante semejante proyecto. Dado que el gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires ha proyectado la construcción de 3 nuevos ramales de subterráneo (líneas F, G, I) con una extensión total de 30km por un costo de 3.600MM U\$S (lo que hoy en día equivale a \$36.000MM³ aproximadamente), se puede estimar un valor promedio de inversión por kilómetro de \$1.200MM de pesos. Trasladando este número a los 3kms necesarios para el trayecto de la 9 de Julio, se llega a un monto total requerido de inversión en moneda corriente de \$3.600MM (360MM U\$S).

A su vez, resulta pertinente aclarar que el gobierno de la ciudad tiene presupuestado un proyecto para mejorar la red actual y poder alcanzar los 3MM de pasajeros por día, con una inversión total de 5840MM U\$S. Este monto proviene de totalizar la ampliación de la red subterránea con 3 nuevos ramales, de mejorar la frecuencia de los ramales existentes, de aumentar el confort de los vagones (instalación de aire acondicionado en los trenes), de optimizar la movilidad, accesibilidad y seguridad. Con esta aclaración se puede estimar que un cierto porcentaje de los usuarios de este medio de transporte se hubiese visto beneficiado con la implementación del subte en lugar del Metrobus⁴.

Un tercio del total de pasajeros atraviesa la 9 de Julio diariamente (en sus distintas estaciones: Diagonal Norte, C. Pellegrini, etc.); de modo que alrededor de 1MM de pasajeros se podrían haber visto beneficiados con este proyecto. No obstante, se puede inferir que los 200.000 usuarios de Metrobus no hubiesen sido necesariamente los mismos que los que hubiesen utilizado el subte. El segmento está bien diferenciado dado que por los carriles exclusivos del Metrobus circulan colectivos cuyas cabeceras se encuentran más allá de los 3km con los que cuenta este medio de transporte, y por lo tanto los pasajeros vienen de distancias mucho más lejanas que las que permite conectar la red de subtes. Es por ello que se le dará un peso mayor al Metrobus en el

¹ Se llega a este número bajo el supuesto de que el pasajero promedio trabaja 8 horas por día, 20 días al mes.

² De los 25 minutos actuales a los 7,77 minutos por tramo de recorrido en subte (ida o vuelta por la 9 de Julio) se ahorran 17,23 minutos. Lo que equivale a \$12,85 por tramo por pasajero – cuyo valor de minuto es de \$0,75. Considerando que el pasajero promedio utiliza el mismo medio de transporte tanto para la ida como a la vuelta (2 tramos), durante 5 días a la semana, 4 semanas al mes por 12 meses; se obtiene un valor de \$6168,34 por pasajero al año. Extendiendo este valor a los 200.000 pasajeros afectados diariamente, llegamos a los \$1.233.668.000.

³ Dadas las vicisitudes en cuanto al tipo de cambio en nuestro país, se tomará un valor aproximado que sea representativo de la realidad.

⁴ Esta afirmación se infiere del supuesto pre-existente de que un nuevo ramal de subte beneficia a un gran porcentaje de los usuarios totales de dicho medio de transporte, ya que les permite acercarse a nuevos lugares.

análisis de comparación de alternativas: éste atiende a un segmento que se encontraba desatendido.

En un contexto donde se evalúa el impacto social de una política de inversión gubernamental, debe ser el ciudadano, el foco del proyecto. En otras palabras, antes de Metrobus el sector se encontraba muy vulnerable, y por ende el impacto socio-económico visto desde un enfoque sustentable resulta cualitativamente más valioso.

Para la comparación de alternativas, durante la evaluación del subterráneo, se reducirá al 10%⁵ el valor del minuto respecto al utilizado en el Metrobus, “penalizando” el subte por el motivo recién mencionado.

Tal como se mencionó con anterioridad en el actual trabajo, **la inversión necesaria para el Metrobus fue de \$65MM por kilómetro, totalizando una suma de \$195MM, y los beneficios anualizados para el total de los usuarios es de \$1.790MM.**

Una manera de evaluar las dos alternativas sería calculando el período de repago simple, considerando el valor de los minutos ahorrados como ingreso en el flujo de fondos.

En el caso del Metrobus, el mismo año de implementación se supera el monto invertido, tal como puede observarse en la **Tabla 1.4.2**

Año 1	
\$	-195
\$	1.790
\$	1.595

Tabla 1.4.2: Flujo de fondos del proyecto de Metrobus al Año 1.

Por otro lado, en el caso del subterráneo, puede verse un beneficio anual de **\$1.512MM**⁶ de manera que el período de repago simple se consigue recién al tercer año de la implementación, como se ve en el **Tabla 1.4.3** con un resultado neto menor al del Metrobus.

Año 1	Año 2	Año 3
\$ -3.600		
\$ 1.512	\$ 1.512	\$ 1.512
\$ -2.088	\$ -576	\$ 935

Tabla 1.4.3: Flujo de fondos del proyecto de subte para los Años 1, 2 y 3.

⁵ Dado que actualmente existen líneas de subterráneos con estaciones en paradas emblemáticas de la 9 de Julio, el beneficio percibido por el pasajero del subte con la aparición de un nuevo ramal no constituye más de un 10% de lo que representa el Metrobus para aquel pasajero que viene desde la provincia de Buenos Aires viajando en colectivo, para quien el beneficio es radical.

⁶ Este número se obtiene de considerar el beneficio percibido por el usuario del subterráneo como un 10% del pasajero de metrobus, es decir se toma \$0,075 por minuto, multiplicado por los 42,23 minutos ahorrados por tramo respecto a la situación inicial de 50 minutos. Esto multiplicado por 2 veces al día, 5 días a la semana, 4 semanas al mes, durante 12 meses para 1MM de pasajeros da el total mencionado.

De los flujos de fondos puede verse una ganancia neta que es un 70% mayor⁷ con el proyecto de Metrobus que con la alternativa planteada. Otra manera de verlo, es encontrar la relación:

$$\frac{\text{Beneficio anualizado}}{\text{Inversión requerida}}$$

Se arriba a la conclusión de que la relación para el proyecto actual de Metrobus es de:

$$\frac{\$1.790MM}{\$195MM} = 9,18$$

Mientras que para la alternativa propuesta es de:

$$\frac{\$1.512MM}{\$3.600MM} = 0,42$$

Si bien por la diferencia en minutos ganados por el subte se había obtenido inicialmente una ganancia extra de **\$1.233,7MM**, en estas nuevas condiciones donde se consideran inversiones y pasajeros afectados, se observa que el Metrobus conlleva una ventaja competitiva respecto de la alternativa propuesta.

En términos de ganancia por cada peso invertido, el Metrobus consigue un 2085% más que el subterráneo. Es importante recalcar que aún no se han realizado evaluaciones de impactos ambientales, de ordenamiento del tránsito o seguridad vial, porque **se está comparando únicamente el indicador más relevante para el corto plazo: el valor del tiempo ahorrado**. No obstante, más adelante se pronosticarán diferentes escenarios a largo plazo, y allí será fundamental tener en cuenta el resto de los indicadores.

Será ahora necesario realizar una comparación con otro medio de transporte diferente a los dos existentes en la Ciudad de Buenos Aires. Por ello, tras hacer un relevamiento de los medios utilizados en algunas de las ciudades consideradas *Smart Cities*, tales como Viena, Berlín y Barcelona, se desarrollará la alternativa de haber implementado un tranvía en lugar del actual Metrobus 9 de Julio.

En las ciudades europeas un tranvía promedio tarda 40 minutos en recorrer 12,8km de extensión, lo que equivale a decir que tiene un tiempo de viaje de 3,13 minutos por kilómetro recorrido. De manera análoga, se infiere que el tranvía que hubiese recorrido la avenida 9 de Julio, a lo largo de sus 3km, habría tardado **9,4 minutos por tramo** de ida o vuelta.

Se puede calcular un beneficio total respecto a la situación inicial de 40,6 minutos ahorrados por recorrido. Considerando las mismas premisas que en la evaluación del Metrobus y del subte, y estableciendo en este caso que el total de beneficiados por este medio habría sido equivalente al total de usuarios del Metrobus 9 de Julio; se obtiene un beneficio total anual de **\$2.923MM**⁸. Es decir, sin considerar costos de inversión se consigue un extra anual respecto a

⁷ (Neto Metrobus-Neto Subte)/Neto Subte=(1595-935)/935=0,7

⁸ El total de pasajeros beneficiados se mantiene en 200.000 porque el tranvía habría sido un punto de conexión en donde los pasajeros de los colectivos que vendrían de provincia harían un trasbordo. Entonces si multiplicamos los

Metrobus de **\$1.133MM**. Sin embargo, tal como sucedió en la alternativa anterior, podría encontrarse que al considerar el número de pasajeros beneficiados y el monto de la inversión requerida, el Metrobus termine siendo la mejor opción.

Respecto a la inversión se encontró que el costo promedio por kilómetro de tranvía alcanza los 20MM de Euros, es decir 60MM⁹ de Euros para los 3km que se precisan en la avenida. Para comparar con los proyectos anteriores, se traslada a dólares considerando una inversión total de \$82,2MM U\$S, lo que equivale a un total de \$822MM (millones de pesos).

Tal como sucedía en el caso del Metrobus, el período de repago simple se alcanza al primer año, como puede verse en la **Tabla 1.4.4** a continuación.

Año 1	
\$	-822
\$	2.923
\$	2.101

Tabla 1.4.4: Flujo de fondos del proyecto de tranvía al Año 1.

En contraste con el flujo de fondos del Metrobus, el neto percibido por este proyecto es un 32% mayor, por lo que a priori parecería ser una mejor alternativa. Para descartar cualquier tipo de falla en este análisis se compara nuevamente la relación:

$$\frac{\text{Beneficio anualizado}}{\text{Inversión}}$$

Obteniéndose un valor de:

$$\frac{\$2.923MM}{\$822MM} = 3,55$$

En este ratio puede verse, que el beneficio de \$3,55 obtenido por peso invertido es menor a los \$9,18 que rinde cada peso invertido en Metrobus. Esto no quiere decir que entonces el tranvía tiene menos alicientes que el Metrobus, ya que la restricción de los 3km y de los tiempos de viaje según cada tecnología impide que se pueda invertir más en Metrobus para obtener el mismo beneficio real del tranvía.

Si bien cada peso rinde más en el proyecto de Metrobus, el beneficio máximo asequible para el total de pasajeros es fijo y es menor al beneficio total obtenido por el proyecto del tranvía. El 32% extra de beneficio de este último proyecto tiene mayor peso y contribuye a elegir este medio como alternativa real, dado que constituye el máximo potencial a obtener como beneficio para los 200.000 usuarios de un medio de transporte en la avenida 9 de Julio.

200.000 usuarios por 40,6 minutos ahorrados, por el tramo de ida más el de vuelta, por la cantidad de días al año obtenemos el beneficio total.

⁹ Se considera la tasa de cambio 1 Euro=1,37 dólares.

Cabe mencionar que si se considera un tiempo medio de **frecuencia entre tranvías de 2,5 minutos**, en el peor de los escenarios los 200.000 pasajeros hacen trasbordo¹⁰ y deben sumar a su tiempo de viaje esos 2,5 minutos.

En este nuevo escenario, el tiempo total requerido por tramo es de **11,4 minutos** por lo que el beneficio total anual es ligeramente menor, alcanzando un valor de **\$2.779MM**, y por lo tanto una ganancia neta luego de descontar la inversión de **\$1.957MM**, que sigue siendo un 22,7% mayor a los \$1595MM netos del Metrobus.

A modo de resumen se presenta el siguiente cuadro donde pueden verse los impactos de los distintos proyectos considerados al momento.

	Sueldo medio mensual	Valor \$/minuto	Minutos por tramo	Pasajeros beneficiados	Beneficio anual	Ganancia neta al año 1
Subte	\$ 7.160	\$ 0,075	7,77	1.000k	\$ 1.511,83	(\$2.088)
Metrobus	\$ 7.160	\$ 0,75	25	200k	\$ 1.790,00	\$ 1.595
Tranvía	\$ 7.160	\$ 0,75	9,4	200k	\$ 2.923,20	\$ 2.101
Tranvía con trasbordo	\$ 7.160	\$ 0,75	11,4	200k	\$ 2.779,20	\$ 1.957

Tabla 1.4.5: Comparación entre los 4 escenarios planteados.

En la **Tabla 1.4.5** puede verse inmediatamente que el beneficio anual percibido por el tranvía es ampliamente mayor a cualquier otro proyecto alternativo. A la hora de realizar una comparación, resulta claro que los medios de transporte que deberán tenerse en cuenta son el tranvía con transbordo (ya que constituye el caso más cercano a la realidad, si esta metodología fuese implementada) y el Metrobus.

Se definen dos maneras de evaluar el proyecto. La primera consiste en situarse en los zapatos del inversor, es decir, del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. En esta situación el indicador que se considerará es el beneficio percibido por cada peso invertido. Es así que se busca comparar:

$$\frac{\text{Beneficio anual}}{\text{Inversión requerida}}$$

La segunda propuesta consiste en ubicarse como ciudadano y evaluar así, el beneficio percibido por éste anualmente, como usuario del servicio.

Con estos dos indicadores se encuentra para el primer escenario, que la opción que maximiza la inversión es el **Metrobus** con un aumento sustancial del 172% vs el tranvía, tal como puede verse en el gráfico a continuación.

¹⁰ El hecho de considerar trasbordo se hace debido a que el tranvía iniciaría su recorrido en la 9 de Julio por lo que los pasajeros deberían llegar allí con otro medio de transporte. En cambio, en el caso del Metrobus es el mismo colectivo que viene desde provincia y comienza a funcionar como Metrobus ni bien ingresa a la avenida.

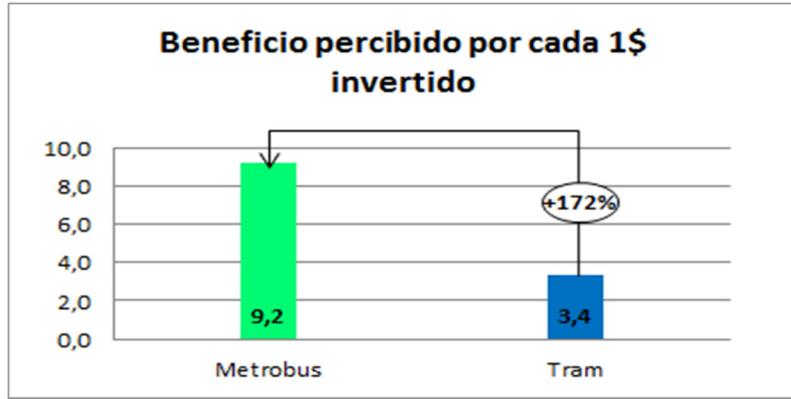


Gráfico 1.4.1: Comparación de retorno de la inversión para Metrobus vs Tranvía.

Para el segundo caso, en donde se observa únicamente el beneficio neto percibido por el ciudadano, se encuentra una mejora del 36% para el caso del tranvía.

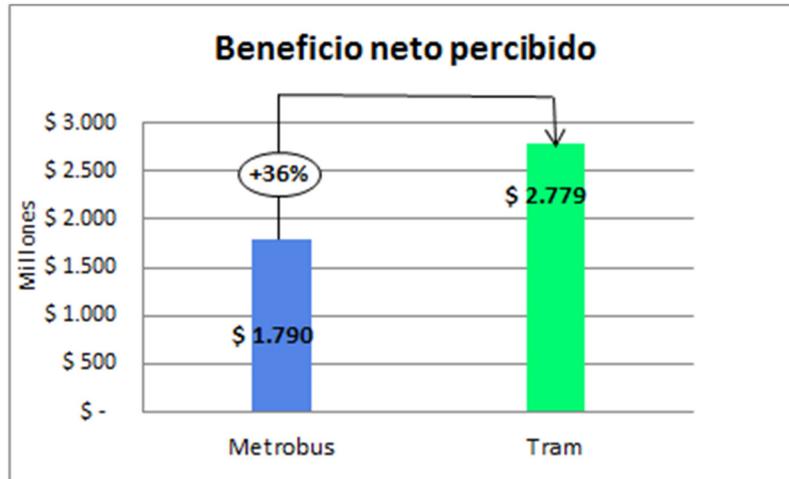


Gráfico 1.4.2: Comparación de Beneficio neto percibido por los ciudadanos para Metrobus vs Tranvía.

Un dato sumamente valioso para destacar es que el tranvía es un sistema de transporte no contaminante. A modo comparativo, el equivalente de pasajeros transportados en un tranvía, genera en 174 autos una emisión directa de 8.248 gramos de CO_2 , en 3 colectivos una emisión de 945 gramos, mientras que el tranvía **no** genera emisiones directas de CO_2 . Además, el sistema de tranvías requiere un 90% menos de esfuerzo que el de tracción por neumáticos. Están contruidos con materiales ligeros que permiten disminuir el nivel de vibraciones y ruidos. Como cualquier elemento electromagnético en movimiento, generan ruido, pero al ser vehículos eléctricos, los decibelios que emiten son menores que los de los vehículos de combustión interna. A su vez, permiten frenar y acelerar con más rapidez y, por tanto, el sistema adquiere una mayor seguridad y velocidad. Finalmente, el bajo centro de gravedad del vehículo reduce la sensación de mareo o movimiento para los pasajeros que lo utilizan.

Con todos estos datos, se llega a la conclusión de que el tranvía es una solución verdaderamente atractiva para el ciudadano así como para el medio ambiente, no obstante

constituye una ventaja desfavorable para el estado que precisa de una solución eficiente y eficaz en un contexto rápidamente cambiante y en el que cuenta con escasos recursos y severos daños a reparar en el corto plazo. Por lo tanto **se considera que el 172% que beneficia al Metrobus en cuanto a su inversión, tiene mayor peso en el contexto actual, que el 36% extra de beneficio que representa el tranvía para la sociedad.** El tranvía sería entonces, una solución efectiva a considerar una vez se hubiere estabilizado la ciudad desde un punto de vista económico-financiero-social.

No obstante, es importante aclarar que con el estudio que se detalla a continuación se buscará entender cómo se comportará el sistema a largo plazo, luego de la implementación del Metrobus, y cómo deberá continuar el proyecto del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en cuanto a reinversiones y nuevas planificaciones se refiere, para evitar la obsolescencia del medio de transporte implementado. Luego se recalculará el Flujo de Inversiones y Beneficios sociales, para entender el análisis realizado en esta sección pero con un foco principal en el largo plazo.

2. Dinámica de Sistemas

2.1 Introducción a la Dinámica de Sistemas

En esta sección del trabajo, se buscará, a través de una simulación, modelizar la evolución del sistema de transporte a lo largo del corredor de la Avenida 9 de Julio, incluyendo en este análisis dos aspectos fundamentales: el comportamiento de los pasajeros frente a variaciones en distintos parámetros operativos y el impacto de la reinversión en el sistema en el desarrollo e incremento de su demanda.

Se buscará aplicar la Dinámica de Sistemas con el fin de encontrar una relación entre los parámetros operacionales y de inversión que definen cuán atractivo es el sistema así como también, el crecimiento de su demanda. El objetivo último es elaborar conclusiones acerca de las políticas idóneas que pueden implementarse para el desarrollo exitoso del sistema.

La Dinámica de Sistemas es una herramienta aplicable a problemas con gran cantidad de variables que surgen en entornos complejos. Utiliza la interdependencia, interacción, retroalimentación y causalidad entre las variables para analizar el comportamiento de un sistema¹¹.

La modelización busca proveer a los agentes interesados un marco de referencia que podrá servir para encontrar, si así desearan, vías de solución precisas para anticipar contingencias que surjan de la evolución natural del sistema. Si bien el análisis en sí mismo no es de carácter empírico, brinda un encuadre teórico que permite visualizar resultados cuantitativos en función de los valores asignados a sus variables.

Cabe aclarar que el enfoque elegido para el estudio contempla tanto la problemática particular del sistema Metrobus 9 de Julio como también el entorno con el que interactúa. Es por eso que no se define este trabajo como un mero pronóstico sino como una herramienta que permite incorporar la complejidad de múltiples variables y la interrelación entre ellas.

Las variables en las que se pondrá especial énfasis son todas aquellas que encuentran numerosos límites a lo largo del tiempo y devienen en una desaceleración del sistema. Dentro de la corriente de Dinámica de Sistemas, esta estructura es conocida bajo el nombre de "*Principio de atractividad*". Este arquetipo tiene una estructura similar al de límites al crecimiento pero su diferencia radica en que éste último encuentra un solo límite a lo largo de la evolución del sistema. El arquetipo toma su nombre del dilema acerca de decidir cuál de los límites enfrentar primero; es decir, qué es más atractivo en términos de beneficio futuro.¹²

A continuación se proporciona un gráfico genérico que sirve como representación básica del funcionamiento del arquetipo "*Principio de atractividad*":

¹¹ <http://www.systemdynamics.org/what-is-s/>

¹² William Braun: *The System Archetypes*.
http://www.albany.edu/faculty/gpr/PAD724/724WebArticles/sys_archetypes.pdf (10/06/2014)

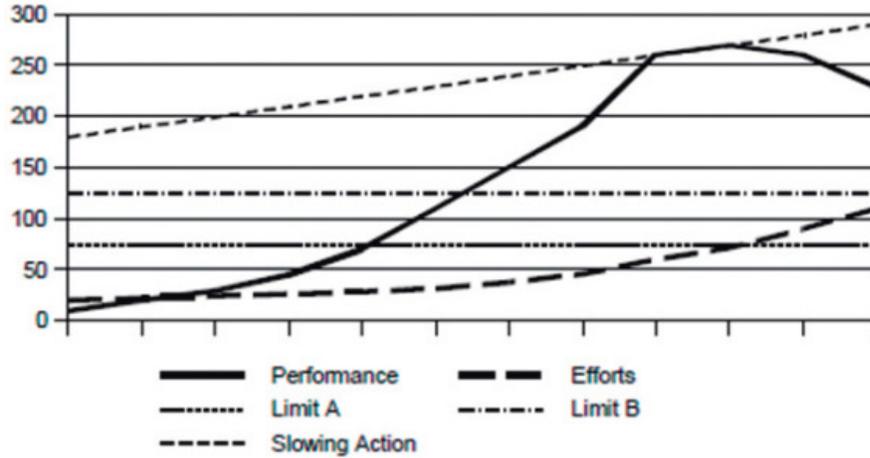


Gráfico 2.1.1: Comportamiento en el tiempo del Arquetipo de Atractividad (Braun)

El diagrama causal elaborado a continuación, muestra cómo se relacionan las principales variables que afectan al sistema en cuestión.

