

A close-up photograph of a person's hand holding a white card to a payment terminal on a yellow public transport vehicle. The person is wearing a blue denim jacket over a beige turtleneck. The background is blurred, showing the interior of the vehicle.

2022

Dirección General de Presupuesto
Subsecretaría de Estado de Administración Financiera

Informe de Evaluación

Costo-beneficio, evolución y sostenibilidad del subsidio realizado por el Estado al transporte público de pasajeros del área metropolitana



Ministerio de
HACIENDA



PpR
Presupuesto
por Resultado

 **GOBIERNO
NACIONAL**

Informe Final de Consultoría

Mayo 2023

Actividad Presupuestaria evaluada:

Regulación del Transporte Público de Pasajeros

Entidad ejecutora:

Viceministerio de Transporte

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones

Periodo de Evaluación:

2014-2022

Este documento es resultado de un trabajo realizado a través de una empresa consultora internacional contratada por el Ministerio de Hacienda a través del Proyecto “Mejoramiento de las Finanzas Públicas para el Desarrollo Sostenible del Paraguay (FIDES). El contenido de esta publicación en ningún caso refleja las opiniones o proyecciones del Ministerio de Hacienda, siendo de exclusiva responsabilidad de los autores.

Evaluación del costo-beneficio, evolución y sostenibilidad del subsidio realizado por el Estado al transporte público de pasajeros del área metropolitana

Autoridades

Oscar Llamosas, ministro de Hacienda

Marco Antonio Elizeche, viceministro de la Subsecretaria de Estado de Administración Financiera (SSEAF)

Teodora Recalde de Spinzi, directora general de Presupuesto

Contraparte técnica

Montserrat Díaz, Coordinadora de Monitoreo y Evaluación del Gasto Público

Elvira Pereira, jefa de Evaluación del Gasto Público

Elva Espínola, analista sénior de Evaluación del Gasto Público

Apoyo técnico

José Acuña, analista sénior de Evaluación del Gasto Público

Víctor Gamarra, técnico analista de la Dirección de Estudios Económicos

Empresa consultora encargada de la Evaluación



Autores

Luis Ignacio Rizzi, jefe de proyecto, consultor Líder

Angelo Cherubini, ingeniero de proyecto, profesional Evaluador

Eduardo Koffmann, ingeniero de proyecto, profesional Evaluador

Copyright © Dirección General de Presupuesto, Subsecretaria de Estado de Administración Financiera,
Ministerio de Hacienda

Edición, 2023

El contenido de este material puede ser reproducido siempre y cuando se mencione la fuente.

Para mayor información o para la obtención de ésta y otras publicaciones dirigirse a: Dirección General de Presupuesto del Ministerio de Hacienda: Chile 252 - Asunción - Paraguay Teléfono: +595-21 4146 737 E-mail:

dgp@hacienda.gov.py

Web Site: www.hacienda.gov.py

1. Resumen

Respondiendo a la solicitud del Departamento de Evaluación del Gasto Público (DEGP), dependiente de la Coordinación de Monitoreo y Evaluación del Gasto Público (CMyEGP) de la Dirección General de Presupuesto (DGP) del Ministerio de Hacienda, este estudio entrega una evaluación de análisis costo-beneficio – rentabilidad social – del subsidio entregado al sector de transporte del Área Metropolitana (AM) de Asunción, para mantenimiento del precio del pasaje.

Para establecer el monto del subsidio, se calculan los costos de operación promedio por kilómetro circulado por bus. Adicionalmente, se determina el índice de pasajero kilómetro (IPK) que entrega la cantidad de pasajeros (pax) promedio viajando en un bus por kilómetro circulado. Dividiendo ambos valores ($G/km \div pax/km = G /pax$), se obtiene la tarifa técnica por pasajero. A los efectos de mitigar el costo de transporte público para los habitantes del área metropolitana, se determina el precio que cada pasajero debe pagar como un monto inferior a la tarifa técnica y surge entonces la necesidad de establecer un subsidio que permita a las empresas operadoras del servicio cubrir ese déficit de ingresos. De esta forma, el riesgo por demanda de pasajeros es asumido íntegramente por el Estado Nacional: si el IPK cae, el monto del subsidio aumenta; si el IPK aumenta, el monto del subsidio disminuye, al mantenerse constante el precio al pasajero. Este mecanismo de pago de subsidio protege a las empresas operadoras del servicio de transporte público del riesgo de demanda.

En marzo de 2021 se producen dos cambios fundamentales en el sistema. El primero de ellos es la creación, mediante el Decreto 4998, del Consejo Asesor de Tarifa para el Transporte Público de Pasajeros para el Área Metropolitana de Asunción, encargado de revisar las tarifas técnicas y las políticas asociadas al subsidio al transporte. El segundo cambio relevante es la entrada en operación definitiva del sistema de billeteaje electrónico, mediante el Decreto 5136 de abril de 2021, lo que permite determinar la cantidad de pasajeros pagos transportados por el sistema de buses en el área metropolitana.

A octubre de 2022, la tarifa que pagan los usuarios del transporte público del área metropolitana es de G 2.300 para el servicio convencional y de G 3.400 para el servicio diferencial, que se mantiene en esos valores nominales desde mayo de 2020, mientras que con datos operativos del mes de octubre de 2022 la tarifa técnica es de G 4.314 para el servicio convencional con un subsidio de G 2.014 (46,7 % de la tarifa técnica) y de G 5.636 para el servicio diferencial, con un subsidio de G. 2.236 por pasajero (39,7% de la tarifa técnica).

En cuanto al monto total del subsidio, este aumentó desde USD 3,8 millones en el año 2015 a USD 17 millones en el año 2021. El principal salto en el monto del subsidio ocurre entre los años 2020 y 2021, explicado principalmente por el cambio de la estimación de la demanda de los servicios al introducirse el sistema de billeteaje electrónico.

La metodología utilizada para la determinación de la rentabilidad social considera los siguientes efectos: economías de escala creciente en la provisión de servicios de transporte

público al incorporar el costo del tiempo de los usuarios, beneficios por descongestión y por disminución de externalidades por traspaso modal de usuarios del automóvil privado y la motocicleta al transporte público. De manera *ad hoc*, se consideró el impacto en materia de equidad. Por último, el costo de los subsidios incluyó también el costo marginal de los fondos públicos, a fin de representar la pérdida de bienestar económico que genera el cobro de impuestos que distorsionan los mercados al introducir una brecha entre el precio de demanda y el precio de oferta.

El análisis de rentabilidad del subsidio al transporte público se aplica a los distintos períodos del día, tanto para el servicio convencional como para el servicio diferencial. En hora punta se supone que el servicio opera a capacidad en condiciones de alta congestión vial, con una tasa de sobreocupación promedio de las unidades del 20 por ciento, lo que provoca un alto nivel de hacinamiento.

El resultado de la metodología, bajo supuestos determinísticos, entrega un alto nivel de rentabilidad positiva del subsidio a la tarifa del transporte público: una rentabilidad del 160% para el servicio convencional y del 130% para el servicio diferencial. El principal beneficio se debe a las economías de escala creciente en la provisión de servicios de transporte público al incorporar el costo del tiempo de los usuarios, el llamado efecto Mohring en la literatura especializada. Este beneficio se observa en horas fuera de punta, donde se provee la mayor parte del servicio – más del 60 % de los viajes totales pagados ocurren en hora fuera de punta. En hora punta, el efecto Mohring se vuelve negativo debido a la imposibilidad de aumentar frecuencias. Dada la capacidad máxima de transporte de un bus, un pasajero adicional hace que los tiempos de espera de todos los demás pasajeros se vuelvan mayores puesto que la mayor demanda dificulta que pueda abordarse el primer bus que llega a la parada y así debe esperarse el próximo servicio. Además, en estas horas existe un alto nivel de hacinamiento que conspira contra la calidad del servicio.

El siguiente beneficio en orden de magnitud es producido por la descongestión en hora punta: el subsidio al transporte público genera un traspaso modal de los modos automóvil privado y motocicleta. Este traspaso modal también genera beneficios por disminución de externalidades debidas a la emisión de gases contaminantes (de alcance local y global), ruido y accidentes viales. Para el cálculo del traspaso modal son determinantes los valores de elasticidad cruzada de la demanda por uso del automóvil y motocicleta con respecto al precio del pasaje del bus.

Dado que varios de los parámetros claves debieron ser transferidos de otros estudios – especialmente elasticidades de demanda, valor del tiempo y costos externos por otras externalidades –, se procedió con un análisis de incertidumbre de Monte Carlo, variando de manera simultánea cada uno de los parámetros claves según su función de distribución. Este análisis arroja una rentabilidad social positiva en el 97.9% de las instancias modeladas, en el caso del servicio convencional. En más del 52% de las instancias modeladas, la rentabilidad social del subsidio supera el 100% y en más del 15% de las instancias

modeladas, el 200%. Los respectivos valores para el caso diferencial son 95,8%, 40% y 9%. Con estos resultados, podemos afirmar que nuestra conclusión sobre la rentabilidad social positiva del subsidio a la tarifa del transporte pública es robusta estadísticamente.

En cuanto al impacto en materia de equidad, este fue incorporado en la modelación de manera *ad hoc*. Dado que no se cuenta con un modelo de demanda de transporte calibrado para el AM Asunción, por tipo de usuario según ingreso, no ha sido posible determinar el impacto en materia de equidad que este subsidio genera. Un simple análisis por analogía con respecto a otras ciudades latinoamericanas sugiere que el subsidio a la tarifa del transporte público contribuye a disminuir el gasto de los hogares de menores ingresos en su movilidad.

Junto al análisis de rentabilidad social, se realiza un análisis de sostenibilidad fiscal del subsidio al transporte público para el mediano plazo (período 2024 - 2034). Para este análisis se estima una proyección de la capacidad fiscal de largo plazo del presupuesto nacional y proyectando su comportamiento con las siguientes variables:

- Inflación anual
- Crecimiento real del precio de insumos
- Crecimiento del PIB anual

En cuanto a la demanda de pasajeros de transporte público, se supone que se mantendrá constante en 630.000 pasajeros, considerando que, en el largo plazo y sin mediar mayores inversiones en el transporte público, los viajes en modos privados aumentarán en valor absoluto y porcentualmente. Así, aunque el total de viajes en transporte público se mantenga constante, su participación porcentual será cada vez menor.

Si la tarifa al usuario no se reajusta por IPC, y se mantiene constante en términos nominales, se ve un crecimiento exponencial del tamaño del subsidio, proyectándose desde los 47,8 Millones de dólares iniciales a 148,8 millones de dólares en términos nominales al 2034. Si la tarifa se reajusta por IPC o por el índice de crecimiento de los costos de los insumos de transporte, entonces el tamaño del subsidio en el último año disminuye a 109,9 o 89,6 Millones de dólares respectivamente. Estos resultados plantean un desafío al Estado en materia de determinación de precio del transporte público a futuro para el AM Asunción. El valor futuro de las tarifas y subsidios dependerán de los objetivos de política económica de los futuros gobiernos, en los que podrán dominar los argumentos en favor de eficiencia económica y/o equilibrio fiscal o los argumentos en favor de la equidad distributiva. Si dominan estos últimos y las tarifas se mantienen constantes, los futuros subsidios aumentarán de manera considerable.

La alta rentabilidad del subsidio al transporte público en AM Asunción es un indicador de la necesidad de mayores inversiones. Proyectos como corredores BRT, tranvías, trenes de cercanía y/o metro podrían ser rentables y, en este sentido, deberían realizarse los respectivos estudios de perfil y/o pre-factibilidad. En la actualidad, el transporte público en el Área Metropolitana de Asunción compite en condiciones muy desfavorables contra el

automóvil privado y la motocicleta, logrando una baja participación en el reparto modal, que seguramente seguirá disminuyendo. Ello solo podrá ser revertido con inversiones masivas en sistemas de transporte público con alta capacidad de transporte.

En cuanto al pago de los subsidios a las empresas operadoras, este proceso funciona con un desfase de 60 a 75 días, provocando quejas del sector. Este proceso es complejo debido a los pasos que deben seguirse para verificar los datos de demanda, la determinación de los costos y la verificación del cumplimiento de las empresas de sus obligaciones laborales. Una vez que esta información está reunida y actualizada, interviene el Consejo Asesor de Tarifa para el Transporte Público de Pasajeros para el Área Metropolitana de Asunción para fijar la tarifa técnica y el precio del pasaje, para que posteriormente intervenga el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, elabore el Decreto que fija la tarifa técnica y el valor del subsidio y, finalmente, el Decreto sea publicado por la Presidencia. Para agilizar el proceso, se vislumbra la posibilidad de formalizar la tarifa técnica y el subsidio por medio de una resolución del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones en reemplazo del Decreto de la Presidencia, lo que se puede hacer en un plazo menor a cinco días, produciendo un ahorro de tiempo entre 10 y 15 días, lo que ya está siendo considerado y podría implementarse próximamente.

Tabla de contenido

Contenido

| | |
|--|--------------------------------------|
| 1. RESUMEN | 4 |
| 2. ÍNDICE DE TABLAS..... | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| 3. ÍNDICE DE FIGURAS | 12 |
| 4. GLOSARIO..... | 14 |
| 5. INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1. METODOLOGÍA GENERAL DE ANÁLISIS | 17 |
| 1.1 MARCO CONCEPTUAL PARA LA MEDICIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DEL SUBSIDIO AL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS | 17 |
| 1.2 METODOLOGÍA..... | 20 |
| 1.3 EXTENSIÓN DEL MODELO INCLUYENDO EL MODO MOTOCICLETA, EL IMPACTO EN EQUIDAD Y EL COSTO MARGINAL DE LOS FONDOS PÚBLICOS | 22 |
| 2. ANTECEDENTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SUBSIDIO AL TRANSPORTE PÚBLICO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE ASUNCIÓN..... | 24 |
| 3. BENCHMARKING DE ESQUEMAS DE SUBSIDIOS PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO..... | 28 |
| 3.1 METODOLOGÍA DE BENCHMARKING..... | 31 |
| 3.1.1 ÍNDICE DE ACCESIBILIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO..... | 31 |
| 3.1.2 ÍNDICE DE COBERTURA DE LA TARIFA | 32 |
| 3.1.3 ÍNDICE DE EFICIENCIA DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN SUPERFICIE | 33 |
| 3.1.4 ÍNDICES TÉCNICOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN SUPERFICIE | 33 |
| 3.2 BENCHMARKING POR PAÍS | 34 |
| 3.2.1 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE SEÚL..... | 34 |
| 3.2.2 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE ÁMSTERDAM | 37 |
| 3.2.3 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PARÍS..... | 39 |
| 3.2.4 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE SAN PABLO..... | 42 |
| 3.2.5 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE SANTIAGO DE CHILE | 45 |
| 3.2.6 RESUMEN..... | 48 |
| 4. ANÁLISIS Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE | 51 |
| 4.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN | 51 |
| 4.2 DEMANDA DEL SISTEMA DE BUSES DEL ÁREA METROPOLITANA DE ASUNCIÓN | 52 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.3 | COSTO DE OPERACIÓN DE BUSES..... | 54 |
| 4.4 | TARIFAS DE LOS SERVICIOS DE BUSES..... | 57 |
| 4.5 | ÍNDICE DE COBERTURA DE LA TARIFA..... | 62 |
| 4.6 | EVOLUCIÓN DEL SUBSIDIO | 63 |
| 5. | APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DEL SUBSIDIO AL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS | 65 |
| 5.1 | DATOS, SUPUESTOS E IMPLEMENTACIÓN DEL CÁLCULO DE EFICIENCIA DEL SUBSIDIO AL TRANSPORTE PÚBLICO..... | 65 |
| 5.1.1 | CÁLCULO DEL EFECTO MOHRING | 65 |
| 5.1.2 | COSTOS MARGINALES POR ACCIDENTES VIALES..... | 69 |
| 5.1.3 | EXTERNALIDADES POR RUIDO, CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES DE CO2 | 76 |
| 5.1.4 | EXTERNALIDADES POR CONGESTIÓN POR PASAJERO-KM..... | 77 |
| 5.1.5 | VIAJES NOCTURNOS..... | 78 |
| 5.1.6 | CONVERSIÓN DE VALORES POR VEHÍCULO-KM A PASAJERO-KM | 79 |
| 5.1.7 | PARTICIÓN MODAL DE LOS VIAJES | 79 |
| 5.1.8 | ELASTICIDAD DE DEMANDA DE LOS VIAJES | 79 |
| 5.1.9 | IMPUESTO A LOS COMBUSTIBLES | 80 |
| 5.1.10 | HORAS PUNTA Y HORAS FUERA DE PUNTA | 80 |
| 5.1.11 | SUBSIDIO AL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS..... | 81 |
| 5.1.12 | COSTO MARGINAL DE LOS FONDOS PÚBLICOS E IMPACTO REDISTRIBUTIVO DE LOS SUBSIDIOS AL TRANSPORTE PÚBLICO..... | 81 |
| 5.2 | ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SUBSIDIO: ESTIMADORES PUNTUALES..... | 81 |
| 5.2.1 | COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS | 84 |
| 5.3 | ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD E INCERTIDUMBRE APLICADO AL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DEL SUBSIDIO..... | 85 |
| 5.4 | RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD APLICADO AL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DEL SUBSIDIO | 92 |
| 5.5 | CONCLUSIONES | 107 |
| 6. | METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD DEL SUBSIDIO A FUTURO CON BASE EN PROYECCIONES DE TRANSPORTE Y MACROECONÓMICAS | 108 |
| 6.1 | PRIMERA PARTE, ESTIMACIÓN DETERMINÍSTICA | 108 |
| 6.2 | SEGUNDA PARTE, ESTIMACIÓN ESTOCÁSTICA | 109 |
| 6.3 | APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA | 112 |
| 6.3.1 | PRIMERA PARTE: APLICACIÓN DETERMINÍSTICA | 112 |
| 6.3.2 | SEGUNDA PARTE, APLICACIÓN ESTOCÁSTICA..... | 118 |
| 6.3.3 | CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS EMPÍRICO DE SOLVENCIA FISCAL DE LARGO PLAZO DEL SUBSIDIO AL TRANSPORTE PÚBLICO..... | 124 |
| 7. | PROCEDIMIENTO PARA LA ESTIMACIÓN Y TRASPASO DEL SUBSIDIO AL TRANSPORTE PÚBLICO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE ASUNCIÓN | 126 |
| 7.1 | DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN Y TRASPASO DEL SUBSIDIO | 126 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 7.2 | DETECCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS EN EL PROCESO..... | 129 |
| 8. | OTROS ASPECTOS SOBRE SUBSIDIOS | 130 |
| 8.1 | RIESGO DE LA DEMANDA..... | 130 |
| 8.2 | BENEFICIARIOS DEL SUBSIDIO AL TRANSPORTE PÚBLICO..... | 131 |
| 9. | CONCLUSIONES..... | 134 |
| 10. | RECOMENDACIONES | 137 |
| 9. | BIBLIOGRAFÍA | 140 |
| 10. | ANEXOS | 142 |
| | ANEXO 1: TABLAS DETALLADAS DE CÁLCULO DE SOSTENIBILIDAD FISCAL | 142 |
| | ANEXO 2: TABLAS DETALLADAS DE APLICACIÓN ESTOCÁSTICA DE SOSTENIBILIDAD FISCAL..... | 145 |
| | ANEXO 3. RECOMENDACIONES PARA EL USO DE ASOCIACIONES PÚBLICO-PRIVADAS (APPS) PARA EL FINANCIAMIENTO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE MEJORA AL TRANSPORTE PÚBLICO | 149 |

2. Índice de Figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Índice de Accesibilidad en Diferentes Ciudades del Mundo | 34 |
| Figura 2. Red de Transporte Público de Seúl | 38 |
| Figura 3. Red de Metro de Ámsterdam | 40 |
| Figura 4. Red de Transporte Público de París | 43 |
| Figura 5. Red de Metro de San Pablo | 46 |
| Figura 6. Red de Metro de Santiago | 49 |
| Figura 7. Asequibilidad en Casos Analizados (media y primer quintil por país) | 52 |
| Figura 8. Cobertura de Tarifa en Casos Analizados | 52 |
| Figura 9. Demanda Diaria Servicios de Buses del Área Metropolitana de Asunción | 54 |
| Figura 10. Demanda Diaria Servicios de Buses del Área Metropolitana de Asunción | 55 |
| Figura 11. Demanda Diaria de Servicios de Buses del Área Metropolitana de Asunción (pax equivalentes/día) | 56 |
| Figura 12. Costo de Operación Promedio de Buses del Área Metropolitana de Asunción | 57 |
| Figura 13. Composición de costos de servicios de buses convencional y diferencial (octubre 2022) | 58 |
| Figura 14. Composición de costos fijos de servicios de buses convencional y diferencial (octubre 2022) | 58 |
| Figura 15. Composición de costos variables de servicios de buses convencional y diferencial (octubre 2022) | 59 |
| Figura 16. Tarifa Técnica y Tarifa a Usuario de Servicio Convencional del Área Metropolitana de Asunción | 60 |
| Figura 17. Tarifa Técnica y Tarifa a Usuario de Servicio Diferencial del Área Metropolitana de Asunción | 61 |
| Figura 18. Índice de Variación de la Tarifa Técnica y de las Principales Componentes de Costos, Servicio Convencional | 62 |
| Figura 19. Índice de Variación de la Tarifa Técnica, Combustible y Gasto en Personal, Servicio Convencional | 62 |
| Figura 20. Índice de Variación de la Tarifa Técnica y de las Principales Componentes de Costos, Servicio Diferencial | 63 |
| Figura 21. Índice de Variación de la Tarifa Técnica, Combustible y Gasto en Personal, Servicio Diferencial | 64 |
| Figura 22. Evolución del índice de Cobertura de la Tarifa en el Área Metropolitana de Asunción | 65 |
| Figura 23. Subsidio al Transporte Público en el Área Metropolitana de Asunción (G. diciembre 2021) | 66 |
| Figura 24. Esquema de Funcionamiento del Análisis de Montecarlo | 95 |
| Figura 25. Resultados Análisis de Sensibilidad Convencional | 98 |
| Figura 26. Resultados Análisis de Sensibilidad Valor del Tiempo | 99 |
| Figura 27. Resultados Análisis de Sensibilidad Largo de Viaje | 100 |
| Figura 28. Resultados Análisis de Sensibilidad Equivalencia Automóvil – Motocicleta | 101 |

| | |
|---|-----|
| Figura 29. Resultados Análisis de Sensibilidad Valor Estadístico de la Vida | 102 |
| Figura 30. Resultados Análisis de Sensibilidad Demanda de Transporte Público | 103 |
| Figura 31. Resultados Análisis de Sensibilidad Elasticidad Cruzada Precio Demanda Automóvil | 104 |
| Figura 32. Resultados Análisis de Sensibilidad Rentabilidad Social del Subsidio, Servicios Convencionales de Buses | 108 |
| Figura 33. Resultado Análisis de Sensibilidad Rentabilidad Social del Subsidio, Servicios Diferenciales de Buses | 109 |
| Figura 34. Percentil 95% de los Datos Obtenidos | 114 |
| Figura 35. Inflación Interanual (en porcentaje), para el periodo del 2000 al 2021 | 117 |
| Figura 36. Gasto Público como Porcentaje del PIB | 118 |
| Figura 37. Escenarios de desembolso anual proyectado para Subsidio (en MM USD) | 120 |
| Figura 38. Escenarios de desembolso anual proyectado de Subsidio como % del Presupuesto Público | 121 |
| Figura 39. Ejemplos de Trayectorias Simuladas | 123 |
| Figura 40. Distribución de Salida del Experimento Aleatorio Aplicado con los Datos Macroeconómicos del Paraguay | 126 |
| Figura 41. Diagrama de Flujo del Procedimiento de Estimación y Traspaso del Subsidio al Transporte Público en el Área Metropolitana de Asunción | 129 |
| Figura 42. Diagrama de Flujo de Información para la Estimación del Subsidio. | 130 |
| Figura 43. Proporción de Viajes por Modo Motorizado según Quintil de Ingreso en Santiago (2012) | 135 |
| Figura 44. Esquema de APP para infraestructura bajo un contrato DBFOMT, con financiamiento de Gobierno. | 157 |

3. Glosario

AM: Área metropolitana

APP: Asociación Público Privada

BRT: Bus Rapid Transit (Corredores de Buses)

BS: Bienestar Social en Unidades Monetarias

CMe: Costos Medios

CMg: Costos Marginales

CO₂: Dióxido de carbono

EOD: Encuesta origen destino de viajes

ICT: Índice de Cobertura de Tarifa

IETP: Índice de Eficiencia de Transporte Público en Superficie.

IPK: Índice Pasajero Kilómetro

IPS: Instituto de Previsión Social

M: Miles

MM: Millones

MGB: Movimiento Geométrico Browniano

MOPC: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones

OCDE: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico

PIB: Producto Interno Bruto

MP_{2,5}: Materia particulada que tiene un diámetro no mayor de 2.5 micrómetros

VMT: Viceministerio de Transporte

VPU: valor por pérdida de utilidad

VVE: valor de la vida estadística

4. Introducción

La teoría económica de transporte esgrime dos argumentos para subsidiar al transporte público. Por un lado, existen economías de escala creciente cuando se incluye como insumo de producción el tiempo de espera y el tiempo de viaje de las personas. De esta forma, un pasajero adicional en transporte público hace disminuir el costo total de operar el sistema. Este efecto suele ser llamado en la literatura *efecto Mohring*, en honor al economista que lo descubrió. Por otro lado, en ausencia de tarificación vial, el transporte público genera una reducción de externalidades negativas al propiciar una transferencia modal desde un vehículo particular. Bajo estas dos condiciones, la teoría económica recomienda la aplicación de un subsidio a la tarifa del transporte público.

El tamaño del subsidio debe ser tal que el punto de equilibrio que se genere, compense las pérdidas de eficiencia económica que generan los subsidios al desviar la trayectoria natural de los mercados con las ganancias de eficiencia económica por efecto Mohring y la reducción de externalidades negativas. El *análisis costo beneficio* social es la herramienta que permite estudiar la pertinencia y tamaño de los subsidios a la tarifa de transporte público.

En el caso particular del subsidio al transporte público del área metropolitana de Asunción, este subsidio también se implementa con el objetivo de proteger a los usuarios de alzas de precios, manteniendo la tarifa pagada por ellos en valores accesibles. Existe una tarifa técnica que incluye todos los costos de operación y de capital expresada. Por otro lado, se determina el monto del pasaje a cobrar a los pasajeros, a fin de hacer más accesible el transporte público. Ambos valores, tarifa técnica y valor del pasaje son establecidos por el Consejo Asesor de Tarifa para el Transporte Público de Pasajeros para el Área Metropolitana de Asunción, cálculos que se actualizan mensualmente.

En este informe se presenta el resultado del análisis del costo-beneficio, evolución y sostenibilidad del subsidio realizado por el Estado al transporte público de pasajeros del área metropolitana, basado en una metodología construida para el efecto, así como un “benchmarking” de subsidios al transporte público en otras ciudades. El informe se presenta en estos capítulos:

- El capítulo 1 describe la metodología de análisis costo beneficio social a aplicar en este estudio.
- El capítulo 2 contiene un breve relato sobre la historia del subsidio a los servicios de buses en el área metropolitana de Asunción.
- En el capítulo 3 se presenta un análisis de benchmarking de subsidios al transporte público en diferentes ciudades del mundo, analizando los casos de Seúl, Ámsterdam, París, Santiago de Chile y Sao Paulo.

- En el capítulo 4 se discute sobre la información disponible, junto con un análisis de la evolución de la tarifa a público y tarifa técnica, además de la evolución histórica del monto total del subsidio, en base a esta información.
- El capítulo 5 la aplicación de la metodología explicada en el capítulo 1.
- En el capítulo 6 se presenta la metodología para el análisis de la sostenibilidad del subsidio y su aplicación para el caso del área metropolitana de Asunción.
- El capítulo 7 incluye un análisis del procedimiento de transferencias de fondos para el pago del subsidio, con el objetivo de detectar sus puntos críticos.
- El capítulo 8 aborda un par de aspectos de interés relacionados con el subsidio al transporte público. El primero de ellos es quien asume el riesgo generado por la variabilidad de la demanda. El segundo aspecto es la determinación de quiénes se ven principalmente beneficiados por los subsidios al transporte público.
- El capítulo 9 resume las principales conclusiones de este estudio.
- En el capítulo 10 se entrega un conjunto de recomendaciones.

1. Metodología General de Análisis

Esta sección describe la metodología para el análisis costo-beneficio del subsidio a la tarifa del transporte público en el Área Metropolitana de Asunción (de ahora en más AM Asunción).

1.1 Marco conceptual para la medición de la rentabilidad social del subsidio al transporte público de pasajeros

Existen varias razones para subsidiar al transporte público urbano de pasajeros. Tres de ellas están muy bien establecidas en la literatura (Litman, 2022a) y serán descritas a continuación. En primer lugar, el transporte público de pasajeros está sujeto al fenómeno de economías de escala crecientes cuando se incorporan como parte de los costos sociales el tiempo de acceso y tiempo de espera de viaje de los usuarios. Un aumento de los pasajeros transportados contribuye a un aumento de las frecuencias y de la densidad de los servicios, con la consiguiente disminución de los tiempos de acceso y de espera. Este fenómeno fue postulado por Herbert Mohring en el año 1972 (Mohring, 1972). En términos simples, el “efecto Mohring” genera la disminución de los costos medios sociales de viajes al aumentar la demanda y, por lo tanto, los costos marginales de viaje son menores a los costos medios. De esta forma, la tarificación a costo marginal requiere el pago de subsidios para compensar los costos del operador de los servicios.

En segundo lugar, al no existir una tarifa vial por el uso del vehículo privado, los automovilistas hacen uso de su vehículo en exceso, generando altos niveles de externalidades negativas (congestión, contaminación, etc.), más allá de las que corresponden al óptimo social. Si bien el usuario que se desplaza en buses de transporte público también produce externalidades negativas, en términos de pasajero-kilómetro estas son de menor magnitud que las generadas por quienes viajan en automóvil. Este diferencial de costo marginal externo entre uno y otro modo de transporte es un argumento para justificar subsidios al transporte público basado en consideraciones de segundo mejor¹. Estas dos justificaciones para subsidiar el uso del transporte público son la base del trabajo de Parry y Small (2007) para justificar niveles de subsidios al transporte público para las ciudades Washington D.C., Los Ángeles y Londres superiores al 50% de los costos operativos.

El tercer argumento para subsidiar el transporte público se basa en consideraciones de equidad. Bajo el supuesto que los usuarios de transporte público son personas de menores ingresos y que los subsidios se financian con impuestos cobrados a personas de mayores

¹ Por consideraciones de segundo mejor entendemos argumentos que toman fuerza solo en caso que una política óptima no pueda ser aplicada: en este caso, el no existir una tarifa vial por el uso del automóvil particular. De esta forma, para corregir esta distorsión se hace necesario el uso de algún otro instrumento económico, en este caso un subsidio al transporte público.

ingresos, subsidiar al transporte público sería una manera efectiva de redistribuir el ingreso en favor de los usuarios de este modo de transporte. Estas consideraciones de equidad son especialmente relevantes en países donde la distribución del ingreso es desigual. Este tercer argumento cobra fuerza para subsidiar al transporte público en Basso y Silva (2014) y en Pavón y Rizzi (2019), en el contexto de la Región Metropolitana de Santiago, Chile. En estos dos artículos, al incluir la equidad en el análisis se obtienen resultados diferentes, puesto que la redistribución de ingresos vía subsidios al transporte público y/o mayores cobros a los automovilistas promueve un mayor bienestar social.

Existen otras razones para justificar subsidios al transporte público, pero la evidencia no es aún del todo concluyente. Litman (2022a) pasa revista a estas otras razones. Estas consideran, principalmente, las externalidades positivas por economía de aglomeración y el valor de opción. El argumento por externalidades de aglomeración positivas sostiene que la productividad laboral por persona empleada es una función monótona creciente en el total de la población empleada. En otras palabras, si la población empleada aumenta, entonces la productividad laboral de todos los trabajadores aumenta. De esta forma, al subsidiar el transporte público, en el margen, el salario percibido por el trabajador pasará a ser mayor a su salario de reserva y, por lo tanto, decidirá emplearse. Así aumenta la población empleada total y, en consecuencia, aumenta también la productividad de todos los trabajadores (tanto la productividad del nuevo trabajador como la productividad de los trabajadores ya empleados). El valor de opción se refiere a la existencia del transporte público *per se*, como un modo adicional de transporte que puede ser utilizado en caso de ser necesario, aunque el modo como tal no sea frecuentemente utilizado. En otras palabras, el transporte público funciona como una alternativa de reserva para quienes no suelen hacer uso de él.

En la presente consultoría, la metodología para el análisis costo-beneficio social de los subsidios al transporte público considerará los siguientes tres efectos:

- i) Efecto Mohring,
- ii) Consideraciones de segundo mejor (ausencia de tarificación vial) y
- iii) Efecto equidad o redistributivo.

En cuanto a metodologías utilizadas en análisis costo - beneficio para la medición de la eficiencia en la entrega de los subsidios al transporte público, la literatura al respecto es muy profusa y los artículos citados anteriormente son ejemplos representativos (Parry y Small, 2009; Basso y Silva, 2014 y Pavón y Rizzi, 2019)².

El enfoque más simple para proceder consiste en suponer una función de beneficio social y una función de costos sociales, ambas dependientes de las variables de interés; en el caso presente, la demanda por transporte público y transporte privado:

² Estos tres trabajos contienen numerosas citas con relación a la literatura mencionada.

$$BS = BenS(q_{auto}, q_{bus}) - CS(q_{auto}, q_{bus})$$

Donde

- BS: bienestar social, expresado en unidades monetarias
- BenS: Beneficio social, expresado en unidades monetarias
- CS: Costo social
- q_i : nivel de demanda del modo i (i = auto, bus)

La función BS debe ser adecuadamente parametrizada y a partir de ello, siguiendo la lógica del análisis microeconómico clásico, se calcula el cambio en el bienestar social ante un cambio marginal en la demanda del transporte público inducida por un cambio marginal en el monto de los subsidios.

El segundo enfoque considera de manera directa las funciones de utilidad de las personas e introduce una restricción presupuestaria del gobierno. En este caso, la función de bienestar social es la siguiente:

$$BS = BenS(q_{auto}, q_{bus}) - \lambda * RP(Rec, S_{bus})$$

Donde:

- BS: bienestar social, expresado en unidades de utilidad
- BenS: Beneficio social, expresado en unidades de utilidad
- λ : utilidad marginal social del ingreso (factor que convierte unidades monetarias en utilidad social).
- RP: restricción presupuestaria del gobierno
- S_{bus} : Subsidio al transporte público
- Rec: recaudación impositiva
- q_i : nivel de demanda del modo i (i = auto, bus)

Este segundo enfoque puede ser más ventajoso si se considera el efecto equidad. Su desventaja es su mayor complejidad, al tener que caracterizar a la población en diferentes segmentos. Ello además requiere de la existencia de información más granular, la que no se encuentra de momento disponible para la presente consultoría.

Así, optaremos por el primer enfoque introduciendo consideraciones de equidad de una manera simple bajo el supuesto que explicaremos en la próxima sección.

Es relevante aclarar que la aplicación de metodologías microeconómicas de costo - beneficio para el análisis de la rentabilidad social de los subsidios al transporte público es un tema abordado ampliamente en la literatura, sin embargo, son nulas las aplicaciones de naturaleza oficial, encargadas por alguna autoridad de Gobierno reportadas en la literatura especializada, conforme a nuestra revisión bibliográfica. Esto es bien curioso dado que en el sector transporte existe una larga tradición de someter a análisis costo - beneficio a los proyectos de inversión ya sea en el ámbito vial, ferroviario, aéreo o portuario. El análisis costo – beneficio de los subsidios al transporte público, ya sea realizado por una autoridad

oficial o encargado por ella, es ignorado a la hora de estudiar la determinación de subsidios al transporte público urbano y/o del impuesto a los combustibles.

En Santiago de Chile, en el año 2007 comienza a operar el sistema de transporte público metropolitano *Transantiago*. Este sistema fue concebido para operar sin subsidio; sin embargo, requirió de subsidios desde el día número uno de su implementación. A la fecha de hoy, ninguna autoridad de gobierno ha solicitado la realización de algún estudio a fin de determinar, bajo la óptica de un análisis costo - beneficio social, la justificación de los subsidios al transporte público, ya sea por temas de eficiencia o equidad. Basso y Silva (2014) es un estudio que realiza dicho análisis, pero el origen de este estudio es académico, a fin de llenar un vacío evidente.

En este sentido, la exigencia del Ministerio de Hacienda de la República del Paraguay de realizar un análisis costo - beneficio de los subsidios al transporte público del Área Metropolitana de Asunción es novedosa.

1.2 Metodología

Para estimar el beneficio marginal de un viaje adicional en transporte público proponemos el siguiente modelo, típico en este tipo de análisis (Small y Verhoef, 2007, capítulo 4; Pavón y Rizzi, 2019). Este modelo es adaptado a fin de considerar dos modos de viajes, bus y automóvil.

La función de bienestar social (BS) es la siguiente:

$$BS = \int_0^{q_a} p_a(\rho_a, q_b) d\rho_a + \int_0^{q_b} p_b(0, \rho_b) d\rho_b - q_a c_a(q_a) - q_b c_b(q_b) - Ext(q_a, q_b)$$

Donde:

- BS: bienestar social
- P_i : es el precio de demanda o costo generalizado de viaje del modo i ($i = \text{auto, bus}$)
- q_i : nivel de demanda del modo i
- c_i : costo medio del viaje del modo i
- Ext: Externalidades generadas por los modos auto y bus
- (ρ es una variable de integración que aparece solo dentro del símbolo integral, su importancia es solamente matemática.)

En la ecuación anterior, los dos primeros sumandos representan el beneficio social o excedente del consumidor, el área bajo la curva de demanda inversa entre el origen y el nivel de demanda q_i del respectivo modo de viaje i ($i = a$ (auto), b (bus)).

El segundo y tercer sumandos entregan los costos totales de viaje para los modos auto y bus respectivamente. Este costo total es simplemente la multiplicación de los niveles de demanda de cada modo por el costo medio por pasajero, c_i , donde el costo medio incluye los costos de los viajeros de su tiempo total de viaje.

El último sumando entrega el costo total producido por las externalidades negativas de los modos auto y bus. Estas externalidades consideran:

- contaminación local,
- emisiones de CO2,
- accidentes viales
- ruido.

p_i : es el costo generalizado de viaje del modo i y representa la función de demanda inversa o función de disposición al pago en el margen. En cuanto a c_i , para el modo auto, este costo incluye el costo en tiempo y el costo de operación del vehículo; para el modo bus, el costo del tiempo del usuario y el costo medio del operador por pasajero transportado. En cuanto a los usuarios de auto, estos no pagan una tarifa vial por circular.

Derivando la ecuación anterior con respecto a q_b , obtenemos el beneficio marginal por transportar un pasajero adicional en el modo bus (se suprimen algunos paréntesis para ahorrar espacio):

$$\frac{dBS}{dq_b} = \int_0^{q_a} \frac{\partial p_a}{\partial q_b} d\rho_a + p_b(0, q_b) + \left(p_a - q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_a} - c_a - \frac{\partial Ext}{\partial q_a} \right) \frac{\partial q_a}{\partial q_b} - \left(q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_b} + c_b + \frac{\partial Ext}{\partial q_b} \right)^3$$

En primer lugar, si no existe tarificación vial, se tiene $p_a(\rho_a, q_b) = c_a$. En segundo lugar, suponiendo que las funciones de demanda por transporte urbano no dependen del ingreso

de la persona, se cumple la siguiente igualdad: $\frac{\partial p_a}{\partial q_b}(q_a, q_b) = \frac{\partial p_b}{\partial q_a}(q_a, q_b)$. Así, el primer sumando de la ecuación anterior resulta ser

$$\int_0^{q_a} \frac{\partial p_a}{\partial q_b} d\rho_a = \int_0^{q_a} \frac{\partial p_b}{\partial q_a} d\rho_a = p_b(q_a, q_b) - p_b(0, q_b)$$

En tercer lugar, el costo medio por pasajero transportado lo consideramos como la suma del costo medio del operador más el costo medio del usuario, $c_b = cme_{op_b} + me_{u_b}$, siendo el costo medio del usuario su costo en tiempo de acceso, tiempo de espera y tiempo de viaje. Así, el beneficio marginal social los expresamos como

$$\frac{dBS}{dq_b} = p_b(q_a, q_b) - cme_{op_b} - cme_{u_b} - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_b} - \frac{\partial Ext}{\partial q_b} - \left(q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_a} + \frac{\partial Ext}{\partial q_a} \right) \frac{\partial q_a}{\partial q_b}$$

³ Matemáticamente, se tiene .El segundo sumando del lado derecho de la ecuación incorporar el impacto que el subsidio a la tarifa de pasajeros tiene sobre los usuarios de otros modos, propiciando un cambio modal hacia el bus.

En cuarto lugar, el subsidio a la tarifa de bus (S_b) es la diferencia entre el costo medio por pasajero del operador y la tarifa que paga el usuario. Por otro lado, $p_b = cme_u_b + \text{tarifa}$. Así, $p_b - cme_op_b - cme_u_b = \text{tarifa} - cme_op_b = -S_b$.

$$\frac{\partial q_a}{\partial q_b} = \frac{\varepsilon_a^{p_b}}{\varepsilon_b^{p_b}} \frac{q_a}{q_b}$$

En quinto lugar, usando elasticidades: en el numerador del lado derecho de la ecuación tenemos la elasticidad de la demanda del auto con respecto al precio del bus y en el denominador, la elasticidad precio de la demanda de bus.

$$q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_a} = q_b \frac{\partial cme_u_b}{\partial q_b}$$

En sexto lugar, suponemos que los costos medios del operador son constantes y, por lo tanto, también son constantes los costos marginales del operador. Así, el costo marginal por pasajero se ve afectado solo por el efecto Mohring en que un pasajero adicional hace disminuir el costo medio del usuario.

Producto de las consideraciones mencionadas, el beneficio marginal de transportar un pasajero adicional en transporte público es el siguiente:

$$\frac{dBS}{dq_b} = -S_b - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_b} - \frac{\partial Ext}{\partial q_b} - \left(q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_a} + \frac{\partial Ext}{\partial q_a} \right) \frac{\varepsilon_a^{p_b}}{\varepsilon_b^{p_b}} \frac{q_a}{q_b}$$

El primer sumando entrega el monto del subsidio. Más adelante veremos que este monto es afectado por dos parámetros que explicaremos oportunamente.

El segundo sumando entrega el efecto Mohring, es decir, la externalidad positiva que genera un usuario adicional de bus al resto de los usuarios de bus. Este sumando es positivo.

El tercer sumando hace referencia a las externalidades negativas que genera un pasajero adicional de transporte público (incluyendo la externalidad de congestión). El cuarto y el último sumando, de valor positivo, establece el beneficio por la disminución de externalidades negativas que genera el traspaso modal de usuarios de auto privado al bus al aumentar la demanda del bus marginalmente ante una disminución en el costo de viaje en bus.

Si el resultado de la ecuación anterior es positivo (negativo), ello implica que el subsidio al transporte público entrega beneficios sociales positivos (negativos). Si el resultado de la ecuación anterior fuese cero, se concluiría que el subsidio está en su nivel óptimo social.

1.3 Extensión del modelo incluyendo el modo motocicleta, el impacto en equidad y el costo marginal de los fondos públicos

En la literatura se discute si los subsidios a la oferta de transporte –pagados a las empresas en función de los pasajeros transportados o de los kilómetros circulados– son regresivos o

no. Se esgrime que en el mejor de los casos pueden ser neutrales. Algunos economistas proponen la alternativa de subsidiar directamente a la demanda (Serebrisky et al., 2007). En la medida que los sistemas de protección social pueden estandarizar y automatizar sus procesos, estos subsidios a la demanda se vuelven una alternativa factible.

Para que el argumento de equidad aplique en el contexto de esta Consultoría, debemos hacer estos supuestos: i) las personas de menores ingresos viajan en bus y pagan una baja cantidad de impuestos (ya sea a las ventas, rentas, etc.) y ii) los impuestos son mayormente pagados por personas de mayores ingresos. Bajo estos supuestos, el argumento de subsidiar a la oferta de transporte público adquiera mayor relevancia.

Por otro lado, dada la incidencia de la motocicleta en Paraguay y en Asunción en particular, este modo tiene que ser considerado en el análisis. De esta forma es posible adaptar nuestra ecuación de beneficio social de los subsidios a fin de considerar equidad y la inclusión del modo motocicleta:

$$\frac{dBS}{dq_b} = -\alpha\beta S_b - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_a} - \frac{\partial Ext}{\partial q_b} - \left(q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_a} + \frac{\partial Ext}{\partial q_a} \right) \frac{\varepsilon_a^{pb}}{\varepsilon_b^{pb}} \frac{q_a}{q_b} - \left(q_m \frac{\partial c_m}{\partial q_m} + \frac{\partial Ext}{\partial q_m} \right) \frac{\varepsilon_m^{pb}}{\varepsilon_b^{pb}} \frac{q_m}{q_b} \quad (1)$$

El subíndice m hace referencia al modo motocicleta. El último sumando considera los beneficios de subsidiar al transporte público por traspaso modal de la motocicleta al bus.

En el primer sumando, la constante α es un número adimensional entre 0 y 1. Multiplicando el monto del subsidio a la tarifa por una constante α , menor a uno, se introduce el efecto equidad. Así, los subsidios al transporte público pierden peso en términos relativos al ser comparados contra sus beneficios, bajo el supuesto que el subsidio se financia mediante cobros impositivos a la población de mayores ingresos. El término β , adimensional, se refiere al costo marginal de los fondos públicos; es decir, la pérdida de peso muerto que genera la existencia de la brecha entre el precio al productor y el precio al consumidor. Este valor es mayor a 1 y, por lo tanto, cancela parcial o totalmente o incluso hasta puede anular el efecto equidad.

En cuanto al monto del subsidio, S_b , su valor obtiene de los decretos que establecen los valores de la tarifa técnica, valor de la tarifa a pasajeros y monto del subsidio al pasajero. El valor de la tarifa técnica se obtiene de las planillas de cálculo entregadas por representantes del Consejo Asesor de Tarifa para el Transporte Público de Pasajeros para el Área Metropolitana de Asunción. Se hará el supuesto que el costo medio por pasajero del operador es constante⁴.

⁴ Este supuesto más el efecto Mohring hacen que el costo marginal total (suma del costo medio del operador más el costo medio del usuario) sea decreciente y, por lo tanto, existen economías de escala crecientes.

2. Antecedentes de la Implementación del Subsidio al Transporte Público en el Área Metropolitana de Asunción

De acuerdo con la información recopilada, el subsidio al transporte público en el área metropolitana de Asunción se aplicó por primera vez en el año 2003, administrado por la Secretaría del Transporte del Área Metropolitana (SETAMA)⁵. Para la determinación del subsidio inicialmente se consideró la operación de una empresa tipo, o “empresa modelo”, considerando sus costos de operación, estimando el costo por veh-km y posteriormente, estimando un costo por pasajero, estableciéndose como la tarifa técnica de los servicios de buses. Esta forma de estimar el subsidio se mantiene hasta hoy.

En el año 2011 se empieza a aplicar el subsidio de manera regular, haciéndose cargo de su administración el Viceministerio de Transporte (VMT), dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, utilizando la misma forma de cálculo que la original, con el objetivo de evitar que la tarifa percibida por el usuario sufra un alza. La forma de establecer la demanda es mediante una estimación entregada por los operadores a la autoridad, dado que en esa época no existían sistemas de control de pasajeros y el cobro era realizado directamente por el conductor del bus, mientras que los costos eran declarados por los mismos operadores. En diciembre del año 2013 se suspende el subsidio.

En agosto de 2014 mediante el Decreto N°2131, se restituye el subsidio al transporte público con el objetivo de “salvaguardar a los usuarios del transporte público de pasajeros” de posibles alzas de tarifa, para poder “atenuar sus efectos sobre la economía familiar”. Con ello, se fija una tarifa para los usuarios de los buses de G. 2.400, mientras que la tarifa técnica alcanza los G. 2.498, con lo que la tarifa a los usuarios debiera haber sido de G. 2.500; la diferencia de G. 100 fue absorbida por el estado. Los requisitos establecidos en el Decreto N°2131, posteriormente modificados por el Decreto N°2671 de noviembre de 2014, son los siguientes:

1. Que las empresas de transporte presten servicios intermunicipales en el área metropolitana de Asunción.
2. Que estén legalmente habilitadas, registradas y en cumplimiento del pago de sus obligaciones ante el Viceministerio de Transporte.
3. Que los vehículos tengan sus Inspecciones Técnicas Vehiculares (ITV) aprobadas.
4. Estar al día en el cumplimiento de sus obligaciones tributarias.
5. Que cumplan sus obligaciones laborales y previsionales.
6. Que la empresa no sea deudora del Banco Nacional de Fomento (BNF).
7. Que no se encuentren operando con medidas cautelares, salvo que cuenten con sentencias judiciales firmes y ejecutoriadas

⁵ Actualmente el subsidio es administrado por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC).

En enero de 2015, mediante Decreto N°3001 se establece que la tarifa del transporte público para los usuarios será de G. 2.300. Esta baja se debe a que la tarifa técnica disminuye a G. 2.425, con lo que la tarifa a cobrar por los servicios de buses debiera ser de G. 2.400. Con ello, se mantiene un subsidio de G. 100 por pasajero.

También en agosto de 2014 se publica el Decreto N°2130 que establece el "Régimen de Renovación de Flota del Transporte Público de Pasajeros del Área Metropolitana de Asunción", el cual fija un subsidio de USD 30.000 por vehículo para renovar la flota de buses de Asunción, con un tope de 500 aportes para la renovación. Para postular a este programa, los operadores de buses debían cumplir ciertos requisitos establecidos en el mismo decreto. Esta política contribuyó a la renovación del parque de buses, retirándose los vehículos con una antigüedad mayor a 20 años, siendo reemplazados por buses nuevos.

A raíz de esta política pública se crea una diferenciación de servicios, distinguiéndose el servicio convencional, que consiste en el servicio regular que se prestaba en Asunción en esa época, y el servicio diferencial, conformado por buses de mejor estándar, en general nuevos y con aire acondicionado. Desde enero de 2015 se estimaban tarifas técnicas diferenciadas por servicio, pero en los decretos de determinación de subsidio solo se utilizaba la tarifa del servicio convencional. Esto cambia en febrero de 2016 con el Decreto N°4828, que establece una tarifa técnica diferenciada por tipo de servicio, de G. 2.200 para el servicio convencional y G. 3.300 para el servicio diferencial; en el caso del servicio convencional, la tarifa para los usuarios se estableció en G. 2.100, con lo que el estado subsidió la diferencia de G. 100, mientras que el servicio diferencial no recibe subsidio a la tarifa, con lo que la tarifa para los usuarios quedó en G. 3.300.

El Decreto N°9031 de junio de 2018 establece por primera vez un subsidio a la tarifa para el público de los servicios diferenciados. En este decreto se establece que la tarifa a los usuarios del servicio convencional es de G. 2.200 (tarifa técnica de G. 2.400) y para el servicio diferencial es de G. 3.600 (tarifa técnica de G. 3.700). Con ello, el subsidio para el servicio convencional aumenta a G. 200, mientras que para el servicio diferencial se establece en G. 100 por pasajero.

En el año 2020, a pesar de que por consecuencia de la pandemia de COVID-19 hubo una importante baja de la demanda, se mantuvo el subsidio para los servicios de transporte en el área metropolitana. De hecho, al revisar la estimación de la tarifa teórica del transporte público para mayo de 2020, se supuso la misma demanda que para el año 2019, manteniéndose el subsidio en el mismo monto hasta marzo de 2021.

En marzo de 2021 se producen dos cambios fundamentales en el sistema. El primero de ellos es la creación, mediante el Decreto 4998, del Consejo Asesor de Tarifa para el Transporte Público de Pasajeros para el Área Metropolitana de Asunción, con las siguientes funciones:

5. Analizar y evaluar la estructura tarifaria y los coeficientes que la componen.
6. Proponer los ajustes resultantes del estudio tarifario.

7. Recomendar los cambios a la estructura tarifaria compuesta por los datos para el cálculo de la tarifa técnica y el monto de la tarifa a ser aplicado al transporte público de pasajeros

Con ello, existe un cuerpo encargado de revisar las tarifas técnicas y las políticas asociadas al subsidio al transporte.

El Consejo Asesor se conforma por representantes de los siguientes organismos:

- a. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), a través del Viceministerio de Transporte.
- b. Ministerio de Hacienda, a través del Viceministerio de Economía.
- c. Ministerio de Industria y Comercio (MIC), a través del Viceministerio de Comercio.
- d. Secretaría Técnica de Planificación.
- e. Secretaría de Defensa al Consumidor y el Usuario.
- f. Gremios de Empresas de Transporte del Área Metropolitana de Asunción.

En ese sentido, las recomendaciones y conclusiones de este Consejo Asesor son puestas igualmente a consideración del Ejecutivo, para la toma de decisiones.

El segundo cambio relevante es la entrada en operación definitiva del sistema de billeteo electrónico, mediante el Decreto 5136 de abril de 2021, con lo cual se tiene un control de la cantidad de pasajeros transportados por el sistema de buses en el área metropolitana. Esto tiene impacto en la determinación del subsidio, al disponerse de información fidedigna de los pasajeros transportados, o al menos de los que pagan su pasaje, con lo que se puede calcular de manera más eficiente el subsidio, ya que originalmente el subsidio se estimaba con pasajeros presuntos, lo que dependía de la información que entregaban los propios operadores. Es así como para el cálculo de la tarifa técnica se aprecian dos efectos:

- Una baja en los pasajeros diarios utilizados para el cálculo del subsidio, desde un poco menos de 1.073.000 pasajeros (declarados por las empresas) en mayo de 2020 a un poco menos de 333.000 (de acuerdo con las validaciones registradas en el sistema de billeteo electrónico) en marzo de 2021, lo que representa un descenso del 70%.
- Un aumento del subsidio por pasajero con datos operativos del mes de abril de 2021⁶:
 - Desde G. 100 a G. 1302 para el servicio convencional.
 - Desde G. 500 para a G. 1302 para el servicio diferencial.

En octubre de 2022 la tarifa que pagan los usuarios del transporte público del área metropolitana es de G. 2.300 para el servicio convencional y de G. 3.400 para el servicio diferencial, que se mantiene en esos valores nominales desde mayo de 2020, mientras que con datos operativos del mes de octubre de 2022 la tarifa técnica es de G. 4.314 para el servicio convencional con un subsidio de G. 2.014 (46,7% de la tarifa técnica) y de G. 5.636

⁶ Los nuevos valores fueron fijados mediante Decreto 5659/2021.

para el servicio diferencial, con un subsidio de G. 2.236 por pasajero (39,7% de la tarifa técnica)⁷.

El capítulo 4 entrega información sobre la evolución de los pasajeros transportados pagos en los últimos dos años.

⁷ Valores fijados por Decreto 8873/2023

3. Benchmarking de Esquemas de Subsidios para el Transporte Público

Para el análisis de benchmarking relativo a los esquemas de subsidio al transporte público en áreas metropolitanas, el objetivo no es solo presentar un conjunto de datos paramétricos, sino que obtener una idea de lo que estos significan desde los aspectos de eficiencia económica y de impacto social.

Con base en ello, es que el benchmarking debe responder al menos a las siguientes preguntas:

Preguntas relativas a condiciones de eficiencia económica:

- ¿Qué tan eficiente es el sistema de transporte público en términos de costos medios de operación por pasajero transportado?
- ¿Qué tan eficiente es la operación del sistema de transporte público, en términos de flota por cantidad de pasajeros transportados?
- ¿Qué tan eficiente es la operación del sistema de transporte público, en términos de inversión en infraestructura y capital?
- ¿Cuál es el nivel de subsidio como porcentaje de la tarifa al transporte público?
- ¿Cuál es el nivel de subsidio total como porcentaje del presupuesto público sectorial?

Preguntas relativas a condiciones de impacto social:

- ¿Qué tan costosa es la tarifa de transporte público para la ciudadanía?
- ¿Qué tan bien evaluado es el servicio de transporte público, en términos de experiencia de usuario?
- ¿Cuáles son los esquemas de pago y financiamiento?

Para poder estudiar estas preguntas, se han seleccionado áreas metropolitanas en base a los siguientes criterios:

1. Existencia de información disponible.
2. Variabilidad y representatividad, relativo al contexto latinoamericano y al contexto global.
3. Existencia de una política de subsidio al transporte público.

Mucha de la información disponible se puede encontrar en el repositorio digital de BRTData. El BRTData es un proyecto de BRT+ CoE, un Centro de Excelencia de BRT (Bus Rapid Transit). La construcción de la plataforma y la recolección de datos son el resultado de una colaboración entre los miembros del BRT+ CoE y el ITDP. Actualmente la BRTData es gestionado y actualizado por WRI Brasil Ross Centro para Ciudades Sustentables.

Las versiones iniciales de la base de datos incluyeron el apoyo de la Agencia Internacional de Energía (IEA) y de la Asociación Latinoamericana de Sistemas Integrados de Transporte

y BRT (SIBRT), ahora SIMUS. BRT+ CoE es el Centro de Excelencia de BRT implementado en Santiago, Chile, y financiado por Volvo Research and Educational Foundations (VREF). El Centro trabaja como un consorcio de cinco instituciones que incluyen a la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), EMBARQ - el programa del WRI Ross Centro para Ciudades Sustentables para el transporte sustentable, Massachusetts Institute of Technology (MIT), University of Pretoria y a la The University of Sydney. El objetivo principal de este Centro de Excelencia es desarrollar un nuevo marco para la planificación, diseño, financiamiento, implementación y operación de BRT en diferentes zonas urbanas, dando directrices claras para tomadores de decisiones sobre cuándo y cómo proyectos de BRT pueden mejorar la movilidad y satisfacer las necesidades de accesibilidad de forma efectiva.

El Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP) trabaja en todo el mundo para diseñar e implementar sistemas de transporte de alta calidad y soluciones políticas que hagan que las ciudades sean más habitables, equitativas y sostenibles. A través de sus proyectos de transporte, investigación, apoyo y desarrollo de políticas, trabaja para reducir las emisiones de carbono, mejorar la inclusión social y la calidad de vida de las personas en las ciudades, con oficinas en los Estados Unidos, India, China, Kenia, México, Brasil e Indonesia.

La información disponible en BRTData es la siguiente, de manera global:

INFORMACIÓN GENERAL

- Producto Interno Bruto per cápita (USD)
- Población, ciudad
- Población, área metropolitana
- Densidad poblacional, región metropolitana
- Partición modal % transporte público
- Partición modal % transporte privado
- Partición modal % transporte no motorizado

INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

- Tarifa normal (USD)
- Recaudación tarifaria anual (millones USD)
- Integración tarifaria en la ciudad (otros modos)
- Demanda pico (pasajeros por hora por dirección)
- Demanda diaria (pasajeros por día)
- Demanda anual (pasajeros por año)
- Productividad del capital (abordajes por autobús por día)
- Índice de pasajeros kilómetro (IPK)
- Nombre del sistema
- Corredores
- Año de inauguración del sistema
- Agencia de transporte
- Integración tarifaria en el sistema

- Terminales de integración
- Estaciones de transferencia
- Centro de control operacional (CCO)
- Líneas troncales
- Rutas alimentadoras
- Garajes

INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE BUSES

- Longitud del sistema (km)
- Distancia entre estaciones (m)
- Frecuencia en la hora pico (autobuses por hora)
- Posición de los carriles
- Posición de los carriles en contraflujo
- Ubicación de las puertas
- Pavimento de los carriles
- Pavimento de las estaciones
- Estaciones
- Prepago
- Carriles para sobrepaso
- Tipo de abordaje en las estaciones,
- Información en tiempo real
- Velocidad operacional

COSTOS DEL SISTEMA DE BUSES

- Costos total por kilómetro (USD millón por km)
- Costos de planificación (USD millón)
- Costos de capital por kilómetro (USD millón por km)
- Costos de infraestructura por kilómetro (USD millón por km)
- Costos de equipos (USD millón)
- Costos anuales de operación (USD millón)

IMAGEN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

- Calificación de los usuarios
- Marca y logo
- Identidad visual de los autobuses del sistema

Hay que considerar que no toda la información de cada uno de los indicadores se encuentra disponible para todos los países de la base de datos de BRTData, por lo que para la selección de países se debe considerar aquellos que representen un área metropolitana, y que cuenten con suficientes datos relativos a costos de operación, indicadores socioeconómicos, y operatividad de servicio.

Las ciudades que se utilizarán para el Benchmarking serán, con base en los criterios mencionados, los siguientes:

- Asia
 - Seúl
- Europa
 - Ámsterdam
 - París
- Europa
 - Santiago de Chile
 - Sao Paulo

3.1 Metodología de Benchmarking

La metodología aplicada corresponde a la construcción de indicadores macro que permiten responder las preguntas más relevantes planteadas con anterioridad. Por ello, en lugar de usar los indicadores de BRTData de manera directa, se utilizarán solo algunos de contexto (como, por ejemplo, indicadores de PIB, población y partición modal), mientras que otros indicadores se construirán a partir de cálculos basados en la información existente (complementada con la información recibida por parte de la contraparte técnica, en base a las planillas de cálculo de subsidio).

A continuación, se describen los principales indicadores de benchmarking que serán utilizados, y su fórmula de cálculo junto con sus fuentes de datos.

3.1.1 Índice de accesibilidad del transporte público

El índice de accesibilidad para el transporte público es definido por Carruthers et al (2005), y mide de manera directa el porcentaje del presupuesto mensual promedio de un hogar que debe destinar al pago de transporte público, asumiendo 60 viajes al mes. El índice se define como:

$$Aff = \frac{\sum_{m=1}^M Xm * Pm}{y}$$

Figura 1. Índice de Accesibilidad en Diferentes Ciudades del Mundo

Affordability index

| <i>City</i> | <i>Average</i> | <i>Bottom quintile</i> |
|------------------|----------------|------------------------|
| 1 Sao Paulo | 11% | 107% |
| 2 Rio de Janeiro | 6% | 63% |
| 3 Brasilia | 6% | 59% |
| 4 Cape Town | 4% | 38% |
| 5 Buenos Aires | 4% | 26% |
| 6 Mumbai | 9% | 23% |
| 7 Kuala Lumpur | 5% | 22% |
| 8 Mexico City | 3% | 19% |
| 9 Chennai | 8% | 19% |
| 10 Manila | 5% | 17% |
| 11 Krakow | 6% | 17% |
| 12 Amsterdam | 6% | 16% |
| 13 Moscow | 4% | 15% |
| 14 Guangzhou | 4% | 14% |
| 15 Warsaw | 4% | 11% |
| 16 New York | 3% | 10% |
| 17 Los Angeles | 3% | 10% |
| 18 Chicago | 3% | 10% |
| 19 Singapore | 2% | 10% |
| 20 Beijing | 3% | 9% |
| 21 Seoul | 4% | 9% |
| 22 Shanghai | 2% | 6% |
| 23 Cairo | 3% | 6% |
| 24 Budapest | 3% | 6% |
| 25 London | 2% | 5% |
| 26 Prague | 2% | 4% |
| 27 Bangkok | 1% | 4% |

Fuente: Carruthers et al (2005)

Donde *Aff* es el índice de accesibilidad (*aff* por *affordability* en inglés), X_m es la cantidad de viajes que realiza el miembro m de la familia de tamaño M al mes (que se presupone de 60 viajes mensuales de una longitud de 10 Km), P_m es la tarifa por viaje (que en algunos países depende de la distancia) en transporte público, y finalmente, Y representa el ingreso total mensual del hogar.

3.1.2 Índice de cobertura de la tarifa

El índice de cobertura de la tarifa (ICT) es simplemente el cálculo del porcentaje promedio de la tarifa de transporte público (P_m), sobre los costos medios por pasajero transportado ($\sum_{m=1}^M CTOT_m/P_{axm}$). De esta manera, se obtiene un ratio tal que si es 1.0, entonces el pasajero cubre el 100% de la tarifa con el pasaje, y si es menor a 1.0, entonces el porcentaje de subsidio sobre la tarifa será $100\% - ICT$. En el caso extremo que ICT sea igual a cero, entonces quiere decir que el 100% de la tarifa se encuentra subsidiada.

$$ICT = \frac{P_m}{\sum_{m=1}^M CTOT_m/P_{axm}}$$

Este ratio mide de manera comparativa el nivel de subsidio a la tarifa de transporte público para los distintos países que forman parte del benchmarking. En la fórmula anterior, CTOT es el costo total de operación del sistema de buses mensual, y PAXm es la cantidad de pasajeros mensuales, por lo que la división ante ambas nos entrega el costo medio mensual por pasajero.

3.1.3 Índice de eficiencia del transporte público en superficie

Este índice se puede calcular considerando los costos mensuales transportados, o los kilómetros de distancia recorridos. Por un lado, considerar los pasajeros mensuales por si solo no podría recoger algunas particularidades de los trazados en ciudades menos densas, mientras que un índice basado en pasajeros podría esconder trazados ineficientes. Por tanto, es necesario contar con un índice que considere ambas variables.

Por tanto, el índice de eficiencia del transporte público en superficie (IETP) se construye de la siguiente manera:

$$IETP = \frac{Xp * (\frac{Km}{Flota})}{CTmensuales}$$

Donde:

IETP, corresponde al índice de eficiencia del transporte público en superficie, *Xp* es la cantidad de pasajeros transportados al mes, *Km* es el total de kilómetros mensuales promedios recorridos, y *CTmensuales* es el costo promedio mensual del sistema. Finalmente *Flota* es el tamaño de la flota disponible.

Se puede observar que este índice considera tanto las eficiencias en costos por definición de trazados, entre la cantidad de kilómetros promedio que recorre la flota, y la cantidad de pasajeros mensuales transportados, lo que permite una comparación correcta tanto entre distintas ciudades, como en el tiempo.

3.1.4 Índices técnicos del sistema de transporte público en superficie

Se definen una cantidad de ítems técnicos que son valores que no requieren cálculos intermedios, que a criterio experto ayudan a describir la capacidad operacional del sistema de transporte público. Ellos son:

- Distancia entre estaciones⁸
- Demanda diaria de pasajeros
- Tarifa
- Tamaño de la flota
- Sistema de propulsión
- Información en tiempo real

⁸ Este ítem puede no aplicarse en el caso de Asunción, ya que los servicios operan con paradas no definidas o informales.