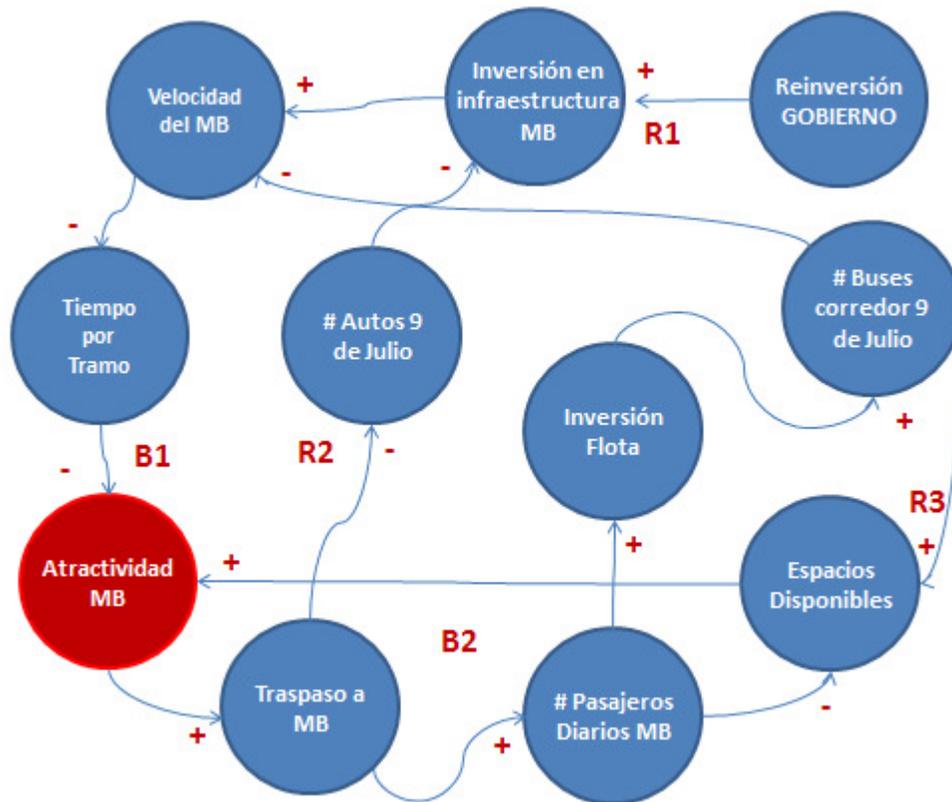


Diagrama 2.1.1: Diagrama Causal

El ciclo R1 (que une las variables Reinversión del Gobierno, Inversión en Infraestructura, Velocidad del MB, Tiempo por Tramo, Atractividad MB) muestra cómo la decisión del Gobierno de

invertir en infraestructura para la Ciudad de Buenos Aires, incrementa la capacidad neta del sistema, y por ende favorece a la disminución en el tiempo de viaje.

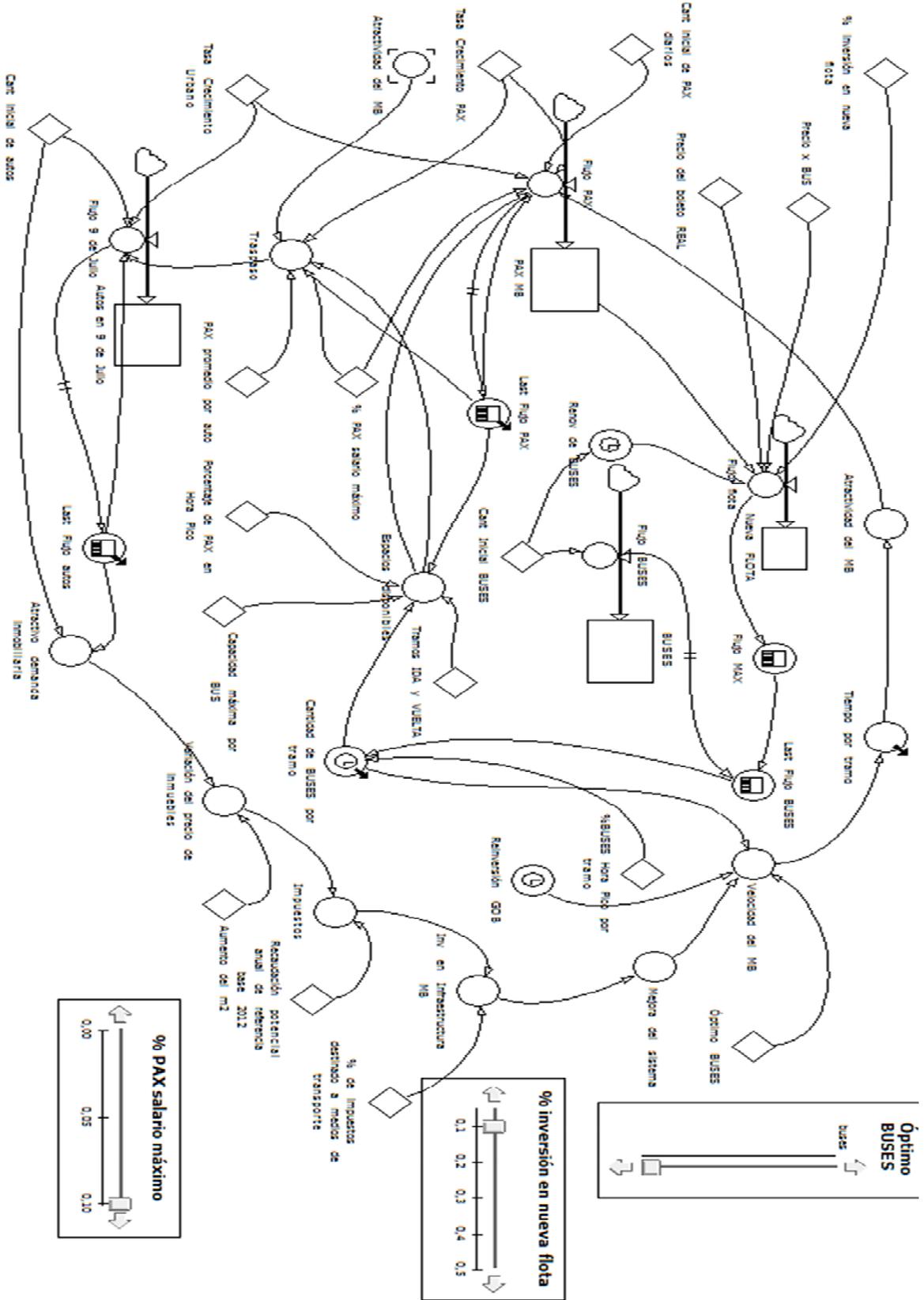
El **ciclo R2** (que involucra las variables Traspaso, Número de Autos en la 9 de Julio, Inversión en infraestructura del MB, Velocidad, Tiempo por tramo, Atractividad del MB) implica un refuerzo de la variable Atractividad tras una disminución en la cantidad de Autos circulando por las vías aledañas al corredor. Esta disminución contribuye a un impacto favorable para la Avenida, trayendo consecutivamente un aumento de la oferta inmobiliaria. Este aumento se traduce a largo plazo en un aumento impositivo y a su vez en una tasa mayor de reinversión para el mantenimiento de la zona. Esta inversión genera un aumento en la capacidad del sistema, impactando directamente en una mejora del tiempo de viaje y por lo tanto, en un incremento de la Atractividad del Metrobus.

El **ciclo R3** (que une las variables Atractividad, Traspaso, Cantidad de Pasajeros, Inversión en flota, Cantidad de Buses en la Avenida 9 de Julio, Espacios Disponibles) es un lazo reforzador ya que el aumento en la cantidad de pasajeros, deviene en un aumento de la Flota de colectivos y consecuentemente deriva en una mayor oferta de Espacios Disponibles para viajar en el Metrobus. Esto implica un aumento directo de la Atractividad del BRT.

El **ciclo B1** (que incluye las variables Atractividad, Tiempo, Velocidad, Cantidad de Buses por corredor, Inversión en flota, Número de pasajeros del MB, Traspaso) es un lazo balanceador ya que la ampliación en flota, repercute en una disminución de la velocidad de los colectivos ocasionada por la restricción de la capacidad del sistema, de esta manera aumenta el tiempo por tramo generando una disminución en la Atractividad del MB.

El **ciclo B2** (que une las variables Atractividad, Traspaso, Número de pasajeros, Espacios Disponibles y Atractividad del MB) logra representar uno de los límites del sistema. Cuando crece el número de usuarios del sistema MB, disminuye inevitablemente el número de espacios disponibles, lo cual repercute negativamente sobre la atractividad, volviéndolo inaccesible. Este ciclo permite visualizar la relevancia de una inversión consistente en el desarrollo del sistema de transporte público a lo largo del corredor, para evitar su saturación. Al saturarse el sistema, habrá menos espacios disponibles, lo que repercutirá sobre su atractividad y sobre la posible inversión posterior.

2.2 Diagrama de la Simulación en PowerSim



2.3 Definición de variables

- ✓ **Tiempo por Tramo** [min]: es el tiempo que tarda un elemento que ingresa al sistema en atravesar el corredor 9 de Julio, desde Arroyo hasta Av. San Juan. Toma un valor mínimo de 25 minutos y un máximo delimitado por la saturación del sistema de 150 minutos.
- ✓ **Atractividad del Metrobus** [adimensional]: depende del *Tiempo por Tramo*. Presenta un punto de quiebre en *Tiempo por Tramo = 50 min*. Es decir, toma valores negativos cuando *Tiempo por Tramo > 50 min* y valores positivos cuando se verifica que *Tiempo por Tramo < 50 min*. El valor de la variable es nulo si se cumple que *Tiempo por Tramo = 50 min*.
- ✓ **Inversión en Infraestructura MB** [ARS/año]: depende de los *Impuestos* percibidos por el Gobierno correspondientes a las propiedades aledañas al corredor, así como del *Porcentaje de impuestos destinados a medios de transporte*. Asimismo, depende indirectamente de la *Variación del precio de los inmuebles* de la zona que se ve afectada, a su vez, por el *Atractivo demanda inmobiliaria*.
- ✓ **Mejora del sistema** [adimensional]: depende de la *Inversión en Infraestructura MB*. Si se verifica que *Inversión en Infraestructura MB = 0* entonces el sistema se deteriora, pasando a disminuir la capacidad máxima del corredor. Bajo la definición de esta variable, subyace la premisa de una reinversión mínima anual, en concepto de mantenimiento del sistema.
- ✓ **Velocidad del MB** [mts/min]: depende del *Flujo BUSES*, es decir, de la cantidad de colectivos circulando en el corredor por día en hora pico. Tiene un valor mínimo en 0 mts/min y un valor máximo determinado por la capacidad del corredor en hora pico. De esta manera, al depender de la infraestructura del corredor (*Mejora del sistema*), depende indirectamente de la inversión en la misma (*Inversión en Infraestructura MB*).
- ✓ **Espacios disponibles** [Pasajeros]: corresponde a la cantidad de espacios disponibles al considerar la totalidad de pasajeros que desean viajar en MB con la capacidad máxima de pasajeros que admite el MB.
- ✓ **Traspaso** [Pasajeros/día]: implica el traspaso de pasajeros de un tipo de movilidad pública a una privada o viceversa. Se asume que viajan tres personas por auto. Depende de los *Espacios disponibles* y de la *Atractividad del Metrobus* que impacta en la *Tasa de aumento de Pasajeros MB* (ya que si *Atractividad del Metrobus < 0*, no hay aumento de pasajeros en el Metrobus). Asimismo la *Atractividad del Metrobus < 0* permite a los pasajeros con capacidades alternativas de traslado, poder efectuar el traspaso (éstos son los pasajeros que perciben el salario máximo dentro de los usuarios del MB – ver sección: *Supuestos del modelo*).

2.4 Definición de Stocks y Flujos

STOCKS

- ✓ **PAX MB** [pasajeros]: representa la cantidad acumulada de pasajeros que utilizan el Metrobus a un momento dado.
- ✓ **BUSES** [colectivos]: representa la cantidad acumulada de colectivos que circulan por el corredor (ida y vuelta) a un momento dado.
- ✓ **Autos en 9 de Julio** [autos]: representa la cantidad acumulada de autos que circulan por el corredor (ida y vuelta) a un momento dado.

FLUJOS

- ✓ **Flujo PAX** [pasajeros/día]: corresponde al flujo de pasajeros diario que utiliza el Metrobus de la Avenida 9 de Julio. Depende del número inicial de pasajeros que utilizaron el Metrobus el día 1 de implementación del Metrobus. A su vez, está asociada a una tasa de crecimiento de pasajeros del Metrobus y a una tasa de crecimiento urbano. Finalmente, el comportamiento del pasajero en cuanto a qué medio de transporte utilizar, está vinculado a la *Atractividad del MB* y a los *Espacios Disponibles*.
- ✓ **Flujo BUSES** [colectivos/día]: corresponde al flujo de colectivos que circula por el corredor diariamente. Depende del número inicial de colectivos que circularon por el corredor el día 1 de implementación del nuevo medio de transporte masivo, tanto para el carril de ida como para el de vuelta. El flujo diario varía según el tamaño de la flota, por lo que indirectamente depende del precio real del boleto (precio consumidor + subsidio) y del *Flujo PAX*. Al considerar estas dos variables se obtienen los ingresos percibidos disponibles para reinversión en flota por parte de las empresas de transporte. Contando con el precio de una unidad de colectivo y con el porcentaje de reinversión de la ganancia neta de las empresas de transporte, se obtiene el total de capital disponible para inversión. Finalmente de este total debe deducirse el monto correspondiente a la renovación de la flota, y recién con el capital restante se puede evaluar la posibilidad de expandir la flota.
- ✓ **Flujo 9 de julio** [autos/día]: corresponde al flujo de automóviles (particulares y taxis) diario que circula por la Avenida 9 de Julio. Depende del número inicial de autos que circulaban por la Avenida el día 1 de la implementación del nuevo sistema de transporte masivo. Asimismo, depende inversamente de la tasa de aumento de pasajeros del Metrobus, de la tasa de crecimiento urbano y del comportamiento de los pasajeros, en consecuencia, depende también de la *Atractividad del MB*, de los *Espacios Disponibles* y del *Traspaso*.

2.5 Supuestos del modelo

La simulación acarrea ciertas premisas que deben ser detalladas a continuación para delimitar el alcance de la herramienta. Para analizar los diversos resultados a la luz de la información que alimenta al modelo, es importante entender que el estudio en cuestión se desarrolla bajo las condiciones más restrictivas del sistema, es decir, en el momento del día en donde se alcanza la limitación actual del corredor de la Avenida 9 de Julio. El cuello de botella empírico del sistema se da en la llamada “Hora Pico”, la cual puede situarse entre las 7:30 am hasta las 10:30 am y entre las 5:30 pm hasta las 8:00 pm.

Los parámetros del modelo están configurados para flujos diarios (de pasajeros, vehículos y colectivos) pero la restricción del sistema está delimitada por el rango horario; por lo que, todas las variables en general serán estudiadas a lo largo del día, con la excepción de la saturación del carril, que se situará en un instante dado del cuello de botella.

Una vez estipulado el rango horario, se puede delimitar la velocidad máxima a la que puede circular en promedio una unidad del MB. Si la modelización se hubiese realizado para otro rango horario, la velocidad máxima habría de ser la establecida por la ley, es decir, 60 km/hora. No obstante, como el sistema se encuentra en su pico diario de demanda, se presupone un óptimo de velocidad para la situación presente.

En otras palabras, ***cualquier incremento de flota de colectivos marginal provocaría una perturbación respecto del máximo actual y generaría una disminución en el tiempo de recorrido por tramo.*** Es acaso este supuesto el más fuerte dentro del caso de estudio, y por lo tanto la premisa básica a tener presente a lo largo de todo el desarrollo.

El tiempo por tramo inicial es de **25 minutos**, por lo que, considerando una distancia de 3km (3000 mts.) por el corredor entre la calle Arroyo y la Av. San Juan, se calcula una **velocidad promedio de 120 mts/min.**

$$\frac{3000 \text{ mts}}{25 \text{ min}} = 120 \text{ mts/min}$$

Es decir, que en el óptimo inicial de ocupación del carril exclusivo un colectivo viaja en promedio a 7,2 km/hora (120 mts/min) en la “Hora Pico”. Dado que al día de la inauguración del Metrobus la flota total de las 11 líneas de colectivo es de 660 unidades, de las cuales 67 unidades se encuentran en el carril a lo largo del recorrido de una unidad que ingresa al corredor hasta que ésta sale, circulando a 7,2 km/hora durante 25 minutos; entonces el 10,1% del total de la flota es el máximo que está circulando en un momento dado por el corredor.

La Av. 9 de Julio, a lo largo del recorrido en el que se encuentra el corredor del MB, es atravesada por 19 calles y 8 avenidas. Considerando un ancho promedio de 8 metros para cada calle y de 16 metros para cada avenida que cruza la Av. 9 de Julio, se obtiene un total de 280 metros neto correspondiente a intersecciones.

$$8 \frac{\text{mts}}{\text{calle}} * 19 \text{ calles} + 16 \frac{\text{mts}}{\text{avenida}} * 8 \text{ avenidas} = 280 \text{ mts}$$

De esta manera, si se excluyen los 280 mts de los 3000 mts (3km) de extensión del corredor, queda un **espacio disponible neto de 2720 mts** para las unidades del MB. En cuanto a éstas últimas, se decidió estandarizar el modelo del vehículo para unificar criterios, por lo que se considera **colectivos simples de 12 mts de largo con capacidad máxima de 70 pasajeros**. Luego, el máximo asequible de vehículos para cada uno de los sentidos de circulación del carril exclusivo (ida o vuelta) es de **226 colectivos**.

$$\frac{3000 \text{ mts} - 280 \text{ mts}}{12 \text{ mts/colectivo}} = 226 \text{ colectivos}$$

En este punto resulta importante mencionar el funcionamiento del corredor, en cuanto a su infraestructura y por ende, a su capacidad. Si bien visualmente el Metrobus de la Av. 9 de Julio cuenta con dos carriles para el tramo de ida y dos para el de vuelta, se diseñó de esta manera para que existiera un carril de circulación y otro de ascenso y descenso de pasajeros. Es por lo tanto, éste, el motivo por el cual al querer calcular la capacidad máxima del corredor, se considera que hay únicamente 2720 mts disponibles y, no, 2720 mts multiplicado por los 2 carriles que a la vista parecieran pertenecer al carril del tramo ida así como al de vuelta.

En un escenario de saturación total del corredor, con 226 colectivos circulando, se estima que el cuello de botella lo determina el semáforo con cruce más corto de toda la avenida. Éste corresponde a un semáforo que dé paso a una avenida (ya que la avenida consta de un tiempo mayor con luz verde que una calle), y por lo tanto el tiempo más corto que regulará la descongestión del sistema será de 40 segundos.

En el peor escenario el alivio del corredor se dará a razón de 1 colectivo/semáforo crítico, por lo que un colectivo que ingresa al sistema tardará **150 minutos** para atravesar la ciudad.

$$226 \text{ colectivos} * \frac{40 \text{ seg}}{\text{colectivo}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 150 \text{ min}$$

Por lo tanto, si se sabe que en caso de encontrarse el sistema saturado con 226 colectivos por carril, el tiempo estimado de recorrido será de 150 minutos; entonces, se puede inferir la velocidad promedio a la que circulará la unidad vehicular.

$$\frac{3000 \text{ mts}}{150 \text{ min}} = 20 \text{ mts/min}$$

Se cuenta entonces con varios datos que serán determinantes para la simulación. Con la infraestructura del corredor actual, los valores de **velocidad promedio** de las unidades del MB se encuentran restringidos entre **20 mts/min** y **120 mts/min**. Por consiguiente, el **tiempo estimado** de duración del tramo ida o vuelta es de **25 min** en el mejor escenario y de **150 min** en el peor.

Tal como se mencionó en la definición de variables clave para la comprensión del trabajo, el comportamiento de los pasajeros es el factor decisivo para el funcionamiento del modelo. Esto se debe principalmente a que el atractivo del medio de transporte masivo está sujeto al tiempo de viaje y a la posibilidad de que haya espacio disponible (es decir, si se viajase más rápido que en cualquier otra vía de transporte pero no hubiera espacio para poder viajar, entonces el Metrobus dejaría de ser una opción viable para el pasajero que aún no frecuenta ese medio).

El comportamiento del pasajero, entonces, será decisivo en cuanto al porcentaje de ocupación del Metrobus. A medida que más pasajeros elijan el medio, más capital disponible habrá para reinvertir en flota, y consecuentemente aumentará a lo largo del tiempo el tamaño de la flota, en mayor o menor medida dependiendo de ciertas decisiones estratégicas tanto de los Empresarios del sector como del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

El incremento de la capacidad del Metrobus en cuanto a pasajeros se refiere, genera, sin embargo, el primer dilema en el comportamiento del pasajero. El aumento de flota genera más espacios disponibles pero condiciona el tiempo de viaje en la "Hora Pico". Surge entonces, un punto de quiebre donde el pasajero tiene la posibilidad de *decidir* qué aspecto priorizar.

La toma de decisión del pasajero que frecuenta el Metrobus es el segundo supuesto con mayor peso dentro del estudio en cuestión. Aquí, el principal foco radica en entender cuánto poder de decisión real sobre el comportamiento de cada pasajero existe, y por lo tanto, para seguir en línea con la sección anterior, se mantiene la segmentación de pasajeros en tres bandas salariales.

Se define como pasajero con capacidad de modificar su comportamiento y de optar por uno u otro medio de transporte, a aquél que se encuentra en la banda salarial más alta. Es decir, *el 10% de los usuarios del Metrobus percibe el salario máximo, y por lo tanto, tiene la posibilidad de optar por un medio u otro.*

Más adelante se demostrará que utilizando el criterio *Ceteris Paribus*, donde se dejan fijos los valores para distintos parámetros del modelo, el resultado del modelo puede o no variar cualitativa o cuantitativamente.

Es importante resaltar cuál es el punto de inflexión que determina el cambio en el comportamiento de los pasajeros. Se considera que la situación previa a la implementación del Metrobus de la Av. 9 de Julio es la que marca la tendencia en cuanto a la segmentación del usuario de los colectivos, ya que el día de inauguración del nuevo sistema, el comportamiento de los pasajeros termina siendo una réplica del día anterior.

El 10% de los usuarios del colectivo tradicional correspondía a la segmentación de la banda salarial más alta, tal como lo es actualmente en el transporte masivo Metrobus. Luego, este pasajero estaba dispuesto a viajar 50 minutos por tramo, y, si bien se ve ampliamente beneficiado al reducirse los tiempos de viaje a 25 minutos, aún continuaría viajando si el tiempo de viaje volviera a ser el mismo de antes. Por esto mismo, se sitúa el punto de inflexión en su comportamiento, al momento en el que dicho tiempo comienza a incrementar por arriba de 50 minutos, y más aún cuanto más se aleja de este punto de inicio. El resto de los usuarios del Metrobus, no tiene la misma posibilidad de elegir y por lo tanto continuará siendo pasajero mientras la capacidad de la flota le permita tomar ese medio de transporte.

Respecto a las elecciones de los individuos, se considera que el usuario es indiferente a la variedad de líneas de colectivos que pertenecen al Metrobus. Es decir, que cada colectivo es igualmente demandado por los ciudadanos cuando se trata del mismo horario.