- Velocidad operacional

3.2 Benchmarking por país

3.2.1 Sistema de Transporte Público de Seúl

Descripción del sistema

Sistema de Buses en Seúl

Seúl tiene muchas terminales grandes de autobuses interurbanos/expresos. Estos autobuses conectan Seúl con ciudades de todo Corea. Las principales terminales de autobuses incluyen:

- Terminal de Autobuses Express de Seúl en Seocho-gu
- Ciudad central en Seocho-gu
- Terminal Nambu de Seúl, también en Seocho-gu
- Terminal de autobuses de Dongseoul en Gwangjin-gu
- Terminal Sangbong en Jungnang-gu

Metro en Seúl

Seúl tiene 22 líneas de metro que conectan todos los distritos de la ciudad entre sí y con el área circundante. La mayoría de la población ahora usa el sistema de transporte público debido a su conveniencia y bajo costo. Con más de 8 millones de pasajeros al día, Seúl tiene uno de los sistemas de metro más concurridos del mundo. A pesar de esto, es muy apreciado por su eficiencia, su facilidad de navegación, su puntualidad y por el encanto de todas las tiendas y atracciones que están presentes dentro del propio sistema de metro.

Tren en Seúl

Seúl está conectado con todas las ciudades importantes de Corea del Sur por ferrocarril. Seúl también está conectada con la mayoría de las principales ciudades coreanas por el tren bala KTX, que presenta una velocidad de funcionamiento normal de más de 300 km/h, lo que hace que los desplazamientos entre ciudades sean extremadamente convenientes para los viajeros y turistas.

Además, la estación Suseo, en el distrito de Gangnam, estaba operativa desde diciembre del 2016 y ofrecer el servicio KTX en el tren de alta velocidad Suseo recién construido.

Método de Pago

La forma de pago más común que funciona a la perfección para los autobuses públicos y el metro de Seúl es la tarjeta de transporte Tmoney. Se puede comprar por 2.500 wones en las máquinas de cada estación de metro, así como en las tiendas de conveniencia más

destacadas de Seúl. Se puede cargar dinero en la tarjeta, y luego la tarjeta se conecta a un sensor cada vez que ingresa o sale de una estación de autobús o metro, y la tarifa adecuada se deduce del saldo de la tarjeta. Muchos taxis también aceptan la tarjeta Tmoney; aquellos que lo hacen a menudo tendrán un logotipo de Tmoney en su vehículo.

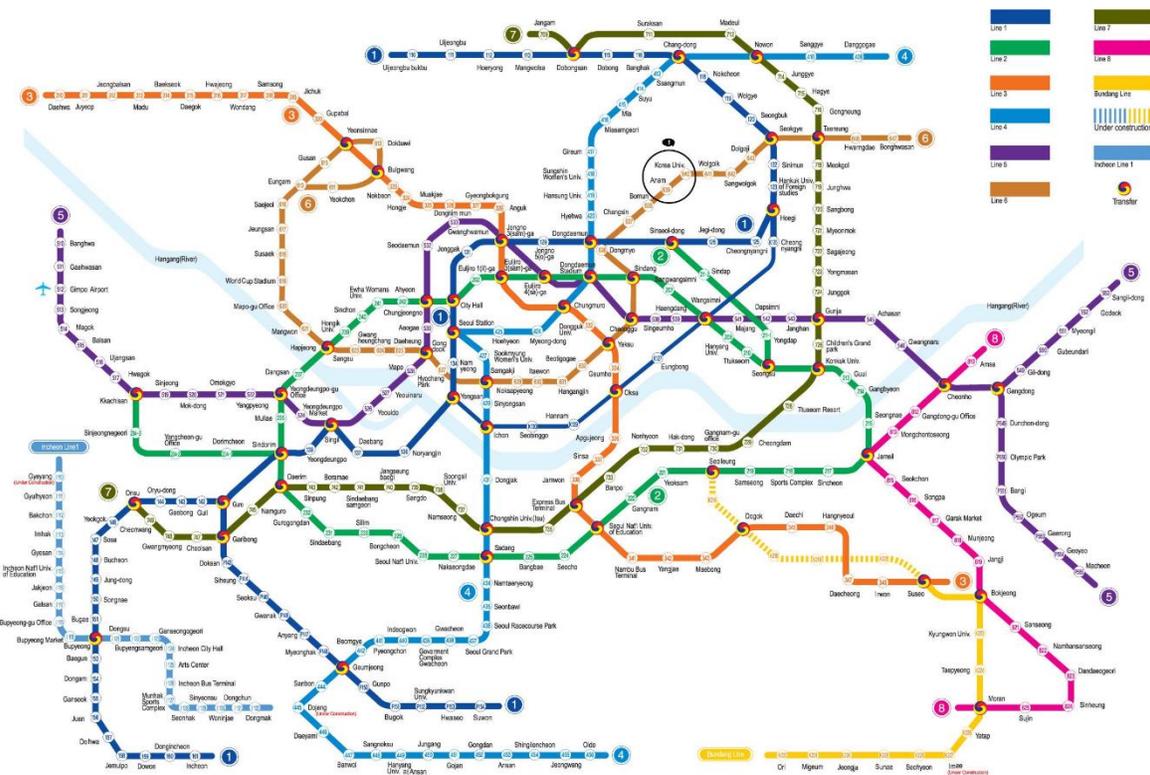
Los turistas internacionales tienen una tarjeta alternativa que pueden adquirir por 4.000 wones: la KOREA TOUR CARD. Esta tarjeta funciona de manera muy similar a la tarjeta Tmoney, pero también ofrece descuentos en muchas atracciones turísticas populares.

No se requieren tarjetas de transporte para viajar por Seúl, ya que también se pueden usar efectivo y tarjetas de crédito para comprar boletos para cada modo de transporte individual, aunque esto requiere comprar un boleto nuevo cada vez que viaja. Además, las tarjetas de transporte dan ligeros descuentos en las tarifas de viaje y permiten hasta cuatro transferencias entre los subterráneos y/o autobuses de Seúl sin cargos adicionales.

Los visitantes extranjeros también tienen la opción de comprar un Korea Rail Pass de KORAIL (Korea Railroad Corporation) si planean viajar mucho en tren. El Korea Rail Pass permite a las personas viajar en cualquier tren compatible dentro del período de tiempo para el que se compra la tarjeta sin cargos adicionales.

La siguiente imagen muestra la complejidad y densidad de la red de transporte público de la ciudad de Seúl.

Figura 2. Red de Transporte Público de Seúl



Fuente: <http://seoulsublet.com/subway-metro-map/>

Indicadores de Benchmarking

Se presentan a continuación los principales resultados del benchmarking, considerando los parámetros calculados (índice de asequibilidad e índice de cobertura de tarifa), más los demás datos operacionales recogidos.

Tabla 1. Indicadores de Benchmarking de Seúl

| Parámetro | Unidad | Seoul | Fuente |
|---------------------------------|------------------|-------------|---|
| Población área metropolitana | # | 25.620.000 | BRTData |
| Ingreso Medio Hogar | USD/mes | \$ 2.861 | DatosMacro |
| Ingreso 1er Quintil | USD/mes | \$ 1.398 | DatosMacro |
| Asequibilidad Media | % | 2,35% | Cálculo Propio |
| Asequibilidad 1er Quintil | % | 4,81% | Cálculo Propio |
| Tarifa Bus Promedio | USD/viaje en bus | \$ 1,12 | BRTData |
| Costo Medio Promedio Buses | USD/viaje en bus | \$ 1,90 | Informes de Agencia de Transporte Local |
| Índice de Cobertura de Tarifa | % | 59% | Cálculo Propio |
| Distancia entre estaciones | metros | 400 | BRTData |
| Demanda diaria de pasajeros | pasajeros | 400.000 | BRTData |
| Tamaño de la flota | Buses | 3.703 | BRTData |
| Sistema de propulsión Principal | Dato | Gas Natural | BRTData |
| Información en tiempo real | Dato | SI | BRTData |
| Velocidad operacional | Km/hr promedio | 17,0 | BRTData |
| Integración Tarifaria | Dato | SI | BRTData |

Fuente: elaboración propia.

3.2.2 Sistema de Transporte Público de Ámsterdam

Descripción del sistema

El transporte dentro de la ciudad de Ámsterdam se caracteriza por las bicicletas y el transporte público. Las grandes autopistas solo existen alrededor de la ciudad y terminan en la carretera de circunvalación A10. Se desaconseja la navegación en automóvil por el centro de la ciudad, y el gobierno patrocina iniciativas para reducir el uso del automóvil.

Bicicleta

Ámsterdam es conocida como una de las ciudades más amigables con las bicicletas del mundo y es un centro de la cultura ciclista. El 38% de todos los desplazamientos en la ciudad se realizan en bicicleta. La mayoría de las calles principales tienen ciclovías. Los portabicicletas son omnipresentes en toda la ciudad. Hay alrededor de 1.000.000 de bicicletas en la ciudad. Cada año, alrededor de 100.000 de ellos son robados y 25.000 terminan en los canales.

Barco

Amsterdam tiene una gran colección de canales. En total, más de 150 de estas vías fluviales atraviesan la ciudad y sus alrededores, dividiendo la ciudad de Ámsterdam en aproximadamente 90 mini islas. Esta red de islas está unida por un gran número de puentes, que suman más de 1.000. Durante muchos siglos, estos canales o vías fluviales se utilizaron como las principales rutas de transporte en Ámsterdam. Todo, desde agua hasta carbón, desde alimentos hasta especias, solía transportarse por estos canales. Hoy en día, estos canales solo son aptos para barcas más pequeñas, embarcaciones de recreo y barcos de paseo por los canales. Sin embargo, hay una excepción principal: DHL tiene sus propios barcos de paquetería de DHL que entregan paquetes en toda la ciudad utilizando las antiguas vías fluviales.

Figura 3. Red de Metro de Ámsterdam



Fuente: <https://imgur.com/9nl6mZ5.png>

Transporte público

El transporte público en Ámsterdam consta de rutas de metro, tranvía, autobús y ferry operadas principalmente por GVB, el operador de transporte público propiedad de la ciudad. Los autobuses regionales y algunos autobuses suburbanos son operados por Connexxion y EBS.

Actualmente, hay 16 rutas diferentes de tranvía y cinco rutas de metro. También hay taxis acuáticos operados de forma privada, un autobús acuático, una operación de uso compartido de barcos, barcos de alquiler eléctricos (Boaty) y cruceros por los canales, que transportan personas a lo largo de las vías fluviales de Ámsterdam. La oficina de GVB Tickets & Info (a las afueras de Ámsterdam Central) ofrece un mapa de transporte público gratuito.

Se puede observar en la Figura 3 la característica radial y densa de la red de transporte público de Ámsterdam.

Indicadores de Benchmarking

Se presentan a continuación los principales resultados del benchmarking, considerando los parámetros calculados (índice de asequibilidad e índice de cobertura de tarifa), más los demás datos operacionales recogidos.

Tabla 2. Indicadores de Benchmarking de Ámsterdam

| Parámetro | Unidad | Amsterdam | Fuente |
|---------------------------------|-------------------------|------------------|--|
| Población área metropolitana | # | 2.332.839 | <i>BRTData</i> |
| Ingreso Medio Hogar | <i>USD/mes</i> | \$ 2.350 | <i>DatosMacro</i> |
| Ingreso 1er Quintil | <i>USD/mes</i> | \$ 1.330 | <i>DatosMacro</i> |
| Asequibilidad Media | % | 8,91% | <i>Cálculo Propio</i> |
| Asequibilidad 1er Quintil | % | 15,74% | <i>Cálculo Propio</i> |
| Tarifa Bus Promedio | <i>USD/viaje en bus</i> | 3,49 | <i>BRTData</i> |
| Costo Medio Promedio Buses | <i>USD/viaje en bus</i> | 8,948717949 | <i>Informes de Agencia de Transporte Local</i> |
| Índice de Cobertura de Tarifa | % | 39% | <i>Cálculo Propio</i> |
| Distancia entre estaciones | <i>metros</i> | 1720 | <i>BRTData</i> |
| Demanda diaria de pasajeros | <i>pasajeros</i> | 40000 | <i>BRTData</i> |
| Tamaño de la flota | <i>Buses</i> | 80 | <i>BRTData</i> |
| Sistema de propulsión Principal | <i>Dato</i> | Diesel | <i>BRTData</i> |
| Información en tiempo real | <i>Dato</i> | SI | <i>BRTData</i> |
| Velocidad operacional | <i>Km/hr promedio</i> | 35 | <i>BRTData</i> |
| Integración Tarifaria | <i>Dato</i> | SI | <i>BRTData</i> |

Fuente: elaboración propia

3.2.3 Sistema de Transporte Público de París

Descripción del sistema

París es el centro de un complejo sistema de transporte nacional e internacional. El sistema moderno se ha superpuesto a un complejo mapa de calles y amplios bulevares que fueron fijados en sus trazados actuales en el siglo XIX. A nivel nacional, es el centro de una red vial y ferroviaria, ya un nivel más local, está cubierta por una densa malla de redes de servicios de autobús, tranvía y metro.

Localmente, el transporte público más frecuentado de París es el metro: a lo largo de 16 líneas, sus estaciones muy próximas entre sí (alrededor de 500 metros entre ellas en cualquier línea) permiten una conexión entre cualquier barrio de la capital con cualquier otro, y algunas líneas se extienden bastante lejos en los suburbios. Esto se complementa en

la superficie con un mapa de ruta de autobús bastante complejo de 347 líneas, y, desde 1992, el tranvía ha reaparecido en ocho líneas alrededor de la periferia de la capital.

La tarifa de transporte de París está dictada por zonas, con las zonas 1-2 que cubren la capital y su periferia inmediata, y las zonas 3, 4 y 5 que cubren destinos cada vez más distantes; pases mensuales o semanales cubrir todas las formas de transporte público dentro de Île-de-France (las zonas ya no se aplican al pase desde septiembre de 2015) por una tarifa fija.

Metro

El metro de París tiene 14 líneas (sin incluir dos líneas más cortas "navette" "bis" y el funicular de Montmartre), y 12 de ellas penetran en los suburbios circundantes (ya que dos, las líneas 2 y 6, forman un círculo dentro de París). La mayoría de las líneas cruzan la ciudad diametralmente y solo las líneas circulares del centro de la ciudad mencionadas anteriormente sirven como una interconexión lateral única.

El RER (Réseau Express Régional) es una red de trenes regionales de gran calibre que llegan hasta los suburbios de París, con menos paradas dentro de la ciudad misma. Desde su primera línea A en 1977, ha crecido hasta convertirse en una red de cinco líneas, A, B, C, D y E: tres (A, B y D) pasan por la estación de metro Châtelet-Les-Halles más grande y céntrica de París. La línea C ocupa el camino de los antiguos ferrocarriles a lo largo de los muelles de Rive Gauche del Sena, y la línea E construida más recientemente sale de la estación de tren Gare Saint-Lazare de París con destino al noreste de París.

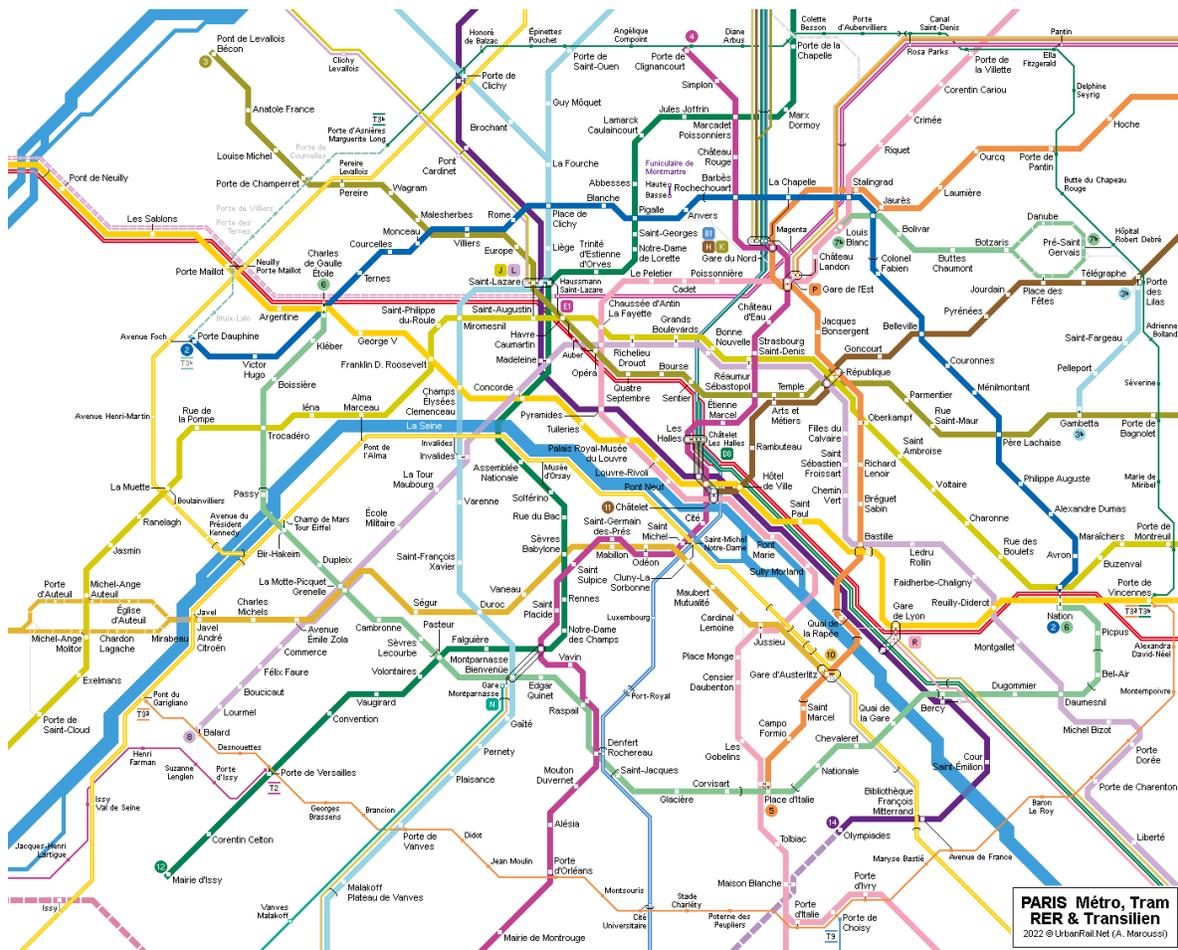
Transilien

Estas son líneas de trenes suburbanos que conectan las principales estaciones de París con los suburbios a los que no llega el RER.

Tranvía de París

Todos los tranvías de París habían dejado de funcionar en 1937, pero este modo de transporte ha regresado recientemente. A partir de 1992 se construyeron dos líneas (la T1 y la T2) paralelas a los límites exteriores de la capital. La línea T3, inaugurada en 2006, ocupa una pista cubierta de hierba que recorre la mayor parte del límite de la Margen Izquierda de París.

Figura 4. Red de Transporte Público de París



Fuente: <https://www.paris.es/metro>

Autobús

Líneas de autobús de París que interconectan todos los puntos de la capital y sus ciudades suburbanas más cercanas. Hay 58 líneas de autobús que operan en París y tienen una terminal dentro de los límites de la ciudad.

El sistema de autobuses de la capital ha recibido un gran impulso durante la última década. A principios de 2000, las principales arterias de París se han adelgazado para reservar un carril expreso reservado solo para autobuses y taxis, generalmente designado con señales y marcas viales. Más recientemente, estos carriles para autobuses se han aislado del resto de la circulación regular a través de barreras bajas de hormigón que forman "couloirs" (corredores) e impiden que todas las demás formas de tráfico de París entren en ellos incluso temporalmente.

Hay autobuses eléctricos. Los autobuses autónomos también se están experimentando en Vincennes desde noviembre de 2017.

La Figura 4 muestra el trazado y cobertura de las principales líneas troncales de transporte público de París.

Indicadores de Benchmarking

Se presentan a continuación los principales resultados del benchmarking, considerando los parámetros calculados (índice de asequibilidad e índice de cobertura de tarifa), más los demás datos operacionales recogidos.

Tabla 3. Indicadores de Benchmarking de París

| Parámetro | Unidad | París | Fuente |
|---------------------------------|------------------|------------|---|
| Población área metropolitana | # | 12.223.100 | BRTData |
| Ingreso Medio Hogar | USD/mes | \$ 3.275 | DatosMacro |
| Ingreso 1er Quintil | USD/mes | \$ 1.546 | DatosMacro |
| Asequibilidad Media | % | 4,42% | Cálculo Propio |
| Asequibilidad 1er Quintil | % | 9,35% | Cálculo Propio |
| Tarifa Bus Promedio | USD/viaje en bus | \$ 2,41 | BRTData |
| Costo Medio Promedio Buses | USD/viaje en bus | \$ 3,20 | Informes de Agencia de Transporte Local |
| Índice de Cobertura de Tarifa | % | 75% | Cálculo Propio |
| Distancia entre estaciones | metros | 760 | BRTData |
| Demanda diaria de pasajeros | pasajeros | 89.500 | BRTData |
| Tamaño de la flota | Buses | 71 | BRTData |
| Sistema de propulsión Principal | Dato | Diesel | BRTData |
| Información en tiempo real | Dato | Si | BRTData |
| Velocidad operacional | Km/hr promedio | 23,5 | BRTData |
| Integración Tarifaria | Dato | SI | BRTData |

Fuente: elaboración propia.

3.2.4 Sistema de Transporte Público de San Pablo

Descripción del sistema

El transporte en San Pablo (Brasil) juega un papel clave en la vida cotidiana de los paulistas y ofrece varios métodos de transporte público que se ofrecen en la ciudad, incluido un complejo sistema de autobuses operado por SPTrans y varias líneas de metro y ferrocarril. Se utiliza una tarjeta inteligente sin contacto para pagar las tarifas de los autobuses, el metro y los sistemas ferroviarios. São Paulo también tiene tres aeropuertos.

Sistema de Autobuses en Superficie de San Pablo

Más de 16.000 autobuses forman la mayor parte del transporte público en San Pablo; incluidos unos 290 trolebuses. Con la excepción de una pequeña red supervisada por el EMTU, todas las líneas de autobuses son operadas por concesionarios bajo la supervisión de SPTrans, una empresa municipal responsable de la planificación y gestión del transporte público.

Los autobuses SPTrans están pintados con colores específicos de la región y transportan alrededor de 8,8 millones de personas diariamente. Hasta 2003, las camionetas de transporte informal tenían una gran presencia en la ciudad, pero la gran mayoría ahora están registradas en el ayuntamiento, legalizadas y ahora operan bajo el mismo esquema de colores que se usa en el sistema principal. Para aumentar la eficiencia en la ciudad, São Paulo implementó en 2007 un sistema de tránsito rápido de autobuses llamado Expresso Tiradentes.

También hay un sistema de carriles reservados para autobuses de 632 km (393 millas) de largo, que se colocan en grandes avenidas y se conectan con el metro o las estaciones de trenes suburbanos.

Metro de San Pablo

Con 13 líneas, 187 estaciones y una longitud total de 377 km (234 millas) (de los cuales aproximadamente 353 km o 219 millas se encuentran dentro de los límites de la Región Metropolitana de São Paulo),[5] la Red de Transporte Ferroviario Metropolitano de São Paulo es la red urbana más grande sistema ferroviario en América Latina.

La red transporta alrededor de 8,3 millones de personas diariamente y es operada por cuatro empresas diferentes. Dos son estatales: el *Metro de São Paulo* y la *Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM)*. Los otros dos son privados: *ViaQuatro*, que opera la Línea 4 - Amarilla; y *ViaMobilidade*, que opera la Línea 5 - Lila y la futura Línea 17 - Oro.

Las conexiones entre las líneas operadas por diferentes compañías suelen ser gratuitas, con las únicas dos excepciones de las estaciones de Tatuapé y Corintios-Itaquera, donde las conexiones se pagan en las horas punta y son gratuitas en los demás períodos.

Figura 5. Red de Metro de San Pablo



Fuente: <https://www.metrocptm.com.br/veja-o-mapa-de-estacoes-do-metro-e-cptm/>

Indicadores de Benchmarking

Se presentan a continuación los principales resultados del benchmarking, considerando los parámetros calculados (índice de asequibilidad e índice de cobertura de tarifa), más los demás datos operacionales recogidos.

Tabla 4. Indicadores de Benchmarking de San Pablo

| Parámetro | Unidad | San Pablo | Fuente |
|---------------------------------|------------------|------------|---|
| Población área metropolitana | # | 20.935.204 | BRTData |
| Ingreso Medio Hogar | USD/mes | \$ 240 | DatosMacro |
| Ingreso 1er Quintil | USD/mes | \$ 116 | DatosMacro |
| Asequibilidad Media | % | 20,25% | Cálculo Propio |
| Asequibilidad 1er Quintil | % | 41,90% | Cálculo Propio |
| Tarifa Bus Promedio | USD/viaje en bus | 0,81 | BRTData |
| Costo Medio Promedio Buses | USD/viaje en bus | 1,0125 | Informes de Agencia de Transporte Local |
| Índice de Cobertura de Tarifa | % | 80% | Cálculo Propio |
| Distancia entre estaciones | metros | 625 | BRTData |
| Demanda diaria de pasajeros | pasajeros | 325000 | BRTData |
| Tamaño de la flota | Buses | 265 | BRTData |
| Sistema de propulsión Principal | Dato | Diesel | BRTData |

| Parámetro | Unidad | San Pablo | Fuente |
|----------------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Información en tiempo real | <i>Dato</i> | SI | <i>BRTData</i> |
| Velocidad operacional | <i>Km/hr promedio</i> | 35 | <i>BRTData</i> |
| Integración Tarifaria | <i>Dato</i> | SI | <i>BRTData</i> |

Fuente: elaboración propia

3.2.5 Sistema de Transporte Público de Santiago de Chile

Descripción del sistema

La Red Metropolitana de Movilidad (denominada Transantiago hasta marzo de 2019) es un sistema de transporte público que sirve a Santiago, la capital de Chile. Se considera la reforma de transporte más ambiciosa emprendida por un país en desarrollo según el Instituto de Recursos Mundiales.

Buses

Los buses de la Red Metropolitana de Movilidad cuentan con suspensión neumática, transmisión automática y dirección hidráulica o servoasistida. Cumplen con la norma de emisiones Euro VI. Poseen al menos 50 % de piso bajo con entradas sin peldaños y cuentan con un sistema que impide el movimiento del bus si alguna puerta se encuentra abierta.

De acuerdo a su longitud, los buses se clasifican en tres tipos: clase A entre 8 y 11 m, clase B entre 11 y 14 m y clase C con más de 14 m, articulados. Tienen en una de las puertas una rampa para permitir la entrada de personas en silla de ruedas, además de contar cerca de esa puerta con un espacio acondicionado para su transporte.

Durante el primer semestre de 2014, se incorporaron buses con puertas a ambos costados, pensados para el futuro diseño de los corredores de buses, cambiando así el estándar formato de configuración de los buses que rige desde 1992.

En mayo de 2016 fue incorporado a la flota de Transantiago un moderno bus híbrido que operará en los servicios de Buses Vule.148 Este bus se suma al bus Euro VI que circula en la empresa STP Santiago presentado en enero de 2016.

No obstante, durante 2017 se probó un bus de 2 pisos, marca Alexander Dennis modelo Enviro 500, el cual fue adquirido a préstamo por la empresa Metbus.

Los buses del sistema cuentan con 2 validadores de tarjetas bip!, GPS y computadores que procesan el pago del pasaje y ruta del bus. Además, cuentan con torniquetes en algunos buses de la flota para aminorar la evasión del pasaje. Junto con esto todos los buses que ingresan al sistema desde el año 2014 cuentan con cámaras de video para la protección de los pasajeros. A esto se suma que algunos buses que renovaron la flota antigua del sistema cuentan con aire acondicionado para el conductor.

A inicios de 2019, enmarcado en el proceso de traspaso de los servicios operados por Inversiones Alsacia, ingresan al sistema alrededor de 490 nuevos buses con tecnología Euro VI.153154155 Asimismo, también ingresaron 100 buses eléctricos, donde vehículos cuentan con aire acondicionado, puertos USB y Wi-Fi.

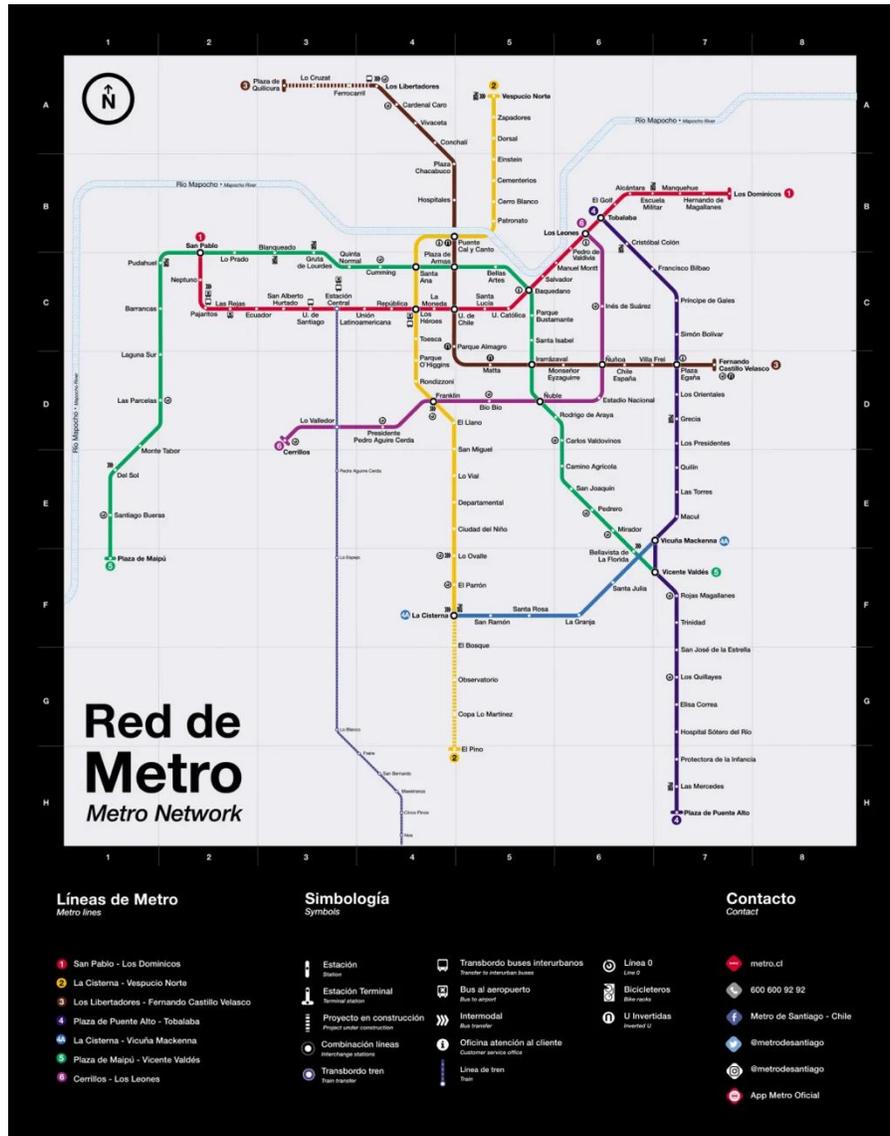
Trenes Metro

El material rodante del Metro de Santiago consiste en 230 trenes fabricados por Alstom, CAF y Concarril. Son alimentados por energía eléctrica con una tensión de 750 voltios (V) de corriente continua (CC), mediante un tercer riel en líneas 1, 2, 4, 4A y 5 o a través de catenaria rígida en las líneas 3 y 6. La trocha utilizada es de 1435 mm. Las líneas 1, 2 y 5 están diseñadas para el uso de trenes con rodadura neumática, mientras que las líneas 3, 4, 4A y 6 diseñadas para trenes con rodadura férrea.

Operan en un 90 % del tiempo con un sistema completamente automatizado, quedando el conductor encargado principalmente de controlar el tren en caso de emergencia y/o el cierre de las puertas. En líneas 3 y 6 operan el 100 % del tiempo con un sistema automatizado, debido a que sus trenes son sin conductor.

El mantenimiento de los trenes se realiza en talleres dispuestos especialmente para dicho trabajo. Estos talleres se ubican en las cercanías de las estaciones Neptuno, Lo Ovalle, Las Mercedes, Ñuble, Cerrillos y Los Libertadores.

Figura 6. Red de Metro de Santiago



Fuente: <https://www.dtpm.cl/index.php/sistema-transporte-publico-santiago/metro>

Trenes

El material rodante utilizado en el Tren Nos-Estación Central consiste en 22 automotores X'Trapolis Modular, que funcionan a base de 3 kV. Asimismo, cuentan con 4 motores de tracción con una potencia de 320 kW, tienen una longitud de 46 metros y un peso de 80,97 toneladas al vacío. Estos están compuestos por dos coches, XMC1-XMC2, con cabina de conducción en ambos extremos con una capacidad para 512 pasajeros. Fueron fabricados por Alstom en su planta de Barcelona.

Indicadores de Benchmarking

Se presentan a continuación los principales resultados del benchmarking, considerando los parámetros calculados (índice de asequibilidad e índice de cobertura de tarifa), más los demás datos operacionales recogidos.

Tabla 5. Indicadores de Benchmarking para Santiago

| Parámetro | Unidad | Santiago de Chile | Fuente |
|---------------------------------|------------------|-------------------|---|
| Población área metropolitana | # | 7.112.808 | BRTData |
| Ingreso Medio Hogar | USD/mes | \$ 1.352 | DatosMacro |
| Ingreso 1er Quintil | USD/mes | \$ 386 | DatosMacro |
| Asequibilidad Media | % | 4,39% | Cálculo Propio |
| Asequibilidad 1er Quintil | % | 15,37% | Cálculo Propio |
| Tarifa Bus Promedio | USD/viaje en bus | \$ 0,99 | BRTData |
| Costo Medio Promedio Buses | USD/viaje en bus | \$ 3,00 | Informes de Agencia de Transporte Local |
| Índice de Cobertura de Tarifa | % | 39% | Cálculo Propio |
| Distancia entre estaciones | metros | 416 | BRTData |
| Demanda diaria de pasajeros | pasajeros | 340.800 | BRTData |
| Tamaño de la flota | Buses | 6.890 | BRTData |
| Sistema de propulsión Principal | Dato | Diesel | BRTData |
| Información en tiempo real | Dato | SI | BRTData |
| Velocidad operacional | Km/hr promedio | 35,0 | BRTData |
| Integración Tarifaria | Dato | SI | BRTData |

Fuente: Elaboración Propia

3.2.6 Resumen

Primero, se presenta a modo de resumen, una tabla agregada con los principales resultados del benchmarking realizado.

Tabla 6. Indicadores de Benchmarking (USD al 31 de Octubre 2022)

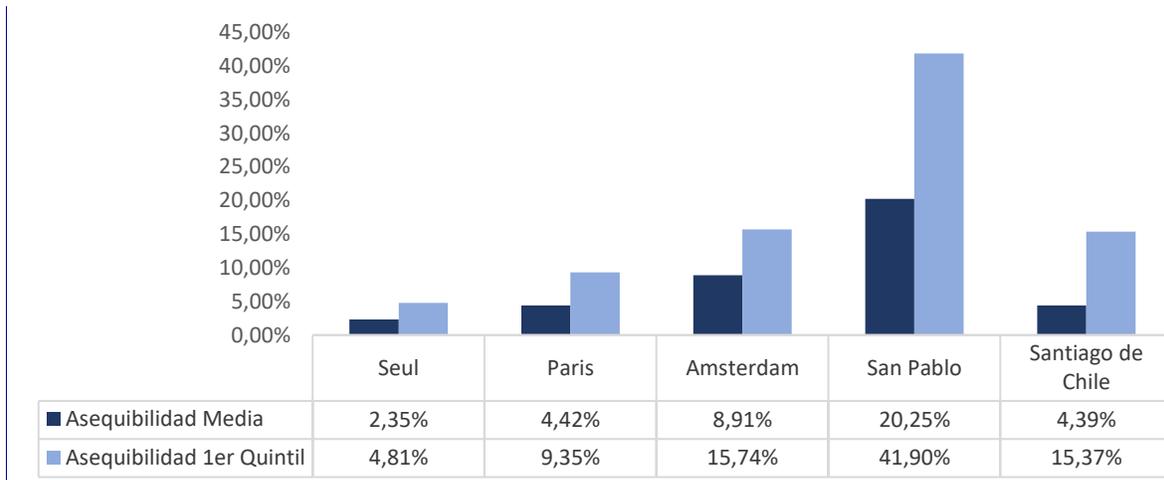
| Parámetro | Unidad | Seúl | Paris | Ámsterd m | San Pablo | Santiago de Chile |
|---------------------------------|------------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------------|
| Población área metropolitana | # | 25.620.00 0 | 12.223.10 0 | 2.332.839 | 20.935.20 4 | 7.112.808 |
| Ingreso Medio Hogar | USD/mes | \$2.861 | \$3.275 | \$2.350 | \$240 | \$1.352 |
| Ingreso 1er Quintil | USD/mes | \$1.398 | \$1.546 | \$1.330 | \$116 | \$386 |
| Asequibilidad Media | % | 2,35% | 4,42% | 8,91% | 20,25% | 4,39% |
| Asequibilidad 1er Quintil | % | 4,81% | 9,35% | 15,74% | 41,90% | 15,37% |
| Tarifa Bus Promedio | USD/viaje en bus | \$1,12 | \$2,41 | \$3,49 | \$0,81 | \$0,99 |
| Costo Medio Promedio Buses | USD/viaje en bus | \$1,90 | \$3,20 | \$8,95 | \$1,01 | \$3,00 |
| Índice de Cobertura de Tarifa | % | 59% | 75% | 39% | 80% | 39% |
| Distancia entre estaciones | metros | 400 | 760 | 1.720 | 625 | 416 |
| Demanda diaria de pasajeros | pasajeros | 400.000 | 89.500 | 40.000 | 325.000 | 340.800 |
| Tamaño de la flota | Buses | 3.703 | 71 | 80 | 265 | 6.890 |
| Sistema de propulsión Principal | Dato | Gas Natural | Diesel | Diesel | Diesel | Diesel |
| Información en tiempo real | Dato | SI | SI | SI | SI | SI |
| Velocidad operacional | Km/hr promedio | 17,0 | 23,5 | 35,0 | 35,0 | 35,0 |
| Integración Tarifaria | Dato | SI | SI | SI | SI | SI |

Fuente: elaboración propia

Respecto a la Asequibilidad, se puede observar que en San Pablo y en Santiago de Chile, en especial cuando se revisan los primeros quintiles, siendo 42% y 16% respectivamente, el porcentaje del ingreso disponible dedicado a transporte es sustancial relativo a los países desarrollados de la muestra los cuales no superan el 15% en el peor de los casos (Amsterdam para el primer Quintil).

Esto se debe a que los países en vías de desarrollo, a pesar de tener tarifas relativamente comparables al resto del mundo, tienen como contrapartida un menor nivel de ingresos medios, además de una mayor desigualdad, por lo que aumenta la diferencia entre el índice medio y el índice para el primer quintil.

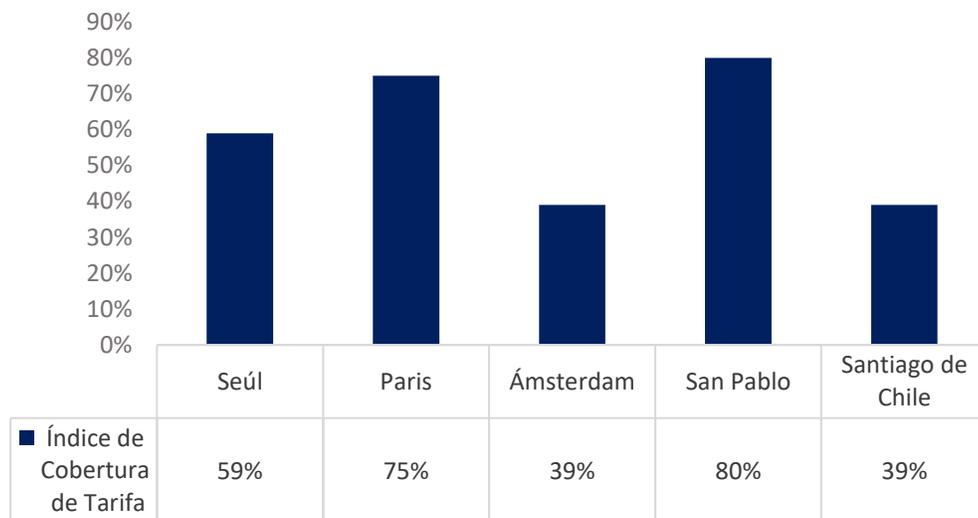
Figura 7. Asequibilidad en Casos Analizados (media y primer quintil por país)



Fuente: elaboración propia en base a datos presentados en Benchmarking

Relativo al índice de cobertura de la tarifa (a mayor número, mayor es el porcentaje de los costos medios que se financian con tarifa, y menor es entonces el subsidio por pasajero), se observa que en todos los países de la muestra existe un nivel de subsidio, siendo el menor en San Pablo, de un 20% de los costos totales producto de un índice de cobertura de la tarifa del 80%, y el mayor es un empate técnico (variando sólo en decimales) de un 39% de cobertura de tarifa en Santiago de Chile y Ámsterdam, lo que significa un subsidio del orden del 61% de los costos de operación por pasajero en promedio.

Figura 8. Cobertura de Tarifa en Casos Analizados



Fuente: Elaboración propia

4. Análisis y Sistematización de la Información Existente

4.1 Levantamiento de Información

En conformidad con la metodología propuesta, la información a la que se tuvo acceso para el desarrollo de la evaluación ha sido la siguiente:

- Descripción del sistema de transporte público de Asunción:
 - Características generales
 - Forma de operación
 - Funcionamiento del sistema de billeteo electrónico y uso de tarjeta.
- Estadísticas sobre el transporte público de Asunción, en particular:
 - Demanda del sistema.
 - Tarifas a usuarios.
 - Tarifa técnica.
 - Pasajeros transportados.
 - Costos de operación.
 - Montos entregados de subsidios.
 - Ingresos del sistema de transporte público.
 - Flota de buses.
 - Buses-km movilizados.
 - Flujo de pasajeros por hora o período.
 - Parque vehicular de Asunción, por tipo de vehículo.
 - Accidentes.
 - Emisiones.

La mayoría de la información ha sido entregada por la contraparte u obtenida mediante consulta a medios públicos (páginas web de servicios públicos o de estadísticas públicas, entre los más relevantes), y complementada con reuniones con miembros del Consejo Asesor de la Tarifa Técnica.

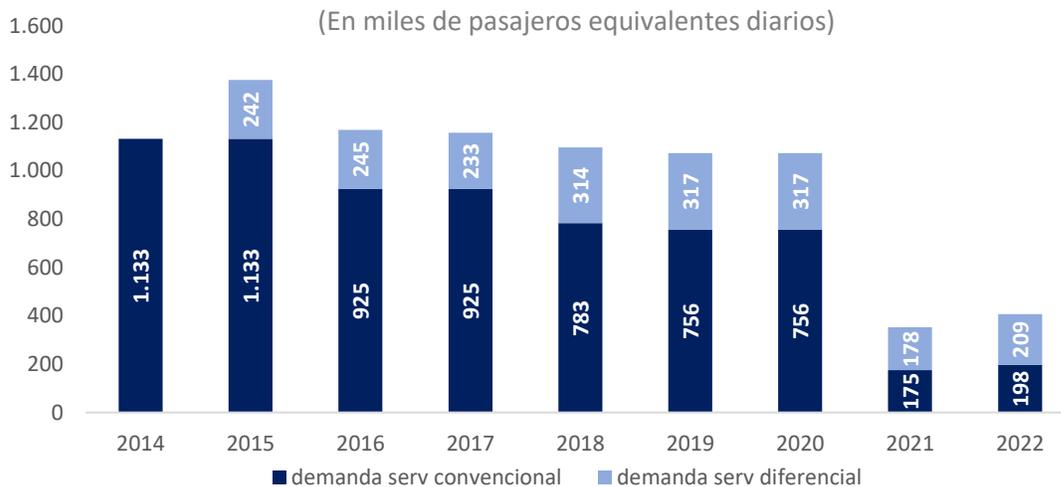
Gran parte de la información solicitada no fue entregada en forma directa, si no que se deriva de las planillas de cálculo de la tarifa técnica y de los decretos que establecen el cálculo de la tarifa técnica y la de usuario para el pago del subsidio, información entregada por la contraparte técnica.

La información levantada fue analizada y sistematizada. En los puntos siguientes se presenta un análisis de la información levantada con respecto a la demanda de los servicios de buses, costos de operación de los servicios de buses y tarifas. El análisis se realiza con la información existente para el período en que está operando el actual subsidio, es decir entre agosto de 2014 a octubre de 2022.

4.2 Demanda del Sistema de Buses del Área Metropolitana de Asunción

En la figura siguiente se puede observar la demanda diaria del servicio por año, en pasajeros equivalentes por día⁹. Como referencia se tomó el mes de mayo, dado que la información disponible corresponde a la que se obtiene de la fórmula del cálculo de la tarifa teórica, la que se empezó a realizar mensualmente en marzo de 2021, junto con la entrada en operación, de forma definitiva, del sistema de pago electrónico.

Figura 9. Demanda Diaria Servicios de Buses del Área Metropolitana de Asunción



Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica.

Se observa una brusca caída de la demanda en el año 2021. Esto se debe, principalmente, a que antes de marzo de 2021 la tarifa técnica se calculaba con una demanda estimada en base a observaciones en terreno y la información que entregaban los propios operadores de transporte público, mientras que a partir del año 2021 la información de demanda se obtiene del sistema de cobro electrónico, por lo que se observa un claro efecto de distorsión en la información utilizada antes de la operación del billete electrónico.

Cabe resaltar que se han implementado tres tipos de tarjetas:

- Tarjeta General: Es para todo público. Las tarjetas pueden ser innominadas o personalizadas.
- Tarjeta Estudiante: Para beneficiarios del boleto estudiantil para acreditar el beneficio, según la Ley N° 2507/06¹⁰.

⁹ Los pasajeros equivalentes es la unidad de demanda utilizada para el cálculo de la tarifa técnica, lo que considera una corrección de la demanda por estudiantes o usuarios con discapacidad visual que tienen una tarifa rebajada o diferenciada.

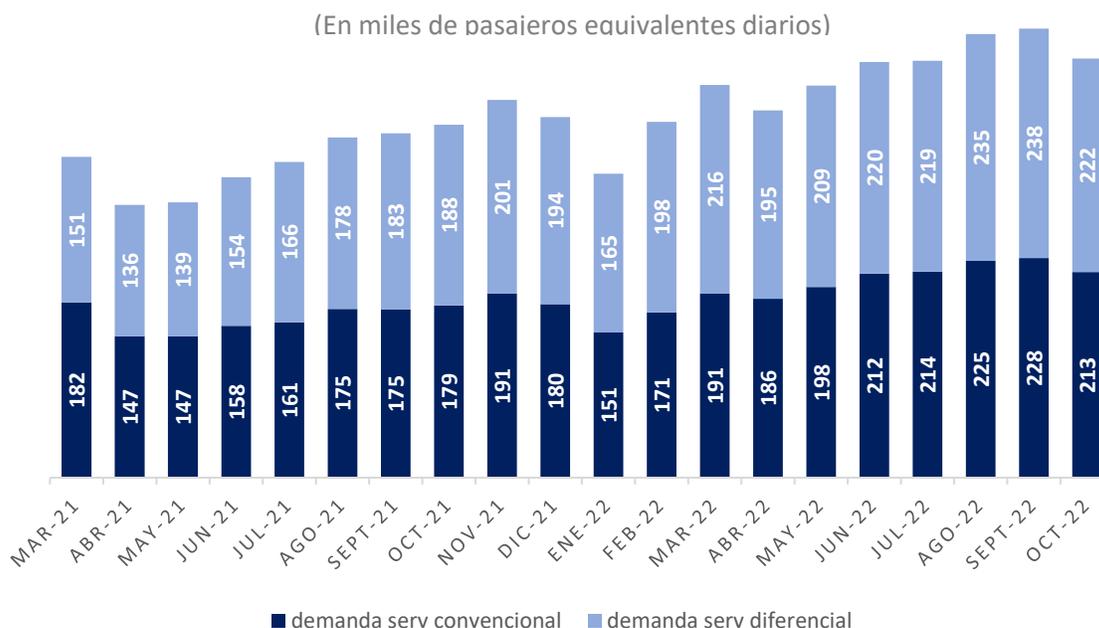
¹⁰ “Que establece el boleto estudiantil”. Se otorga el beneficio a los estudiantes de los niveles de educación inicial, escolar básica y nivel medio, de instituciones públicas y privadas, a abonar el 50% del costo del pasaje en el servicio de transporte público de pasajeros.

- Tarjeta para personas con discapacidad visual: para acreditar el beneficio de la Ley Nº 3365/07¹¹.

Lo otro relevante es que hasta el año 2020 la demanda de los servicios convencionales es mucho mayor que la de los servicios diferenciales, pero en el 2021 esta diferencia desaparece, siendo la demanda de los servicios diferenciales levemente mayor. Esto se puede deber a que en el año 2021 se sincera la demanda, debido a que la información ahora proviene del sistema de billetaje electrónico, y a la composición del parque de buses de Asunción, en que, por la renovación del parque, la cantidad de servicios convencionales y diferenciales son similares.

En la Figura 10 se observa la información de demanda para el período marzo 2021 – octubre 2022, medidas en pasajeros equivalentes por día. Se aprecia que hay un alza en la demanda en los meses de 2022, debido al levantamiento de las restricciones sanitarias por COVID-19, lo que impacta positivamente en la cantidad viajes. También se puede observar que con la entrada del sistema de billetaje electrónico y la sinceridad de las cifras de pasajeros, la diferencia en la demanda entre ambos tipos de servicios se estrecha y a partir de agosto de 2021 la demanda del servicio diferencial supera a la del servicio convencional.

Figura 10. Demanda Diaria Servicios de Buses del Área Metropolitana de Asunción



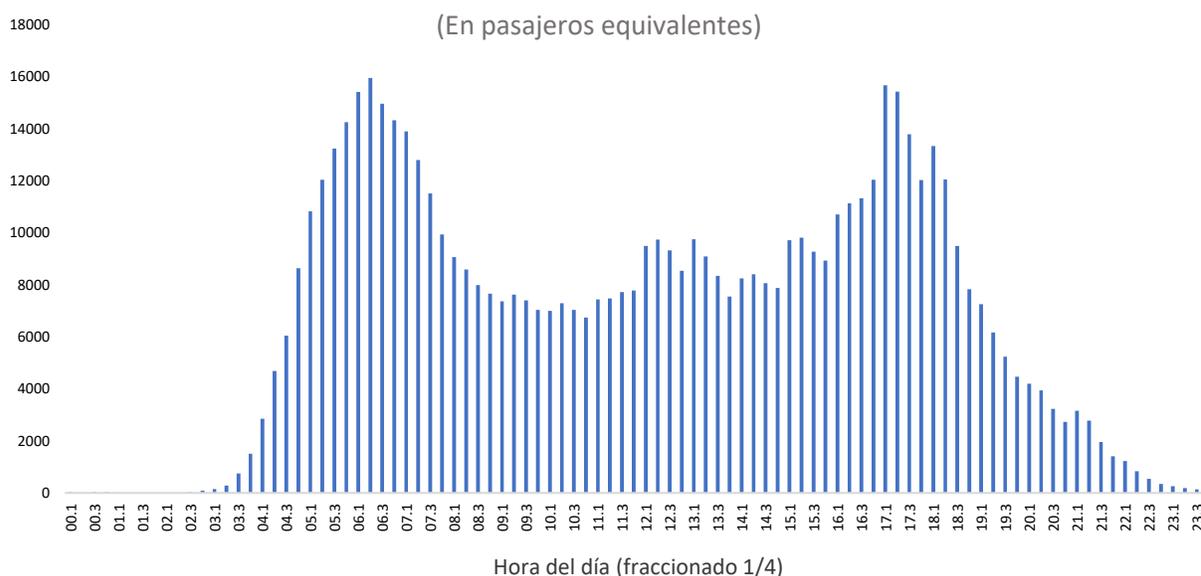
Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica.

Tomando como base la información proveniente del billetaje electrónico del día 02 de agosto de 2022, se determinó el comportamiento de la demanda durante un día laboral, lo que se parecía en la figura siguiente. Se observa que existen dos claros períodos punta en el día, el primero correspondiente a la mañana, entre 5:30 y 7:30, y el otro a la tarde, entre

¹¹ Que exonera a las personas con discapacidad visual (ciegas) del pago del pasaje en el transporte terrestre.

17:00 y 18:30. El cuarto de hora con mayor cantidad de pasajeros validados es entre las 6:15 y 6:30, en el período punta mañana, , con 15.940 pasajeros transportados, seguido por el cuarto comprendido entre 17:00 y 17:15, en el período punta tarde, con 15.657 pasajeros transportados.

Figura 11. Demanda Diaria de Servicios de Buses del Área Metropolitana de Asunción (pax equivalentes/día)



Fuente: elaboración propia en base a información del billeteaje electrónico del día 02/08/2022.

El total de validaciones diarias es de 642 mil pasajeros registrados en el sistema de billeteaje electrónico. La diferencia con la demanda estimada anteriormente es que en este caso no se consideran correcciones a los usuarios con tarifas rebajadas.

Tabla 7. Demanda Diaria Servicios de Buses del Área Metropolitana de Asunción según Período

| Período | Horas | Pasajeros validados | Participación en demanda | Horario | Pasajeros/hora |
|---------------------|-----------|---------------------|--------------------------|--|----------------|
| punta mañana | 2 | 114.781 | 17,9% | 5:30-7:30 | 57.391 |
| fuera punta | 11,5 | 398.105 | 62,0% | 4:30-5:30; 7:30-17:00; 18:30-19:30 | 34.618 |
| punta tarde | 1,5 | 82.239 | 12,8% | 17:00-18:30 | 54.826 |
| nocturno | 9 | 47.207 | 7,3% | 19:30-4:30 | 5.245 |
| total | 24 | 642.332 | 100,0% | | 26.764 |

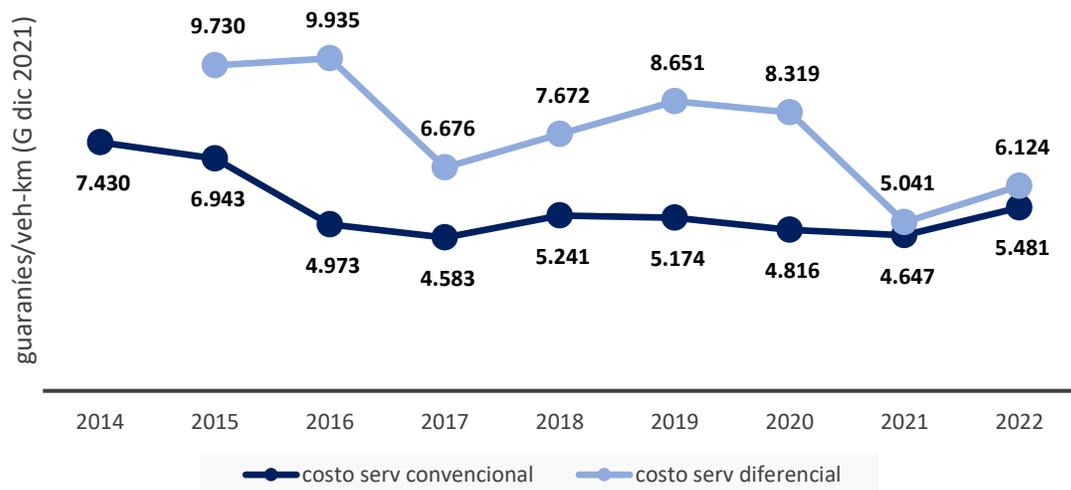
Fuente: elaboración propia en base a información del billeteaje electrónico del día 02 de agosto de 2022

4.3 Costo de Operación de Buses

En la Figura 12 se puede apreciar la evolución de los costos de operación entre agosto de 2014 y agosto de 2022, en términos reales (G. de diciembre de 2021).

Se observa que los costos del servicio convencional bajan entre 2014 y 2017, para estabilizarse en 2018 en torno a los G. 5.000 por veh-km. En cuanto al servicio diferencial, los costos presentan una alta variabilidad, pero son más altos que el servicio convencional, esto debido a que son servicios con un mejor estándar y a que tienen mayores costos de amortización. Lo otro destacable es que el 2021 los precios entre ambos servicios se acercan.

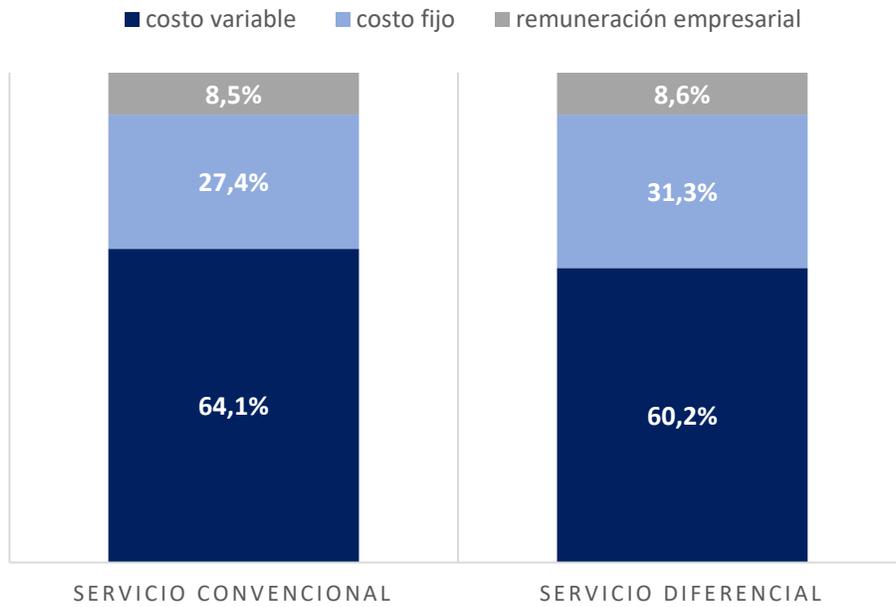
Figura 12. Costo de Operación Promedio de Buses del Área Metropolitana de Asunción



Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica.

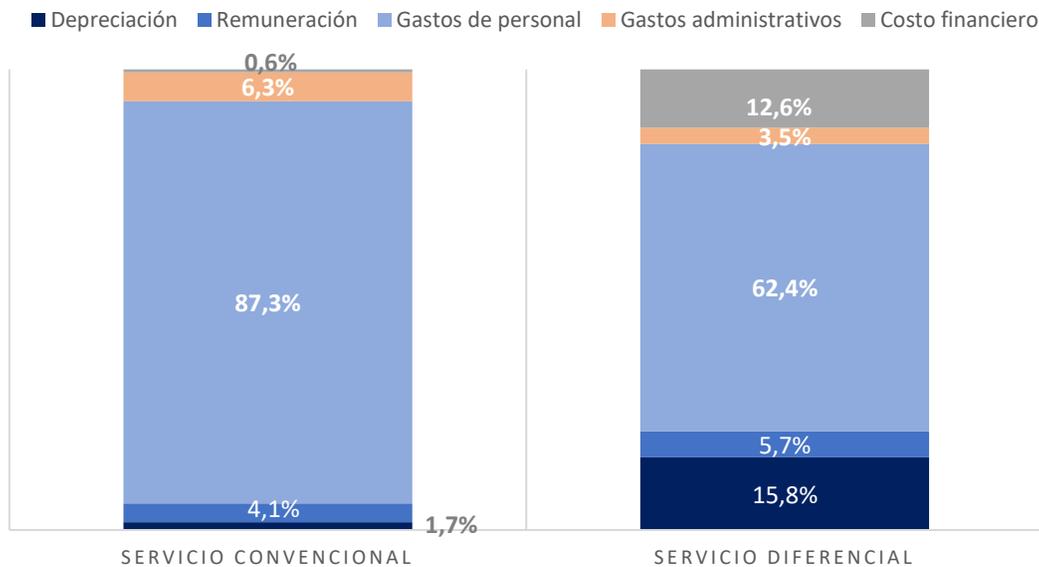
En cuanto a la composición de los costos, se observa que el costo variable es la componente principal de los costos. Dentro de los costos variables, la componente más relevante es el combustible (48% en servicio convencional y 45% en servicio diferencial), mientras que en los costos fijos el más relevante es el gasto en personal, siendo el segundo costo más relevante en el costo total (24% en servicio convencional y 19,5% en servicio diferencial).

Figura 13. Composición de costos de servicios de buses convencional y diferencial (octubre 2022)



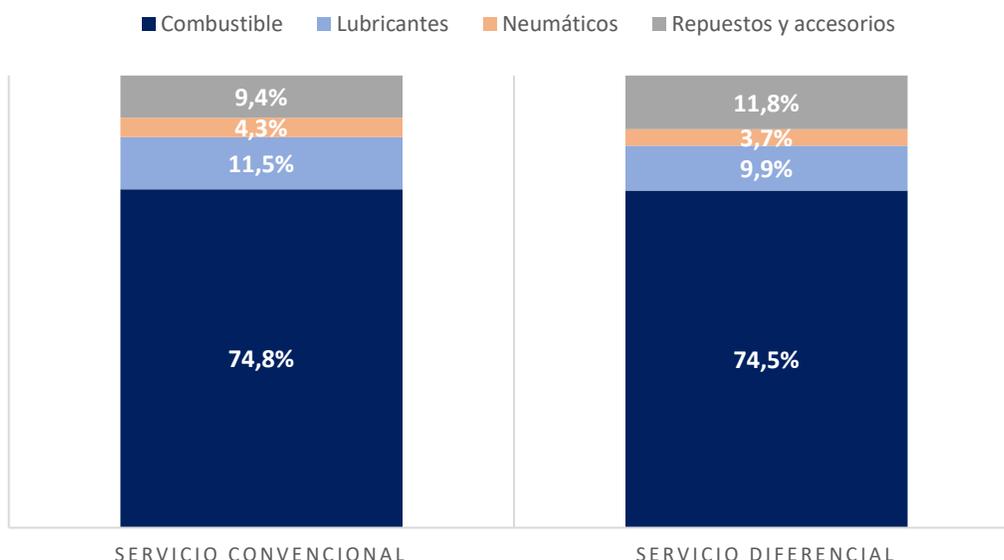
Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica

Figura 14. Composición de costos fijos de servicios de buses convencional y diferencial (octubre 2022)



Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica

Figura 15. Composición de costos variables de servicios de buses convencional y diferencial (octubre 2022)



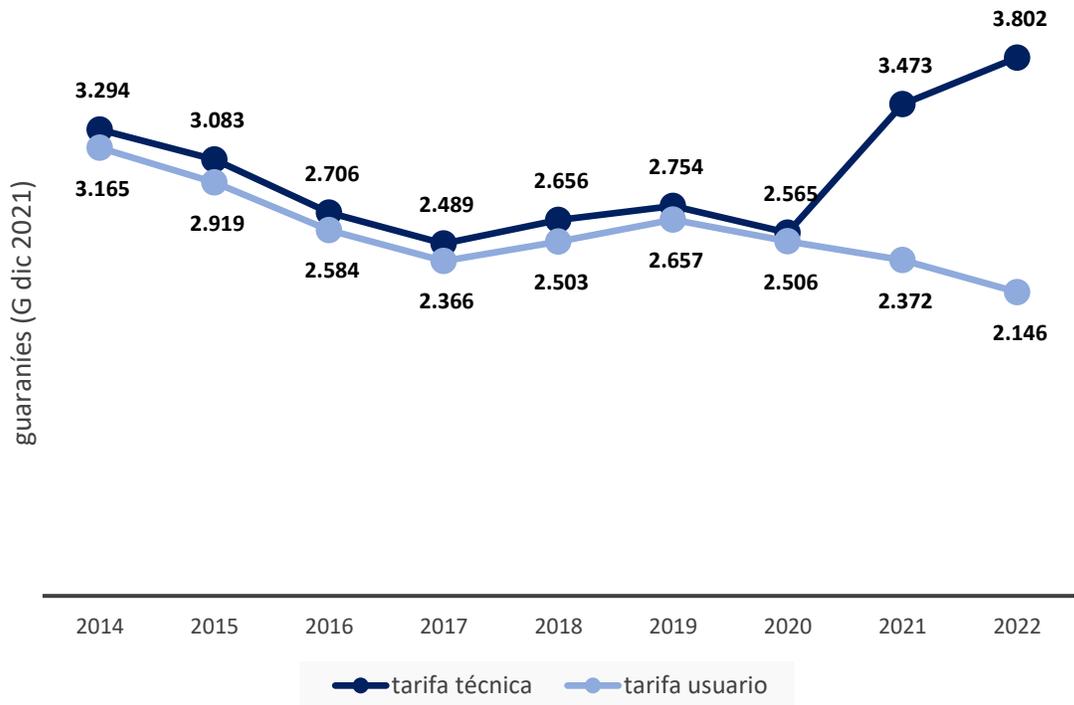
Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica

4.4 Tarifas de los Servicios de Buses

En lo que respecta a la tarifa pagada por los usuarios de buses, si bien en términos nominales la tarifa se ha movido entre G. 2.000 y G. 2.400 para los servicios convencionales y entre G. 3.400 y G.3600 para los servicios diferenciales, manteniéndose en G. 2.300 y G.3.400 respectivamente, desde mayo de 2020, en términos reales la tarifa ha descendido desde 2019.

Por otra parte, en el caso de los buses convencionales, hasta el 2020 la tarifa técnica se movía casi en paralelo con la tarifa a público, dado que el criterio para la fijación de esta última es que se subsidiara entre G.100 y G. 200. Sin embargo, esto cambia drásticamente con la entrada en operación del sistema de billetaje, ya que, al sincerarse la demanda, el costo por pasajero aumenta fuertemente, aumentando también la tarifa técnica, con lo que, para mantener la tarifa a público (nominal) en G. 2.300, se debe aumentar el monto de subsidio por pasajero.