En cuanto al traspaso de un medio de transporte al otro, se asume que 3 pasajeros viajan en promedio por automóvil.

El tercer supuesto con peso en el presente caso de estudio, se refiere al porcentaje de re-inversión que hacen los empresarios de las líneas de colectivo que circulan por los carriles exclusivos del Metrobus. Se toma un **valor inicial del 10%**, pero se realiza un análisis de sensibilidad para esta variable de decisión de modo de entender cuáles son sus implicancias. Este dato resulta de gran relevancia, dado que marca el ritmo del crecimiento de la flota y por ende, delimita la capacidad del sistema. Por un lado, es destinada en primer lugar a la renovación de la flota según la tasa actual vigente de renovación de unidades, que es de 4 años en promedio para las 11 líneas de colectivo que utilizan Metrobus. En segundo lugar, se utiliza para incorporar nuevas unidades y ampliar el total de la flota. El precio actual de un colectivo es de aproximadamente 1,1 MM ARS debido a ciertos incentivos del gobierno en este rubro¹³.

Si de valores de precios se refiere, es importante aclarar cuál es el precio real percibido por las empresas de las líneas de colectivo respecto al precio que compete pagar al usuario. El precio real en definitiva, se computa como la suma de dos valores: el precio para el consumidor + el subsidio que paga el gobierno. El valor real de cada boleto es aproximadamente 10,5 ARS.

Para la incorporación de nuevas unidades se considera que se adquieren para aumentar la capacidad de transporte en el cuello de botella de demanda, es decir, para mejorar la frecuencia en "Hora Pico" ampliando las 67 unidades. Se usa una demora en tiempo de adquisición de 1,01 colectivos cada 10 potenciales que podrían haberse comprado, extrayendo este dato de la relación entre el total de la flota existente y la que se encuentra circulando en "Hora Pico" al momento de inauguración del Metrobus.

¹³ <http://www.telam.com.ar/notas/201408/73984-plan-financiamiento-colectivos-giorgi.html>

3. Simulación y Escenarios

3.1 Escenario de Inversión a Corto Plazo

Se configura la simulación en el día 1 en el que se inauguró el Metrobus de la Av. 9 de Julio, es decir, el 24 de Julio del 2013, y en una primera corrida se preestablece evaluar el sistema a lo largo de su evolución por aproximadamente 10 años. Considerando éste un lapso de tiempo adecuado para evaluar el comportamiento del sistema sin cambios estructurales y de infraestructura grandes, debidos a reinyecciones de capital considerables por parte del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Entonces, el objetivo primero es entender si el sistema aguanta a lo largo de 10 años sin colapsar, tal como fue diseñado. Por este motivo, se opta por finalizar la corrida el 1 de Enero del 2025, considerando un time-step de un día, ya que los flujos que alimentan los stocks se actualizan diariamente.

Tal como se mencionó en la sección anterior, se realizaron diversas corridas del modelo variando el porcentaje destinado a re-inversión en flota, partiendo de un valor del 10%. Como se puede ver en el gráfico a continuación, la pendiente crece conforme aumenta el valor del porcentaje. Es por este motivo que un valor menor al 10% no resulta relevante para simular. Sin embargo, sí lo es el análisis en casos donde ese porcentaje se ve incrementado.

El caso límite de estudio estará dado por un valor del 30%, ya que con dicho valor se alcanza la saturación de la capacidad del corredor; análogamente, se alcanza el máximo del tiempo de viaje de recorrido de un tramo, que, tal como se mencionó en la sección anterior, es de **150 minutos**. Este valor se alcanza en Octubre del 2023, a los 10 años del inicio del proyecto.

A continuación se puede ver, cómo varía el tiempo de viaje en función de los diversos valores que toma el porcentaje de inversión. El criterio utilizado es *Ceteris Paribus*, donde el resto de los parámetros se mantienen fijos; en particular, el *Porcentaje de Pasajeros que percibe salario máximo*, y que por ende, tiene capacidad para decidir qué medio de transporte utilizar, es el 10% que se condice con el valor utilizado para evaluar la inversión del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires respecto a otras alternativas que se utilizaron anteriormente.

3.1.1 Evolución del Tiempo de Recorrido para Tramos de Ida o Vuelta

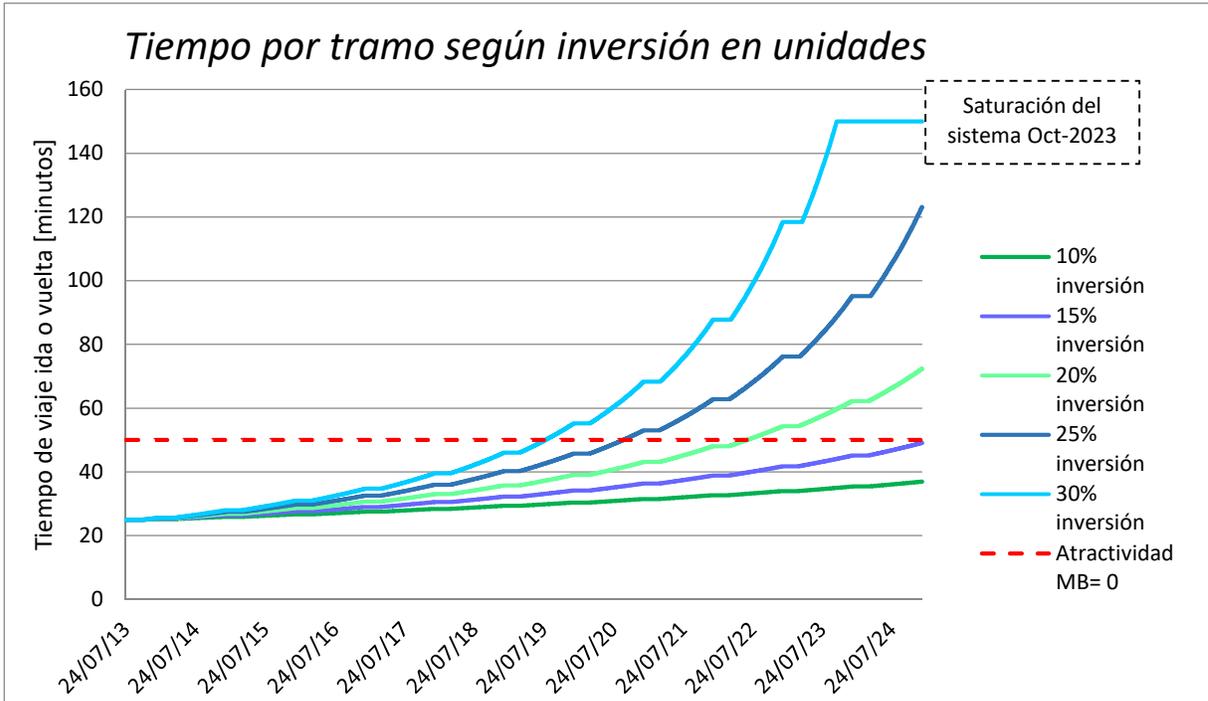


Gráfico 3.1.1: Evolución del tiempo de recorrido para los tramos de ida o vuelta.

En línea punteada se puede ver el punto donde la Atractividad del Metrobus como medio de transporte comienza a ser negativa, por comenzar a alejarse de los 50 minutos de tiempo inicial. Una vez analizado la evolución del *Tiempo de recorrido*, se puede ver la correlación con el *Flujo de pasajeros diario del Metrobus*, también realizando varias corridas variando únicamente el *Porcentaje de inversión*.

3.1.2 Cantidad de Pasajeros Diarios

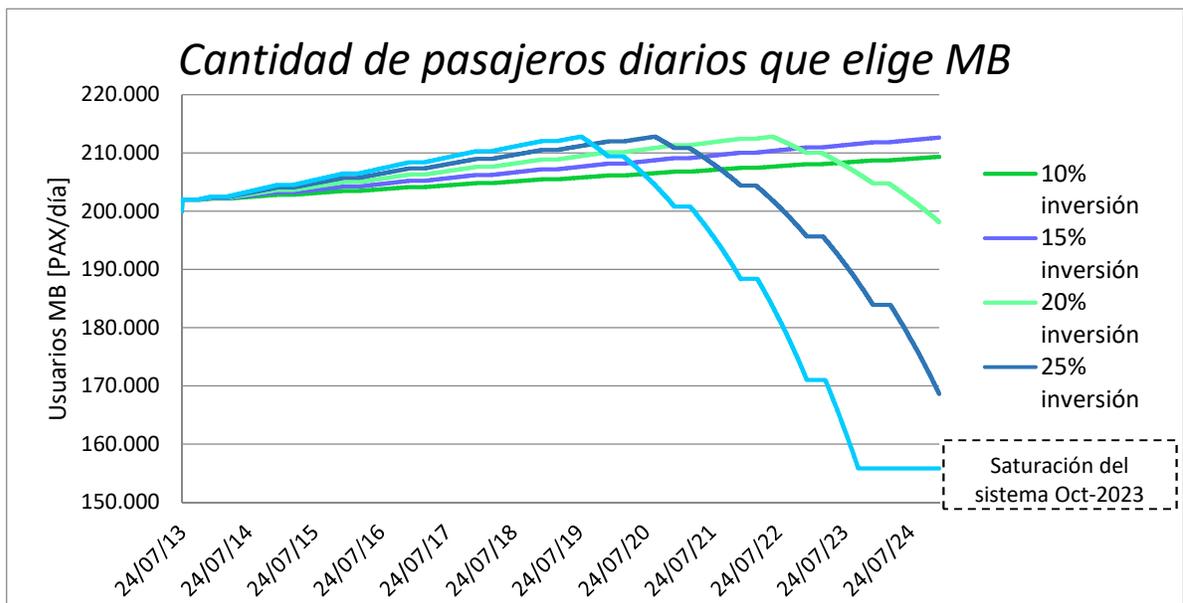


Gráfico 3.1.2: Evolución de la cantidad de usuarios que frecuentan diariamente el Metrobus.

Como se puede apreciar en el *Gráfico 3.1.2*, únicamente con valores inferiores al 20% de inversión en ampliación de flota se pueden conseguir tendencias con continuidad creciente para el flujo diario de pasajeros a lo largo de los diez años próximos a la implementación del Metrobus. En el resto de los casos, se altera la pendiente de la curva al momento de cruzar la barrera de los 50 minutos de tiempo de viaje por tramo, debido al poder de decisión del 10% de los pasajeros que elige cambiar su comportamiento habitual y se traspassa a otro medio de transporte, sea automóvil particular, taxi, etc.

Para el 20% de inversión, el ápice se alcanza en Junio del año 2022. Con el 25% de inversión, se llega a dicho pico casi dos años antes, en Septiembre del 2020. Finalmente, para el 30% de inversión se alcanza el máximo de flujo de pasajeros en Agosto del 2019 y luego se llega al mínimo en Octubre del 2023. A partir de ese momento, sin algún factor externo que permita cambiar la capacidad del sistema y por lo tanto alterar la evolución de las variables estudiadas, el valor será constante debido a la saturación de la flota, que se encuentra en el máximo posible para los corredores del Metrobus.

Asimismo, el escenario del 30% de re-inversión resulta de especial interés porque permite entender el comportamiento completo de los ciudadanos que circulan por la Av. 9 de Julio y que optan por la opción del Metrobus, desde su nacimiento hasta su saturación; únicamente en este escenario, es visible el punto donde la cantidad de pasajeros diarios alcanza la meseta. Aparece entonces una paradoja; si bien el carril se encuentra saturado de vehículos, y por lo tanto, tiene capacidad para transportar más pasajeros que al inicio, el tiempo de viaje igual a 150 minutos hace que la oferta sea mayor a la demanda. Es decir, los pasajeros que pueden optar por qué medio de transporte viajar, dejan de concebir al Metrobus como una alternativa atractiva.

En este aspecto, toma radical importancia el hecho de que el sistema se retroalimente lo suficientemente rápido como para que los agentes interesados puedan tomar una decisión y generar un cambio que altere la conducta de los usuarios. Es decir, el sistema debería tomar conciencia del cambio en la tendencia del usuario y por lo tanto suspender la ampliación de la flota.

Dado que es una premisa subyacente e inherente a este estudio, el hecho de que cada nueva unidad que se incorpora pase a ser parte de la flota, sin jamás achicarse, entonces podría pensarse que el cambio en el comportamiento de los pasajeros se percibiría a través de la reducción de los ingresos, y consecuentemente acarrearía una dificultad notoria para el mantenimiento de las unidades de colectivos.

No obstante, sucede que aun cuando la reinversión es del 30%, la cantidad de ingresos sigue siendo tal, que permite solventar la renovación de la flota completa según la tasa deseada. En el caso extremo de mayor flota en circulación dentro de los carriles exclusivos, se observa que los empresarios perciben ganancias que permiten, con un 30% de reinversión de las mismas, renovar el total de la flota cada 6 años. Este dato se obtiene al considerar las ganancias generadas por el flujo diario de pasajeros en el escenario de máxima capacidad de unidades en el corredor, es decir, generadas por 155.000 pasajeros diarios, y no por el valor inicial de 200.000 usuarios/día. Inicialmente 134 unidades circulan por los carriles exclusivos (67 en un sentido y 67 en el otro) en el mismo instante en "Hora Pico"; se considera que cualquier nueva unidad incorporada es utilizada para satisfacer la demanda en este horario, y no fuera del mismo, donde de por sí, ya hay

holgura en cuanto a la capacidad. Por lo tanto, alcanzar las 226 unidades de límite en “Hora Pico” (159 unidades extra adquiridas para cada tramo) requiere de una inversión en 318 unidades de colectivo.

Por esta paradoja es que los *players* principales del flujo de inversiones, deben estudiar la retroalimentación del sistema por diversas vías, y no únicamente, a través de la rentabilidad económica. Un sistema inteligente, debe percibir el cambio en el comportamiento y generar alguna acción que impida el corrimiento del punto óptimo de oferta y demanda. En sintonía con este razonamiento es que se planteará la posibilidad de la reinversión en infraestructura para ampliar los límites que restringen el sistema.

Para entender en profundidad cómo funciona el flujo de vehículos en la avenida, se muestra, a continuación, un gráfico que permite entender la premisa explicada anteriormente acerca de la incorporación de unidades. Mientras que se pueda seguir solventando la renovación de flota, para que ésta no se vuelva obsoleta, las unidades se seguirán incorporando. Y tal como se mencionó con anterioridad, el flujo de pasajeros existente permite conseguir este objetivo en todos los escenarios planteados.

En particular, se puede observar en el *Gráfico 3.1.3*, el valor que alcanza el flujo de colectivos en uno u otro carril, en un instante dado dentro del horario de mayor congestión del flujo diario.

3.1.3 Flujo de Colectivos por Carriles Exclusivos

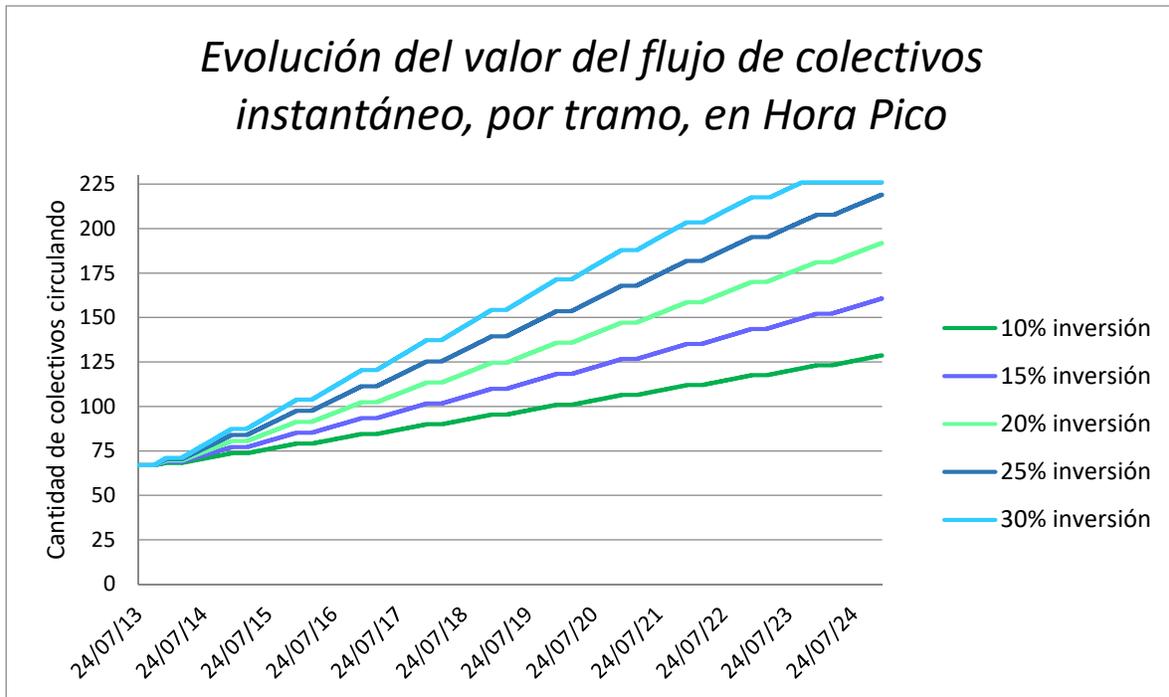


Gráfico 3.1.3: Flujo de colectivos por los carriles exclusivos.

El Gráfico 3.1.3 permite entender la evolución en el punto del cuello de botella, por eso se sitúa en un momento dado. No obstante, para visualizar el panorama completo es necesario ver la evolución de la flota completa.

3.1.4 Flota de Metrobus

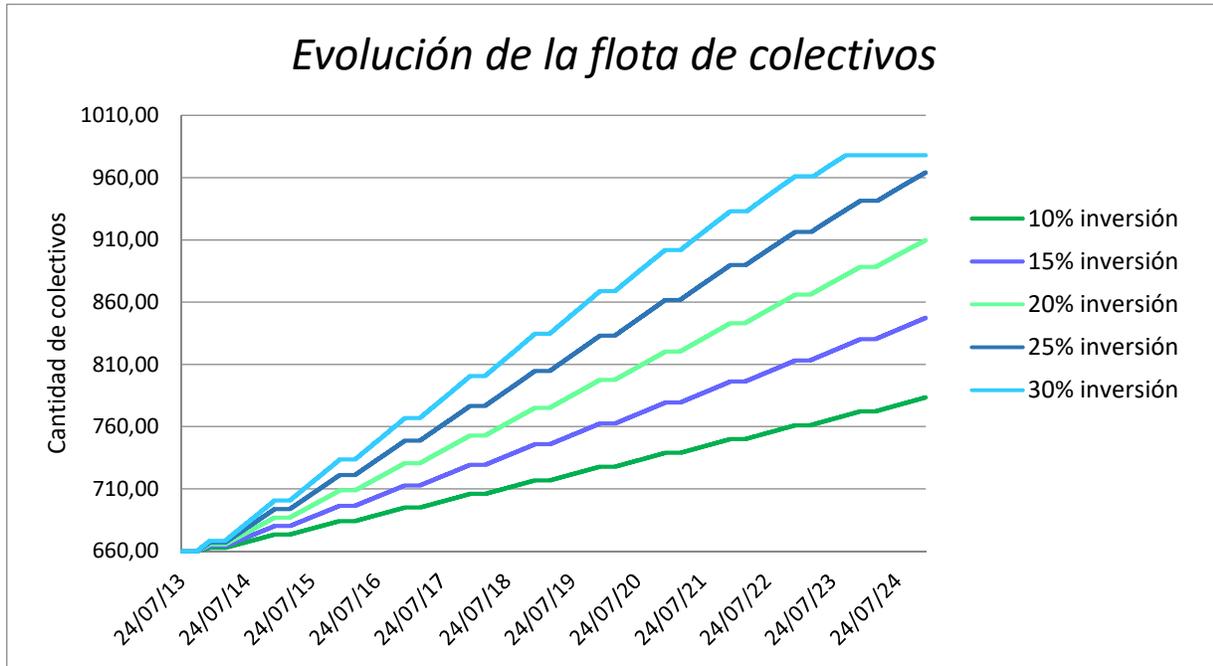


Gráfico 3.1.4: Evolución de la flota de colectivos del Metrobus

Tal como puede verse en el Gráfico 3.1.4, la flota crece un 48% en el peor de los escenarios (30% de inversión) y tan sólo un 19% en el mejor (10% de inversión).

Análogamente, se tiene que estudiar qué sucede con el tránsito en los carriles aledaños al corredor del Metrobus. Como es de esperar, el flujo de automóviles se asocia al comportamiento de los ciudadanos que deben cruzar la avenida, y por este motivo, si se observa una cantidad determinada de personas con sus preferencias de movilidad, se verá que en cierta medida sus elecciones determinarán la saturación de una u otra vía de transporte. A grandes rasgos, el *Flujo de automóviles* será inversamente proporcional al *Flujo de Pasajeros diario del Metrobus*.

Sin embargo, en cuanto al flujo de vehículos se refiere, es importante notar que esta variable se mide como un total diario. Esta decisión se toma tras haber asumido que el tiempo de recorrido de un automóvil para cruzar la avenida de punta a punta no resulta relevante para el presente caso de estudio, ya que sólo se busca entender, a grandes rasgos, el flujo vehicular. Es decir, los parámetros que sirven de referencia son las variaciones (aumento o disminución) respecto del valor inicial del *Flujo de automóviles diario*.

El valor inicial observado al momento de inauguración del Metrobus es cercano a los 99.000 vehículos / día. Por esto, se infiere que cualquier aumento respecto de dicho valor genera bajo atractivo para quienes utilizan este medio de transporte, entendiendo también que la saturación de la única vía alternativa (Metrobus) impedirá a quienes deban cruzar la Av. 9 de Julio

optar por otro medio que no sea el automóvil (particular o taxi), sin importar el tiempo de viaje que se requiera.