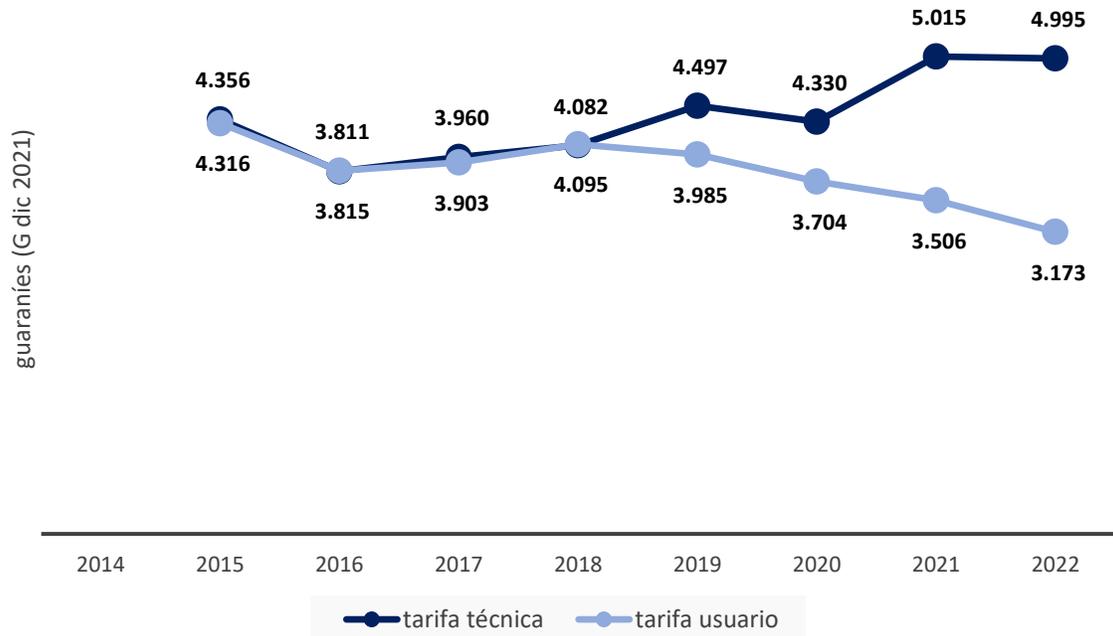
Figura 16. Tarifa Técnica y Tarifa a Usuario de Servicio Convencional del Área Metropolitana de Asunción



Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica y decretos de establecimiento de subsidios.

En el caso de la tarifa diferencial el efecto es similar, la única diferencia es el comportamiento de la tarifa a usuario, ya que al principio la tarifa a usuario era similar a la tarifa técnica, dado que el servicio diferencial no contaba con subsidio; a partir de 2018, con la entrada del subsidio para el servicio diferencial, y antes que se implementara el billeteo electrónico, se intentó que la diferencia con la tarifa técnica no superara los G. 400.

Figura 17. Tarifa Técnica y Tarifa a Usuario de Servicio Diferencial del Área Metropolitana de Asunción

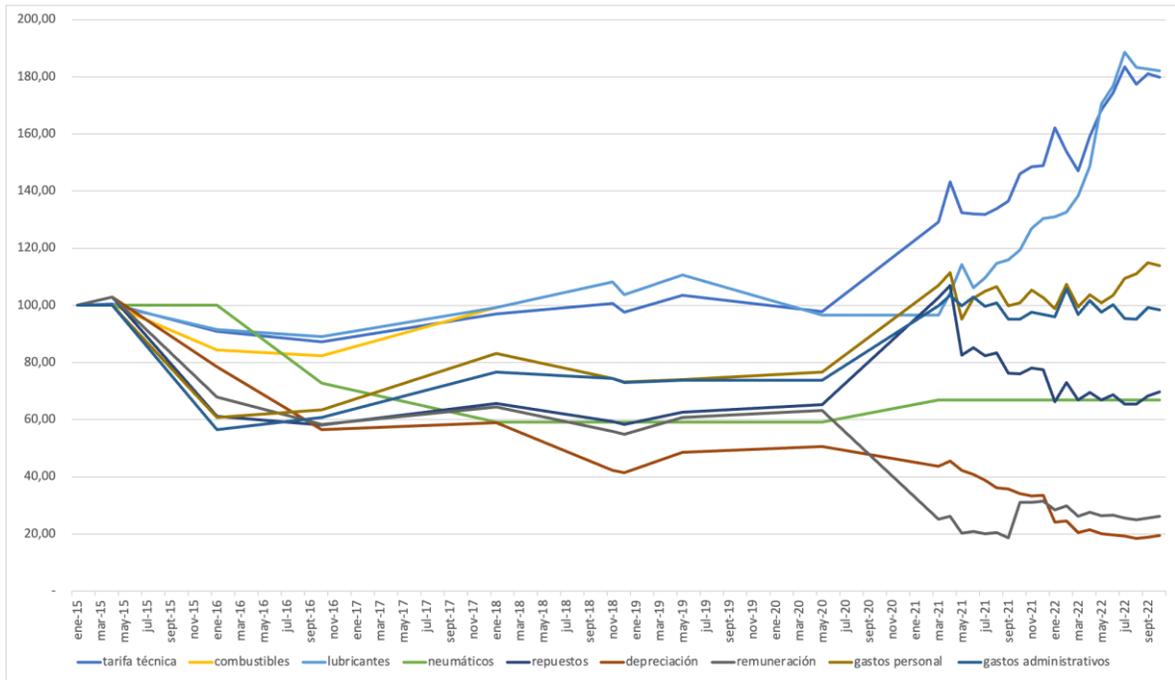


Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica y decretos de establecimiento de subsidios.

Con respecto a las componentes del costo que tienen mayor influencia en la variación de la tarifa técnica, se hizo un análisis definiendo un índice de variación para la tarifa y cada componente de los costos, tomando como mes base enero del año 2015. La evolución del índice de la tarifa y de las principales componentes del costo se presentan en la Figura 18 para el caso de los servicios convencionales, donde se aprecia que los componentes de costos que varían de manera similar a la tarifa son los combustibles y lubricantes, los que además se mueven de manera similar.

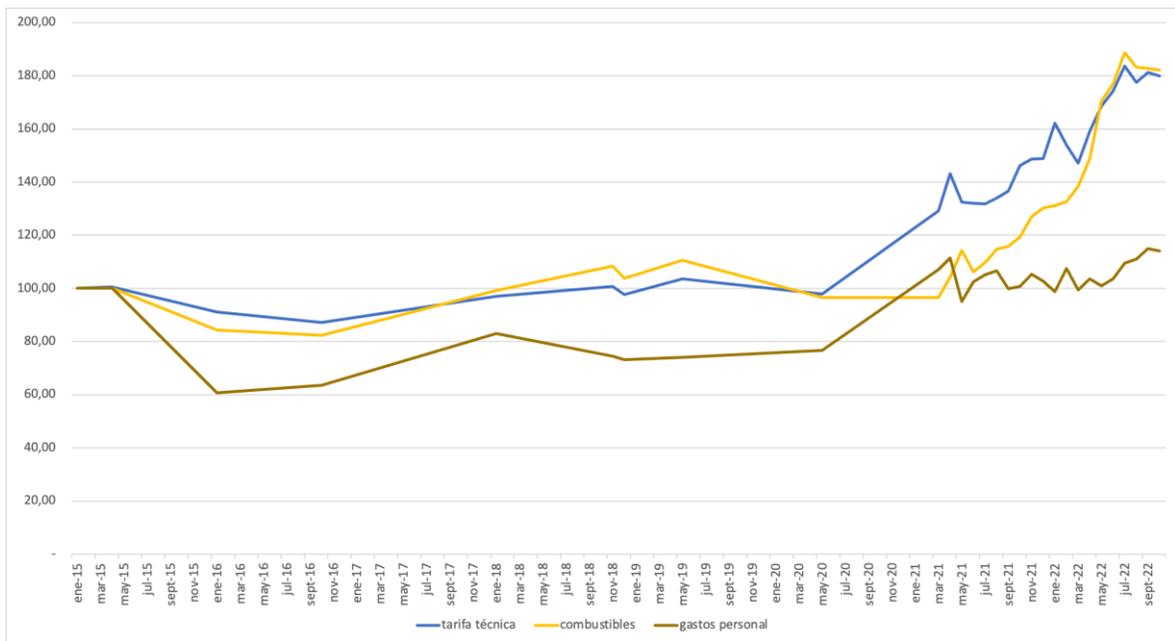
Considerando solo la evolución de los componentes con mayor peso en la estructura de costos (combustibles y gastos de personal, según Figura 14 y Figura 15), se observa que la componente que tiene mayor influencia en las variaciones de la tarifa técnica es el costo del combustible. Sin perjuicio de ello, en el período entre mayo 2020 y marzo de 2021 el alza de la tarifa técnica se explica en gran medida por la variación del gasto en personal.

Figura 18. Índice de Variación de la Tarifa Técnica y de las Principales Componentes de Costos, Servicio Convencional



Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica y decretos de establecimiento de subsidios.

Figura 19. Índice de Variación de la Tarifa Técnica, Combustible y Gasto en Personal, Servicio Convencional

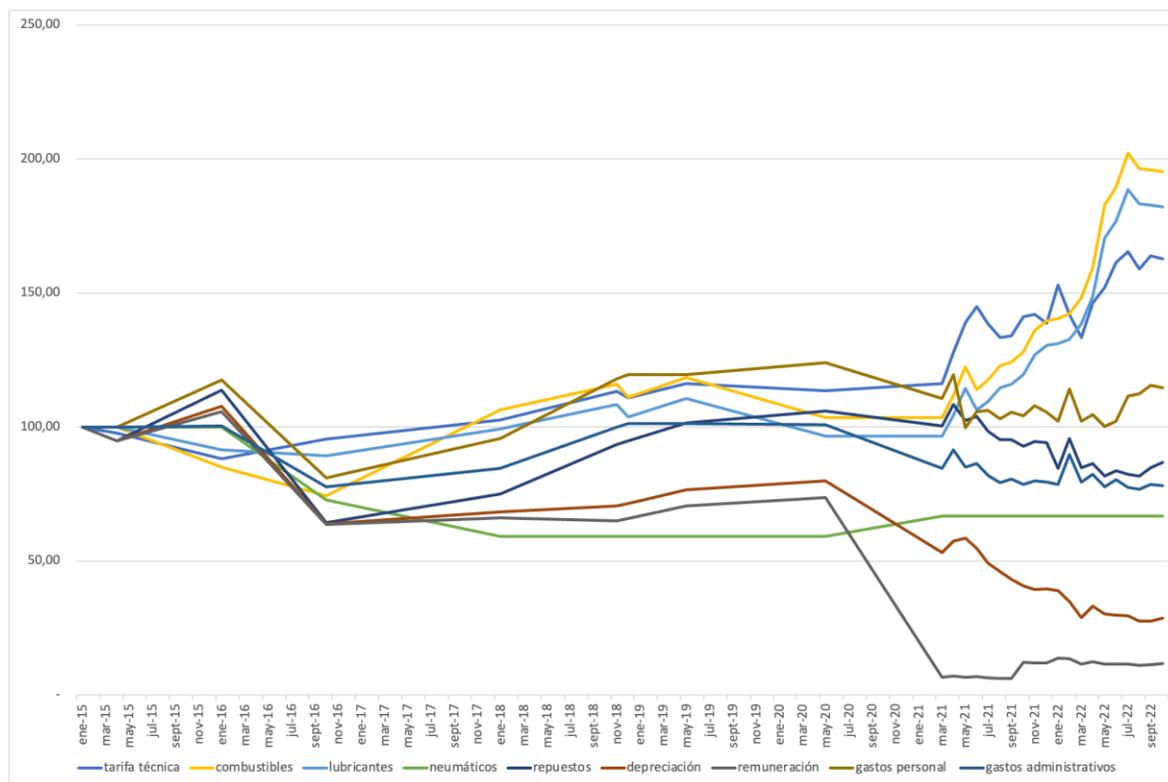


Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica y decretos de establecimiento de subsidios.

Se hizo un análisis similar para el caso de la tarifa técnica de los servicios diferenciales. En este caso se observa (Figura 20) que, de forma similar al caso de los servicios convencionales, la tarifa técnica se mueve de manera similar a combustibles y lubricantes.

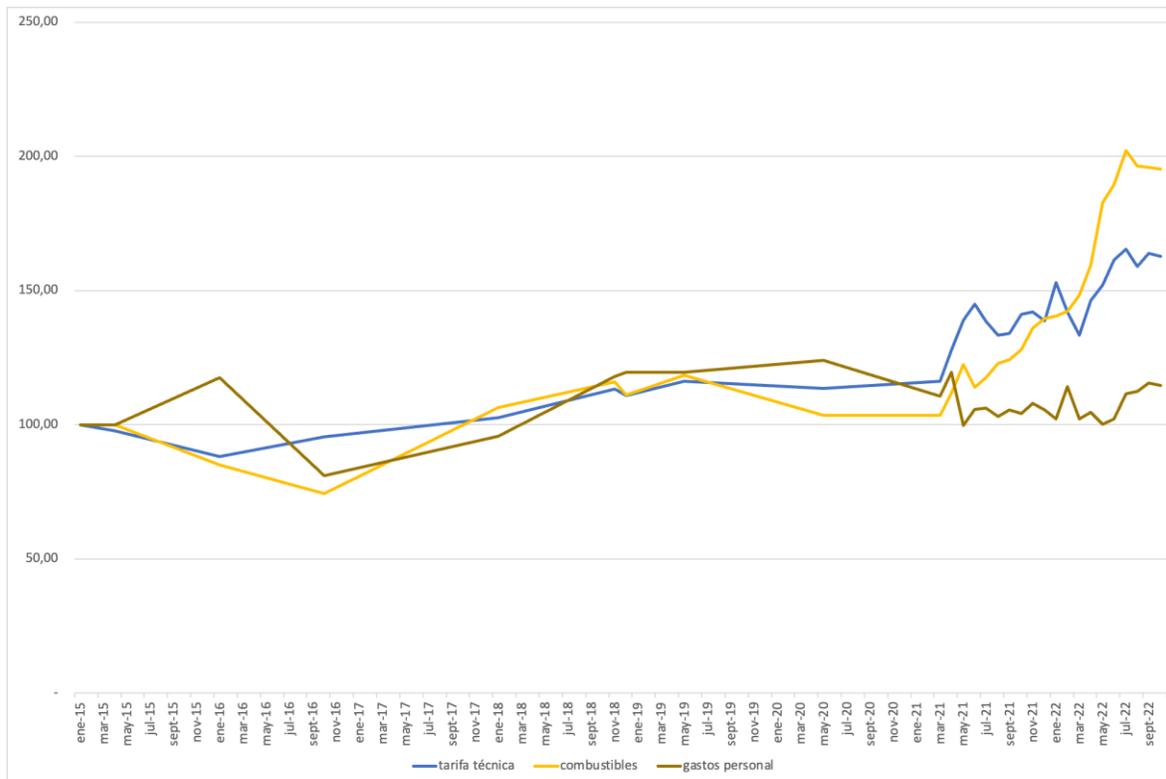
En el caso de los componentes con mayor peso en la estructura de costos (Figura 21), se aprecia que la tarifa técnica se mueve de manera similar al costo por combustible.

Figura 20. Índice de Variación de la Tarifa Técnica y de las Principales Componentes de Costos, Servicio Diferencial



Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica y decretos de establecimiento de subsidios.

Figura 21. Índice de Variación de la Tarifa Técnica, Combustible y Gasto en Personal, Servicio Diferencial



Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica y decretos de establecimiento de subsidios.

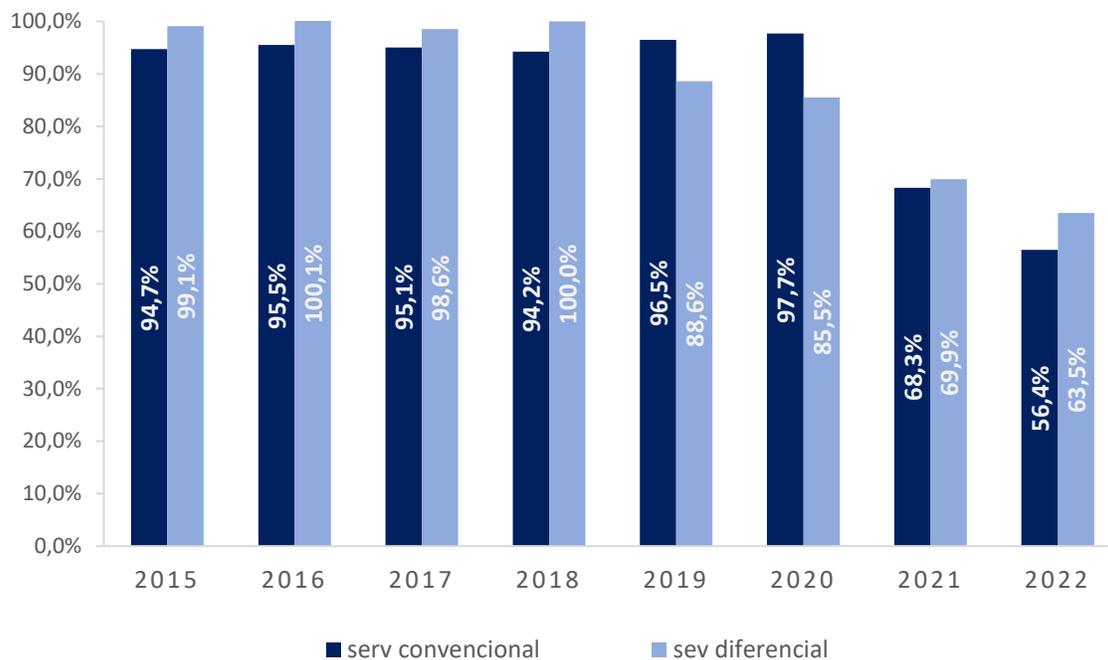
En conclusión, los componentes de costo que más influye en la variación de la tarifa técnica son el combustible y los lubricantes. Sin embargo, el más relevante es el costo en combustible, ya que tiene un mayor peso en la estructura de costos.

4.5 Índice de Cobertura de la Tarifa

En la Figura 22 se presenta la evolución del índice de cobertura de la tarifa, definido como el porcentaje de los costos que es cubierta por la tarifa pagada por los usuarios del transporte público, desde el año 2015. El cambio en el índice entre 2020 y 2021 se debe a dos efectos que se potencia:

- La entrada en rigor del sistema de billetaje electrónico en marzo de 2021, lo que permite tener un mejor control de los pasajeros transportados y, por consecuencia, una mejor estimación de la demanda de los servicios de buses.
- El inicio de la pandemia, que afectó negativamente a la demanda.

Figura 22. Evolución del índice de Cobertura de la Tarifa en el Área Metropolitana de Asunción



Fuente: elaboración propia en base a información de la fórmula de cálculo de la tarifa teórica y decretos de establecimiento de subsidios.

Considerando el año 2022, el índice de cobertura es de aproximadamente 60%, similar al caso de Seúl (Figura 8), y por sobre los casos de Santiago y Amsterdam. Esto es equivalente a que el subsidio cubre un 40% de los costos de operación del transporte público en el área metropolitana de Asunción.

4.6 Evolución del Subsidio

En la tabla y figura siguientes se aprecia la evolución del monto del subsidio, desde el año 2015 al 2021, en Guaraníes del año 2021. Se aprecia que el subsidio ha evolucionado en términos reales desde los 26 mil millones de guaraníes el 2015 (un poco menos de cuatro millones de dólares), hasta los 116 mil millones de guaraníes (17 millones de dólares) en el año 2021. Los principales cambios en los montos se dan el año 2019, en que aumentó en un 60% con respecto al año 2018, lo que se debe al inicio del pago de subsidio a los servicios diferenciales de buses, y el 2021, lo que se produce por el inicio de la estimación de la demanda de los servicios con base en el sistema de billeteaje electrónico, en que el monto se incrementó en un 80%.

Tabla 8. Subsidio al Transporte Público en el Área Metropolitana de Asunción

| Año | Monto subsidio al transporte público del área metropolitana | | |
|------|---|-------------------------|----------------|
| | Guaraníes nominales | Guaraníes reales (2021) | Dólares (2021) |
| 2015 | 20.707.560.000 | 26.044.803.080 | 3.815.473 |
| 2016 | 22.354.191.000 | 27.049.271.868 | 3.962.625 |
| 2017 | 21.904.848.000 | 25.365.813.984 | 3.716.004 |
| 2018 | 30.173.769.000 | 33.857.775.680 | 4.960.047 |
| 2019 | 52.011.025.400 | 56.766.039.032 | 8.316.028 |
| 2020 | 66.079.800.830 | 70.590.783.543 | 10.341.305 |
| 2021 | 116.180.367.733 | 116.180.367.733 | 17.020.021 |

Fuente: Informes ejecución Presupuestaria del Ministerio de Hacienda¹².

Figura 23. Subsidio al Transporte Público en el Área Metropolitana de Asunción (G. diciembre 2021)



Fuente: Informes ejecución Presupuestaria del Ministerio de Hacienda.

¹² De la citada fuente se obtienen los valores nominales. La tasa de cambio utilizada es de G. 6.826,100 por dólar, de diciembre de 2021.

5. Aplicación de la Metodología para el Cálculo de la Rentabilidad Social del Subsidio al Transporte Público de Pasajeros

En este capítulo se realiza la aplicación de la metodología definida en el capítulo 1, junto con la explicación de los supuestos adoptados en el análisis, la fuente de los datos y el análisis de resultados, incluyendo un análisis de sensibilidad y un análisis de incertidumbre.

A los efectos de facilitar la lectura, reiteramos la ecuación 1, desarrollada en el capítulo 1:

$$\frac{dBS}{dq_b} = -\alpha\beta S_b - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_a} - \frac{\partial Ext}{\partial q_b} - \left(q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_a} + \frac{\partial Ext}{\partial q_a} \right) \frac{\varepsilon_a^{pb}}{\varepsilon_b^{pb}} \frac{q_a}{q_b} - \left(q_m \frac{\partial c_m}{\partial q_m} + \frac{\partial Ext}{\partial q_m} \right) \frac{\varepsilon_m^{pb}}{\varepsilon_b^{pb}} \frac{q_m}{q_b} \quad (1)$$

Esta ecuación entrega el beneficio marginal por unidad de subsidio al transporte público como la suma de estos componentes

- el costo del subsidio (ponderado por el factor de equidad y el costo marginal de los fondos públicos) (valor negativo);
- El beneficio por el efecto Mohring;
- Los costos externos que genera el transporte público por congestión y otras externalidades (emisiones de contaminantes locales, contaminantes globales, accidentes y ruido) (valor negativo);
- El beneficio por descongestión y otras externalidades generado por el traspaso de usuarios del automóvil al bus y
- El beneficio por descongestión y otras externalidades generado por el traspaso de usuarios de la motocicleta al bus.

5.1 Datos, supuestos e implementación del cálculo de Eficiencia del Subsidio al Transporte Público

La presente sección detalla el cálculo realizado para determinar la eficiencia marginal positiva o negativa del subsidio al transporte público.

5.1.1 Cálculo del efecto Mohring

El efecto Mohring se refiere a la externalidad positiva que generan los pasajeros de transporte público. Este argumento aplica en horas fuera de punta; pierde validez, sin embargo, en horas punta en ciudades sudamericanas, cuando se tiene la mayor demanda horaria del día y la flota disponible se usa a capacidad. En hora punta, el argumento se invierte y la externalidad se vuelve negativa.

Cálculo de la externalidad negativa en hora punta:

El efecto Mohring lo calculamos aplicando un desarrollo matemático, a partir de la siguiente fórmula:

$$CT = f(T + t(Kh + y_v))C + P_e \left(\frac{r}{f} + \frac{y_i}{khf^2} - \frac{1}{f} \right) y_i + P_e \frac{r}{f} y_i + P_v \left(\frac{1}{2}T + tKh \right) y_i + P_v \left(\frac{1}{2}T + t \frac{y_v}{f} \right) y_v$$

Notación y considerandos:

- CT: costo social total de la operación horaria del sistema de transporte público.
- f: frecuencia máxima que pueda alcanzar el sistema en hora punta. Este valor se lo supone fijo e igual a 12. En otras palabras, en la hora punta el sistema opera con la máxima frecuencia posible, con intervalos teóricos entre servicios de cinco minutos.
- T: tiempo de circulación del bus para cumplir un ciclo. Este valor incluye tiempo de aproximación y salida de los paraderos y excluye el tiempo de ascenso y descenso de pasajeros. Este valor es igual a 4 (cuatro) horas.
- t: tiempo de ascenso y descenso por pasajero. Se supone que este valor es de 2,5 segundos por pasajero por ascenso o descenso.
- K: capacidad máxima del bus. Este valor es igual a 60 pasajeros¹³.
- h: nivel de sobrecapacidad el bus debido al exceso de demanda con respecto a la oferta. Este valor es igual a 1,2. Esto significa que un bus en hora punta transporta 72 pasajeros.
- r: nivel de regularidad de los intervalos entre servicios. Este valor tiene como cota mínima 0,5, indicando un sistema perfectamente regular. Valores mayores a 0,5 reflejan un sistema de buses más irregular. Para la hora punta suponemos un valor igual a 1. Esto supone un sistema poco confiable en cuanto a su regularidad, tal que los intervalos teóricos de cinco minutos entre servicios no se cumplen.
- P_e: valor del tiempo de espera. Dado que la gran mayoría de las paradas de buses en la AM de Asunción son de naturaleza informal, no preparadas para entregar confort a los pasajeros, en línea con la literatura, se supone que este valor es dos veces el valor del tiempo de viaje. Este mismo supuesto se aplica en Chile actualmente para la evaluación social de proyectos de transporte público, incluso para viajes en Metro donde la infraestructura de andenes es de muy alta calidad.
- P_v: valor del tiempo de viaje. Este valor se adapta del valor social del tiempo de viaje para Chile reportado por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MDSF, 2022), ajustando por ingreso per cápita y por el precio del USD al convertir de CLP a PYG. el ajuste del PBI per cápita se hace según valores reportados por el Banco Mundial a valores USD corrientes de 2021 para Chile y Paraguay y la conversión CLP a PYG se hace usando las tasas de conversión a dólar de los Bancos Centrales de Chile y

¹³ La mayoría de la flota está compuesta por buses de capacidad para 60 pasajeros (incluye pasajeros de pie). Existen también algunos buses cuya capacidad es de 50 pasajeros (incluyendo pasajeros de pie).

Paraguay al último día hábil de octubre del 2022. Expresado en PYG, este valor asciende a G 8.142.

- y_i : demanda en la dirección de máxima carga; y_v : demanda en la dirección contraria a la de máxima carga. En estricto rigor estos valores no son necesarios para los cálculos; es necesario el cociente entre ellos, lo que explicamos más adelante en la sección partición modal de viajes.

El primer sumando de la ecuación entrega los costos de operación. El segundo y tercer sumando entregan los costos de espera de los pasajeros en ambas direcciones. El cuarto y quinto sumandos entregan el costo en tiempo de viaje de los pasajeros en ambas direcciones.

Derivando esta ecuación con respecto a los pasajeros que viajan en la dirección de máxima carga y restando los costos percibidos por estos, se calcula el efecto Mohring. En el caso de la hora punta, este efecto resulta ser una externalidad negativa. Cuando el sistema está en su máxima capacidad, un pasajero adicional en transporte público genera mayores tiempos de espera y de viaje para los demás pasajeros. Suponemos que en la dirección de mayor carga, en promedio los pasajeros deben esperar un segundo bus para abordar debido a los altos niveles de hacinamiento. De esta manera y por consistencia, se supone que y_i es el 70 % de la demanda total de viajes en un ciclo completo e y_v , el otro 30 %. Es necesario hacer este supuesto; de lo contrario, también existiría hacinamiento en la dirección de retorno, de menor carga.

Por otro lado, el hacinamiento de pasajeros genera una tercera externalidad negativa, puesto que todas las personas viajen con menor confort. Este valor se lo calcula de manera *ad hoc*, suponiendo que la desutilidad del tiempo de viaje es proporcional al nivel de hacinamiento. Tirachini et al. (2013, págs. 46 y 47) reportan para Australia elasticidades del valor del tiempo bajo condiciones de hacinamiento menores a uno (1) al estimar modelos con componente de error. Dado que el confort es un bien superior que aumenta con el ingreso per cápita, supondremos que, en el AM Asunción, esta elasticidad, $\varepsilon_{P_v}^h$, es 0,5. Esto significa que en AM Asunción, al aumentar el nivel de hacinamiento en un uno por ciento, el valor del tiempo de viaje aumenta en un 0,5 por ciento. Por último, necesitamos contar con la elasticidad del nivel de hacinamiento con respecto al exceso de pasajeros en relación con la capacidad, ε_h^y . El supuesto es que esta elasticidad es igual a 0,1667¹⁴. Así, la fórmula para calcular el costo marginal externo por hacinamiento por pasajero (CMgh) es igual a

$$CMgh = P_v \varepsilon_{P_v}^h \varepsilon_h^y \left(\frac{1}{2} T + tKh \right) + P_v tKh \varepsilon_h^y$$

¹⁴ Este valor no está reportado en la literatura. El valor supuesto es tal que, al duplicarse la demanda total, el nivel de hacinamiento promedio por bus aumenta en un 20 por ciento. Esto significa también que las personas deben ajustar su tiempo de partida, algunos saliendo más temprano de lo deseado y otras más tarde.

Dado que en el servicio diferencial se viaje con aire acondicionado, la desutilidad asociada al hacinamiento podría ser algo menor que en el caso de los servicios convencionales. Ignoramos esta potencial diferencia en nuestros cálculos.

Cálculo de la externalidad positiva en horas fuera de punta:

$$CT = \frac{Y_i}{K} \left(T + tK \left(1 + \frac{y_v}{y_i} \right) \right) C + rP_e \frac{y_i + y_v}{\frac{y_i}{K}} + P_v \left(\frac{1}{2}T + tK \right) y_i + P_v \left(\frac{1}{2}T + t \frac{y_v}{\frac{y_i}{K}} \right) y_v$$

En el caso de la hora fuera de punta, se hacen estos supuestos: i) la frecuencia óptima es cuatro servicios a la hora, ii) la regularidad del servicio está dada por $r = 0,6$ (buena regularidad), iii) la demanda en ambas direcciones es igual y iv) no existe hacinamiento. Bajo estos supuestos el efecto Mohring arroja una externalidad positiva puesto que un pasajero adicional contribuye a reducir los tiempos de espera de todos los demás pasajeros.

Para traducir el efecto Mohring y la externalidad por hacinamiento en un costo por kilómetro circularizado, se hace el supuesto que un viaje promedio tiene una longitud de 15 km, tanto en hora punta como en hora fuera de punta y horario nocturno.

Todos los supuestos y valores reportados para calcular el efecto Mohring surgen a partir de la experticia del equipo consultor y de las conversaciones sostenidas con representantes del Consejo Asesor de Tarifa del Transporte público, del Centro de Empresarios de Transporte del Área Metropolitana (CETRAPAM) y de la Federación de Transportistas del Área Metropolitana (FETRAM) y con la contraparte de este estudio (Departamento de Evaluación del Gasto Público).

Se deja constancia que en ciertas entrevistas, el representante del gremio de empresarios correspondiente a CETRAPAM objetó nuestro supuesto que el viaje promedio sea de 15km, diciendo que ha de ser superior. Sin embargo, en ciudades con un centro de actividades muy marcado como el AM Asunción, donde la densidad poblacional crece hacia el centro del AM, el largo promedio de viajes radiales ha de ser menor a la mitad de la extensión radial del área urbana. En el caso del AM Asunción, con una extensión radial de aproximadamente 35km, nuestro supuesto es que 15km es una distancia teórica apropiada.

5.1.2 Costos marginales por accidentes viales

La siguiente tabla reporta las personas fallecidas en accidentes viales, a nivel nacional, según el tipo de usuario en función de los modos a considerar en nuestro análisis^{15,16}:

Tabla 9. Fallecidos en Accidentes de Tránsito según Modo de Transporte, 2017 - 2019

| Usuario | 2017 | 2018 | 2019 |
|--------------|------|------|------|
| Peatón | 252 | 248 | 275 |
| Motociclista | 672 | 614 | 712 |
| Automóvil | 124 | 139 | 158 |
| Autobús | | | 2 |

Fuente: Observatorio Vial de la Agencia Nacional de Tránsito y Seguridad

<https://www.antsv.gov.py/index.php/misionales/observatorio>

A continuación, se reportan los fallecidos en accidentes de tránsito en el AM Asunción:

Tabla 10. Fallecidos en Accidentes de Tránsito Asunción & Central¹⁷

| Departamento | 2018 | 2019 |
|--------------|------|------|
| Asunción | 44 | 42 |
| Central | 291 | 322 |

Fuente: Observatorio Vial de la Agencia Nacional de Tránsito y Seguridad Vial

<https://www.antsv.gov.py/index.php/misionales/observatorio>

Aplicando las proporciones nacionales por tipo de usuario, se obtiene la siguiente tabla de promedios de fallecidos anuales por tipo de usuario, para el AM Asunción:

Tabla 11. Fallecidos Anuales Promedio por Tipo de Usuario, Asunción & Central

| Departamento | Peatón | Auto | Moto | Total |
|--------------|--------|------|------|-------|
| Asunción | 11 | 6 | 22 | 39 |
| Central | 73 | 46 | 153 | 272 |
| Total | 84 | 52 | 175 | |

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Observatorio Vial de la Agencia Nacional de Tránsito y Seguridad

La siguiente tabla señala la distribución de fallecidos según el modo que causa el riesgo de accidente (modo victimario):

¹⁵ Además de las víctimas fatales pertenecientes a los modos bus, auto y moto, se consideran las víctimas fatales peatones, puesto que están fallecen en accidentes donde intervienen aquellos tres modos.