3.1.5. Flujo de automóviles por la Av. 9 de Julio

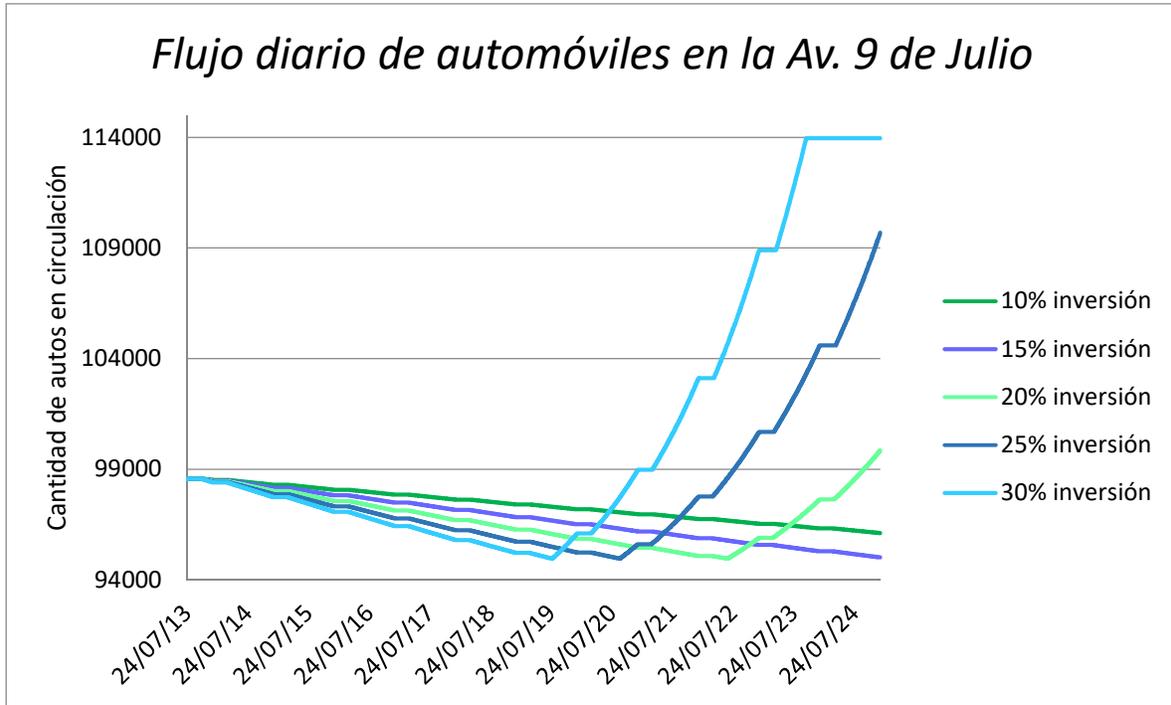


Gráfico 3.1.5: Flujo diario de automóviles en la Avenida 9 de Julio

Tal como puede observarse, el flujo diario se estabiliza en el escenario del 30% de inversión, una vez que las unidades del Metrobus alcanzan el límite de ocupación del carril exclusivo. Esta meseta que puede verse en el gráfico, no es un valor constante. Fluctúa alrededor de ese número debido al crecimiento urbano, así como al crecimiento de ciudadanos que necesitan circular por la Av. 9 de Julio. No obstante, la fluctuación es tan pequeña en ese período de tiempo, que en el gráfico no logra apreciarse.

El flujo diario de vehículos en la Av. 9 de Julio se encuentra limitado por la capacidad de la misma. En el caso extremo donde, tantos los carriles exclusivos como la Av. 9 de Julio en sí misma, se encuentren colapsados en su máxima capacidad, entonces no podrá circular por esta zona ningún auto más ni ninguna otra unidad de Metrobus. Este punto es ciertamente teórico y nunca se alcanza en el período de tiempo simulado.

Evaluando los diversos escenarios en el corto plazo, se puede ver que para el 25% y 30% de reinversión en flota, la sustentabilidad de la inversión del Metrobus peligra por acercarse drásticamente al punto de saturación del sistema.

3.2 Escenario a largo plazo

Los escenarios mostrados a continuación involucran un análisis del comportamiento del sistema, implementando una modificación en el horizonte temporal de la simulación. El mismo se estipula en 1 de Enero de 2035.

Se evaluará el comportamiento de las distintas variables a lo largo del tiempo, cotejando nuevamente, diferentes alternativas de reinversión en flota, a fin de determinar cuál es el mejor camino a seguir para que tanto la integridad como la funcionalidad del sistema prevalezca.

3.2.1 Tiempo por tramo según inversión en unidades

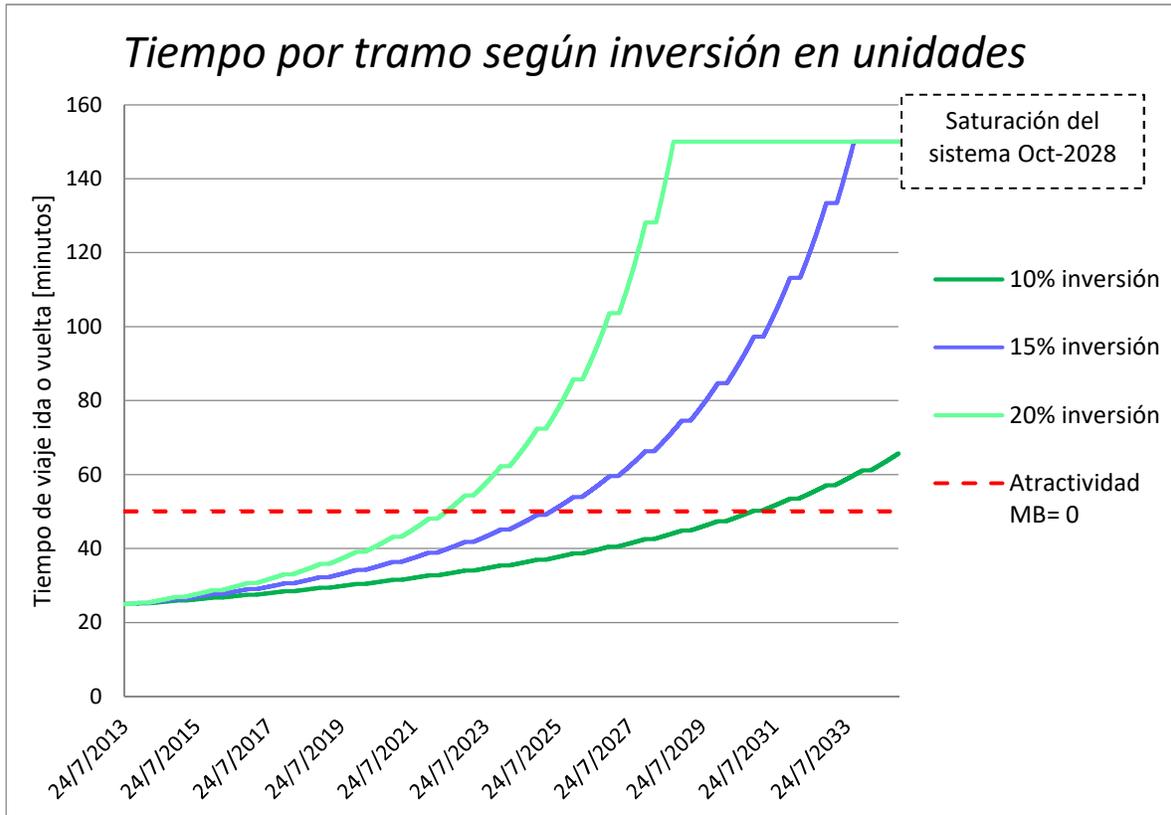


Gráfico 3.2.1: Tiempo por tramo según inversión en unidades

El gráfico arriba presentado muestra la relación existente entre el tiempo que tarda el Metrobus en recorrer el corredor de punta a punta (Tiempo por tramo de ida o vuelta) y la reinversión que se realiza a lo largo del tiempo para la compra de nuevas unidades (buses).

Cabe aclarar que en esta parte del análisis se decidió analizar el comportamiento del sistema dentro de un horizonte temporal mayor, siendo corrida la simulación hasta el 1 de Enero de 2035.

Viendo la evolución de las curvas a lo largo del tiempo, puede concluirse por un lado que es necesaria una reinversión por parte del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para prevenir la saturación del sistema (esto fue previamente mencionado de todos modos), y por otro

lado que no cualquier porcentaje de reinversión en ampliación de flota, resulta viable en el largo plazo.

Como muestra el gráfico, realizando reinversiones del 15 y 20% en flota, se alcanza la saturación del sistema en Octubre de 2028. En contraposición a esto, puede verse que mediante la implementación de una reinversión de tan solo el 10%, el sistema continúa sustentándose hacia el final del horizonte temporal planteado, sin mostrar signos de saturación.

3.2.2 Cantidad de Pasajeros Diarios en el Sistema

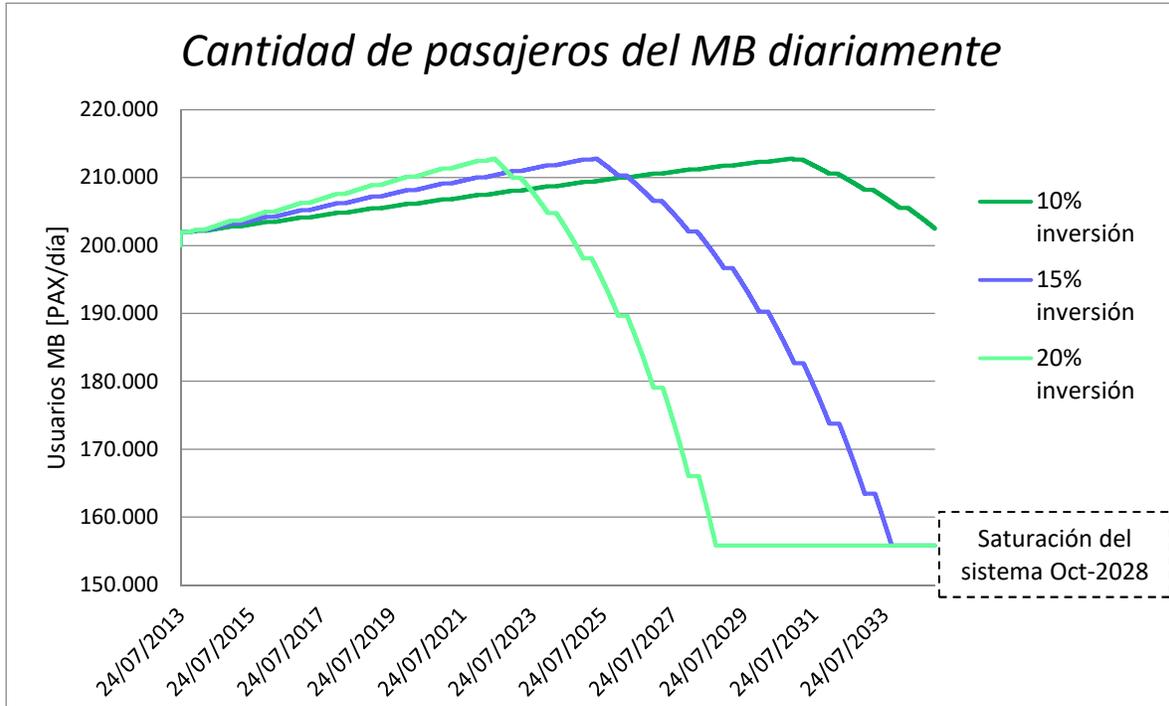


Gráfico 3.2.2: Cantidad de pasajeros que elige el MB diariamente

El Gráfico 3.2.2 muestra la relación entre la cantidad de usuarios del Metrobus al día, y la reinversión realizada a lo largo del tiempo. Nuevamente se considera un horizonte temporal extendido, hasta el 1 de Enero de 2035.

En congruencia con las conclusiones extraídas del Gráfico 3.2.2, puede verse cómo el sistema alcanza el punto de saturación en Octubre de 2028, si se avanza con porcentajes de reinversión en flota mayores al 10%. Nuevamente se refuerza el concepto de que un 10% de reinversión resulta la mejor alternativa para preservar el sistema a largo plazo, sin inyecciones de capital en la mejora del sistema Metrobus.

Las conclusiones extraídas del Gráfico 3.2.2 se encuentran totalmente alineadas con las obtenidas del Gráfico 3.2.1, aunque la representación de la saturación del sistema se muestra de maneras distintas. En este caso se concluye que el sistema se encuentra saturado en el momento en que la cantidad de pasajeros diarios del Metrobus se desploma súbitamente, indicando que

esta modalidad de transporte público deja de ser viable y por ende ya no constituye la mejor opción para traslado de pasajeros.

3.2.3 Evolución del Flujo de Colectivos Instantáneo

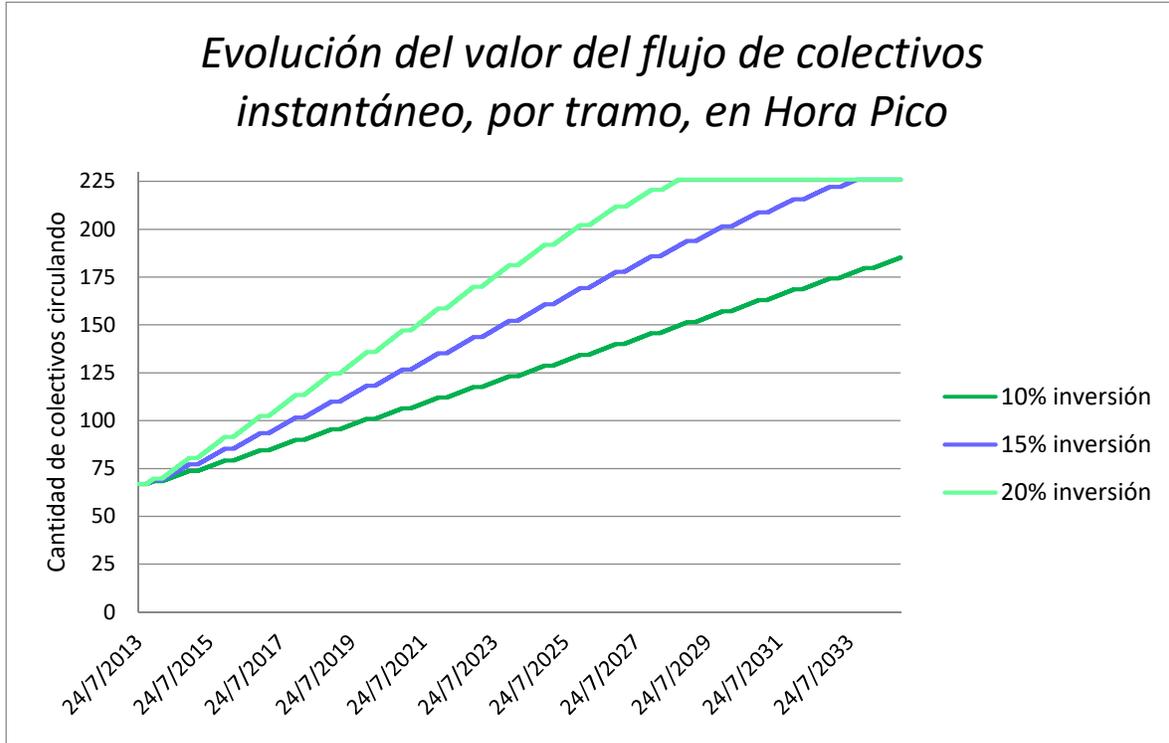


Gráfico 3.2.3: Evolución del valor del flujo de colectivos instantáneo por tramo en hora pico

En el Gráfico 3.2.3 se muestra el crecimiento del número de colectivos circulando por el corredor a lo largo del tiempo, de acuerdo a las distintas opciones de reinversión en flota propuestas en el trabajo.

Cabe recordar que uno de los límites de saturación del sistema se encuentra definido en 226 buses por tramo. Habiendo resaltado esto, puede concluirse nuevamente que una reinversión del 15 o 20% provocará en el largo plazo (Octubre 2028) un colapso del sistema, ya que el mismo se encontrará totalmente saturado y no podrá alojar ninguna unidad adicional. Esta conclusión se encuentra alineada con lo expuesto en el Gráfico 3.2.1 y el Gráfico 3.2.2.

3.2.4 Evolución de la Flota de Colectivos

El Gráfico 3.2.4 a continuación, muestra la relación entre el tamaño de la flota de colectivos del Metrobus (contemplando todas las líneas que circulan por el corredor) y la reinversión realizada a lo largo del tiempo.

La estabilización del sistema se presenta nuevamente en Octubre 2028, si se avanzara con propuestas del 15 o 20% de reinversión, indicando una saturación del sistema de transporte, es decir, que la flota ya no puede crecer más.

Por otro lado, se concluye nuevamente que una reinversión del 10% resulta la mejor de las opciones planteadas, ya que hacia fines del horizonte temporal estipulado (1 de Enero de 2035), no provoca en el sistema ningún indicio de saturación ni falla.

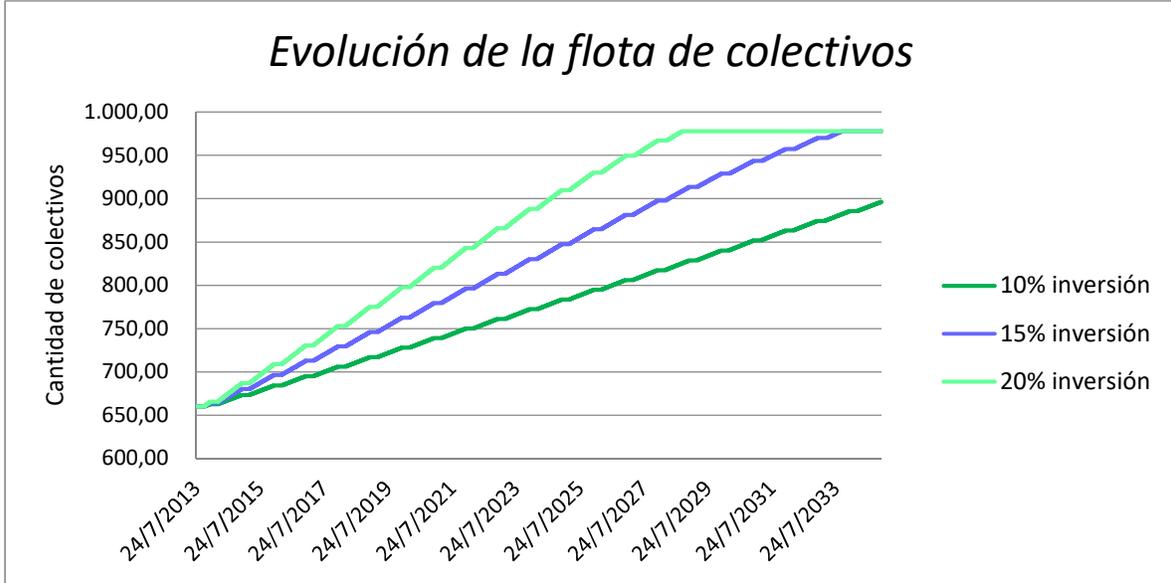


Gráfico 3.2.4: Evolución del tamaño total de la flota de colectivos

3.2.5 Flujo Diario de Automóviles en la Avenida 9 de Julio

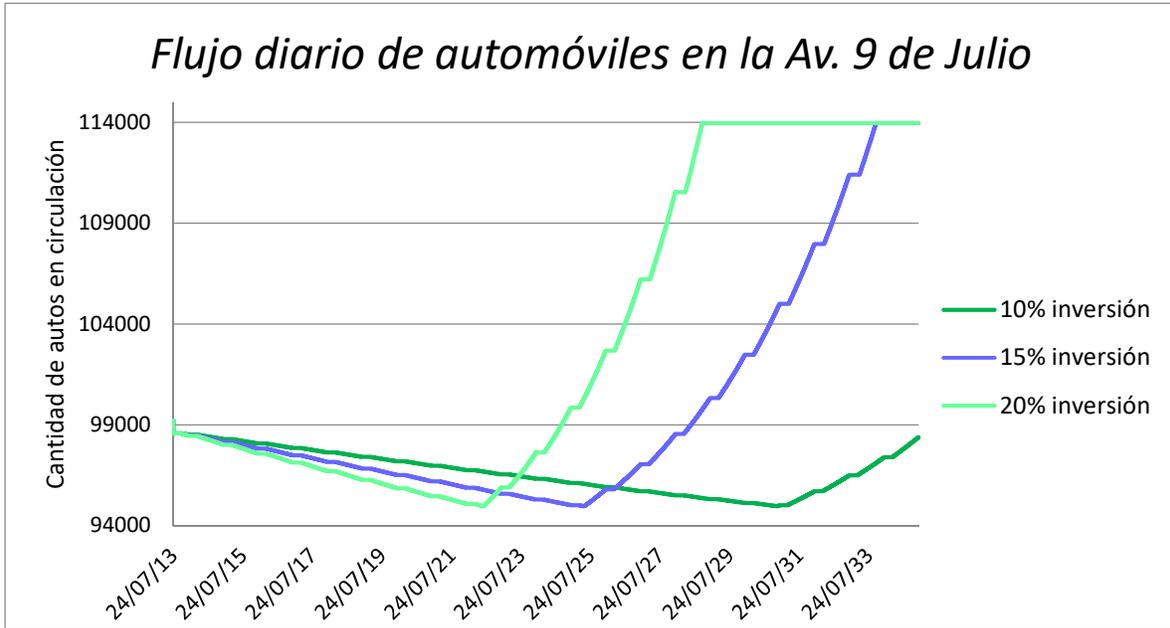


Gráfico 3.2.5: Flujo diario de automóviles en la Avenida 9 de Julio

El *Gráfico 3.2.5* muestra la evolución de la variable Cantidad de autos en circulación en la Avenida 9 de Julio a lo largo del tiempo, contemplando una vez más tres alternativas posibles de reinversión futura en flota. Puede verse un aumento súbito en la cantidad de automóviles circulando por la avenida en los casos donde se plantea una reinversión del 15 y 20%. Esto representa el traspaso de pasajeros del Metrobus a un sistema de transporte privado, o al taxi, lo cual nos lleva a concluir que el sistema Metrobus alcanza un punto de saturación.

Analizando la alternativa donde se plantea un 10% de reinversión, puede visualizarse una menor migración de pasajeros hacia otras alternativas de transporte que en las dos primeras opciones, indicando que esta opción es la mejor para evitar la saturación del sistema.

3.3 Inyección de Capitales en Metrobus Av. 9 de Julio

Tras observar la saturación del sistema a largo plazo, en escenarios donde la reinversión en flota se encuentra entre los valores más aceptables (15% - 20%), entonces se plantea la posibilidad de una reinversión del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires¹⁴.

Esta inyección de capitales ya no se encuentra asociada a una reinversión mínima anual, en concepto de mantenimiento del sistema, sino a una inversión puntual y claramente identificable, que conlleva una ampliación tangible del sistema de transporte, que se adapta a la demanda creciente y que tiene como fin, agregar valor al sistema de transporte en un escenario donde los parámetros que lo alimentan ya no son los mismos que al inicio.

Se decide simular, entonces, una inyección de capitales a los 10 años de la inauguración del Metrobus, con el fin de evitar la obsolescencia y de seguir garantizando la sustentabilidad del proyecto.

El monto total de la inversión, así como el análisis de flujo de fondos desde el punto de vista del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (el inversor), será estudiado en una sección posterior. El propósito del desarrollo de este análisis, es realizar una simulación del comportamiento del sistema frente a un nuevo parámetro exógeno que interactúa con él.

La inversión en el año 2024, consistirá de una ampliación en la capacidad del corredor que permitirá aumentar el nivel de servicio. Se considera que con la inversión adecuada, dicha ampliación permitirá incrementar el volumen en un 50%, por lo que la saturación del carril se alcanzará con 339 unidades de colectivo, en lugar de alcanzarse con 226 unidades como delimita la situación actual.

En este escenario de ampliación del nivel de servicio, se estipula que no se fija un valor máximo para la ampliación de la flota, sino que se permite al sistema crecer según sus propias limitaciones.