¹⁶ A los efectos de determinar los valores correspondientes a accidentes viales, haremos uso de la información disponible hasta el año 2019 inclusive. Los años 2020 y 2021 no se consideran años en estado de régimen por la ocurrencia de la pandemia generada por el COVID-19.

¹⁷ No se considera el año 2017 por resultar un dato inconsistente a criterio del equipo consultor.

Tabla 12. Distribución de Fallecidos y Heridos según el Modo que Causa el Riesgo

| Victima / Victimario | Moto | Auto | Buses | Resto |
|----------------------|------|------|-------|-------|
| Peatón | 0,4 | 0,4 | 0,01 | 0,19 |
| Moto | 0,5 | 0,2 | 0,01 | 0,29 |
| Auto | | 0,8 | 0,01 | 0,19 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, la fila señala a qué modo pertenece la víctima y la columna el modo que genera el riesgo. El supuesto clave es que, en accidentes entre modos de diferente masa, el riesgo es generado por el vehículo de mayor masa y la víctima pertenece al modo de menor masa. La distribución de fallecidos según el modo que genera el riesgo es criterio de experto del consultor.

A partir de la información de heridos totales, se calcula el factor heridos / fallecidos, igual a 12,02. El origen de la información para este cálculo se muestra en la próxima tabla:

Tabla 13. Fallecidos según el Modo que Causa el Riesgo

| Año | Fallecidos | Lesionados |
|-----------------------|--------------|----------------|
| 2013 | 1.191 | 17.079 |
| 2014 | 1.118 | 18.804 |
| 2015 | 1.157 | 15.665 |
| 2016 | 1.202 | 15.843 |
| 2017 | 1.198 | 1.602 |
| 2018 | 1.162 | 15.650 |
| 2019 | 1.292 | 15.372 |
| Suma 2013-2019 | 8.320 | 100.015 |
| | Proporción | 12,02 |

Fuente: Observatorio Vial de la Agencia Nacional de Tránsito y Seguridad

A falta de información, se supone que los heridos se distribuyen entre heridos graves, heridos menos graves y heridos leves según estas proporciones 33%, 33% y 34% respectivamente. Se supone que la Tabla 12 aplica para personas heridas también.

De esta forma, se obtiene en número de víctimas según gravedad por modo según el agente o modo que genera el riesgo:

Tabla 14. Fallecidos según el Modo que Causa el Riesgo

| | Moto | Auto | Buses |
|--------|------|------|-------|
| Peatón | 34 | 34 | 1 |
| Moto | 87 | 35 | 2 |
| Auto | - | 42 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Heridos según el Modo que Causa el Riesgo

| | Moto | Auto | Buses |
|--------|------|------|-------|
| Peatón | 133 | 133 | 3 |
| Moto | 347 | 139 | 7 |
| Auto | | 166 | 2 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Heridos Menos Graves según el Modo que Causa el Riesgo

| | Moto | Auto | Buses |
|--------|------|------|-------|
| Peatón | 133 | 133 | 3 |
| Moto | 347 | 139 | 7 |
| Auto | | 166 | 2 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Heridos Leves Graves según el Modo que Causa el Riesgo

| | Moto | Auto | Buses |
|--------|------|------|-------|
| Peatón | 137 | 137 | 3 |
| Moto | 357 | 143 | 7 |
| Auto | | 171 | 2 |

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se escriben Las fórmulas utilizadas para el cálculo del costo marginal externo por accidentes basadas en Jansson (1994) y Lindberg (2001):

- **Accidentes en que está involucrado un único modo (fórmula Acc1):**

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} - CM = (VPU + CE)E_r^o r + CEr$$

Donde

- $\frac{\partial CT}{\partial Q}$: derivada del costo total con respecto al total de kilómetros circulados por el modo.
- CM: costo medio del usuario. Este representa el costo que el usuario internaliza.
- VPU: costo por víctima fatal en términos del valor de pérdida de utilidad (VPU). En el caso de fallecidos, este valor es conocido como el *valor de la vida estadística (VVE)*.
- CE: costo externo de los accidentes. Este valor considera aquellos costos no internalizados por las víctimas de los accidentes y que recaen sobre el resto de la

sociedad. (Estos incluyen impuestos al trabajo, costos de los sistemas de salud, judicial, policial y bomberos y daños a terceros).

- E_r^Q : elasticidad del riesgo de los accidentes con respecto al total de km circulados por el modo.
- r: riesgo de accidente.

● **Accidentes entre vehículos que pertenecen a diferentes modos:**

Modo que causa el riesgo (fórmula Acc2.1):

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = (VPU + CE)r_B \frac{B}{Q} E_{r_B}^Q$$

- $\frac{\partial CT}{\partial Q}$: derivada del costo total con respecto al total de kilómetros circulados por el modo causante del riesgo.
- Q: kilómetros totales circulados por la categoría de tráfico que genera el riesgo vial.
- B: kilómetros circulados por la categoría de tráfico que percibe el riesgo (víctima).
- $E_{r_B}^Q$: elasticidad del riesgo de los accidentes entre los modos Q y B con respecto al total de km circulados por el modo Q.
- r_B : riesgo de accidente para los usuarios del modo B en interacciones con el modo Q.

Modo que percibe el riesgo (fórmula Acc2.2):

$$\frac{\partial CT}{\partial B} - CMe = VPUr_B E_{r_B}^B + CEr_B (1 + E_{r_B}^B)$$

- $\frac{\partial CT}{\partial B}$: derivada del costo total de los accidentes con respecto al total de kilómetros circulados por el modo que percibe el riesgo.
- $E_{r_B}^B$: elasticidad del riesgo de los accidentes entre los modos Q y B con respecto al total de km circulados por el modo B.

Estas fórmulas se replican para los casos de heridos graves, menos graves y leves. Las siguientes tablas muestran los valores utilizados para estos cálculos:

Tabla 18. Costos de Accidentes en G.

| | Valor por Perdida de Utilidad G de 2022 | Costos Externos de Accidentes G de 2022 |
|------------|---|---|
| Fallecidos | 4.187.070.668 | 209.353.533 |

| | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|
| Heridos Graves | 837.414.134 | 209.353.533 |
| Heridos Menos Graves | 418.707.067 | 83.741.413 |
| Heridos Leves | 41.870.707 | 8.374.141 |

Fuente: elaboración propia.

El valor de la vida estadística (VVE) a aplicar a Paraguay se calcula a partir del valor de la vida estadística (VVE) calculado para Chile por la OECD (2015) en USD 1.923.000. Dado que este valor está expresado en función del poder de paridad de compra de 2010 del producto interno bruto (PIB) per cápita de Chile, se lo ajusta a valor de USD corrientes de 2010, obteniéndose el guarismo USD 1.101.859, que se convierte a CLP del año 2010¹⁸. Posteriormente, este valor es ajustado por la inflación de Chile entre el año 2010 y el mes de octubre del año 2022 y por diferencias en el ingreso per cápita entre Paraguay y Chile para el año 2021 (valores respectivos de USD 5.823 y USD 14.322) y ajustando por la elasticidad del valor de la vida estadística con respecto al PIB per cápita, que suponemos igual a 0,8¹⁹, mediante la siguiente ecuación:

$$VVE_{Paraguay} = VVE_{Chile} \left(\frac{PIB_{perCápita}_{Paraguay}}{PIB_{perCápita}_{Chile}} \right)^{0,8}$$

Finalmente, el valor es convertido a moneda nacional, resultando G 4.187 millones. El ajuste por inflación del VVE se hace con datos del Instituto Nacional de Estadísticas de Chile; el ajuste del ingreso per cápita se hace según valores reportados por el Banco Mundial a valores USD corrientes de 2021 para Chile y Paraguay y la conversión CLP a G se hace usando las tasas de conversión a dólar de los Bancos Centrales de Chile y Paraguay al día 31 de octubre del 2022²⁰. El VPU heridos graves, heridos menos graves y heridos leves se calcula como el 20%, el 10% y el 1% del VVE respectivamente. Por último, el costo en materia de externalidades que generan los accidentes viales (costo no incluido dentro del VPU) en función del tipo de víctima – fallecidos, heridos graves, heridos menos graves y heridos leves – se calcula como el 5%, 25%, 20% y 20% de los respectivos VPU.

Para el cálculo de riesgo de accidente por vehículo-kilómetro se hace uso de la siguiente información:

¹⁸ Dado que los subsidios al transporte público se sustentan en el cobro de impuestos y dado que estos guardan relación con el tamaño de la economía en términos reales (no en función del poder de paridad de compra), los valores relevantes para calcular la eficiencia del subsidio deben estar expresados en valores corrientes.

¹⁹ Valor utilizado por la OECD para ajustar valores entre países. En todos los demás valores a ajustar por PIB per cápita no se hará ningún ajuste adicional, suponiendo de manera implícita que la elasticidad del tal valor con respecto al PIB per cápita es 1 (uno).

²⁰ El valor del dólar en Paraguay, se obtiene de este enlace correspondiente al Banco Central de Paraguay <https://www.bcp.gov.py/webapps/web/cotizacion/monedas>. El dato correspondiente a Chile, se obtiene de este enlace, <https://si3.bcentral.cl/indicadoressiete/secure/IndicadoresDiarios.aspx>, del Banco Central de Chile. En el caso de Chile, dado que el 31 de octubre de 2022 fue feriado nacional, el valor vigente es el correspondiente al día 28 de octubre.

Tabla 19. Vehículos Kilómetro por Modo

| | Vehículos totales (Asunción y Central) (I) | Kilómetros anuales por vehículo (II) | Vehículos-kilómetros (I) * (II) |
|-------------|--|--|------------------------------------|
| Bus | 1.600 | 100.000 | 160.000.000 |
| Auto | 509.311 | 12.000 | 6.111.732.000 |
| Moto | 287.061 | 6.000 | 1.722.366.000 |

Fuente: columna 'Vehículos totales': Datos.gov.py (auto y moto); Viceministerio de Transporte (buses); columna 'Km anuales por veh' supuestos realizados por el equipo consultor.

Por último, se consideran las elasticidades de la Tabla 20 para el cálculo de los valores monetarios. Los valores de elasticidades negativos significan que, en accidentes entre vehículos de diferentes modos de transporte, un aumento de los km circulados de los modos que perciben el riesgo contribuye a disminuir el riesgo de accidente. Lo opuesto ocurre en relación con los modos que generan el riesgo. En accidentes uni-vehiculares o entre más de un vehículo del mismo modo, a mayor km circulados, mayor es el riesgo de accidente. No se consideran elasticidades diferentes por gravedad de los accidentes, dado que no existen valores confiables en la literatura.

Tabla 20. Elasticidades de Riesgo de Accidente entre el Modo Columna y el Modo Fila con respecto a los Vehículos-Km Circulando por el Modo Columna

| | Peatón | Moto | Auto | Buses* |
|---------------|--------|------|------|--------|
| Peatón | | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Moto | -0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 |
| Auto | -0,5 | -0,5 | 0,2 | 0,5 |
| Buses | -0,5 | -0,5 | -0,5 | - |

* La celda Buses-Buses supone que no hay accidentes de solo buses o entre buses.

Fuente: Elaboración propia, a partir del criterio de experto del consultor.

Con todos estos valores, se aplican las fórmulas para los cuatro tipos de accidentes considerando todas las interacciones posibles entre modos y se obtiene el costo marginal de los accidentes para los modos motocicleta, automóvil y bus. Estos cálculos se detallan a continuación. En cada tabla se detalla el costo por modo que causa el accidente, el modo que "recibe" o se implica en el accidente, y la consecuencia (Fatal, HG: Heridos Graves, HI: Heridos de gravedad Intermedia y HL: Heridos Leves). En cada una de las tres siguientes tablas, el segundo módulo indica la fórmula utilizada, disponible en el anexo electrónico, para el cálculo en base a lo descrito en esta sección.

Tabla 21. Costos Externalidades de Accidentes por Km por Modo Causante: Automóvil (G/km)

| <u>Auto</u> | Fatal | HG | HI | HL |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| Peatón | 12,05 | 11,38 | 5,46 | 0,55 |
| Moto | 12,57 | 11,87 | 5,70 | 0,59 |
| Auto | 7,23 | 11,40 | 5,02 | 0,52 |
| | | | Total | 84,33 |

| <u>Auto</u> | Fatal | HG | HI | HL |
|---------------|--------|--------|--------|--------|
| peatón | Acc2.2 | Acc2.2 | Acc2.2 | Acc2.2 |
| moto | Acc2.2 | Acc2.2 | Acc2.2 | Acc2.2 |
| Auto | Acc1 | Acc1 | Acc1 | Acc1 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Costos Externalidades de Accidentes por Km por modo Causante: Motocicleta (G/Km)

| <u>Moto</u> | Fatal | HG | HI | HL |
|---------------|--------|--------|--------|--------|
| peatón | 42,76 | 40,38 | 19,38 | 0,56 |
| moto | 55,23 | 84,26 | 37,07 | 3,82 |
| Auto | -42,48 | -33,70 | -16,85 | -1,74 |
| | | | Total | 188,69 |

| <u>Moto</u> | Fatal | HG | HI | HL |
|---------------|--------|--------|--------|--------|
| peatón | Acc2.2 | Acc2.2 | Acc2.2 | Acc2.2 |
| moto | Acc1 | Acc1 | Acc1 | Acc1 |
| Auto | Acc2.1 | Acc2.1 | Acc2.1 | Acc2.1 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Costos Externalidades de Accidentes por Km por modo Causante: Bus (G/Km)

| <u>Bus</u> | Fatal | HG | HI | HL |
|---------------|-------|-------|-------|--------|
| peatón | 11,51 | 10,87 | 5,22 | 0,54 |
| moto | 24,01 | 22,68 | 10,88 | 1,12 |
| Auto | 7,20 | 6,80 | 3,27 | 0,34 |
| | | | Total | 104,42 |

| <u>Bus</u> | Fatal | HG | HI | HL |
|---------------|--------|--------|--------|--------|
| peatón | Acc2.2 | Acc2.2 | Acc2.2 | Acc2.2 |
| moto | Acc2.2 | Acc2.2 | Acc2.2 | Acc2.2 |
| Auto | Acc2.2 | Acc2.2 | Acc2.2 | Acc2.2 |

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Externalidades por ruido, calidad del aire y emisiones de CO2

Los valores para las externalidades de ruido, emisiones de MP2,5 y emisiones de CO2 son adaptados de los valores reportados en Rizzi y de la Maza (2017) para el Área Metropolitana de Santiago. El valor correspondiente a MP2,5 es reducido a la mitad bajo el supuesto que la calidad del aire es mejor en AM Asunción que en AM Santiago y que en aquella habita menos población que en esta última (por lo tanto, son menos las personas expuestas a la contaminación atmosférica por MP2,5). Los valores originales en Rizzi y De la Masa están expresados como costos por pasajero-km, en CLP del año 2015; estos valores originales se reportan en la Tabla 24.

Tabla 24. Costos de Externalidades por Pax-Km Base

| Hora Punta - CLP (2015)/pax-km | Congestión | Accidentes | MP2.5 | Ruido |
|--|-------------------|-------------------|--------------|--------------|
| Auto liviano- Gasolina (<2.5 t) | 254,0 | 11,6 | 14,6 | 2,3 |
| Auto liviano - Diesel (<2.5 t) | 254,0 | 11,6 | 19,6 | 2,3 |
| Bus Urbano | 19,9 | 0,9 | 3,7 | 0,7 |
| Hora Fuera de Punta - CLP (2015)/pax-km | Congestión | Accidentes | MP2.5 | Ruido |
| Auto liviano- Gasolina (<2.5 t) | 53,4 | 11,6 | 14,5 | 2,3 |
| Auto liviano - Diesel (<2.5 t) | 53,4 | 11,6 | 18,5 | 2,3 |
| Bus Urbano | 11,2 | 2,3 | 8,8 | 1,7 |

Fuente: Rizzi & De La Maza (2017)

Los valores monetarios, en Rizzi y de la Maza, expresados en CLP de 2015 son ajustados por inflación, PIB per cápita y convertidos a G. de la misma manera explicada anteriormente para el VVE, excepto por el ajuste en función de la elasticidad con respecto al ingreso per cápita de los valores de cada externalidad, donde supusimos un valor igual a uno (1).

El cálculo de CO2 se hace en base a los siguientes datos. Se consideran emisiones de 2.640 y 2.393 gramos de CO2 por litro de diésel y nafta respectivamente. Se supone que un automóvil en condiciones urbanas circula 10km con un litro de combustible y que un bus, 2,5 km con un litro de diésel y una moto, 33,3km con un litro de nafta. El costo de la tonelada de CO2 se estima en 30USD, valor utilizado en Chile en evaluación social de proyectos de transporte (MSDF, 2022).

En cuanto a las motos, suponemos lo siguiente: i) las emisiones de MP2,5 equivalen a la cuarta parte de las emisiones de un vehículo liviano; ii) generan el mismo nivel de ruido que un vehículo liviano. El cálculo de emisiones de CO2 se hace de manera directa por tipo de vehículo y, por lo tanto, no requiere ajuste.

La siguiente tabla reporta los valores por externalidades negativas para emisiones de MP2,5, accidentes, ruido y emisiones de CO2²¹.

Tabla 25. Costos Marginales Externos por Pasajero-Km por Modo de Transporte (G. 2022)

²¹ Puesto que la tasa de ocupación en hora punta es menor, el costo por pasajero-km es mayor en hora punta. Este fenómeno es aprecia en la tabla 25.

| | Bus Hora Punta | Bus Hora de Punta | Auto | Moto |
|-------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|-------------|
| MP2,5 | 4,82 | 15,78 | 27,45 | 6,86 |
| Accidentes | 1,45 | 5,22 | 60,23 | 146,25 |
| Ruido | 1,74 | 6,26 | 8,68 | 8,68 |
| CO2 | 3,20 | 11,52 | 37,27 | 9,32 |

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4 Externalidades por congestión por pasajero-km

Haremos uso de los valores por externalidad de congestión por pasajero-km reportados por Rizzi & de la Maza (2017), adaptados por inflación, PBI per cápita y convertidos a PYG. Estos valores entregan costos marginales externos por congestión mayores en la hora punta; esto mismos valores se reducen para la hora fuera de punta. En el caso de la congestión generada por un vehículo, este valor cae aproximadamente a la quinta parte, en la hora no punta. En el caso de los buses, la reducción de este valor es menor, cayendo a algo más que la mitad del valor correspondiente a la punta mañana. Esto se debe a la baja tasa de ocupación de los buses en hora no punta. Hacemos una corrección adicional, dado que el valor del tiempo considerado en Rizzi y de la Maza (2017) no está alineado con el valor del tiempo usado en este trabajo: el valor del tiempo en Rizzi y de la Maza fue generado con un criterio diferente al utilizado por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia de Chile. Con esta corrección, la externalidad por congestión se vuelve consistente con el valor del tiempo utilizado para el cálculo del efecto Mohring.

El AM Asunción no tiene ninguna infraestructura especializada para el uso exclusivos del transporte público, por lo que buses y automóviles comparten la vialidad. En la actualidad, se está llevando a cabo el estudio del estado del tránsito y transporte en la capital del país y alrededores. Se trata del “Proyecto de mejora del transporte público para mitigar la congestión vial en Asunción y Gran Asunción”, en el marco de una cooperación con la agencia de cooperación internacional de Corea, cuya duración es de 4 años, desde el 2020 al 2024²². Por lo tanto, el supuesto en esta consultoría es que la congestión vial en AM Asunción no está siendo adecuadamente gestionada en la actualidad. Por otro lado, supondremos que la congestión en la hora punta es muy superior a la congestión en la hora no punta. Si bien no será usado en los cálculos, también se supone que la hora punta mañana es de menor duración que la hora punta tarde, pero con mayores niveles de concentración vehicular.

Como corolario de lo anterior, nuestros valores podrían subestimar el costo de la congestión en hora punta, considerando que Santiago tiene un sistema de control de tráfico bien establecido y corredores de transporte público con vías segregadas. Otro elemento que

²² <https://www.mopc.gov.py/index.php/noticias/iniciaron-estudio-del-transito-y-transporte-en-asuncion-y-alrededores-para-mitigar-congestion-vial>

contribuiría a una subestimación del costo de la congestión es la mayor tasa de ocupación de los vehículos motorizados en AM Asunción en relación a AM Santiago.

En cuanto al equivalente en términos de congestión, hacemos el supuesto que una motocicleta equivale a 0,5 vehículos y un bus, a 2,5 vehículos. En otras palabras, dos motos y 0,4 buses generan el mismo nivel de congestión que un automóvil.

5.1.5 Viajes nocturnos

Los viajes nocturnos en bus representan el 7,3 por ciento de los viajes. Existe una resolución – Resolución GVM T N° 223/2021 – que fija el horario de obligatoriedad de mantener frecuencia en horario nocturno (hasta las 23.00h) donde debe darse al menos un (1) servicio por hora. Posterior a esta hora, no está reglamentada la frecuencia mínima en la resolución.

Cuando los servicios están tan espaciados entre sí, el supuesto típico en la literatura es que las personas arriban a las paradas de bus o tren en función del horario de arribo de la unidad motora, por lo que los tiempos de espera dejan de ser una función de la frecuencia de los servicios. Este supuesto considera la existencia de itinerarios definidos (hora de arribo a cada parada de un servicio de bus o de tren). En horarios nocturnos, sin congestión, este supuesto es razonable. Por otro lado, es de esperar que a partir de los datos del billeteaje electrónico, se puedan construir aplicaciones que permitan seguir los recorridos de buses en tiempo real.

Bajo las consideraciones del párrafo anterior, los supuestos a realizar para la aplicación de la ecuación 1²³ en horario nocturno son estos: i) el efecto Mohring es igual a cero²⁴; ii) no se observa congestión vial en horarios nocturnos, iii) el costo marginal de las externalidades negativas por emisiones de MP2,5, emisiones de CO2, ruido y accidentes son iguales al costo observado en las demás horas del día, iv) los patrones de demanda y elasticidades no cambian a lo largo del día²⁵.

²³ Esta ecuación (disponible en la página 24 y 70) entrega el beneficio marginal por unidad de subsidio al transporte público.

²⁴ Este supuesto es típico en la literatura, tal como se explicó en el párrafo anterior. Parry y Small (2007) aplican este supuesto para todos aquellos servicios cuyo tiempo entre arribos supera los 45 minutos.

²⁵ Los supuestos iii) y iv) pueden ser algo fuertes. En cuanto a su impacto en los resultados finales el supuesto i) es el más relevante de todos. Dado que los viajes nocturnos representan el 7,3 por ciento de los viajes totales, cualquier sesgo en estos cuatro supuestos impactará en menor medida en los resultados finales que un sesgo en valores de los parámetros en hora punta y hora fuera de punta.

5.1.6 Conversión de valores por vehículo-km a pasajero-km

Todos aquellos valores que están expresados en vehículos-km se convierten a pasajero-km usando las siguientes tasas de ocupación para bus hora punta, bus hora fuera de punta, auto y moto respectivamente: 72, 20, 1,4 y 1,3²⁶.

Dado que los valores calculados en Rizzi y De La Maza (2017) consideran tasas de ocupación para bus hora punta, bus hora fuera de punta y auto de 44, 17 y 1,25, los valores reportados por estos dos autores serán ajustados de manera acorde. Al considerar tasas de ocupación mayores, los valores por pasajero-km se verán disminuidos.

5.1.7 Partición modal de los viajes

En cuanto a los viajes totales por modo, se consideran los valores reportados en la siguiente tabla, utilizando la siguiente fórmula para autos y motos: vehículos * viajes por día * tasas de ocupación²⁷. El valor de viajes por día por vehículo (auto y moto) es tomado del valor correspondiente para la AM de Valparaíso. Para el caso de la caminata, el equipo consultor supone un promedio de 0,8 viajes diarios por persona. Los viajes en buses se suponen igual a 630.000²⁸. De esta manera, se estima un total de viajes superior a los 5,3 millones, entregando una tasa de viaje per cápita diario de 2,35.

Tabla 26. Viajes según Modo AM Asunción

| Modo | Viajes |
|----------|------------------------------------|
| Autos | $509.311 * 2,43 * 1,4 = 1.732.676$ |
| Motos | $287.061 * 2,43 * 1,3 = 906.826$ |
| Caminata | $2.277.105 * 0,8 = 1.821.684$ |
| Buses | 630.000 |
| Total | 5.091.186 |

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.8 Elasticidad de demanda de los viajes

Litman (2022b) hace una revisión de la literatura donde expone la gran variedad de valores de elasticidades de la demanda de transporte reportada en la literatura. Cada uno de los valores reportados depende de características locales del sistema de transporte y de los datos disponible y metodología de estimación utilizada.

En nuestro caso necesitamos contar con tres valores de elasticidad. En primer lugar, la elasticidad precio de la demanda de viajes en bus adoptada es -0,4. En segundo lugar,

²⁶ Los valores para buses se acordaron en entrevistas con representantes del Consejo Asesor de Tarifa del Transporte público; los valores para auto y moto son en base a datos de la Encuesta de Movilidad de Asunción, 2021.

²⁷ Las tasas de ocupación han sido reportadas en la subsección anterior.

²⁸ Este valor surge como un valor representativo de la realidad dado las estadísticas disponibles de validación.

fijamos la elasticidad cruzada de la demanda de viajes en automóvil con respecto al precio de bus en 0,05²⁹. Estos dos valores son similares a los reportados en la tabla 35 en el estudio de Litman. En tercer lugar, necesitamos contar con la elasticidad cruzada de la demanda de viajes en motocicleta con respecto al precio de bus. Este valor no lo hemos podido encontrar reportado en la literatura. Bajo el supuesto que el usuario-dueño promedio de motocicleta tiene un menor ingreso personal que el usuario-dueño promedio de un vehículo liviano, supondremos que aquel es más sensible a los niveles de precio. Esta elasticidad cruzada la fijaremos en un valor de 0,15.

5.1.9 Impuesto a los combustibles

En estos cálculos debe considerarse el monto efectivamente pagado por impuesto a los combustibles por cada modo. El Decreto 6620/22 establece como base imponible al impuesto al combustible los siguientes valores para Gas-oil, Nafta Virgen y Nafta Ron 91 respectivamente: G 2.388,9, G 3.045,6 y G 6.033,3. Para el gas-oil se considera un impuesto del 18% y para las naftas (Super nafta con o sin plomo de 95 octanos o más) del 34%³⁰. Supondremos que los vehículos consumen en proporciones iguales ambas naftas, que los buses consumen gas-oil y que las motos consumen nafta virgen.

5.1.10 Horas punta y horas fuera de punta

Los cálculos de eficiencia del subsidio se realizarán por hora punta, hora fuera de punta y nocturno para el servicio convencional y el servicio diferencial. Dado que estos servicios difieren principalmente por la presencia de aire acondicionado, los valores de los costos externos no varían y, por lo tanto, el cálculo de la eficiencia del subsidio se verá afectado solo por la magnitud del subsidio que corresponde a uno y otro servicio.

En base a la información entregada por la Dirección Metropolitana de Transporte, sobre billeteaje electrónico para el mes de agosto de 2022, último mes cerrado disponible para el presente estudio, consideramos que el 30,7 por ciento de los viajes son realizados en hora punta, el 62 por ciento de los viajes en hora no punta y el resto en hora nocturna. De esta forma, se calcula una eficiencia promedio del monto del subsidio para el día completo según el tipo de servicio.

²⁹ La elasticidad precio cruzada de la demanda de autos elegida corresponde a los menores valores de elasticidad reportados en la literatura. La razón para elegir este valor es por consistencia microeconómica. Dado que la demanda de viajes en bus es baja en comparación a la demanda de viajes en automóvil y motocicleta, si la elasticidad cruzada fuera mayor podría ocurrir que la cantidad de usuarios que pasan del modo auto al modo bus ante una disminución de la tarifa de bus sea mayor que el aumento de la demanda de bus explicado por su propia elasticidad precio. Ello sería inconsistente.

³⁰ Decreto 3109/2019, Capítulo II, artículo 11.

5.1.11 Subsidio al transporte público de pasajeros

En octubre de 2022³¹, la tarifa que pagan los usuarios del transporte público del área metropolitana es G 2.300 para el servicio convencional y de G 3.400 para el servicio diferencial. Las respectivas tarifas técnicas son G 4.314 y G 5.636. Restando los primeros valores a los segundos, se obtiene el monto del subsidio a la tarifa, igual a G 2.014 para el servicio convencional y a G 2.236 para el servicio diferencial. Estos datos se obtienen del Decreto N° 8873/2023.

5.1.12 Costo marginal de los fondos públicos e Impacto redistributivo de los subsidios al transporte público

Supondremos un costo marginal de los fondos públicos igual a 1,3 y un valor de alfa para considerar el impacto en materia de equidad igual a 0,8³². Estos valores tienden a cancelarse entre sí, dado que su multiplicación es igual a 1,04.

5.2 Estimación de la Eficiencia del Subsidio: Estimadores Puntuales

En la siguiente tabla, presentamos la estimación puntual de la eficiencia del subsidio por hora del día, según tipo de servicio, en base a la metodología propuesta y con los supuestos y datos explicados en las secciones anteriores. Los resultados se expresan en términos de la rentabilidad de los subsidios por pasajero-kilómetro. En la tabla, cada fila representa cada uno de los componentes de la ecuación (1). La fila 'Eficiencia subsidio' entrega el resultado de la aplicación de la ecuación (1) y dos filas más abajo se entrega el resultado ponderado por hora del día, para cada tipo de servicio.

Tabla 27. Resultado Análisis Costo – Beneficio Subsidio al Transporte Público de Pasajeros en el Área Metropolitana de Asunción

| Componente de la ecuación (1) * | Servicio Convencional | | | Servicio Diferencial | | |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------|----------|----------------------|----------------|----------|
| | Punta | Fuera de Punta | Nocturno | Punta | Fuera de Punta | Nocturno |
| Factor equidad | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Costo marginal de los fondos públicos | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| Subsidio tarifa por pasajero (G) | 2.014 | 2.014 | 2.014 | 2.234 | 2.234 | 2.234 |
| Subsidio por pasajero-km (G/pax-km) | 134 | 134 | 134 | 149 | 149 | 149 |
| Efecto Mohring (G/pax-km) | 181 | -326 | 0 | 181 | -326 | 0 |

³¹ Cálculos correspondientes a datos operativos del mes de octubre del año 2022.

³² No existe ninguna estimación de estos dos valores según la entrevista realizada al jefe del Departamento de Asesoría Económica de la Subsecretaría de Estado de Tributación. Asimismo, los valores supuestos por el equipo consultor y compartidos con la misma dependencia, resultaron razonables.

| Componente de la ecuación (1) * | Servicio Convencional | | | Servicio Diferencial | | |
|---|-----------------------|----------------|------------|-----------------------|----------------|------------|
| | Punta | Fuera de Punta | Nocturno | Punta | Fuera de Punta | Nocturno |
| Hacinamiento (G/pax-km) | 195 | 0 | 0 | 195 | 0 | 0 |
| Congestión bus (G/pax-km) | 48 | 37 | 0 | 48 | 37 | 0 |
| Otras externalidades negativas bus (G/pax-km) | 11 | 39 | 39 | 11 | 39 | 39 |
| Congestión auto (G/pax-km) | 888 | 186 | 0 | 888 | 186 | 0 |
| Otras externalidades negativas auto (G/pax-km) | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 |
| Congestión moto (G/pax-km) | 444 | 93 | 0 | 444 | 93 | 0 |
| Otras Externalidades negativas moto (G/pax-km) | 170 | 170 | 170 | 170 | 170 | 170 |
| Elasticidad precio demanda de bus | -0,4 | -0,4 | -0,4 | -0,4 | -0,4 | -0,4 |
| Elasticidad cruzada precio demanda auto | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Elasticidad cruzada precio demanda moto | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Demanda Auto / Demanda Bus | 2,75 | 2,75 | 2,75 | 2,75 | 2,75 | 2,75 |
| Demanda moto / Demanda Bus | 1,44 | 1,44 | 1,44 | 1,44 | 1,44 | 1,44 |
| Impuesto combustible auto por km (G/pax-km) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Impuesto combustible moto por km (G/pax-km) | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Impuesto combustible bus por km (G/pax-km) | 2 | 9 | 9 | 2 | 9 | 9 |
| Eficiencia Subsidio (G/pax-km) | 64 | 324 | -79 | 49 | 309 | -94 |
| Porcentaje de viajes por hora del día (%) | 30,70 | 62,00 | 7,30 | 30,70 | 62,00 | 7,30 |
| Eficiencia subsidio promedio ponderado (G/pax-km) | 215 | | | 199 | | |
| Tasa de retorno | 1,6 (=215/134) | | | 1,3 (=199/149) | | |

* Para cada entrada de la primera columna, en paréntesis figura la respectiva unidad de los valores. En caso de no haber paréntesis, el valor reportado es adimensional.