¹⁴ Se asume una ampliación del 50% con un monto total equivalente a la inversión inicial, por la complejidad que implicaría esta inversión, en donde se deberían ampliar los corredores y donde los vehículos particulares deberían utilizar las calles aledañas a la avenida 9 de julio para recuperar carriles.

Tal como se hizo anteriormente, en primer lugar se observará el *Tiempo por tramo*, por ser una variable que permite tener noción de cómo será la sensibilidad del resto de las variables.

3.3.1 Tiempo por Tramo tras la Ampliación del Sistema

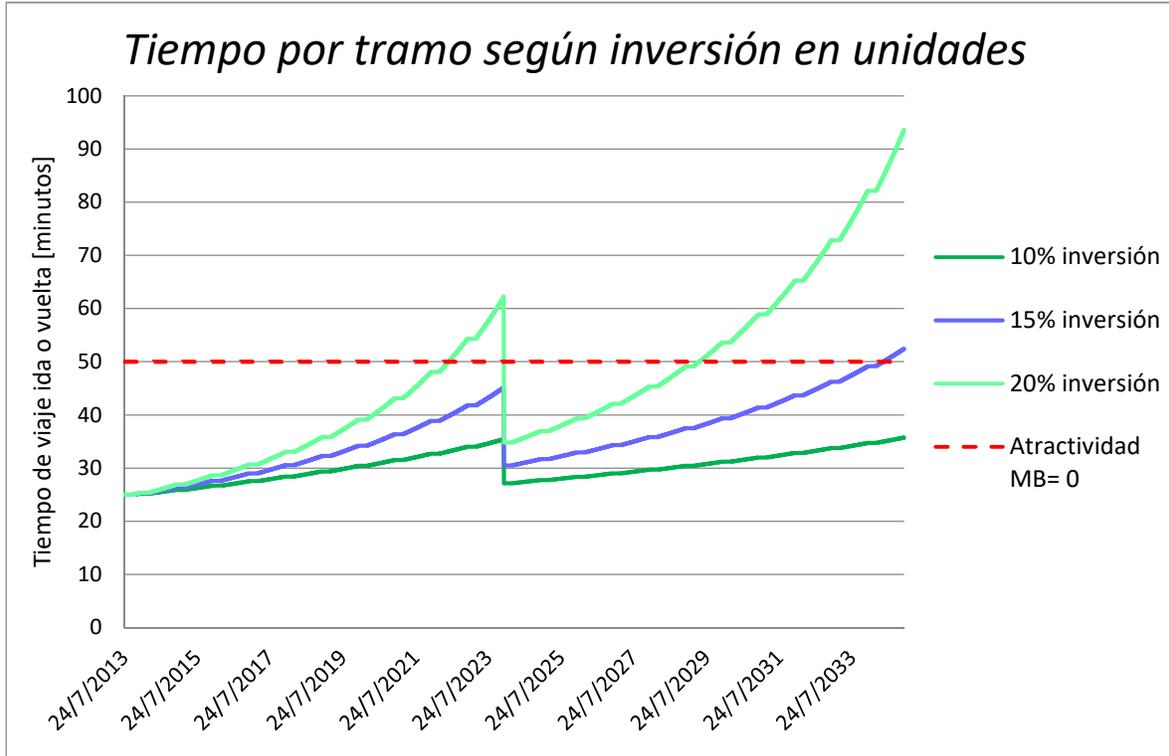


Gráfico 3.3.1: Respuesta del Tiempo por Tramo tras la Ampliación del Sistema

En el Gráfico 3.3.1 se puede ver cómo disminuyen los tiempos de viaje en comparación con los valores iniciales. Luego de la inversión se da una reducción de 28 minutos en el tiempo de viajes (de 62 a 34 minutos) en el escenario más crítico (de 20% de inversión en flota). Este salto es casi tan sustancial como el traspaso del colectivo tradicional al Metrobus, en cuanto al valor que representa para la sociedad la reducción del tiempo de viaje.

En cuanto al *Flujo de Pasajeros* se refiere, podemos ver cómo evoluciona su comportamiento con esta nueva decisión externa.

3.3.2 Preferencias de los Pasajeros luego de la Inversión

Como puede apreciarse en el Gráfico 3.3.2 presentado a continuación, a reducción de tiempos mejora drásticamente la elección de los ciudadanos, debido a un notorio aumento en la atractividad del Metrobus. Asimismo se observa que el pico de cantidad demandada se alcanza con 223.675 pasajeros, es decir, con un 5% más que el valor alcanzado en el escenario sin inversión.

Asimismo, y es aquí donde se distingue la mayor ganancia, el tiempo en alcanzar el valor máximo de pasajeros es 6 años y medio después. Es decir, en este escenario se alcanza en Diciembre del 2028, mientras que en la situación inicial se llegaba a dicho valor en Junio del 2022.

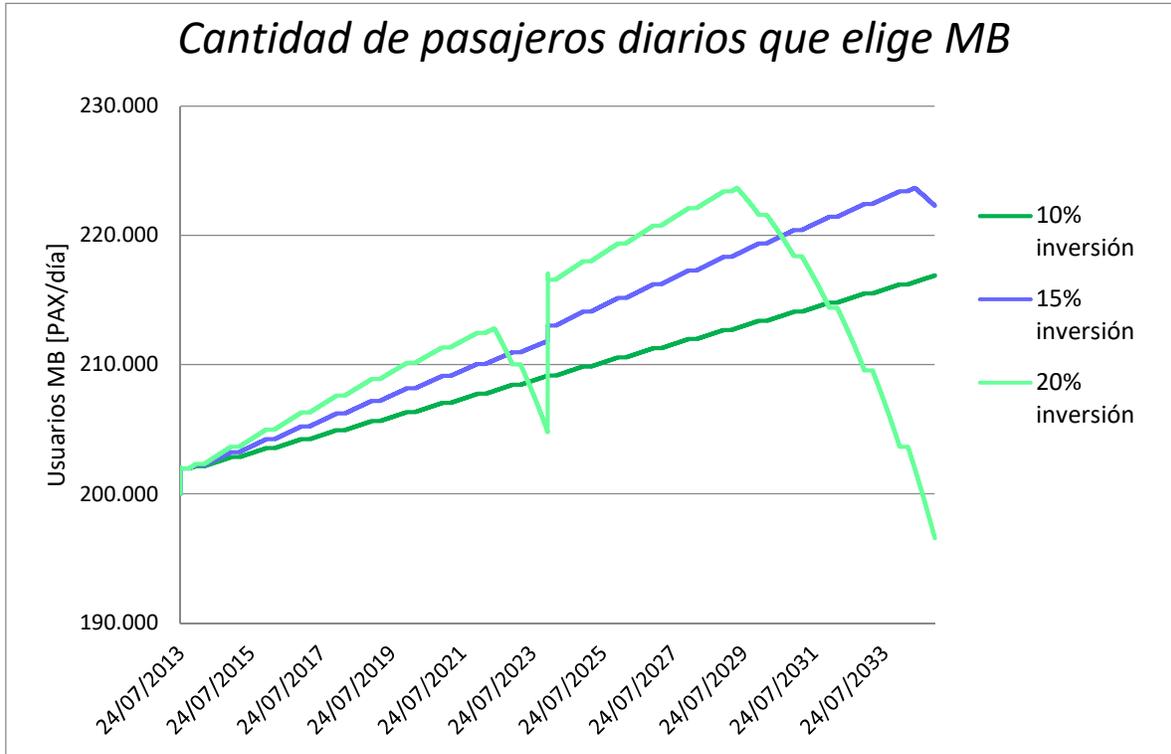


Gráfico 3.3.2: Respuesta de las preferencias de los pasajeros por el Metrobus luego de la inversión

Sin embargo, en el escenario de 20% de inversión se provoca un descenso pronunciado luego de haber alcanzado el máximo, por lo que se llega al año 2035 con un total de pasajeros de 196.570. Por este desplome, esta situación resulta no ser la ideal para la rentabilidad del proyecto a largo plazo.

Para entender el aumento de pasajeros por un aumento en espacios disponibles (más allá de la atraktividad por tiempo de viaje) se muestra, a continuación, la *Evolución de la flota en Hora Pico*, en otras palabras, la oferta de espacios disponibles en el cuello de botella del sistema.

3.3.3. Flujo de colectivos

Tal como puede observarse en el Gráfico 3.3.3 presentado a continuación, la ampliación de la capacidad de los corredores permite una flexibilidad tal que la cantidad instantánea de unidades de colectivo por tramo alcanza en el peor escenario un valor de 310.

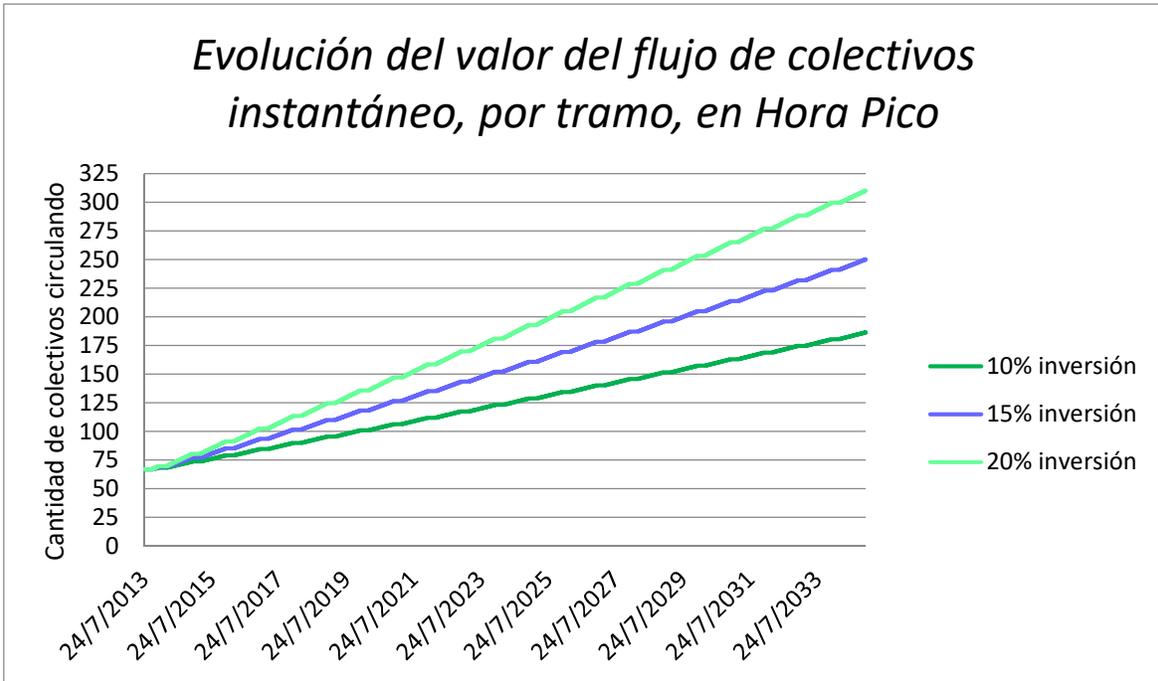


Gráfico 3.3.3: Evolución del flujo de colectivos instantáneo en hora pico

3.3.4 Evolución del Tamaño de la Flota de Colectivos

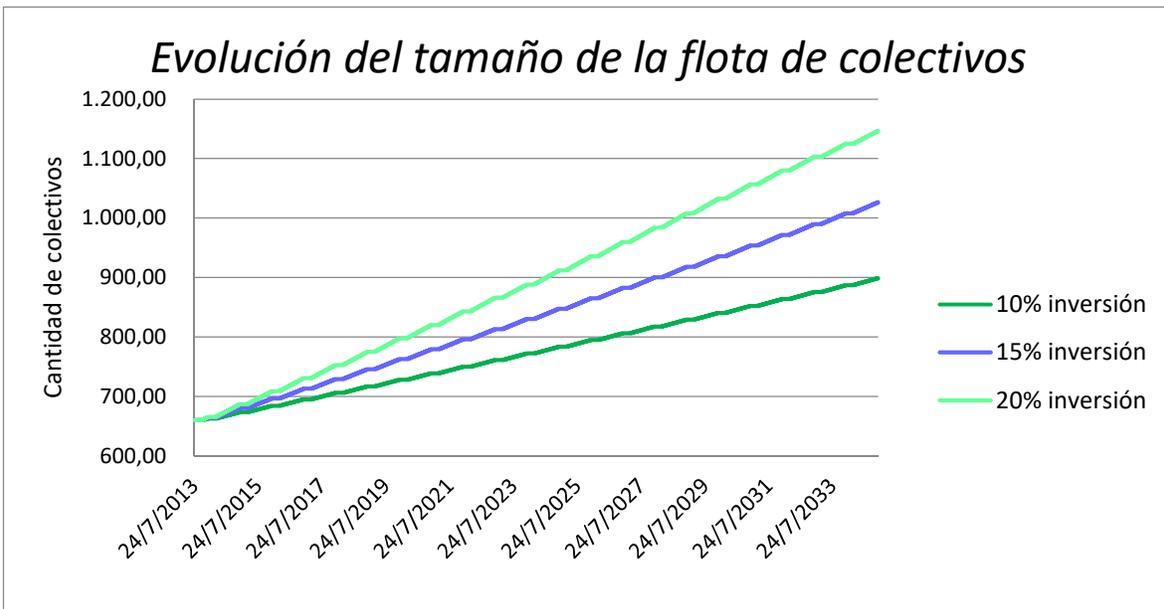


Gráfico 3.3.4: Evolución de la flota de colectivos

Tanto en el *Gráfico 3.3.3* como en el *Gráfico 3.3.4*, puede observarse que al haber aumentado la capacidad de cada corredor a un total de 339 unidades de colectivo, la flota puede aumentar de 660 unidades iniciales a 1.146, sin que la capacidad del corredor se encuentre en su punto de saturación, aun en el escenario con situación más crítica (20% de inversión en flota).

3.3.5. Flujo Diario de Automóviles en la Av. 9 de Julio

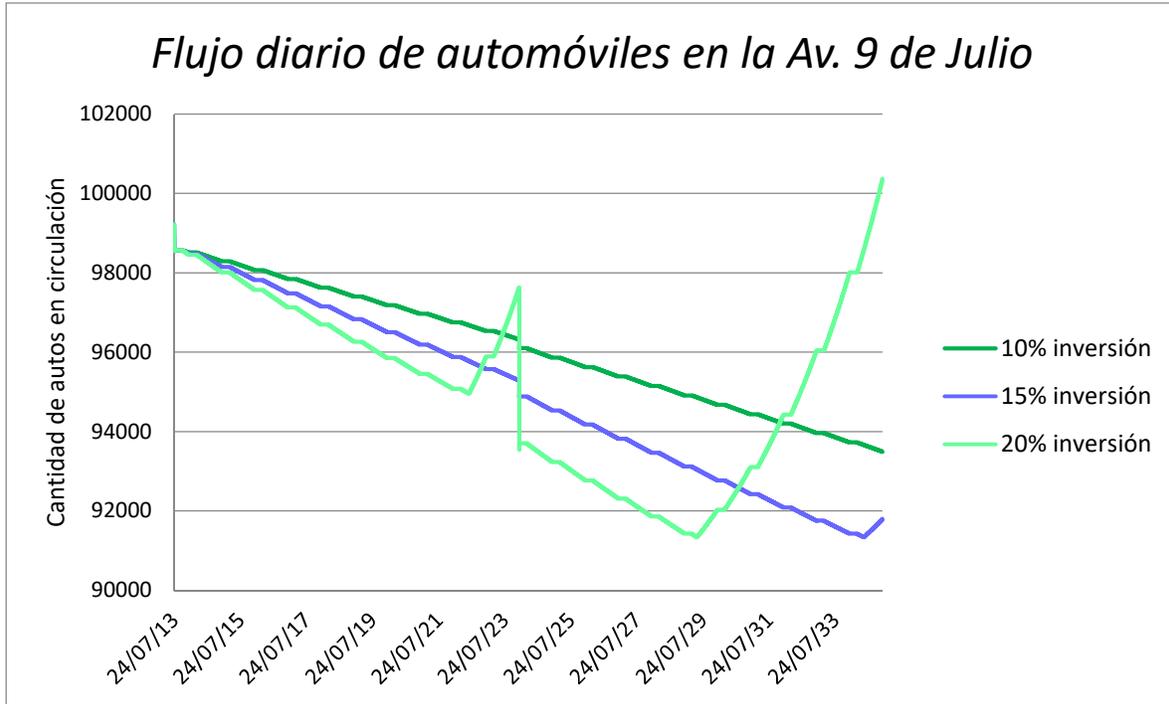


Gráfico 3.3.5: Flujo diario de automóviles en la Avenida 9 de Julio

En cuanto al comportamiento del flujo vehicular, se puede observar en el *Gráfico 3.3.5*, que se alcanza un mínimo ideal de 91.337 automóviles, tanto para el 15% como el 20% de inversión en flota. No obstante, este último escenario sufre un crecimiento exponencial que alcanza un valor de 100.366 automóviles al finalizar la corrida. Es por este motivo, que el 20% de inversión termina siendo una alternativa poco sustentable a los ojos de la sociedad en su conjunto.

Por otro lado, en la alternativa del 10% de inversión se observa un panorama muy esperanzador en cuanto a la sostenibilidad del proyecto a largo plazo. En el año 2035, no se alcanza siquiera el mínimo de vehículos en circulación que implica el punto de quiebre entre una situación de estabilidad y bienestar para la sociedad, y un avance acelerado y desmedido hacia la saturación del sistema en su totalidad.

4. Análisis de Sensibilidad

Hasta este punto se ha mostrado la mejora que induciría en el sistema, la reinversión por parte del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, luego de diez años.

Analizando el panorama global del sistema a través de los gráficos previamente descriptos, pueden elaborarse algunas conclusiones, que pueden servir como potenciales recomendaciones para encontrar un punto de equilibrio entre la inversión por parte del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, la capacidad total del corredor, la inversión en flota, la cantidad de pasajeros, y la cantidad de automóviles circulando por la Avenida 9 de Julio.

En primer lugar, debe resaltarse el hecho de que en el escenario con 10% de reinversión de las ganancias, en ampliación de flota - por parte de las empresas de transporte -, la simulación devuelve resultados positivos en todo el horizonte temporal. Por lo que se concluye que no es necesario estipular un máximo para la cantidad de nuevas incorporaciones de buses por parte de las empresas de transporte, debido a que el sistema no alcanza un punto de saturación ni criticidad durante el periodo de tiempo bajo estudio.

Analizando la posibilidad donde las empresas de capital privado reinvierten un 15% en ampliación de su flota, puede verse una situación algo más crítica a la previamente descrita. Si bien el carril del corredor del Metrobus se encuentra cercano al valor de saturación, el sistema global del tránsito en la Av.9 de Julio no ha alcanzado el máximo nivel de criticidad.

Lo que sucede, en particular, es que hacia el año 2035 se llega al tiempo límite de recorrido, de 50 minutos, que implica el quiebre en la atractividad del servicio para los pasajeros. Es decir, comienza en este momento, el traspaso de los pasajeros debido al cambio en la preferencia de aquellos usuarios que tienen posibilidad de elegir un servicio alternativo al Metrobus; éstos representan al 10% de quienes frecuentan el Metrobus habitualmente y son quienes se encuentran percibiendo el salario máximo. Es por este motivo que no se visualiza en este escenario una caída drástica en el número de pasajeros diarios del Metrobus, ni un aumento pronunciado en la cantidad de automóviles circulando por la Avenida 9 de Julio.

Hasta este punto, entonces, todavía sin ahondar en el “*flujo de inversiones*” requerido, **se recomienda la inversión del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a los diez años de su inversión inicial**, como mejor alternativa **para garantizar el beneficio de la sociedad**, siempre y cuando la inversión de los capitales privados en ampliación de la flota sea menor o igual al 15%.

Los casos mayores al 20% son despreciables debido a que alcanzan el punto de criticidad antes de transcurridos los 10 años de funcionamiento del Metrobus, y por ende, aun con la inversión del Gobierno dejan de ser sustentables (tal como se podía apreciar en los *Gráficos 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 y 3.1.4*).

Por todo esto, **una de las recomendaciones más sólidas que surge del trabajo en cuestión, es la concientización del máximo porcentaje de inversión en ampliación de la flota para evitar que su crecimiento acelerado sature el sistema en una etapa inicial**. Surge entonces la incógnita acerca de si el 20% será un valor aún recomendable o no.

Siguiendo con el análisis de la evolución de las distintas variables en los *Gráficos 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4 y 3.3.5*; no se recomendaría una reinversión en flota igual al 20%, ya que como se puede ver, esta opción deriva en una saturación del sistema al año 2035. A pesar de existir una inversión por parte del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires para ampliar el Metrobus como sistema de transporte, la opción de reinversión del 20% en flota no pareciera ser prometedora a largo plazo como lo era en el corto plazo. No obstante, el hecho de que lo haya sido en el corto plazo, hace pensar que podrían darse las condiciones de entorno precisas para permitir que se encuentre un punto óptimo también en el largo plazo.

En base a lo recién mencionado, se decide efectuar un análisis de sensibilidad en torno al escenario del 20% de reinversión de capitales privados, junto con la inversión del Gobierno en el año 2024, **fijando todos los parámetros *Ceteris Paribus***, salvo por el parámetro cuya variabilidad se decide estudiar: **el valor máximo de la flota**. Es decir, se evalúa principalmente el límite que debería ponerse a las empresas de transporte en cuanto a la cantidad de unidades nuevas a ser incorporadas para la expansión de flotas, con el objetivo de encontrar un punto de equilibrio donde se obtenga el nivel de servicio óptimo.

De esta manera, si bien se tiene una expansión en la capacidad total del sistema Metrobus, producto de la inversión del Gobierno en el año 2024, **la incorporación de nuevos buses estará limitada por un valor máximo a determinar - que será menor o igual al valor que permite la nueva capacidad del corredor -**.

El **valor máximo** se halla en **339 buses** por carril en cualquier instante dado, dentro de la *Hora Pico*, indicando la capacidad máxima del sistema Metrobus posterior a la inversión.

La variable cuyo resultado decide estudiarse, tras variar el máximo de colectivos circulando por carril, será la *Cantidad de pasajeros diarios en el Metrobus*. Esto se debe a que, en última instancia, lo que se busca en esta sección es mejorar la rentabilidad del proyecto desde el punto de vista de la sociedad.

4.1 Comportamiento de los Pasajeros variando el Máximo de Colectivos por Carril

Tal como puede verse en el *Gráfico 4.1*, mostrado a continuación, el valor mínimo que tomará la variable de *Cantidad máxima de colectivos* es de 226, valor que corresponde al máximo de la capacidad del corredor previo a la inversión del Gobierno de la Ciudad. Por otro lado, el máximo debería ser 339 como se mencionó antes, por ser el valor máximo luego de la inversión. Sin embargo, se observó tras varias corridas de la simulación que con 320 unidades el sistema ya alcanzaba su punto de saturación.