Fuente: Elaboración Propia

La tabla anterior muestra el resultado del análisis costo-beneficio del subsidio al transporte público por pasajero-kilómetro en la Región Metropolitana de Asunción. En los horarios punta y fuera de punta, para ambos servicios –convencional y diferencial–, el análisis costo-beneficio del subsidio arroja valores positivos; no así para el horario nocturno. Al considerar todo el día como una unidad, la última fila de la tabla muestra que por cada guaraní de subsidio invertido en transporte público se obtiene un retorno de 160 por ciento, en el caso del servicio convencional y de 130 por ciento, en el caso del servicio diferencial. En otras palabras, el subsidio al transporte público en AM Asunción entrega una **rentabilidad social positiva**.

Los mayores beneficios sociales por los subsidios se obtienen en la hora fuera de punta, seguida de la hora punta. En hora fuera de punta, el beneficio por efecto Mohring es alto dado que hay espacio para aumentar frecuencias. Por el contrario, en hora punta el efecto Mohring se invierte, volviéndose una externalidad negativa, dado la imposibilidad de aumentar frecuencias³³. Peor aún, en hora punta, los buses se congestionan en su interior y un pasajero adicional contribuye con un mayor nivel de hacinamiento, afectando negativamente la comodidad de los demás pasajeros. También contribuye a la rentabilidad social del subsidio en hora fuera de punta, aunque en menor proporción, la menor congestión generada por pasajero-km en bus comparado con los demás modos motorizados.

En hora punta, los mayores beneficios por subsidio al transporte público se derivan de la alta congestión generada por pasajero-km viajando en auto o moto con relación al pasajero-km viajando en bus. También impactan en los resultados las otras externalidades negativas (emisiones de MP2,5, emisiones de CO2, accidentes y ruidos), pero en menor medida.

En hora nocturna, el único beneficio externo que genera el transporte público es el ocasionado por menores accidentes, menores emisiones (contaminantes locales y globales) y menor ruido. Este beneficio por pasajero-km es menor al monto del subsidio por pasajero-km. Así, el subsidio en horario nocturno pasa a tener una rentabilidad social negativa.

Los resultados anteriores, y especialmente en hora punta, dependen de los supuestos sobre elasticidades precio cruzadas de la demanda de los modos auto y moto con respecto al precio del bus. En ambos casos, se adoptan valores conservadores. Si se aumentase el valor de estas elasticidades, la rentabilidad social del subsidio al transporte público aumentaría. En términos relativos, los valores de estas elasticidades poseen menor relevancia en horas fuera de punta, donde el ítem que más contribuye a rentabilizar socialmente el subsidio al transporte público es el efecto Mohring, que no depende en absoluto del traspaso modal. Los beneficios por diferenciales de congestión y otras externalidades dependen

³³ En el AM Asunción no existe infraestructura de carriles exclusivos de buses. Probablemente, mientras no se proceda con una medida como está, la frecuencia del transporte público se verá restringida. La existencia de carriles exclusivos de transporte público no solo reduce los tiempos de viajes, sino también permite aumentar la frecuencia del servicio al reducir el tiempo de ciclo.

efectivamente del traspaso modal: en estos casos los supuestos sobre los valores de elasticidades cobran mayor relevancia. Este traspaso modal contribuye a disminuir los niveles de congestión, a una menor contaminación atmosférica, a disminuir los accidentes viales, a disminuir los niveles de ruido y a menores emisiones de CO₂.

En cuanto a efectos no considerados, no está calculado el efecto Mohring por accesibilidad. Este beneficio se refiere a la densidad de líneas de buses: al ser la red más densa, los tiempos de acceso caen. Habiendo considerado el tema, no encontramos una manera creíble de cuantificar este beneficio. De manera implícita, nuestro supuesto es que el efecto Mohring por accesibilidad está agotado dado la densidad actual de líneas de buses y, por lo tanto, este valor sería igual a cero, a toda hora del día.

La alta rentabilidad del subsidio al transporte público en AM Asunción sería un indicador de la necesidad de mayores inversiones. Proyecto como corredores BRT, tranvías, trenes de cercanía y/o metro podrían ser rentables y, en este sentido, deberían realizarse los respectivos estudios de perfil y/o prefactibilidad.

Antes de pasar al análisis de sensibilidad y análisis de incertidumbre, pondremos estos resultados en perspectiva con otros dos estudios.

5.2.1 Comparación de resultados con otros estudios

Según Parry y Small (2007), los subsidios a la operación del transporte público (incluyendo servicios de trenes de cercanía y metros) para las áreas metropolitanas de Londres, Los Ángeles y Washington están plenamente justificados por motivos de eficiencia económica; es decir, por el efecto Mohring y los beneficios por descongestión y reducción de otras externalidades. En los tres casos, los subsidios al transporte público cubren al menos el 50 por ciento de los costos operativos³⁴. El efecto Mohring es mayor en horas fuera de punta³⁵ y los beneficios por descongestión y reducción de externalidades son mayores en hora punta, resultados que nuestros cálculos también generan.

Ignorando el costo marginal de los fondos públicos, la rentabilidad social por dólar de subsidio se encuentra en el rango de 0,2 - 0,6, valores inferiores a los obtenidos en este estudio (1,6 y 1,3 para los servicios convencional y diferencial)³⁶. Esta diferencia se debe, a nuestro entender, a que en las tres ciudades mencionadas existen importantes inversiones en metros y/o trenes de cercanía, aun no presentes en AM Asunción. Cada pasajero transportado en un tren de superficie o subterráneo contribuye con un costo nulo de

³⁴ En su definición de costos operativos, Parry y Small (2007) incluyen el costo de capital del material rodante, ya sea bus o tren; no así los costos de infraestructura ferroviaria y de buses.

³⁵ Estos autores obtienen un efecto Mohring positivo en hora punta a diferencia nuestra. Como ya explicamos, en el caso de AM Asunción, el sistema de buses opera en su límite máximo posible de frecuencias y, por lo tanto, el efecto Mohring invierte su signo.

³⁶ Producto del efecto Mohring, estos autores encuentran que, en el caso de Londres, la rentabilidad social por dólar de subsidio, en hora fuera de punta, alcanza el valor de 1,59, es decir, 159%. En nuestro análisis, en la hora fuera de punta, la rentabilidad social del subsidio alcanza un valor de 324 %.

congestión vial y demás externalidades; por otro lado, estos modos permiten mayores frecuencias con lo que el efecto Mohring disminuye.

Basso y Silva (2014), por su parte, descubren en su modelación que, en las condiciones del sistema de transporte público de AM Santiago, en ausencia de tarificación vial y de corredores exclusivos de buses, sería conveniente elevar el subsidio a los buses al 100%³⁷. Si bien estos autores no reportan la rentabilidad social por peso de subsidio, este resultado sería un indicador de la alta rentabilidad social del mismo.

Las comparaciones mostradas en los párrafos anteriores refuerzan nuestra hipótesis sobre la necesidad de inversiones mayores en el sistema de transporte público para AM Asunción.

5.3 Análisis de Sensibilidad e Incertidumbre Aplicado al Cálculo de la Eficiencia del Subsidio

Como en todo modelo microeconómico para el cálculo de eficiencia de la rentabilidad social aplicada a un subsidio, muchos de los valores utilizados para el cálculo provienen de:

- Valores adaptados por la literatura especializada.
- Criterio experto del equipo consultor.
- Valores reportados por la contraparte.
- Información histórica.

Cada uno de estos valores tiene asociado un grado de incertidumbre. Por ejemplo, suponer que se pueden adaptar valores de la literatura y hacer los ajustes correspondientes (conocida como la metodología de transferencia de valores), presupone ciertos elementos comunes entre el lugar de origen de la toma de datos y el lugar de destino de aplicación de ellos. Los criterios expertos y valores reportados por la contraparte también están sujetas a ser la mejor estimación posible en base a la falta de información detallada, pero puede ser errónea o sesgada. Por último, incluso el uso de información histórica para calcular tasas o parámetros de estimación, están sujetas a la subjetividad de quien selecciona la fuente de datos y los rangos temporales para los cálculos.

Por ello, no solo interesa estudiar la evaluación determinística (valores puntuales), sino que además interesa conocer cuáles son los elementos de subjetividad más sensibles para el cálculo de resultados, y la probabilidad de que las indicaciones y recomendaciones sean correctas. Por ello, se hace necesario el análisis de Sensibilidad y de Incertidumbre, para verificar la fortaleza y confiabilidad de las recomendaciones y conclusiones.

³⁷ En Basso y Silva (2014) el efecto equidad se modela de manera explícita y ello favorece subsidios del 100 por ciento. En otras palabras, la justificación para un subsidio total de la tarifa técnica se basa no solo en motivos de eficiencia sino también en consideraciones de equidad. Dada la escasez de datos, en esta consultoría es imposible modelar la demanda de transporte segmentando por tipo de usuario en función del ingreso personal o familiar tal como lo hacen Basso & Silva.

Una vez que se cuente con un modelo definido para la evaluación del subsidio, cambios en los parámetros del Tablero de Control generen cambios en los Indicadores de Rentabilidad permitiendo Identificar cuantitativamente los parámetros que mayor incertidumbre generan en el resultado final.

El proceso de Identificación Cuantitativa de los Elementos de Incertidumbre, se describe paso a paso.

Paso 1: Identificación de parámetros libres del modelo.

En este primer paso, se identifican los parámetros del modelo que pueden variar respecto al valor determinístico. A estos parámetros se les llama parámetros libres, pues pueden tomar distintos valores a los estimados.

Por ejemplo, los valores obtenidos de decretos e información oficial serán parámetros no libres. Los supuestos son parámetros libres del modelo.

La regla simple para identificar si un parámetro es libre o no es preguntarse: ¿Puede la estimación inicial del valor de este parámetro diferir con el valor que tomará en la realidad? Si la respuesta es afirmativa, entonces el parámetro es libre.

Paso 2: Análisis de Sensibilidad de los Indicadores de Rentabilidad Social.

Una vez que se ha identificado el conjunto de parámetros libres del modelo, y sus rangos de variación, corresponde someter el modelo de evaluación a las variaciones correspondientes, de manera de estudiar la sensibilidad de los indicadores de rentabilidad del proyecto respecto a los cambios en los parámetros libres. Esto se conoce como “Análisis de Sensibilidad Paramétrico”. El objetivo es identificar las “Variables de Impacto” del modelo de evaluación

El Análisis de Sensibilidad Paramétrica consiste en evaluar los cambios en los indicadores de rentabilidad respecto a cambios en los parámetros libres. Esto se diferencia del Análisis de Sensibilidad Clásico, donde se estudian los cambios en los niveles de rentabilidad moviendo directamente el total de costos o beneficios, en porcentajes predeterminados (+50%, +25%, -25%, -50% por ejemplo).

Paso 3: Verificación de pertinencia de Incorporación de Parámetros a la Evaluación de Incertidumbre

El tercer paso consiste simplemente en la verificación de la pertinencia de incluir una variable al análisis de riesgo. Debe considerarse que un modelo de evaluación puede incluir cientos de parámetros de entrada, y no es correcto considerarlos todos en el análisis de riesgo, principalmente porque será difícil entender la naturaleza del riesgo cuantitativo del

proyecto si existen variables que se mueven en el modelo artificialmente. Para facilitar el criterio de incorporación, considérese la siguiente lista de verificación.

Tabla 28. Lista de Verificación para Inclusión de Variables al Análisis de Riesgo

| Criterio | Pregunta Relevante | Respuesta |
|--|---|------------------|
| Identificación del Parámetro como Parámetro Libre | <i>¿Puede la estimación inicial del valor de este parámetro diferir con el valor que tomará en la realidad?</i> | SI/NO |
| Identificación de Rangos de Impacto | <i>¿Existen valores dentro de los rangos definidos del parámetro libre que hacen que el Beneficio Social del subsidio se vuelva negativo?</i> | SI/NO |
| Identificación de Tamaño del Impacto | <i>¿Los cambios porcentuales del indicador de eficiencia del subsidio son mayores a los cambios porcentuales en el parámetro libre?</i> | SI/NO |

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 4: Análisis de Incertidumbre

Una vez que se hayan identificado los parámetros riesgosos del modelo, de manera cuantitativa utilizando el análisis de sensibilidad paramétrico, y de manera cualitativa considerando las características de los parámetros utilizados en la evaluación, corresponde generar un modelo estadístico asociado a cada una de las variables libres identificadas como riesgosas.

La modelación del riesgo en un modelo de evaluación de un proyecto de inversión se resume básicamente a asignar una función de probabilidad a cada una de las variables del modelo.

Una función de probabilidad es una función que asocia a cada punto de posibles valores de una variable A, la probabilidad de que la variable tome un valor específico. La nomenclatura clásica denota como la función de probabilidad lo siguiente:

$$f(x) = P[A = x]$$

La definición anterior se lee como; la función de probabilidad (o función de densidad de probabilidad) $f(x)$ corresponde a un mapa de valores tales que para cada valor de x de la variable A, se asigna la probabilidad $P[.]$ de que la variable A tome el valor x , expresado como $P[A=x]$ ³⁸.

³⁸ Una característica de la función de densidad de probabilidad es que la suma de $f(x)$ para todos los valores de x debe ser igual a 1,0 (o 100%). Esto, porque todos los valores posibles que tienen una posibilidad de materializarse, deben en su conjunto llenar el espectro de probabilidades totales.

Por ejemplo, consideres una variable A que puede tomar tres valores, 3, 5 y 6 con probabilidades del 20%, 50% y 30% respectivamente. Denótese entonces la función de densidad de probabilidad como:

$$f(x) = P(A = x) = \{20\% \text{ si } A = 3; 50\% \text{ si } A = 5; 30\% \text{ si } A = 6 \}$$

La función de probabilidad acumulada, denotada por $F(x)$, representa la probabilidad de que la variable A tome un valor menor o igual a x. La nomenclatura clásica denota como la función de probabilidad acumulada lo siguiente:

$$F(x) = P[A \leq x]$$

La definición anterior se lee como; la función de probabilidad acumulada $F(x)$ corresponde a un mapa de valores tales que para cada valor de x de la variable A, se asigna la probabilidad $P[.]$ de que la variable A tome un valor menor o igual a x, expresado como $P[A \leq x]$.

Las variables aleatorias asociadas a las distribuciones de probabilidad pueden ser discretas o continuas. Una variable discreta puede tomar valores específicos dentro del espacio de valores posibles. Como ejemplo, una variable aleatoria que representa los valores que puede entregar un dado, entre el uno y el seis, sólo puede entregar valores enteros, quedando fuera del espacio de valores posibles los números decimales como el 3,5.

Una variable continua puede tomar cualquier valor entre el espacio de valores posibles. Por ejemplo, una variable aleatoria que mide la altura de un individuo de mediana edad tiene un rango de valores posibles acotado y definido entre una altura mínima y una altura máxima, pero cualquier valor, decimal o entero, que se encuentre entre dichos mínimo y máximo es posible de materializarse.

La relación entre la función de densidad de probabilidad y la función de probabilidad acumulada es la siguiente:

Si la variable es discreta,

$$F(x) = \sum_{x_i \leq x} f(x_i)$$

Si la variable es continua:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t)dt$$

Para efectos de este estudio, se ha definido la utilización de tres funciones de probabilidad para la determinación del estudio de incertidumbre, las cuales se detallan a continuación:

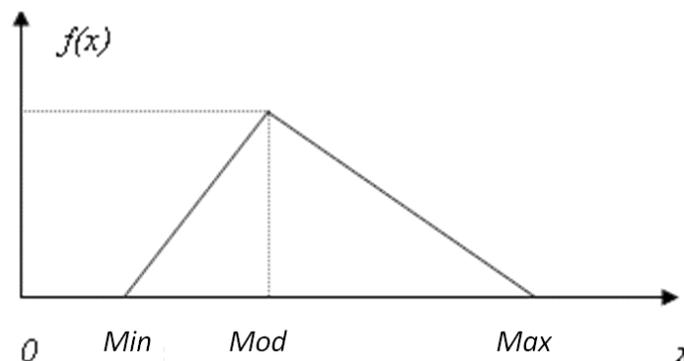
Función de distribución Triangular

La función de distribución triangular es una función de probabilidad que trabaja con tres parámetros; un valor mínimo, un valor máximo, o un valor más probable o moda.

La función de distribución triangular es la siguiente:

$$Tr(x) = \begin{cases} \frac{2 * (x - Min)}{(Mod - Min)(Max - Min)} & \text{para } Min \leq x \\ < Mod \frac{2}{(Mod - Min)} & \text{para } x \\ = Mod \frac{2 * (Mod - x)}{(Mod - Min)(Mod - Max)} & \text{para } Mod < x \leq Mod \end{cases}$$

Donde Max es el valor máximo que puede tomar la variable, Min es el valor mínimo que puede tomar la variable, y Mod es el valor más probable o esperado de la variable. La función Triangular tiene la siguiente forma:



Esta función de probabilidad se recomienda cuando para una variable en particular se conoce un valor medio, y se estima un valor máximo y un valor mínimo que pueda tomar, bajo criterio experto.

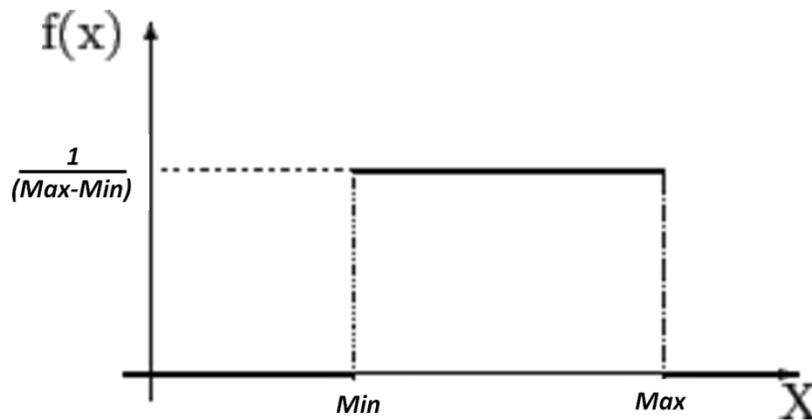
Función de distribución Uniforme

La función de distribución uniforme es una función de probabilidad que trabaja con dos parámetros; un valor mínimo y un valor máximo.

La función de distribución uniforme es la siguiente:

$$Un(x) = \begin{cases} \frac{1}{Max - Min} & Min \leq x \leq Max \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Donde Max es el valor máximo que puede tomar la variable y Min es el valor mínimo que puede tomar la variable. La función de distribución Uniforme tiene la siguiente forma:



Esta función de probabilidad se recomienda cuando para una variable en particular se conoce el rango de valores que puede tomar, pero no se conoce cuál de ellos es más probable (por ejemplo, cualquier rango dentro de un intervalo de confianza calculado).

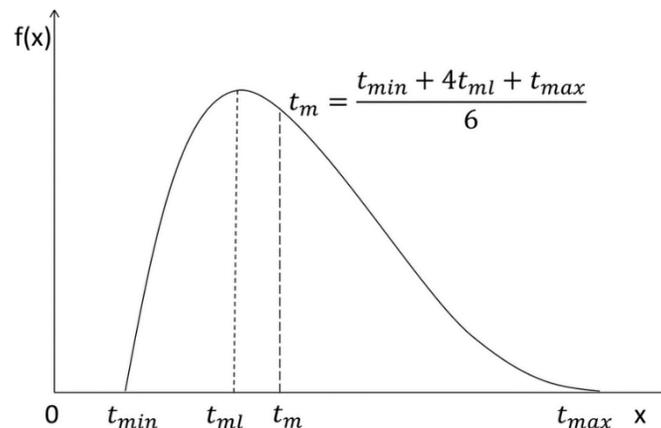
Función de distribución PERT

La función de distribución uniforme es una función de probabilidad que trabaja con tres parámetros; un valor mínimo y un valor máximo y un valor esperado.

La función de distribución uniforme es la siguiente:

$$PERT(x) = (Min + 4 * Esperado + Max)/6$$

Donde Max es el valor máximo que puede tomar la variable y Min es el valor mínimo que puede tomar la variable. La función de distribución Beta PERT tiene la siguiente forma:



Esta función de probabilidad se recomienda cuando para una variable en particular se conoce el rango de valores que puede tomar, pero se piensa que la estimación puntual tiene una mayor probabilidad de ocurrencia.

Análisis mediante el Método de Montecarlo

El Método Montecarlo es un método numérico que permite resolver problemas matemáticos, entre ellos el de la evaluación de un proyecto, mediante la simulación de variables aleatorias³⁹.

El método consiste en la realización sucesiva de experimentos aleatorios sobre una o más variables, con el fin de obtener una función de distribución de los resultados sobre las cuales impactan las variables. Para poder utilizar este método en la evaluación de proyectos se requiere:

- a) Un modelo paramétrico de Evaluación.
- b) Haber identificado las variables clave de riesgo.
- c) Haber identificado el rango de variación de las variables clave del proyecto.
- d) Haber asignado una función de probabilidad a la variación de las variables clave del proyecto.

Tal y como se mencionó, si se ha seguido la metodología hasta este punto, entonces los insumos desde a) hasta d) se han conseguido, y, por lo tanto, es posible realizar un análisis de Monte Carlo.

El Método de Monte Carlo consiste en los siguientes pasos:

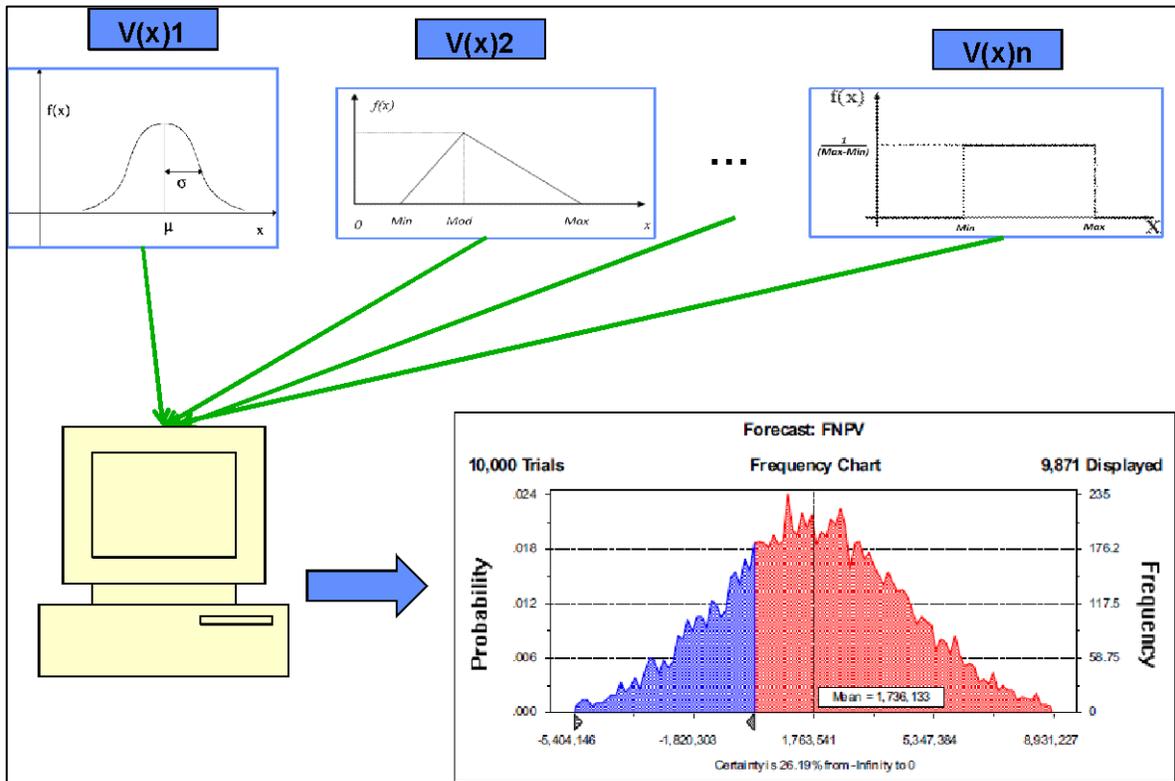
- i) Identificación de las variables aleatorias que alimentaran al modelo con variabilidad.
- ii) Designación de las funciones de probabilidad asociadas a cada variable, especificando modelo funcional de probabilidad, y parámetros del modelo (por ejemplo, en una función de probabilidad normal, determinar la media y la varianza).
- iii) Designación del modelo de evaluación. Este modelo se ha definido anteriormente y es parte de la evaluación determinística del proyecto.
- iv) Generación de un experimento aleatorio para cada variable aleatoria del modelo, respetando las funciones de probabilidad. Calcular los indicadores de rentabilidad o bienestar, en base a dicho experimento.
- v) Repetir el paso *iv* todas las veces que sea necesario (como regla general, es deseable la realización de 300 iteraciones por cada variable aleatoria del modelo).
- vi) Guardar los resultados de todas las iteraciones realizadas en el paso *v* para cada uno de los indicadores de rentabilidad o bienestar del proyecto.
- vii) Generar un histograma de los valores guardados en el paso *v* para cada uno de los indicadores de rentabilidad o bienestar del subsidio.
- viii) Ajustar una función de distribución de probabilidad al histograma construido en *vii*.

³⁹ El método Montecarlo fue bautizado así por su clara analogía con los juegos de ruleta de los casinos, el más célebre de los cuales es el de Montecarlo, casino cuya construcción fue propuesta en 1856 por el príncipe Carlos III de Mónaco, siendo inaugurado en 1861.

Los paquetes de software especializados para análisis de riesgo en proyectos, como Crystall Ball, Risk Simulator o @Risk, realizan los pasos *iv* a *viii* de manera automática, por medio de subrutinas del modelo, y los experimentos aleatorios demoran centésimas de segundo en un computador actual, lo que facilita tremendamente la realización de dicho análisis, sin consumir más que algunos minutos de análisis.

La siguiente figura ilustra la forma en que funciona el análisis de Montecarlo, desde el punto de vista de las entradas y salidas del modelo.

Figura 24. Esquema de Funcionamiento del Análisis de Montecarlo



En el esquema anterior, se aprecia cómo un set de variables paramétricas aleatorias, $v_1(x)$, $v_2(x)$... $v_n(x)$ entran al modelo de evaluación, respetando sus funciones de densidad de probabilidad. Luego, el modelo de evaluación es procesado para cada uno de los experimentos aleatorios que se genera, respetando las distribuciones de cada variable, se calcula alguno de los indicadores de rentabilidad o bienestar del proyecto. La repetición de este proceso (en el esquema de ejemplo se realizan 10.000 iteraciones), genera una función de densidad de probabilidad para el indicador de rentabilidad.

5.4 Resultados del Análisis de Sensibilidad Aplicado al Cálculo de la Eficiencia del Subsidio

El análisis de sensibilidad se hizo utilizando los principales parámetros de entrada del cálculo para la fórmula del beneficio marginal social de eficiencia del subsidio para el

servicio convencional⁴⁰. Las variables a sensibilizar son, principalmente, aquellas que fueron determinadas con criterio de experto del equipo consultor y aquellas que fueron transferidas de otros estudios (como el VVE y el Valor Social del Tiempo).

Las variables para sensibilizar son:

- Valor del tiempo (G).
- Factor Espera/Viaje.
- Largo de viaje (km).
- Factor equivalencia auto/moto.
- Valor de la Vida Estadística (G).
- Relación Graves/Fallecidos.
- $Y_{ida} / (Y_{ida} + Y_{vuelta})$ punta (para cálculo de Efecto Mohring)
- $Y_{ida} / (Y_{ida} + Y_{vuelta})$ Fuera punta (para cálculo de Efecto Mohring)
- Costo Bus/km.
- Velocidad del Bus.
- Elasticidad VVE-Ingreso (OCDE).
- Factor equidad (α)
- Costo marginal de los fondos públicos (β)
- Elasticidad precio demanda de bus – PYG.
- Elasticidad cruzada precio demanda auto.
- Elasticidad cruzada precio demanda moto.

El análisis de sensibilidad se realizó con la herramienta **TopRank** del paquete de software **decisiontools** de Palisade⁴¹.

Tabla 29. Valores de Entrada y Salida para el Análisis de Sensibilidad

⁴⁰ El análisis de sensibilidad tiene por finalidad identificar las variables claves para el análisis de incertidumbre. Por lo tanto, este análisis solo se hace para el servicio convencional dado que el impacto asociado a cada variable en el resultado de rentabilidad es muy similar. El análisis de incertidumbre, que determina la robustez estadística de los resultados, se hace para ambos servicios.

⁴¹ <https://www.palisade.com/decisiontools/>

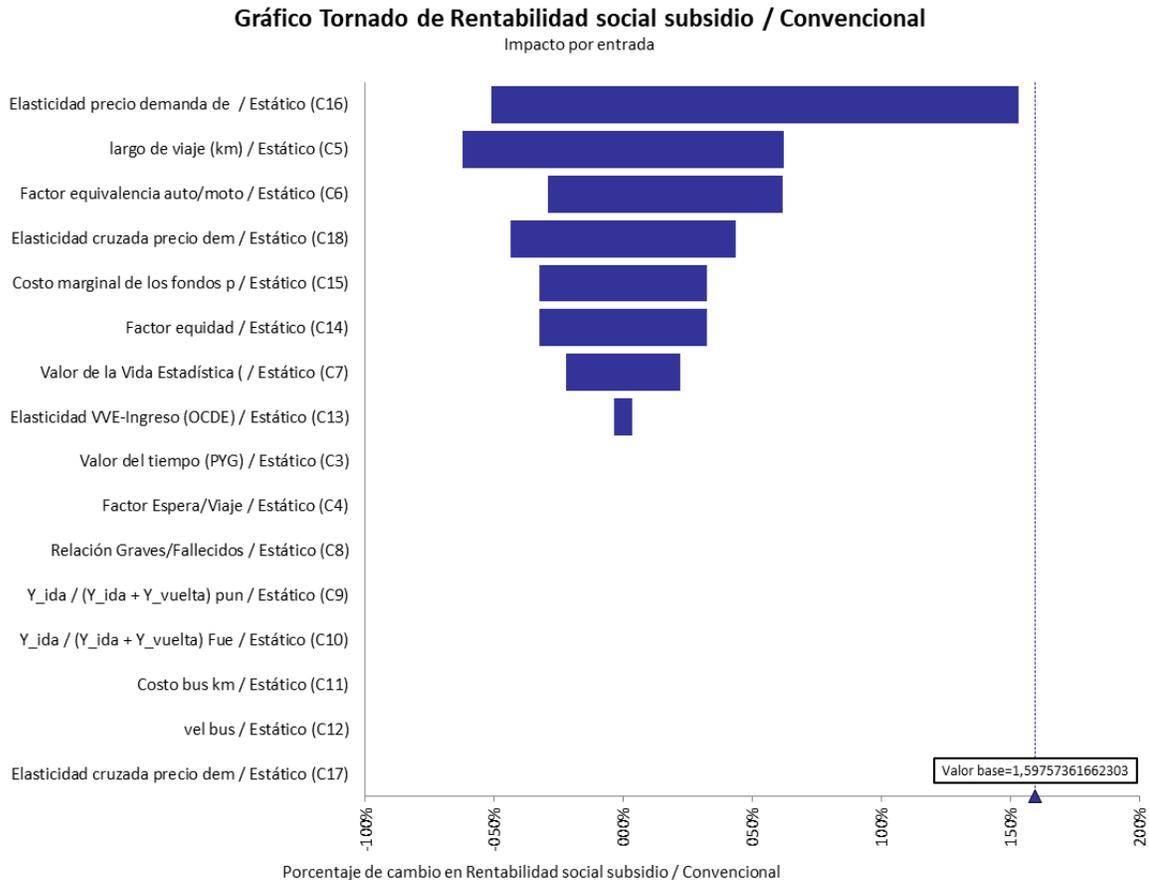
Resumen de análisis de suposición Y si... de la salida Rentabilidad social subsidio / Convencional

Primeras 16 entradas clasificadas por Porcentaje de cambio

| Clasificación | Nombre de entrada | Celda | Mínimo | | | Máximo | | | Entrada |
|---------------|---|-------|--------|------------|------------------|--------|------------|------------------|---------|
| | | | Valor | Cambio (%) | Entrada Valor | Valor | Cambio (%) | Entrada Valor | |
| | | | | | | | | | |
| 1 | Elasticidad precio demanda de / Estático (C16) | C16 | 0,781 | -51,11% | 150% | 4,047 | 153,33% | 50% | 100% |
| 2 | largo de viaje (km) / Estático (C5) | C5 | 0,601 | -62,36% | 50% | 2,594 | 62,36% | 150% | 100% |
| 3 | Factor equivalencia auto/moto / Estático (C6) | C6 | 1,131 | -29,23% | 150% | 2,585 | 61,79% | 50% | 100% |
| 4 | Elasticidad cruzada precio dem / Estático (C18) | C18 | 0,900 | -43,68% | 50% | 2,295 | 43,68% | 150% | 100% |
| 5 | Costo marginal de los fondos p / Estático (C15) | C15 | 1,078 | -32,55% | 150% | 2,118 | 32,55% | 50% | 100% |
| 6 | Factor equidad / Estático (C14) | C14 | 1,078 | -32,55% | 150% | 2,118 | 32,55% | 50% | 100% |
| 7 | Valor de la Vida Estadística (/ Estático (C7) | C7 | 1,242 | -22,28% | 50% | 1,954 | 22,28% | 150% | 100% |
| 8 | Elasticidad VVE-Ingreso (OCDE) / Estático (C13) | C13 | 1,543 | -3,42% | 50% | 1,657 | 3,70% | 150% | 100% |
| 9 | Valor del tiempo (PYG) / Estático (C3) | C3 | 1,598 | 0,00% | 50% | 1,598 | 0,00% | 50% | 100% |
| 10 | Factor Espera/Viaje / Estático (C4) | C4 | 1,598 | 0,00% | 50% | 1,598 | 0,00% | 50% | 100% |
| 11 | Relación Graves/Fallecidos / Estático (C8) | C8 | 1,598 | 0,00% | 50% | 1,598 | 0,00% | 50% | 100% |
| 12 | Y_ida / (Y_ida + Y_vuelta) pun / Estático (C9) | C9 | 1,598 | 0,00% | 50% | 1,598 | 0,00% | 50% | 100% |
| 13 | Y_ida / (Y_ida + Y_vuelta) Fue / Estático (C10) | C10 | 1,598 | 0,00% | 50% | 1,598 | 0,00% | 50% | 100% |
| 14 | Costo bus km / Estático (C11) | C11 | 1,598 | 0,00% | 50% | 1,598 | 0,00% | 50% | 100% |
| 15 | vel bus / Estático (C12) | C12 | 1,598 | 0,00% | 50% | 1,598 | 0,00% | 50% | 100% |

Fuente: Elaboración Propia

Figura 25. Resultados Análisis de Sensibilidad Convencional



Fuente: Elaboración Propia

De los resultados, se determina aquellas variables que mayor impacto tienen sobre los resultados:

- i. Elasticidad precio demanda de bus.
- ii. Largo de viaje (km).
- iii. Factor equivalencia auto/moto.
- iv. Elasticidad cruzada precio demanda auto.
- v. Costo Marginal de los Fondos Públicos

Además, se consideró relevante incluir en el análisis de incertidumbre las siguientes variables, ya que existía una importante serie de supuestos que hacían relevante el estudio de su incertidumbre.