En el *Gráfico 4.1* puede observarse que el *Comportamiento de los pasajeros*, antes de alcanzar el máximo, evoluciona de igual manera para todos los escenarios. Luego de este punto es donde comienzan a verse variaciones en el comportamiento.

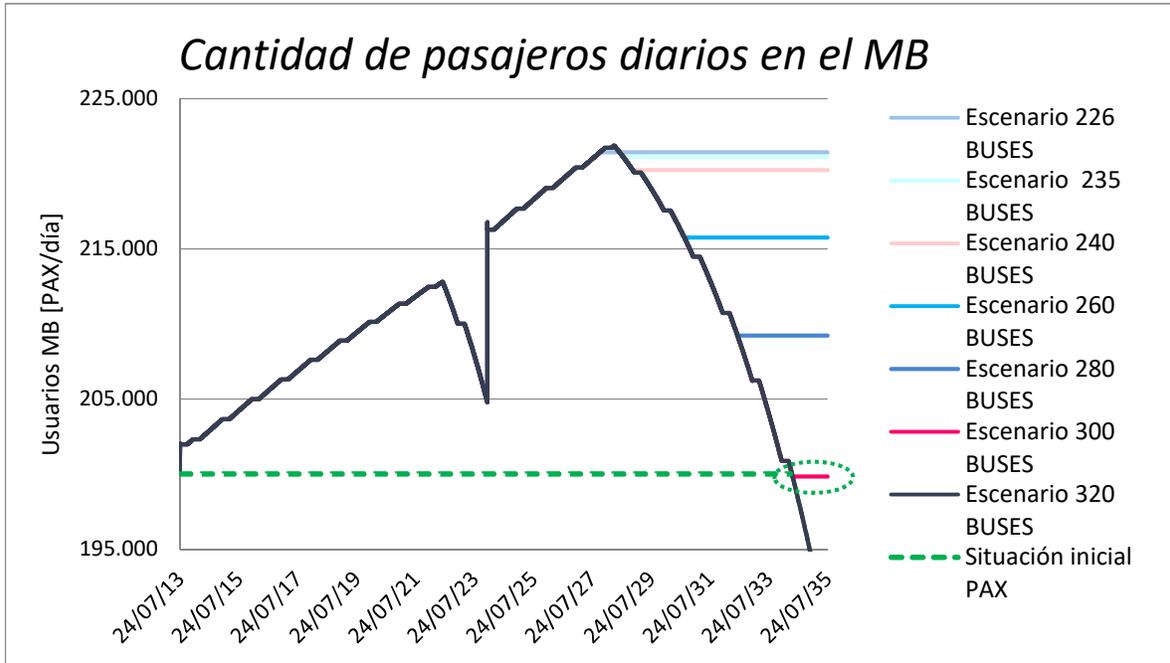


Gráfico 4.1: Variación del comportamiento de los pasajeros

Se infiere del Gráfico 4.1, que el **máximo posible** de colectivos en cualquier instante de *Hora Pico* debería ser **300 unidades**, por tratarse del escenario que permite estabilizarse en torno a los **200.000 usuarios de Metrobus**, es decir, que se condice con el valor inicial de pasajeros que se veían beneficiados en la inauguración de este revolucionario medio de transporte.

4.2 Mínimo de Pasajeros beneficiados por el Metrobus en 20% de Reinversión

A partir del análisis del Gráfico 4.2 presentado a continuación, se ratifica que, por tratarse de un análisis del beneficio real percibido por la sociedad, se toma el parámetro de cuántos pasajeros se ven beneficiados. En una sección subsiguiente del presente estudio, se evaluará el flujo de fondos de la inversión considerando las ganancias de los pasajeros, y se elegirá la opción más viable desde un punto de vista económico.

En la sección siguiente, se muestra en el Gráfico 6.3, la evolución de los tiempos por tramo para entender el comportamiento de los pasajeros.

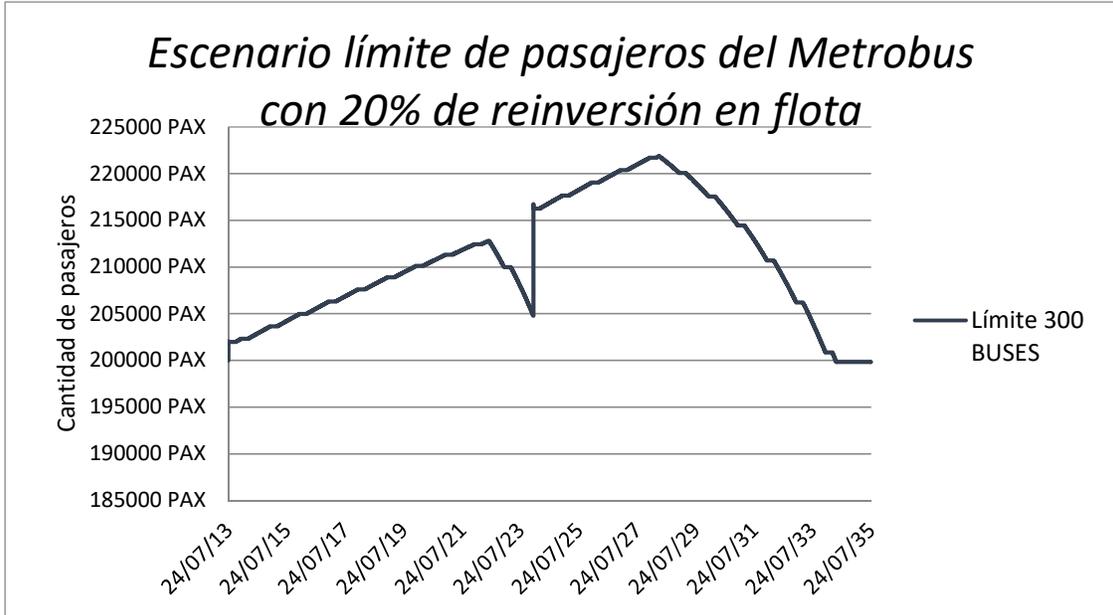


Gráfico 4.2: Escenario límite de pasajeros del Metrobus con 20% de reinversión

4.3. Tiempo por Tramo Máximo en cada Escenario

En el Gráfico 4.3 mostrado a continuación, puede observarse que el tiempo no supera los 90 minutos de viaje, y que en el mínimo de 226 colectivos circulando luego de la inversión del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el tiempo de viaje se encuentra fluctuando alrededor de los 50 minutos. Para entender cómo sería el caso máximo de incorporación de nuevas unidades en la flota, se muestran a continuación los Gráficos 4.4 y 4.5.

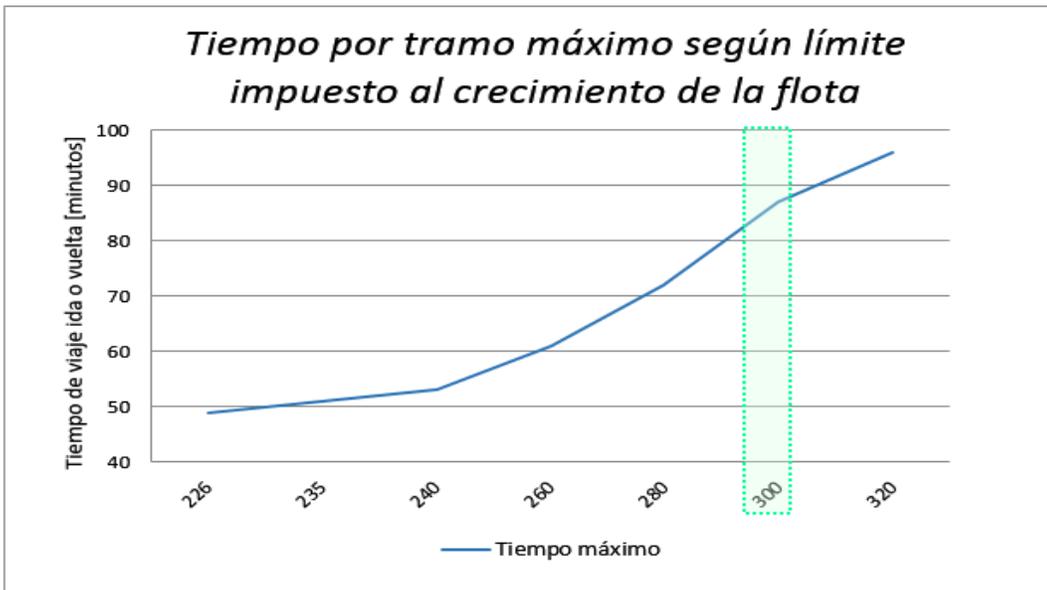


Gráfico 4.3: Tiempo por tramo

4.4 Evolución del Flujo de Colectivos Instantáneo, para el Máximo fijado

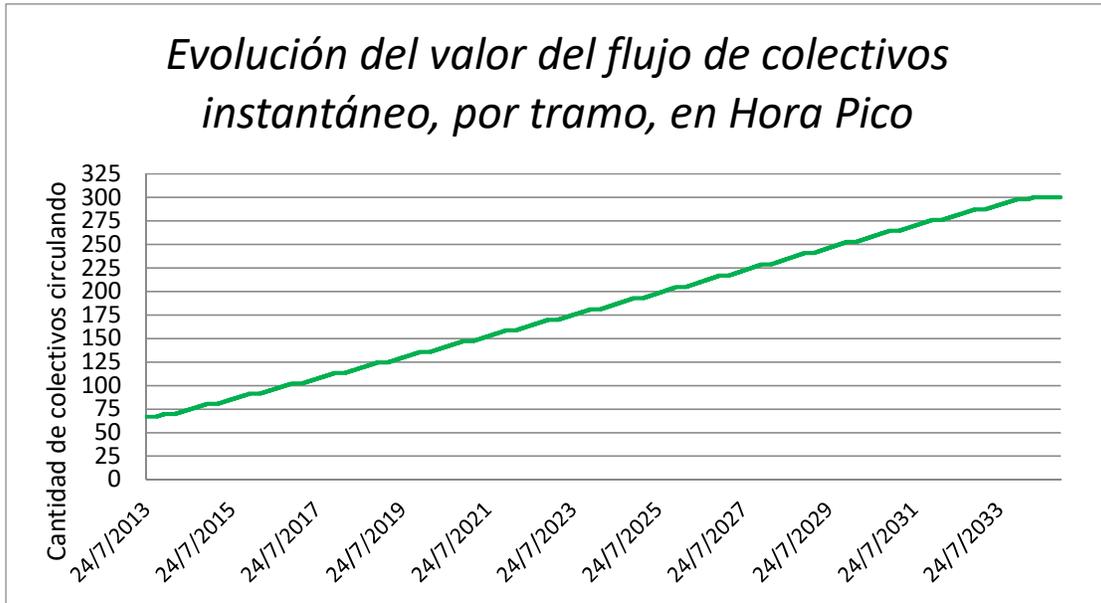


Gráfico 4.4: Evolución del flujo de colectivos instantáneo, para el máximo fijado de colectivos en 300 unidades.

4.5 Evolución de la Flota de Colectivos

En el Gráfico 6.5 mostrado a continuación, puede identificarse el valor máximo que deberá fijarse al total de la flota para que el valor sea como máximo de 300 colectivos circulando en *Hora Pico* en un instante cualquiera. Este **valor máximo de flota** deberá ser entonces de **1.126 unidades de colectivos**.

Llevando a cabo el análisis de sensibilidad y encontrando el punto de equilibrio, se llega a la conclusión de que el máximo de inversión en ampliación de flota deberá ser en 300 buses instantáneos en *Hora Pico* por cada carril.

Cabe reforzar la idea de que este análisis es válido expresamente en el caso en el que la reinversión en flota por parte de las entidades privadas es del 20%, y que el Gobierno ha invertido a los 10 años de la primera inversión.

Recapitulando, luego de haber ahondado en el análisis de los escenarios en función del beneficio percibido por los ciudadanos, que deviene de un análisis de cuántos pasajeros se ven beneficiados y con qué ganancias en tiempos de viaje lo hacen, **se recomienda la re-inversión del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a los diez años de su inversión inicial**, que conlleva una ampliación del 50% de la capacidad de los corredores¹.

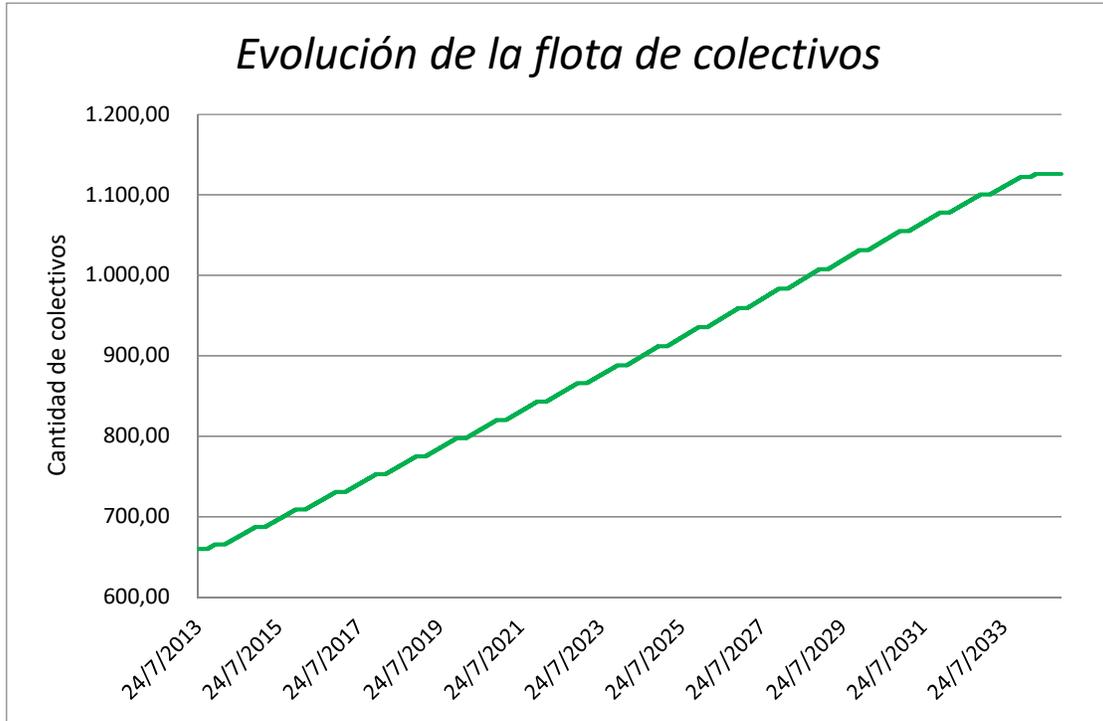


Gráfico 4.5: Evolución de la flota de colectivos

Las mejores alternativas que garantizan el beneficio de la sociedad, en estas circunstancias, son aquellas que aseguran una inversión de los capitales privados menor o igual al 20% de las ganancias, orientada a la ampliación de la flota y con un máximo de 1.126 unidades dispuestas para circular. Tal como se mencionó con anterioridad, cualquier caso que supere el 20% es desaconsejable debido a que llevan al sistema a un punto de criticidad antes de transcurridos los 10 años de funcionamiento del Metrobus, y por ende, son inviables aun planificando la inversión del Gobierno.

En este punto es pertinente aclarar que el supuesto que subyace a lo largo de todo el estudio, es que únicamente el 10% de los usuarios del Metrobus tiene posibilidades de elección reales de traspaso de un medio de movilidad a otro. Esto se da por encontrarse en una situación económica donde sus curvas de indiferencia les permiten tomar dichas decisiones.

Lo que sucedería si la cantidad de pasajeros dispuestos a moverse aumentara más allá del 10%, por algún factor exógeno, es que el sistema se reajustaría a través de los precios que regula el mercado. En otras palabras, se alterarían los precios de todos los entes que interactúan con el sistema, tal como los precios de los Taxis, los precios de compra de automóviles, los valores de la nafta e incluso los valores de los estacionamientos privados de la zona. Esto sucedería debido a que las curvas de oferta y demanda encontrarían otro nuevo punto de interacción.

La premisa entonces, de que los pasajeros con Salario Máximo (10% de los usuarios del Metrobus) son los únicos que pueden tomar verdaderas decisiones, se sustenta en las teorías microeconómicas de oferta y demanda.

5. Flujo de Fondos y Viabilidad Económico-Financiera del Proyecto

A continuación se decide evaluar las distintas alternativas que se presentaron en la sección anterior, pero ahora sí desde un punto de vista económico-financiero.

Dado que la intención del presente trabajo es generar un estudio con el cual evaluar las distintas posibilidades que tiene el Gobierno para alcanzar la viabilidad del proyecto en el cual invirtió, se elige tomar un enfoque de Economía Sustentable¹⁵.

En 1987, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, más conocida como la Comisión Brundtland, comenzó a difundir la expresión “desarrollo sustentable”. A través de un informe titulado “Nuestro Futuro Común”, definió al **desarrollo sustentable** como aquél que **asegura satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las que le serán propias**.

Con este concepto en mente, se ratifica la elección de las alternativas propuestas. La elección de los escenarios dependía, en el capítulo anterior, del grado de satisfacción de las necesidades de los pasajeros actuales, sin comprometer las de los pasajeros futuros. Por este motivo, es que se sustenta la elección de alternativas en función del total de ciudadanos beneficiados a corto y largo plazo.

La Sustentabilidad hace referencia, entonces, a la preocupación por satisfacer las necesidades humanas para mejorar su bienestar, considerando una equidad intergeneracional en función de la magnitud y composición de recursos que deja una generación, a aquella otra que le sucederá. La noción de Sustentabilidad y por tanto, de “desarrollo sustentable”, no puede establecer en forma directa, metas o límites al deterioro del medio ambiente. Esto sucede porque es prácticamente imposible saber cuál es el nivel de actividad económica y de bienestar que puede mantenerse indefinidamente. Una de las propuestas para alcanzar el “desarrollo sostenible” consiste en garantizar que **cada generación herede a la que le sucede un stock agregado de capital al menos igual al que ésta recibió de la anterior**.

En el presente caso de estudio, los escenarios con una inversión en flota menor o igual al 20% - en un marco de largo plazo con una re-inversión del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en el año 2024 - son los únicos que **garantizan satisfacer las necesidades de los ciudadanos en el presente, entregándole a futuro un stock agregado de capital que permite satisfacer, al menos en igual cantidad, a los próximos ciudadanos**. Por este motivo, cobra vital importancia el hecho de estipular, para cualquier escenario recomendado como viable, que el mínimo de la Cantidad de Pasajeros que se ven beneficiados por el Metrobus, no puede ser inferior al monto inicial de pasajeros que también lo fueron (200.000 ciudadanos).

A través de este enfoque de sustentabilidad se decide cuantificar el beneficio percibido por los ciudadanos a través del **Tiempo de ganancia** respecto a la evolución de dicha variable vs el valor que tomaba al inicio, previa a la inauguración del Metrobus. Por este motivo, los tiempos de

¹⁵ <http://herzog.economia.unam.mx/profesores/gvargas/libro1/cp25des.pdf>

recorridos son contrastados con los 50 minutos de tiempo de viaje por tramo que se tardaba en el año 2013.

Tal como se mencionó en la primera sección de este estudio, el tiempo del pasajero se valoriza en función de la distribución de los salarios de quienes usufructúan asiduamente el Metrobus. En primer lugar, estos valores se obtienen del perfil del usuario de las once líneas de colectivo que constituyen hoy en día el Metrobus de la Av. 9 de Julio. De aquí se obtiene que la distribución esté dada por un 10% de usuarios que perciben un salario máximo, un 30% que se encuentran en el rango medio de la escala salarial, y de un 60% que cobran un salario inferior.

Se recuerda que el monto estipulado para el **valor del tiempo** de un pasajero promedio, ponderando los distintos salarios percibidos, es de **0,75 ARS por minuto**.

Con estos datos se proseguirá a obtener los flujos de ganancias en tiempo, cuantificado a valor monetario, para las diversas alternativas que fueron propuestas en la sección anterior como recomendaciones óptimas del presente trabajo.

De esta manera se medirá, en cada uno de los tres escenarios con 10%, 15% y 20% de reinversión de capitales privados en flota – con un máximo de 1.126 colectivos permitidos –, las variaciones, a lo largo de todo el horizonte temporal (iniciando en 2013 y finalizando en 2035), de los valores de tiempo por tramo respecto de los 50 minutos de punto de quiebre. Los tiempos menores a 50 minutos implican una ganancia para los ciudadanos, mientras que superiores a dicho valor, representan costos para la sociedad. Luego se afecta este valor de tiempo de recorrido, por el total de pasajeros que circulan en el Metrobus en ese período de tiempo, y finalmente se multiplica por los 0,75 ARS.

Con dicha ecuación se obtiene un total de ganancias (beneficio de tiempo cuantificado en ARS), anualizado, percibido por los ciudadanos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Una vez que se tiene el flujo de ingresos año a año, entonces se busca entender la estructura de costos que representa, para el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el proyecto del Metrobus de la Av. 9 de Julio.

Tal como se mencionó al principio de este estudio, la inversión inicial requirió de un monto de 195 MM ARS, por lo que en el flujo de fondos aparecerá un egreso equivalente a dicho valor, a principios del año 2013.

En los supuestos del modelo, se menciona una premisa que presupone un monto fijo anual destinado al mantenimiento de la infraestructura del Metrobus, ya que la falta de la misma repercutiría en una disminución de la capacidad y nivel de servicio del medio de transporte. Este monto anual equivale al 2,5% del monto total de la inversión, por lo que le cuesta al Gobierno un total de 4 MM ARS cada año.

El otro costo anual para el Gobierno es aquel que surge del financiamiento que deciden otorgar a los inversores privados para ampliar la capacidad de la flota, así como renovar las unidades para evitar la obsolescencia del medio de transporte. Este valor equivale al 10% del valor de cada colectivo (1,1 MM ARS cuesta en promedio cada unidad), e impacta únicamente al 25% de la flota anual, ya que la renovación de unidades se realiza cada 4 años. Por este motivo, este costo

es variable, y depende directamente del valor con el que cada año cierra la flota de las once líneas de colectivos que circula por el Metrobus.

Un factor a tener en cuenta al respecto de la flota de colectivos y de la financiación por parte del Gobierno, es que es éste último quien debe regular el máximo asequible de flota. Y por lo tanto es quien delimitará que el máximo permitido para la flota tiene que ser de 1.126 colectivos.

Finalmente, los escenarios elegidos como óptimos y que por lo tanto, son evaluados en esta sección, requieren de una inversión en el año 2024 que amplía la capacidad y nivel de servicio del Metrobus en un 50%. Dicho valor es equivalente al monto inicial de la inversión en el proyecto, es decir, es igual a 195 MM ARS. Aun así, su impacto en el proyecto es menor que la inversión inicial por tratarse de una reformulación del proyecto inicial y no de un salto tecnológico.

A continuación se realiza la evaluación de flujos de fondos para los diversos escenarios. Cabe aclararse que las ganancias percibidas por los pasajeros son mucho mayores a los valores de inversión y costos que debe afrontar el Gobierno; por este motivo es que no se busca entender el “Tiempo de repago” – que se obtiene siempre en el primer año – o el “VAN” del proyecto, sino comparar las diversas alternativas y, por el método de la “TIR” entender cuáles son las alternativas menos riesgosas y jerarquizarlas.

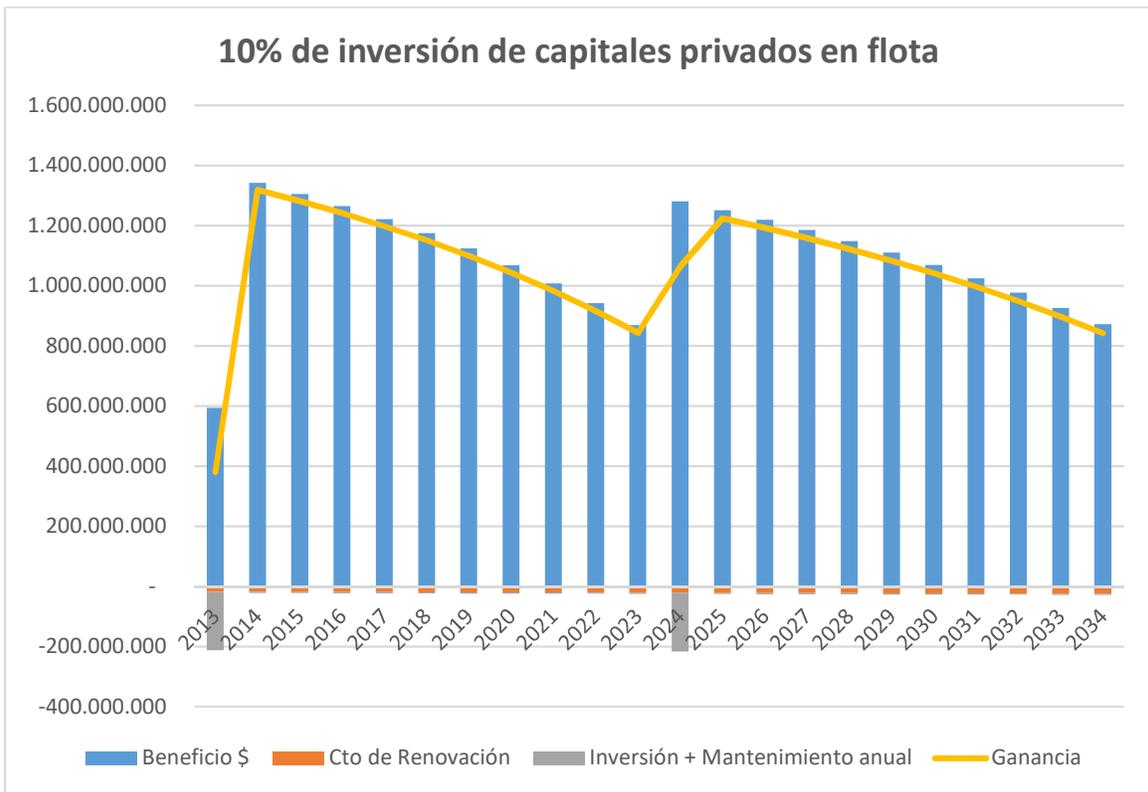


Gráfico 5.1. Alternativa con 10% de inversión en ampliación y renovación de flota

En el Gráfico 5.1 puede observarse una ganancia estable a lo largo de los 20 años representados. En la Tabla 7.1, a continuación, que presenta los Flujos de fondos de cada período

se puede destacar la ausencia de un flujo negativo. Por este motivo, y sabiendo que la inversión inicial es de 195 MM ARS, se obtiene un valor de la **TIR de 373%**.

Año	Beneficio \$	Cto de Renovación	Inversión + Mantenimiento anual	Ganancia
2013	593.729.913	-18.222.627	-195.000.000	380.507.287
2014	1.341.433.106	-18.518.496	-4.000.000	1.318.914.610
2015	1.304.530.199	-18.815.647	-4.000.000	1.281.714.552
2016	1.264.619.936	-19.114.078	-4.000.000	1.241.505.858
2017	1.221.396.051	-19.413.785	-4.000.000	1.197.982.266
2018	1.174.510.187	-19.714.764	-4.000.000	1.150.795.422
2019	1.123.564.123	-20.017.011	-4.000.000	1.099.547.111
2020	1.068.100.592	-20.320.520	-4.000.000	1.043.780.072
2021	1.007.592.145	-20.625.281	-4.000.000	982.966.864
2022	941.427.166	-20.931.286	-4.000.000	916.495.880
2023	868.892.288	-21.238.524	-4.000.000	843.653.764
2024	1.280.670.871	-21.548.312	-195.000.000	1.064.122.558
2025	1.250.706.682	-21.859.470	-4.000.000	1.224.847.213
2026	1.218.784.976	-22.171.994	-4.000.000	1.192.612.982
2027	1.184.766.730	-22.485.885	-4.000.000	1.158.280.845
2028	1.148.486.606	-22.801.144	-4.000.000	1.121.685.462
2029	1.109.761.746	-23.117.771	-4.000.000	1.082.643.976
2030	1.068.389.465	-23.435.764	-4.000.000	1.040.953.701
2031	1.024.144.553	-23.755.122	-4.000.000	996.389.431
2032	976.776.171	-24.075.843	-4.000.000	948.700.328
2033	926.003.915	-24.397.924	-4.000.000	897.605.991
2034	871.513.345	-24.721.362	-4.000.000	842.791.982

Tabla 5.1: Flujo de fondos del escenario con 10% de inversión en flota

A continuación, se realizará el análisis el escenario con un 15% de inversión en ampliación y renovación de flota.

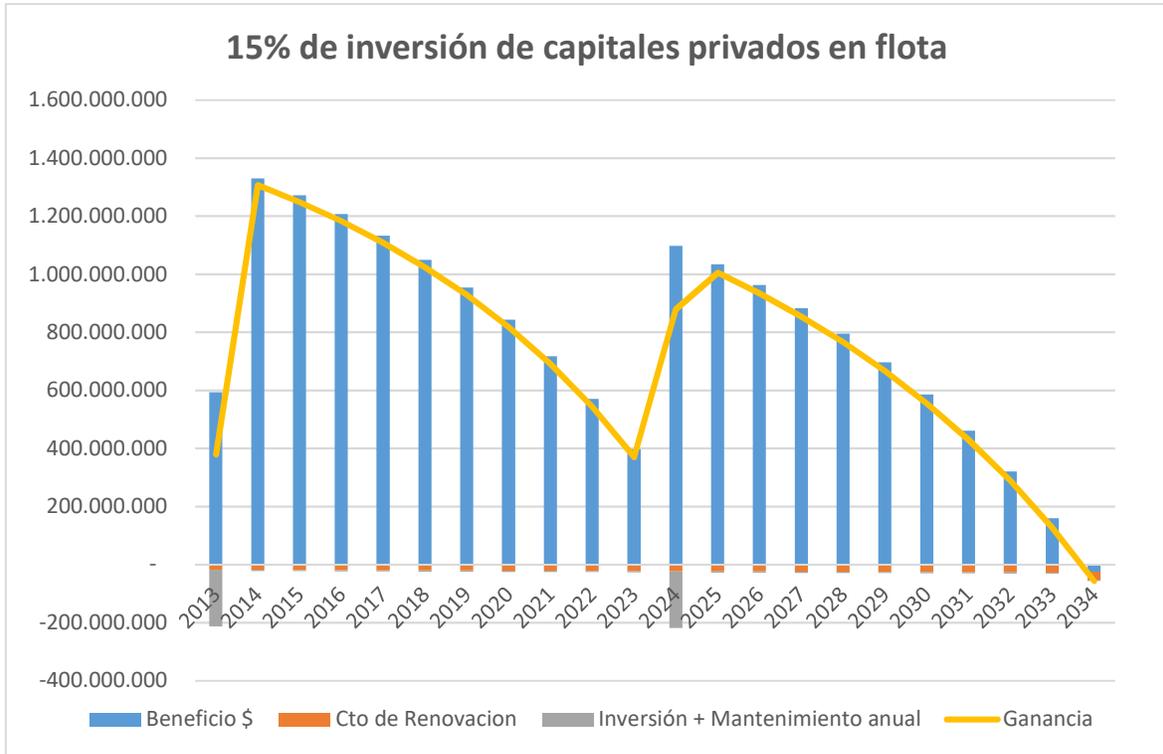


Gráfico 5.2. Alternativa con 15% de inversión en ampliación y renovación de flota

En el Gráfico 5.2 se puede observar una caída drástica de las Ganancias hacia el final del año 2034. Este desplome, deviene de un aumento en el Tiempo de Viaje (Gráfico 3.3.1), una baja de la Atractividad para los pasajeros y una caída en el total de Pasajeros que frecuentan el Metrobus (Gráfico 3.3.2). A su vez, conlleva a un flujo neto negativo en el 2034, a raíz de que las ganancias no superan los costos anuales requeridos, que puede visualizarse en la Tabla 5.2, a continuación.

Aún en este escenario de desplome al final del horizonte temporal elegido, si se calcula la TIR para este flujo de fondos, se obtiene un valor de **371%**.

Año	Beneficio \$	Cto de Renovación	Inversión + Mantenimiento anual	Ganancia
2013	593.280.115	-18.261.054	-195.000.000	380.019.061
2014	1.329.687.295	-18.705.474	-4.000.000	1.306.981.821
2015	1.271.760.446	-19.152.774	-4.000.000	1.248.607.673
2016	1.206.492.636	-19.602.945	-4.000.000	1.182.889.691
2017	1.132.691.384	-20.055.973	-4.000.000	1.108.635.410
2018	1.048.895.546	-20.511.837	-4.000.000	1.024.383.709
2019	953.295.918	-20.970.508	-4.000.000	928.325.410
2020	843.625.673	-21.431.949	-4.000.000	818.193.724
2021	717.005.490	-21.896.110	-4.000.000	691.109.380
2022	569.724.430	-22.362.926	-4.000.000	543.361.504
2023	396.916.154	-22.832.312	-4.000.000	370.083.842
2024	1.097.725.176	-23.307.840	-195.000.000	879.417.337
2025	1.033.350.435	-23.786.450	-4.000.000	1.005.563.985
2026	962.042.602	-24.268.126	-4.000.000	933.774.476
2027	882.864.607	-24.752.858	-4.000.000	854.111.749
2028	794.681.618	-25.240.630	-4.000.000	765.440.988
2029	696.134.344	-25.731.422	-4.000.000	666.402.922
2030	585.579.682	-26.225.205	-4.000.000	555.354.477
2031	461.013.889	-26.721.944	-4.000.000	430.291.945
2032	319.968.257	-27.221.591	-4.000.000	288.746.666
2033	159.365.758	-27.724.088	-4.000.000	127.641.670
2034	-24.294.289	-28.227.699	-4.000.000	-56.521.987

Tabla 5.2. Flujo de fondos del escenario con 15% de inversión en flota.

Resta analizar el escenario con 20% de inversión de capitales privados en flota. En este punto, es relevante aclarar que como se decidió fijar el total de flota como máximo en 1126 colectivos, para evitar una caída drástica de los Pasajeros del Metrobus, tal como se vio en el *Gráfico 6.1*, entonces se evaluará este escenario extremo para entender cómo repercute esta decisión a nivel económico-financiero. Asimismo, se estudiará el extremo opuesto, donde el máximo de la flota está dado por 978 colectivos (dato que hace referencia a los 226 colectivos máximos por carril en un instante dado en *Hora Pico*). Con ambos escenarios, opuestos y extremos, se podrá entender la rentabilidad del proyecto con un 20% de inversión en flota, con todas sus posibilidades y riesgos asociados.

Evaluaremos, entonces, en primer lugar el escenario con el máximo fijado en 1.126 colectivos por flota.

Tal como se puede ver en el *Gráfico 5.3*, esta alternativa conlleva un Flujo de Fondos sumamente desestabilizado, con una primera caída y desplome de las ganancias hacia el año 2024, y con un consecutivo pequeño máximo dos años después, pero que cae, inmediata y drásticamente, obteniendo flujos negativos hacia el año 2028 y que continúa con dicha tendencia hasta el año 2035.

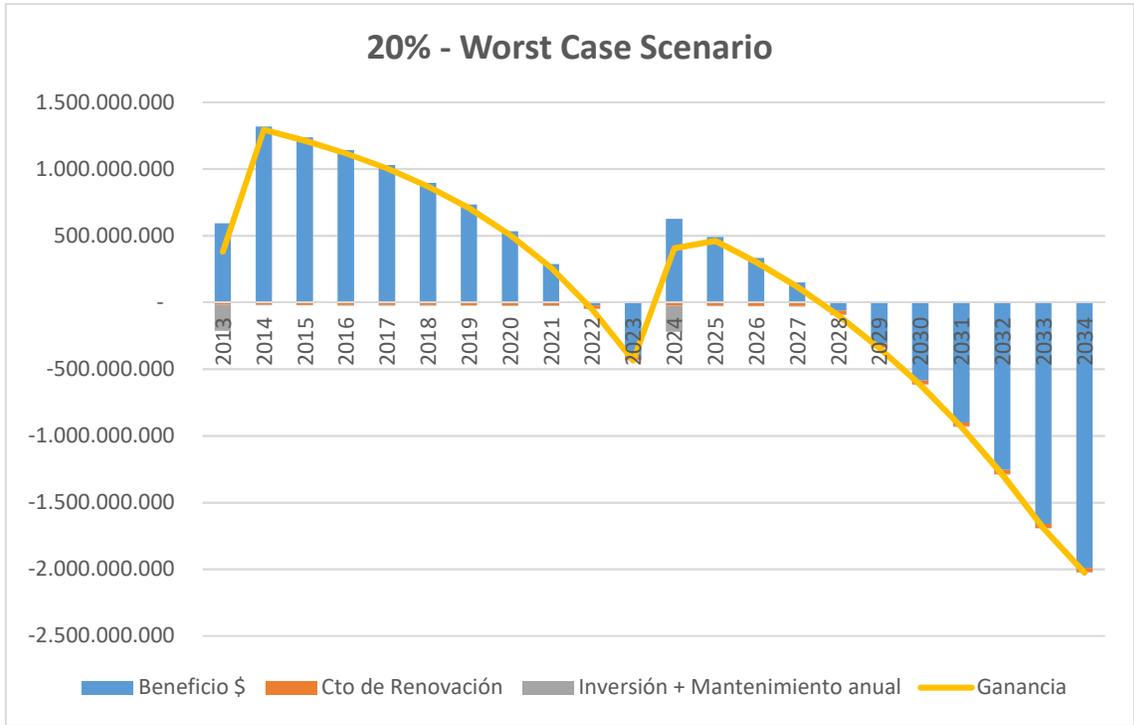


Gráfico 5.3: Alternativa con 20% de inversión en ampliación y renovación de flota. Máximo permitido de 1.126 colectivos

A continuación se muestran los valores de los flujos, en la Tabla 7.3.

Año	Beneficio \$	Cto de Renovación	Inversión + Mantenimiento anual	Ganancia
2013	592.825.067	-18.299.499	-195.000.000	379.525.568
2014	1.317.559.900	-18.892.877	-4.000.000	1.294.667.023
2015	1.236.664.931	-19.491.371	-4.000.000	1.213.173.559
2016	1.141.566.895	-20.094.951	-4.000.000	1.117.471.944
2017	1.028.977.817	-20.703.569	-4.000.000	1.004.274.249
2018	894.528.201	-21.317.153	-4.000.000	869.211.048
2019	732.285.212	-21.935.598	-4.000.000	706.349.614
2020	533.987.563	-22.558.754	-4.000.000	507.428.809
2021	287.784.998	-23.186.404	-4.000.000	260.598.594
2022	-22.908.502	-23.814.891	-4.000.000	-50.723.394
2023	-406.837.994	-24.428.430	-4.000.000	-435.266.424
2024	625.693.111	-25.075.307	-195.000.000	405.617.804
2025	490.021.734	-25.727.619	-4.000.000	460.294.115
2026	332.990.003	-26.385.184	-4.000.000	302.604.819
2027	150.044.047	-27.047.909	-4.000.000	118.996.138
2028	-63.967.229	-27.711.859	-4.000.000	-95.679.089
2029	-308.880.325	-28.367.724	-4.000.000	-341.248.048
2030	-586.055.641	-29.013.121	-4.000.000	-619.068.762
2031	-900.132.879	-29.645.743	-4.000.000	-933.778.622
2032	-1.256.352.962	-30.262.945	-4.000.000	-1.290.615.906
2033	-1.660.446.230	-30.861.714	-4.000.000	-1.695.307.943
2034	-1.990.751.352	-30.965.000	-4.000.000	-2.025.716.352

Tabla 7.3. Flujo de fondos del escenario con 20% de inversión en flota. Máximo permitido de 1.126 colectivos.

Se puede distinguir en ella que los flujos negativos se presentan a lo largo de 9 años. De esta manera, al calcularse la **TIR** se obtiene un valor de **-1%**. Luego de evaluar todos los escenarios se explicará el significado negativo de la TIR, pero a priori, puede decirse que este proyecto no será económica y financieramente viable.

Por último, se evaluará el escenario con 978 unidades permitidas como máximo por flota.

Tal como puede observarse en el *Gráfico 5.4*, existe un mínimo, que se condice con un valor negativo en el flujo, hacia los años 2022/2023. Este mínimo se produce porque las 978 unidades que se han adquirido ya en esta altura del horizonte temporal, consisten en el total máximo de la capacidad del Metrobus previo a la inversión del año 2024 del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Después de esta inversión, el flujo recupera su positividad, alcanzando un máximo hacia el año 2025, y luego consiguiendo que los valores de las ganancias se estabilicen hacia el año 2028, en torno a un valor mínimo bastante cercano al cero pero positivo aun. Este cambio se debe al aumento del tiempo de viaje mayor a 50 minutos, y a su estabilidad en torno a dicho valor por la prohibición de la ampliación de la flota más allá del valor límite preestablecido. El comportamiento de los pasajeros se estabiliza en torno a los 221.400 pasajeros por día que utilizan el Metrobus de la Av. 9 de Julio, tal como puede verse en el *Gráfico 4.1*.

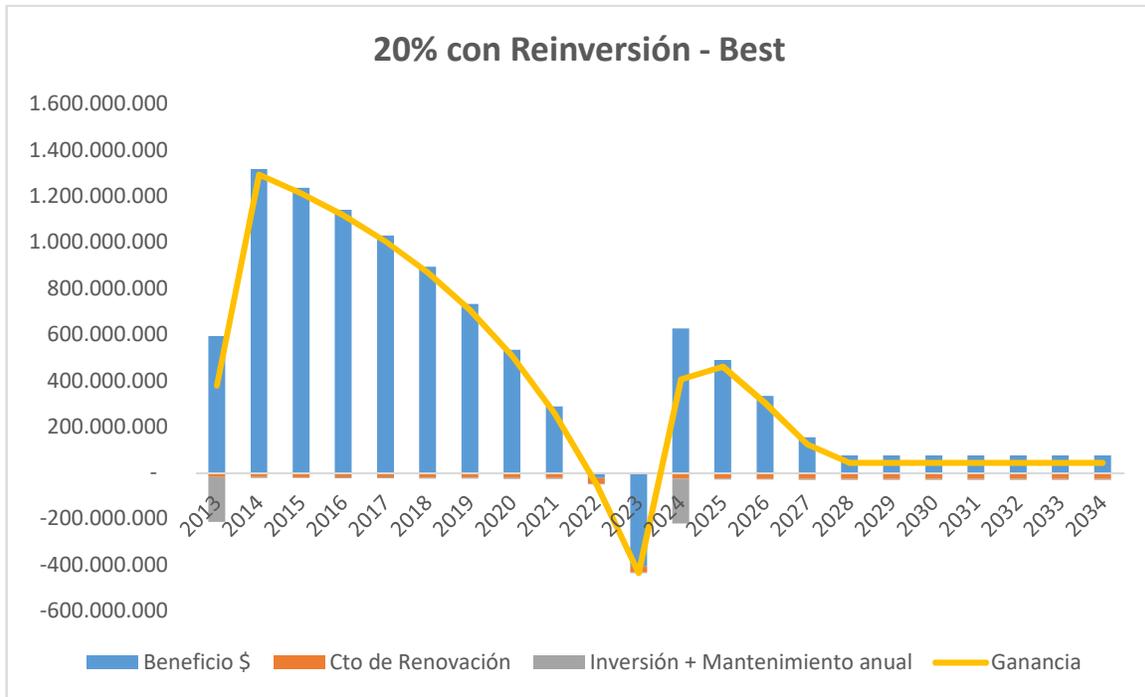


Gráfico 5.4: Alternativa con 20% de inversión en ampliación y renovación de flota. Máximo permitido de 978 colectivos

En la *Tabla 5.4* pueden observarse ambos flujos negativos de los años 2022 y 2023. No obstante, al calcularse la **TIR** para este escenario se obtiene un valor de **369%**. Con lo cual, puede asegurarse, que este escenario difiere radicalmente del anterior en el cual la TIR daba negativa.

Este escenario sí resulta ser una alternativa atractiva tanto para el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires como para sus ciudadanos.

Año	Beneficio \$	Cto de Renovación	Inversión + Mantenimiento anual	Ganancia
2013	592.825.067	-18.299.499	-195.000.000	379.525.568
2014	1.317.559.900	-18.892.877	-4.000.000	1.294.667.023
2015	1.236.664.931	-19.491.371	-4.000.000	1.213.173.559
2016	1.141.566.895	-20.094.951	-4.000.000	1.117.471.944
2017	1.028.977.817	-20.703.569	-4.000.000	1.004.274.249
2018	894.528.201	-21.317.153	-4.000.000	869.211.048
2019	732.285.212	-21.935.598	-4.000.000	706.349.614
2020	533.987.563	-22.558.754	-4.000.000	507.428.809
2021	287.784.998	-23.186.404	-4.000.000	260.598.594
2022	-22.908.502	-23.814.891	-4.000.000	-50.723.394
2023	-406.837.994	-24.428.430	-4.000.000	-435.266.424
2024	625.693.111	-25.075.307	-195.000.000	405.617.804
2025	490.021.734	-25.727.619	-4.000.000	460.294.115
2026	332.990.003	-26.385.184	-4.000.000	302.604.819
2027	154.512.407	-26.895.000	-4.000.000	123.617.407
2028	74.998.656	-26.895.000	-4.000.000	44.103.656
2029	74.998.656	-26.895.000	-4.000.000	44.103.656
2030	74.998.656	-26.895.000	-4.000.000	44.103.656
2031	74.998.656	-26.895.000	-4.000.000	44.103.656
2032	74.998.656	-26.895.000	-4.000.000	44.103.656
2033	74.998.656	-26.895.000	-4.000.000	44.103.656
2034	74.998.656	-26.895.000	-4.000.000	44.103.656

Tabla 5.4. Flujo de fondos del escenario con 20% de inversión en flota. Máximo permitido de 978 colectivos

Recapitulando, se calculó para todas las alternativas la TIR, la tasa interna de retorno del proyecto, es decir, la tasa efectiva anual de retorno o tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos como negativos) para los 20 años de horizonte temporal de evaluación del proyecto, sea cero.

En términos más específicos, se calculó la tasa de interés a la que el valor actual neto de los costos (los flujos de caja negativos) de la inversión del Metrobus es igual al valor presente neto de los beneficios futuros (flujos positivos de beneficio del tiempo de ganancia, cuantificado en moneda corriente).

Una aclaración pertinente es que cuanto mayor sea la tasa interna de retorno del proyecto, más deseable será llevar a cabo el proyecto. Si la tasa de retorno es negativa, entonces dicho proyecto no es recomendable. Atrás de esta afirmación, subyace el supuesto que todos los

demás factores entre los distintos escenarios estudiados son iguales, es decir, que el monto de la inversión es el mismo, así como el período que se analiza.

Finalmente, entonces, puede decirse que las alternativas viables, tanto desde un punto de vista de los ciudadanos, como de la sustentabilidad económica y financiera del proyecto en sí mismo (estudiando el beneficio en conjunto del Gobierno como el de los ciudadanos), son aquellas en donde la inversión de capitales privados en ampliación y renovación de la flota es menor al 20%, pero donde el total de colectivos máximo está fijado en 978 unidades.

El escenario de mayor TIR debería ser considerado como la primera y mejor alternativa a realizar. Es decir, se aconseja al Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, emular las condiciones que conducen hacia la mejor tasa interna de retorno. Este escenario resulta ser el del 10% de inversión de capitales privados en flota, consecutivamente le seguirán las alternativas del 15% y del 20%, respectivamente, fijando siempre el máximo en 978 unidades.

6. Conclusiones y Reflexiones Finales

En esta sección final del trabajo, se realizarán las conclusiones inferidas del desarrollo del estudio así como se presentarán las sugerencias finales de todas las alternativas propuestas para el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

Se llega a la conclusión final de que el mejor escenario a proponer al Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, resulta ser el del **10% de inversión anual de aquellos Capitales Privados que perciban las ganancias de los usuarios de las líneas de colectivo que circulan bajo el nombre de Metrobus**. La principal razón de esta conclusión, se debe a que este **porcentaje de inversión** en ampliación y renovación de flota **acompaña el crecimiento poblacional urbano, y en simultáneo se encuentra alineado con la evolución de las preferencias de aquellos pasajeros** que deben circular por la Av. 9 de Julio.

En el resto de los casos – inversiones menores o iguales al 20% –, los cuales son considerados como propuestas menos favorables pero viables en fin; sucede que la inversión en ampliación y renovación de flota crece a un ritmo mayor que el crecimiento de la demanda, es decir, la flota avanza más rápidamente que el atractivo de los ciudadanos por el Metrobus.

Las implicancias que este desfase conlleva son ciertamente las que determinan la menor rentabilidad de dichos escenarios. El desequilibrio entre oferta y demanda, deviene en una mayor congestión de la zona.

Aun así, a muy corto plazo, surge a partir del desequilibrio, un repentino aumento de la demanda de pasajeros por un inmediato atractivo debido a la mayor comodidad para viajar, por el incremento de espacios disponibles. No obstante, este comportamiento genera un pico instantáneo, y una baja que se estabiliza a largo plazo, en cuanto los pasajeros toman conciencia del aumento en los tiempos de viaje debido a la mayor congestión en la zona. Entonces, surgen las bajas de atraktividad, y consecuentemente los traspasos por parte de quienes pueden hacerlo.

En cualquier caso mayor al 10% de inversión en flota, entonces, el sistema se estabiliza; pero lo hace en torno a un valor menor al que lo haría en el caso óptimo.

Se recomienda de esta manera al Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, realizar un estudio de métodos y tiempos, exhaustivo y detallado, para determinar en qué situación se encuentra en la actualidad, y para poder corregir su tendencia y orientarse, en adelante, hacia un escenario alineado al propuesto por el presente trabajo.

7. Anexos

Anexo I. Endeudamiento del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires¹⁶

En este Anexo se busca argumentar que el Gobierno de la Ciudad no enfrentará mayores problemas a la hora de conseguir fondos, para solventar el flujo de costos e inversiones que precisa el Metrobus de la Av. 9 de Julio.

El manejo ordenado de las cuentas públicas del Gobierno de la Ciudad sumado a una prudente y programada política de endeudamiento, permite presentar un Presupuesto que destina mayores recursos para sostener y desarrollar políticas públicas sustantivas. Esto implica en la práctica poder financiar un exigente menú de políticas públicas, un creciente gasto en inversión pública para infraestructura social, así como repagar los vencimientos de la deuda pública, todo con los recursos generados.

La situación de solidez fiscal y financiera descripta ubica a la Ciudad en un selecto y reducido grupo de emisores públicos y privados que han evitado el incumplimiento de sus obligaciones, lo que se verifica a partir de observar el impacto de cualquier indicador que vincule la Deuda Pública de la Ciudad tanto por su stock de capital como por los intereses que genera. Se resaltan las siguientes características generales como resultado de la política de crédito público del Gobierno:

- ✓ Los servicios de interés de la Deuda Pública poseen un peso relativo dentro del total de gastos para el 2014 de sólo el 2,1 %.
- ✓ La disminución de la deuda con Organismos Internacionales obedece a las cancelaciones de los préstamos de acuerdo a las condiciones financieras de cada uno de ellos y la finalización de la ejecución del Préstamo BIRF 7289-AR “Programa de Gestión de Riesgo Hídrico de la Ciudad de Buenos Aires”.
- ✓ El aumento del nivel de deuda corresponde principalmente a la emisión de la series 9 y 10 hacia fines de 2011 y principios de 2012 respectivamente.
- ✓ La creación del Programa de Financiamiento en el Mercado Local, y la emisión de clases 1 a 4 (dólar-link) hacia fines del 2012 y 2013.
- ✓ La emisión del título de deuda destinado a la cancelación de mayores costos ocasionados por la continuidad del Servicio Público de Higiene Urbana en las zonas Nº 1, 2, 3, 4, y 6 por parte de las adjudicatarias de la Licitación Pública Nacional e Internacional Nº 6/03.
- ✓ El nivel de autofinanciamiento del Gobierno de la Ciudad en 2012 se ubicó en torno al 90,4% del Presupuesto.

¹⁶ http://www.buenosaires.gob.ar/areas/hacienda/presupuesto2014_final/msg_presupuesto2014.pdf

- ✓ El calendario de pagos para el ejercicio 2014 y futuros es perfectamente afrontable con los recursos generados por la Ciudad, generando de esta forma un escenario de “sostenibilidad” de las políticas públicas.
- ✓ Las calificaciones crediticias de la Ciudad de Buenos Aires, que se observan en el cuadro que sigue, dan cuenta de la prudente y ordenada gestión de gobierno que se está llevando adelante en cuanto al saneamiento en materia fiscal y financiera de las cuentas del Gobierno de la Ciudad. En suma, la gestión de gobierno promueve la generación de los recursos y obtención de fuentes de financiamiento necesarios E.E. N° 4.888.898/2013-MGEYA-DGOGPP para hacer frente a los compromisos derivados de la realización del plan de obras de infraestructura del Gobierno.

Cuadro - Calificaciones de Riesgo Crediticio de la Ciudad de Buenos Aires y Estado Nacional al 15.09.2013

	Standard & Poor's		Moody's		Fitch IBCA	
	Moneda Local	Moneda Extranjera.	Moneda Local	Moneda Extranjera.	Moneda Local	Moneda Extranjera.
Ciudad De Buenos Aires	B -	CCC +	B 3	Caa 1	B -	B -
Estado Nacional	CCC +	CCC +	B 3	B 3	B -	CC

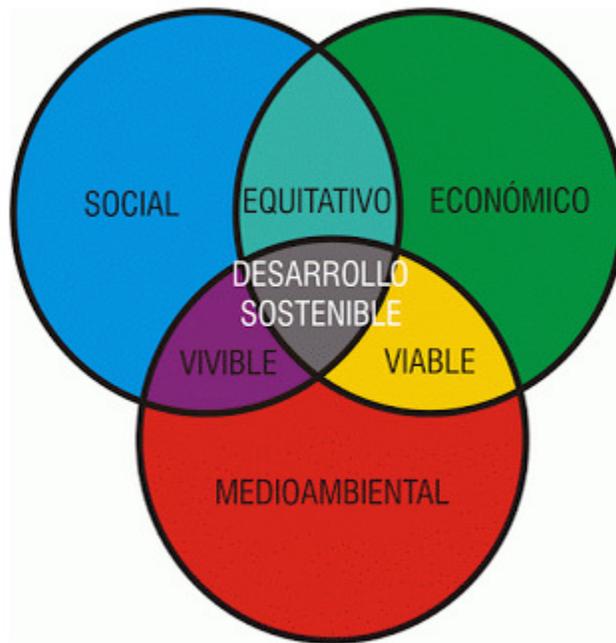
Adicionalmente, corresponde destacar que la calificación otorgada al Programa de Emisión de Letras del Tesoro de la Ciudad por Standard & Poor's en Escala Nacional es: “raA-1+”.

Anexo II. Desarrollo Sustentable

En este anexo se busca profundizar algunos conceptos relacionados con el desarrollo sustentable y la economía sustentable, que servirán de apoyo para comprender lo expuesto a lo largo del trabajo.

El desarrollo sustentable es un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades. Esta definición incluye dos conceptos claves:

- ✓ **Necesidades:** en particular las de los más pobres del mundo, a las que se les debe dar prioridad.
- ✓ **Limitaciones:** impuestas por el estado de la tecnología y de la organización social a la habilidad del medio ambiente de satisfacer las necesidades presentes y futuras.



Esta definición implica una preocupación por la equidad social entre las distintas generaciones, una inquietud que lógicamente debe ser extendida a la equidad dentro de cada generación.

La definición de desarrollo sustentable mostrada en este anexo, se corresponde con aquella elaborada en el Informe Brundtland en 1987, del cual puede accederse a una versión resumida accediendo al siguiente link: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>

Abordando el asunto del desarrollo sustentable frente al crecimiento poblacional, debe resaltarse la necesidad de que exista un desarrollo tecnológico que permita el sostenimiento de una mayor población sin aumentar la presión y el daño en el medio ambiente y así asegurar los recursos a generaciones futuras. Debe destacarse también que los avances tecnológicos deben ser

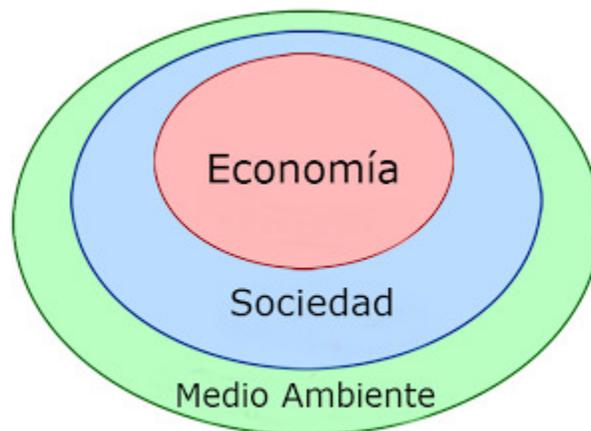
acompañados de una apropiada planificación, a fin de evitar la marginalización de algunos sectores de la sociedad.

En un mundo de recursos finitos no puede haber un crecimiento económico infinito, pero el desarrollo tecnológico puede mejorar la capacidad de carga de los recursos existentes, es decir, hacer más con lo mismo, y a la vez puede propiciar un mayor acceso a bienes y servicios a personas con menores ingresos.

Otro aspecto a resaltar relacionado con el desarrollo sustentable, es el de la contaminación. En esencia el desarrollo sostenible es un proceso de cambio en el cual la explotación de recursos, la dirección de inversiones, la orientación del cambio tecnológico y el cambio institucional están en armonía y buscan mejorar el potencial actual y futuro de satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas.

Merece ser mencionado el concepto de Economía Sustentable, que se encuentra íntimamente relacionado con aquel de Desarrollo Sustentable. En términos simples, una economía sustentable es un modelo en donde se logre un desarrollo que integre los objetivos económicos, sociales y medioambientales de la sociedad, con el fin de maximizar el bienestar humano en el presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus necesidades. Esto requiere de un enfoque que permita el soporte de todos los objetivos como también de concesiones cuando sean necesarias.

La economía y la sociedad están restringidas por los límites que impone el medio ambiente. No se puede pretender maximizar la riqueza económica y mejorar la equidad social dejando de lado al medio ambiente.



En este anexo se brindará una explicación teórica sobre la TIR o Tasa Interna de Retorno. Se mostrará cómo se calcula, y cómo puede utilizarse para interpretar la conveniencia o no de una inversión futura.

Para poder comprender el concepto de Tasa Interna de Retorno, debemos primero introducir el concepto de Valor Actual Neto (VAN).

El VAN es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros, determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto, y comparar esa equivalencia con el desembolso inicial.

La fórmula que permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

V_t representa los flujos de caja en cada periodo t

I₀ es el valor del desembolso inicial de la inversión

n es el número de periodos considerado

k es la tasa de interés

Cuando el valor del VAN es mayor a cero, el proyecto puede aceptarse ya que la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida. En los casos en los que el VAN sea menor a cero, el proyecto debería rechazarse, ya que la inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida. En el caso en el que el VAN sea cero, la decisión de avanzar o no con la inversión deberá tomarse utilizando otros criterios de evaluación, ya que de acuerdo a esta metodología se obtiene el resultado de que la inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas.

Cuando el VAN toma un valor igual a cero, k pasa a llamarse TIR (Tasa Interna de Retorno), que representa la rentabilidad que el proyecto proporciona.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) de una inversión es el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica por cierto el supuesto de una oportunidad para "reinvertir". En términos simples, se conceptualiza como la tasa de descuento con la que el valor actual neto o valor presente neto (VAN) es igual a cero. Otras definiciones de la TIR incluyen:

- ✓ La tasa de interés por medio de la cual se recupera la inversión
- ✓ La tasa real que proporciona un proyecto de inversión y aquella que al ser utilizada como tasa de descuento en el cálculo de un VAN dará como resultado 0.
- ✓ La tasa de interés para la cual los ingresos totales actualizados igualan a los costos totales actualizados.

La TIR se obtiene igualando la ecuación para obtener el VAN a 0.

La TIR es, al igual que el VAN, una herramienta en la toma de decisiones de inversión utilizada para conocer la factibilidad de diferentes opciones de inversión. El criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es el siguiente:

- ✓ Si $TIR \geq$ rentabilidad mínima del proyecto, se aceptará el proyecto ya que el mismo genera una rentabilidad mayor que la mínima requerida (coste de oportunidad).
- ✓ Si $TIR <$ rentabilidad mínima del proyecto, se rechazará el proyecto ya que el mismo da una rentabilidad menor que la mínima requerida.

Anexo IV. Sistemas BRT alrededor del mundo

En este anexo se presentarán, a modo de complemento, imágenes e información relacionada con la implementación de otros sistemas tipo BRT alrededor del mundo. Si bien la lista es extensa, se procurará hacer un resumen, mostrando algunas ciudades donde la incorporación de este sistema de transporte público marcó una clara mejora en relación a la movilidad de pasajeros.

A continuación se presenta un mapa indicando todos los sistemas BRT implementados, o en vías de planificación y construcción a nivel global:

BRT and busway systems in the world

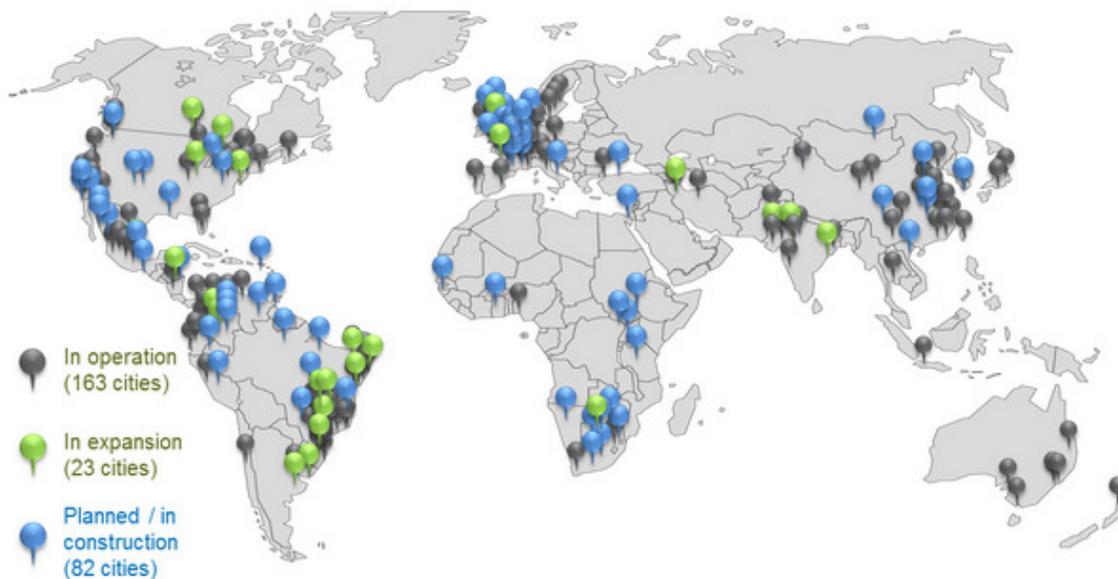


Imagen AIV.1: Sistemas BRT alrededor del mundo

A continuación se hará mención de los que el equipo de trabajo considera los más relevantes:

- ✓ **Curitiba, Brasil:** implementado en Septiembre de 1974, este sistema BRT transporta 505,000 personas por día. Cuenta con una flota total de buses que asciende las 2170 unidades, y une 390 líneas de bus, que atraviesan un total de 30 terminales, y 351 paradas, distribuidas a lo largo de su extensión total, de 81km. Si bien Curitiba es una de las ciudades con mayor cantidad de automóviles en Brasil, más del 70% de los habitantes utiliza a diario el sistema de transporte público. Este sistema BRT en Curitiba, no sólo ha mejorado significativamente los inconvenientes de movilidad de pasajeros, sino que también ha estimulado el desarrollo alrededor de los recorridos de los autobuses.

A continuación se presentan algunas imágenes del sistema BRT implementado en la ciudad de Curitiba:



Imagen AIV.2: Sistema BRT en Curitiba, Brasil

- ✓ **Bogotá, Colombia:** este sistema BRT, apodado TransMilenio en dicho país, transporta 1,65 millones de personas por día. Fue implementado en el año 2000, cuenta con una extensión de 84km, 114 estaciones, y 7 terminales. Actualmente se encuentra en vías de implementación un sistema llamado *e-BRT*, que pretende utilizar la misma estructura que un sistema BRT convencional, pero mediante la incorporación de buses eléctricos. Esto representará no sólo un ahorro sustancial, sino también contribuirá de manera significativa a paliar la contaminación ambiental en dicha ciudad. TransMilenio transporta al 69% de la población de la ciudad de Bogotá a diario. Los vehículos utilizados en los servicios troncales del Sistema TransMilenio son especialmente diseñados para el transporte público urbano de pasajeros. Tienen una capacidad de 160 personas, ya que son biarticulados. La puesta en operación de estos vehículos

permite atender los corredores con mayor demanda mejorando los tiempos de atención de los usuarios en las estaciones con mayor afluencia. Entre las ventajas del bus biarticulado se encuentran: mayor capacidad de abordaje de los usuarios, mejor distribución de los usuarios dentro de la estación, y menor cantidad de emisiones por pasajero transportado. Asimismo, el uso de estos buses reduce los costos de operación por usuario, siendo esto reflejado en el valor de la tarifa.

A continuación se presenta una imagen del sistema TransMilenio:



Imagen AIV.3: Sistema TransMilenio en Bogotá, Colombia

- ✓ **Brisbane, Australia:** implementado en 2001, este sistema BRT transporta 1,5 millones de personas por día. Este sistema de transporte tiene la particularidad de que sus carriles no sólo son exclusivos para tránsito de buses (como en todos los sistemas BRT), sino que dichos corredores no se intersectan en ningún punto con otros corredores vehiculares. Una porción de dicho sistema BRT circula bajo tierra (la que atraviesa el centro de la ciudad), mientras que otras partes lo hacen a lo largo de un corredor previamente destinado a trenes. El sistema BRT implementado en Brisbane se inspiró en aquel vigente en Ottawa, Canadá. Uno de los logros más significativos de la implementación de este sistema, incluye el traspaso de 375,000 pasajeros anualmente de un sistema de transporte privado (automóvil) al público.

A continuación se presentan unas imágenes del sistema BRT implementado en la ciudad de Brisbane, Australia:



Imagen AIV.4: Sistema BRT en Brisbane, Australia

8. Bibliografía

- ✓ *Best BRT Systems in Major Cities*: <https://www.youtube.com/watch?v=TvZXRxnZIQk>
(Publicado el 27-Nov-2012)
- ✓ *Five Cities with BRT Systems*: <http://thisbigcity.net/five-cities-with-bus-rapid-transit-systems/> (Publicado el 30-Ene-2012)
- ✓ *Asociación Latinoamericana de Sistemas Integrados y BRT*:
<http://www.sibrtonline.org/> (Versión del 21-Mar-2014)
- ✓ *Sistema E-BRT*: <http://www.metroenbogota.com/movilidad-bogota/e-brt-solucion-amigable-del-medio-ambiente> (Versión del 21-Mar-2014)
- ✓ TransMilenio - Bogotá, Colombia: <http://www.transmilenio.gov.co/> (Versión del 21-Mar-2014)
- ✓ <http://www.humantransit.org/2009/11/brisbane-bus-rapid-transit-soars.html>
(Versión del 22-Mar-2014)
- ✓ http://sustainablecommunitiesleadershipacademy.org/resource_files/documents/brisbane-australia-busway.pdf (Versión del 22-Mar-2014)
- ✓ <http://nctr.usf.edu/jpt/pdf/JPT%205-21%20Rathwell.pdf> (Versión del 21-Mar-2014)
- ✓ <http://movilidad.buenosaires.gob.ar/metrobus/metrobus-9-de-julio/> (Versión del 26-Abr-2014)
- ✓ <http://www.lanacion.com.ar/1603956-el-mapa-del-recorrido-del-metrobus-de-la-9-de-julio> (Artículo del diario del 24-Jul-2013)
- ✓ <http://www.lanacion.com.ar/1604108-el-primer-dia-del-metrobus-de-la-9-de-julio-rapido-y-con-el-obelisco-sitiado> (Artículo del diario del 25-Jul-2013)
- ✓ <http://www.lanacion.com.ar/1692330-la-hora-pico-del-transito-se-extiende-cada-vez-mas> (Artículo del diario del 28-May-2014)
- ✓ *Orchestrating Infrastructure for Sustainable Smart Cities* -
<http://www.iec.ch/whitepaper/smartcities/?ref=extfooter> (Versión del 5-Jul-2015)