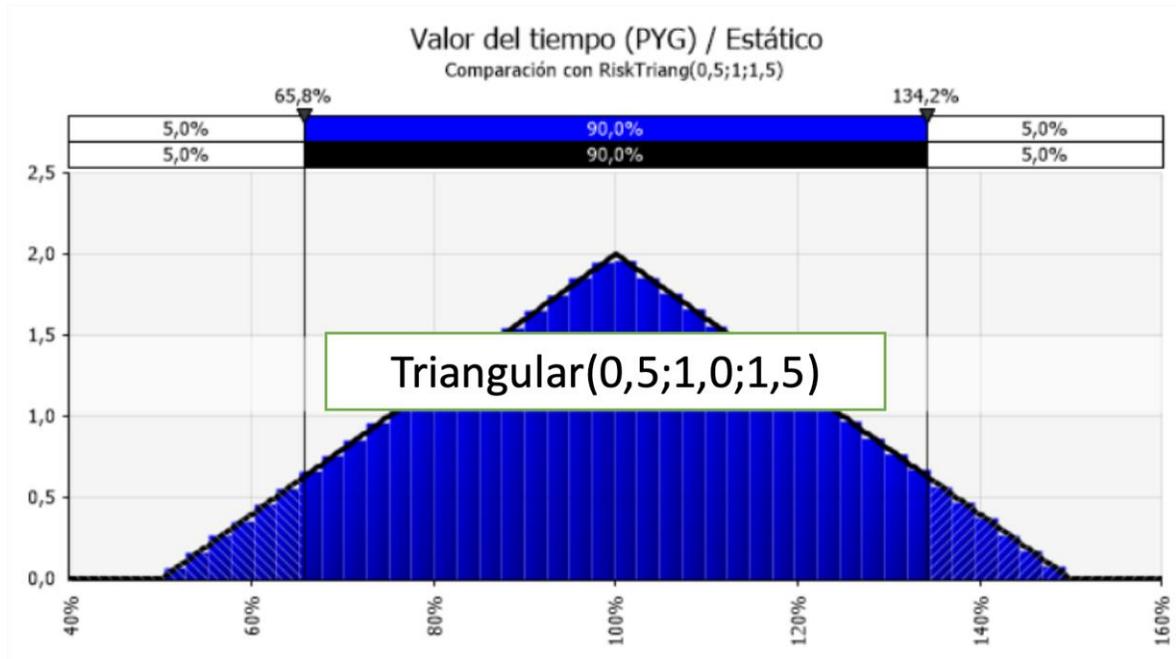
- vi. Valor del tiempo (en guaraníes).
- vii. Valor de la Vida Estadística (en guaraníes).

Se presentan las distribuciones de probabilidad utilizadas en cada una de las variables de entrada del modelo de riesgo.

- **Valor del tiempo (PGY) / Estático**

Se define una función de distribución triangular, con un valor estático de multiplicador del valor del tiempo del 100%, un valor mínimo del 50%, y un valor máximo del 150%.

Figura 26. Resultados Análisis de Sensibilidad Valor del Tiempo



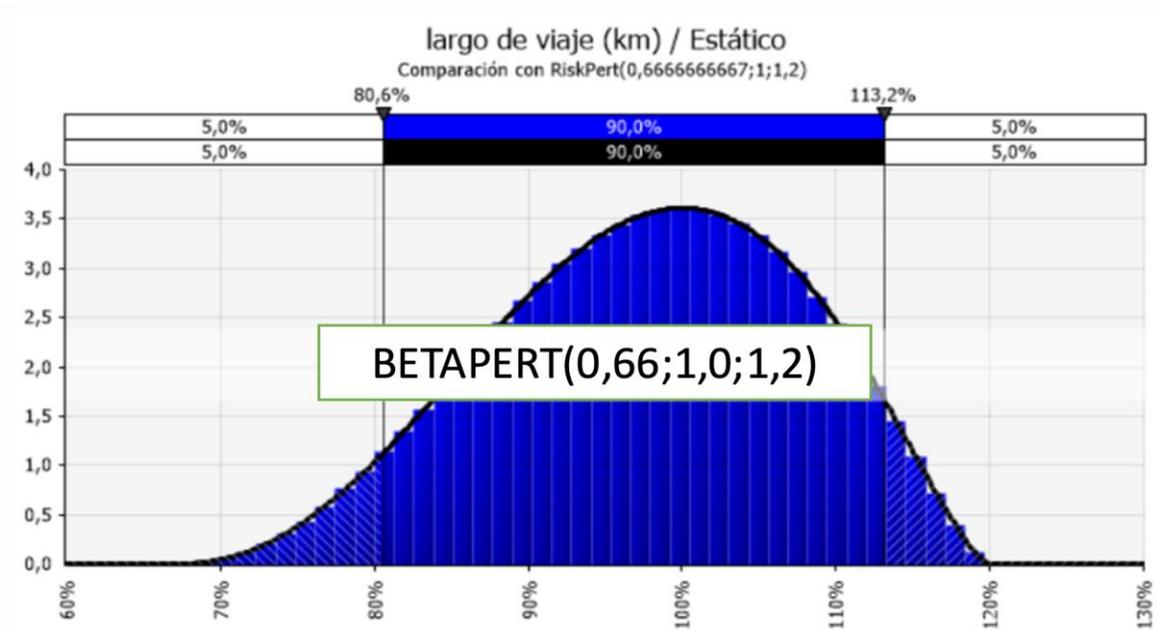
| Estadístico | Valor teórico |
|----------------|---------------|
| Mínimo | 50% |
| Máximo | 150% |
| Media | 100% |
| Desv. Estándar | 20,412% |
| Varianza | 0,04167 |
| Asimetría | 0,0000 |
| Curtosis | 2,4000 |
| Mediana | 100% |
| Moda | 100% |
| 1% | 57,071% |
| 3% | 61,180% |
| 5% | 65,811% |
| 10% | 72,361% |
| 20% | 81,623% |
| 25% | 85,355% |
| 50% | 100% |
| 75% | 114,645% |
| 80% | 118,377% |
| 90% | 127,639% |
| 95% | 134,189% |
| 98% | 138,820% |
| 99% | 142,929% |

Fuente: Elaboración Propia

Largo de viaje (km)

- Se define una función de distribución BETA PERT, con un valor estático de multiplicador del largo de viaje del 100%, un valor mínimo del 66%, y un valor máximo del 120%.

Figura 27. Resultados Análisis de Sensibilidad Largo de Viaje



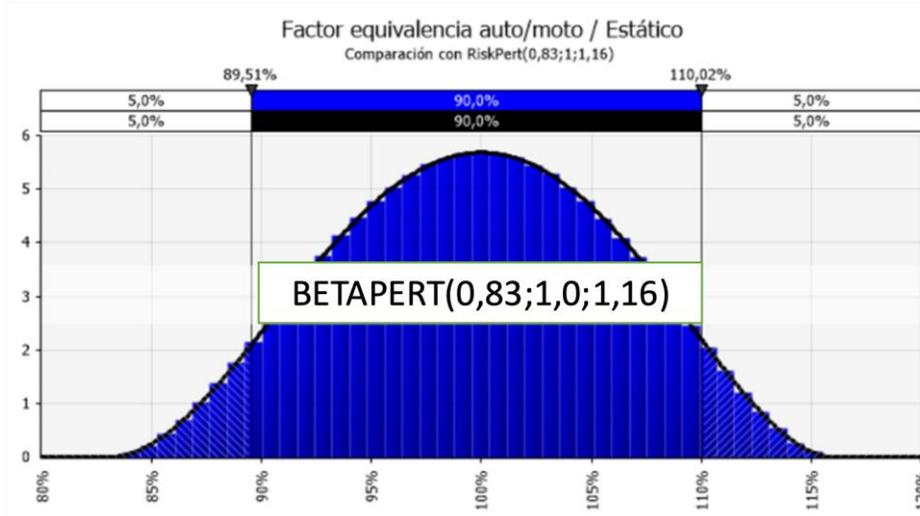
| Estadístico | Valor teórico |
|----------------|---------------|
| Mínimo | 66,667% |
| Máximo | 120% |
| Media | 97,778% |
| Desv. estándar | 9,938% |
| Varianza | 0,009877 |
| Asimetría | -0,2236 |
| Curtosis | 2,4000 |
| Mediana | 98,302% |
| Moda | 100% |
| 1% | 75,094% |
| 3% | 77,836% |
| 5% | 80,567% |
| 10% | 84,099% |
| 20% | 88,800% |
| 25% | 90,667% |
| 50% | 98,302% |
| 75% | 105,392% |
| 80% | 106,968% |
| 90% | 110,668% |
| 95% | 113,185% |
| 98% | 114,966% |
| 99% | 116,589% |

Fuente: Elaboración Propia

Factor equivalencia auto/moto

- Se define una función de distribución BETA PERT, con un valor estático de multiplicador del factor de equivalencia del 100%, un valor mínimo del 83%, y un valor máximo del 116%.

Figura 28. Resultados Análisis de Sensibilidad Equivalencia Automóvil – Motocicleta



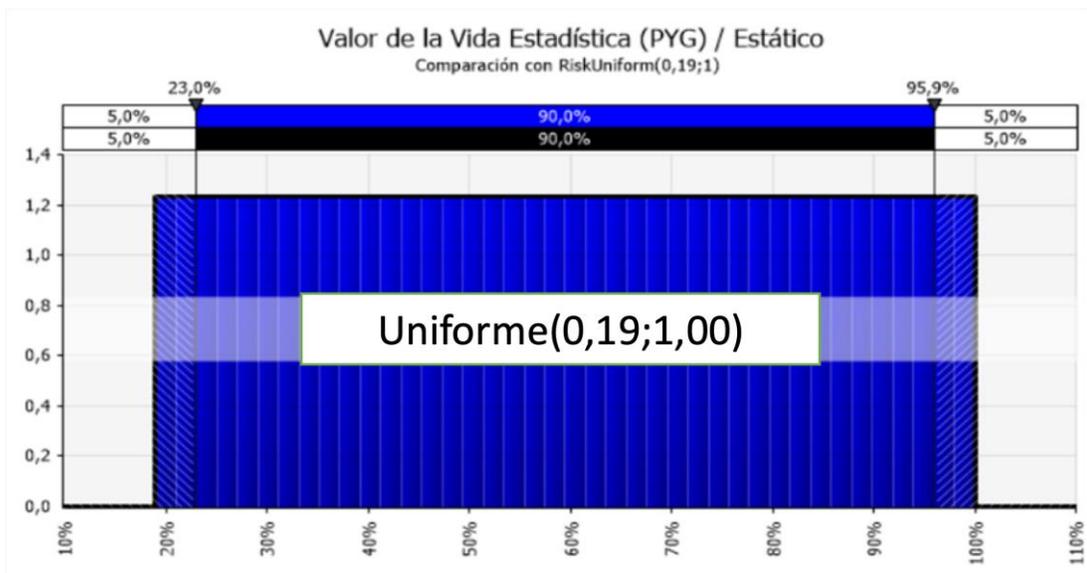
| Estadístico | Valor teórico |
|----------------|---------------|
| Mínimo | 83% |
| Máximo | 116% |
| Media | 99,833% |
| Desv. estándar | 6,235% |
| Varianza | 0,003888 |
| Asimetría | -0,0267 |
| Curtosis | 2,3343 |
| Mediana | 99,873% |
| Moda | 100% |
| 1% | 86,676% |
| 3% | 88,071% |
| 5% | 89,513% |
| 10% | 91,445% |
| 20% | 94,121% |
| 25% | 95,215% |
| 50% | 99,873% |
| 75% | 104,490% |
| 80% | 105,562% |
| 90% | 108,163% |
| 95% | 110,018% |
| 98% | 111,388% |
| 99% | 112,699% |

Fuente: Elaboración Propia

Valor de la Vida Estadística (PGY)

- Se define una función de distribución Uniforme, con un valor mínimo del 19%, y un valor máximo del 100%.

Figura 29. Resultados Análisis de Sensibilidad Valor Estadístico de la Vida



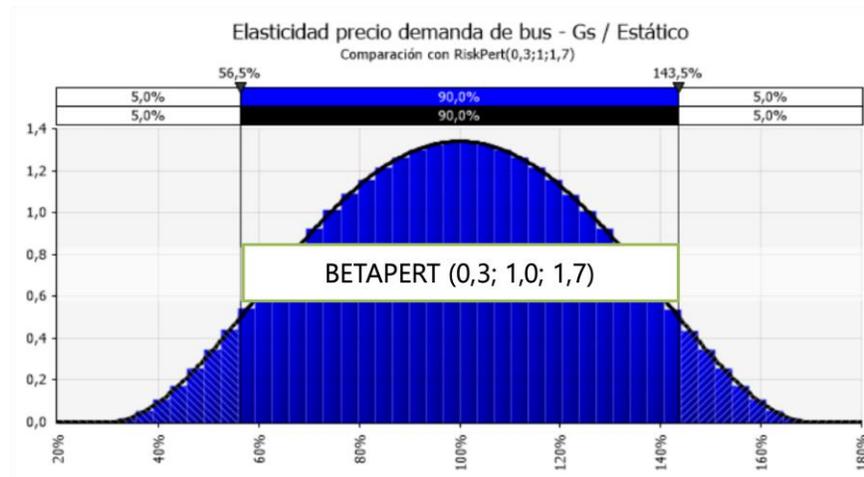
| Estadístico | Valor teórico |
|----------------|---------------|
| Mínimo | 19% |
| Máximo | 100% |
| Media | 59,500% |
| Desv. estándar | 23,383% |
| Varianza | 0,05468 |
| Asimetría | 0,0000 |
| Curtosis | 1,8000 |
| Mediana | 59,500% |
| Moda | 19% |
| 1% | 19,810% |
| 3% | 21,025% |
| 5% | 23,050% |
| 10% | 27,100% |
| 20% | 35,200% |
| 25% | 39,250% |
| 50% | 59,500% |
| 75% | 79,750% |
| 80% | 83,800% |
| 90% | 91,900% |
| 95% | 95,950% |
| 98% | 97,975% |
| 99% | 99,190% |

Fuente: Elaboración Propia

Elasticidad precio demanda de bus

- Se define una función de distribución BETA PERT, con un valor estático de multiplicador del factor de elasticidad precio demanda de bus del 100%, un valor mínimo del 30%, y un valor máximo del 170%.

Figura 30. Resultados Análisis de Sensibilidad Demanda de Transporte Público



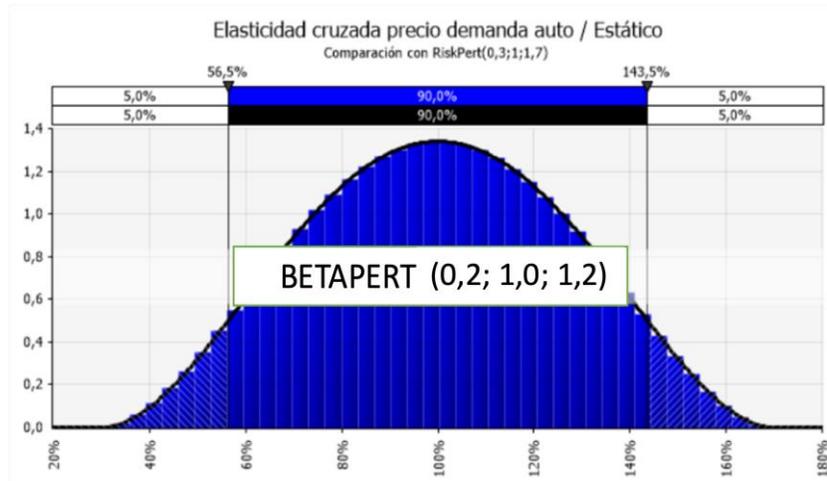
| Estadístico | Valor teórico |
|----------------|---------------|
| Mínimo | 30% |
| Máximo | 170% |
| Media | 100% |
| Desv. estándar | 26,46% |
| Varianza | 0,07000 |
| Asimetría | 0,0000 |
| Curtosis | 2,3333 |
| Mediana | 100% |
| Moda | 100% |
| 1% | 44,79% |
| 3% | 50,53% |
| 5% | 56,50% |
| 10% | 64,53% |
| 20% | 75,72% |
| 25% | 80,32% |
| 50% | 100% |
| 75% | 119,68% |
| 80% | 124,28% |
| 90% | 135,47% |
| 95% | 143,50% |
| 98% | 149,47% |
| 99% | 155,21% |

Fuente: Elaboración Propia

Elasticidad cruzada precio demanda automóvil

- Se define una función de distribución BETA PERT, con un valor estático de multiplicador del factor de elasticidad cruzada precio demanda auto del 100%, un valor mínimo del 20%, y un valor máximo del 120% (para ir en valores de 0,01 a 0,06).

Figura 31. Resultados Análisis de Sensibilidad Elasticidad Cruzada Precio Demanda Automóvil



| Estadístico | Valor teórico |
|----------------|---------------|
| Mínimo | 20% |
| Máximo | 120% |
| Media | 100% |
| Desv. estándar | 26,46% |
| Varianza | 0,07000 |
| Asimetría | 0,0000 |
| Curtosis | 2,3333 |
| Mediana | 100% |
| Moda | 100% |
| 1% | 44,79% |
| 3% | 50,53% |
| 5% | 56,50% |
| 10% | 64,53% |
| 20% | 75,72% |
| 25% | 80,32% |
| 50% | 100% |
| 75% | 119,68% |
| 80% | 124,28% |
| 90% | 135,47% |
| 95% | 143,50% |
| 98% | 149,47% |
| 99% | 155,21% |

Fuente: Elaboración Propia

Elasticidad cruzada precio demanda motocicleta

Esta elasticidad cruzada será siempre igual a la elasticidad cruzada precio de la demanda del automóvil más un valor de 0,1. Estas dos elasticidades se moverán siempre en tándem debido a nuestro supuesto que los usuarios de motocicleta son más sensibles al precio de la tarifa de bus que los usuarios de automóvil. Por esto mismo, en términos de modelación de incertidumbre, se presentan 6 variables aleatorias ya que esta séptima tiene correlación perfecta con la elasticidad precio cruzada del automóvil y, por tanto, no es una variable independiente.

Resultado del análisis de incertidumbre

La Tabla 30 resume los supuestos de la modelación para el análisis de incertidumbre que se realiza en @risk⁴².

Con los supuestos de entrada, se calcularon 10.000 instancias de modelación de los principales indicadores de rentabilidad social marginal del subsidio al transporte público, para los servicios convencionales y diferencial.

⁴² Para mayores referencias sobre el programa consultar este enlace < <https://www.software-shop.com/producto/@risk>>.

Resumen de supuestos de modelación:

Tabla 30. Resumen de Supuestos de Modelación

| <i>Estadísticos de resumen</i> | | | | | | | |
|--|---|--------|---------|----------|------------|--------|---------|
| Entrada | Gráficos | Mínimo | Máximo | Media | Desv. est. | 5% | 95% |
| Valor del tiempo (PYG) / Estático |  | 50,68% | 149,71% | 100,000% | 20,41% | 65,80% | 134,19% |
| largo de viaje (km) / Estático |  | 68,82% | 119,52% | 97,778% | 9,94% | 80,56% | 113,18% |
| Factor equivalencia auto/moto / Estático |  | 83,33% | 115,44% | 99,833% | 6,24% | 89,51% | 110,02% |
| Valor de la Vida Estadística (PYG) / Estático |  | 19,00% | 99,99% | 59,500% | 23,38% | 23,04% | 95,95% |
| Y_ida / (Y_ida + Y_vuelta) Fuera punta / Estático |  | 50,35% | 279,95% | 125,00% | 43,30% | 64,73% | 205,28% |
| Elasticidad precio demanda de bus - Gs / Estático |  | 32,27% | 167,83% | 100,00% | 26,46% | 56,49% | 143,49% |
| Elasticidad cruzada precio demanda auto / Estático |  | 27,56% | 119,88% | 90,000% | 17,32% | 57,87% | 114,10% |

Fuente: elaboración propia

Respecto al servicio convencional (Figura 32), el subsidio es socialmente rentable en el 97,9% por ciento de las instancias calculadas. En otras palabras, existe una probabilidad aproximadamente del dos por ciento de que el subsidio no sea socialmente rentable⁴³. Aún más, en el 52 por ciento de las instancias, el retorno social por guaraní invertido en subsidio es mayor a 1 (uno) (rentabilidad social superior al 100 por ciento) y en más del 15 por ciento de las instancias modeladas, el retorno social por guaraní de subsidio supera los dos guaraníes (rentabilidad social superior al 200 por ciento).

Respecto al servicio diferencial (Figura 33), los números son muy parecidos. El subsidio resulta ser socialmente rentable en el 95,8% por ciento de las instancias; arrojando una rentabilidad social superior al 100 por ciento en más del 40 por ciento de las instancias y superior al 200 por ciento en más del 9 por ciento de las instancias⁴⁴.

En base a los resultados del análisis de incertidumbre, concluimos que nuestra afirmación sobre la rentabilidad social positiva del subsidio a la tarifa del transporte público es *robusta estadísticamente*. La probabilidad de que la rentabilidad social del subsidio a la tarifa del transporte público sea negativa es pequeña y se debe principalmente a la incertidumbre sobre el valor de varias variables claves⁴⁵ sobre las que no se cuenta con una buena estimación local. La gran mayoría de los valores considerados en el análisis fueron transferidos de estimaciones realizadas para ciudades de otros países o determinadas en base a criterio de experto y, en consecuencia, se adoptaron amplios rangos de variación de estos valores para el análisis de incertidumbre, especialmente permitiendo la ocurrencia de valores negativos extremos. A pesar de ello, los resultados de la rentabilidad social del subsidio son notablemente favorables, en términos estadísticos.

⁴³ Dada la naturaleza estocástica del análisis de incertidumbre, en algunas instancias ocurre que varias variables, de manera simultánea, adoptan valores que generan un escenario negativo y, por lo tanto, se obtiene una rentabilidad negativa. Esto en parte se debe a que las funciones de distribución de las variables utilizadas en el análisis de Montecarlo son asimétricas, sesgadas hacia la izquierda, donde en algunos casos se priorizó asignar una probabilidad positiva a eventos extremos negativos. Donde ello es más evidente es en el rango de variación de las elasticidades precio cruzada de las demandas de automóvil y moto y en el valor de la vida estadística.

⁴⁴ A los ojos del lector puede resultar llamativo que la mediana de la rentabilidad para los servicios convencional y diferencial sea 1,05 y 0,83 respectivamente. Estos valores son inferiores a los valores puntuales reportados en este capítulo más arriba (1,6 y 1,2 para los servicios convencional y diferencial respectivamente). Ello se debe a que las funciones de distribución de las variables utilizadas en el análisis de Montecarlo son asimétricas, sesgadas hacia la izquierda, como se señala en la nota a pie 38.

⁴⁵ Con relación a variables sobre las que no se cuenta con información local, nos referimos a los costos externos por modo de transporte y a las elasticidades de demanda. Tampoco se dispone de valores locales para realizar un análisis de demanda por clase de usuario en función de sus ingresos. Por último, no existe un estimador local del costo marginal de los fondos públicos.

Figura 32. Resultados Análisis de Sensibilidad Rentabilidad Social del Subsidio, Servicios Convencionales de Buses

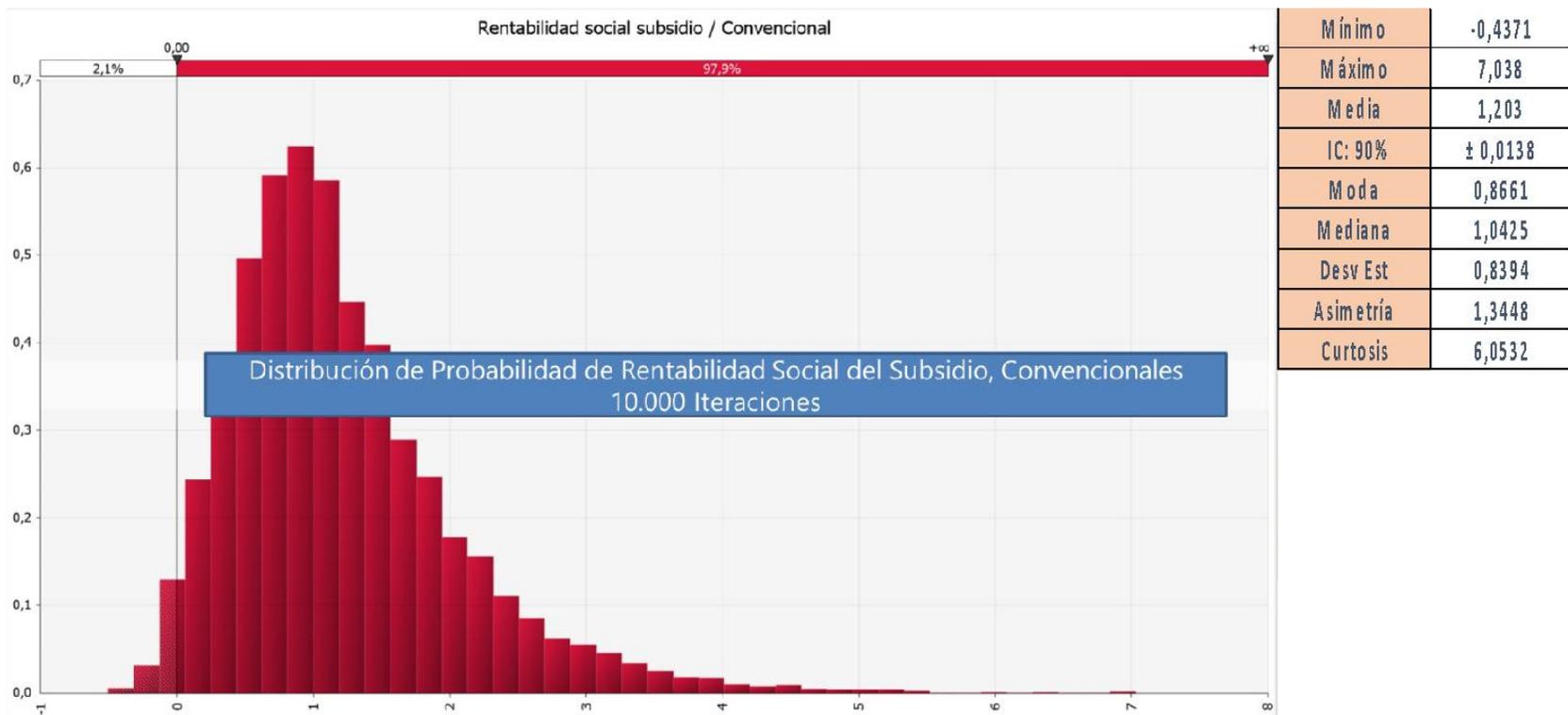
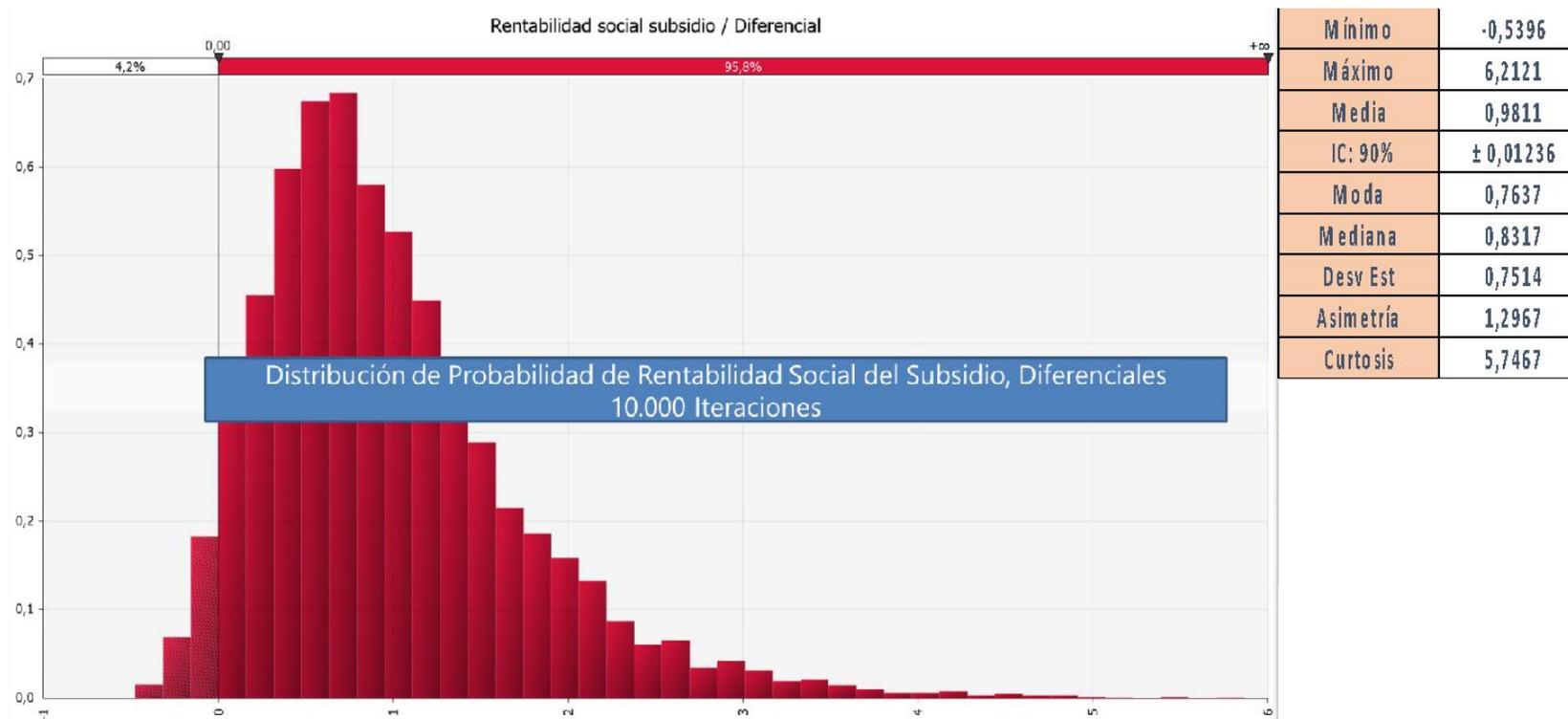


Figura 33. Resultado Análisis de Sensibilidad Rentabilidad Social del Subsidio, Servicios Diferenciales de Buses



5.5 Conclusiones

En base a los resultados expuestos en este capítulo 5, el subsidio a la tarifa del transporte público en su nivel actual presenta una rentabilidad social positiva tanto para servicios convencionales como diferenciales. El análisis de incertidumbre confirma también estos resultados, por lo que nuestra conclusión tiene alta robustez estadística.

Los altos valores de rentabilidad social que se obtienen sugieren que deberían realizarse estudios de perfil y/o prefactibilidad de proyectos de transporte público más ambiciosos a fin de lograr un mejor sistema de transporte público, que se convierta en una buena alternativa para amplios sectores de la población, especialmente para quienes hoy día hacen uso del automóvil o moto.

6. Metodología para el análisis de la sustentabilidad del subsidio a futuro con base en proyecciones de transporte y macroeconómicas

Para medir la sostenibilidad fiscal del subsidio al transporte público en un mediano plazo (de 10 años, considerando del 2022 al 2032), se estimará una proyección de la capacidad fiscal de largo plazo del presupuesto fiscal, considerando un porcentaje fijo de la cantidad de subsidio al transporte público por sobre el presupuesto fiscal total, y proyectando su comportamiento con las siguientes variables:

- Inflación anual
- Crecimiento real del precio de insumos
- Crecimiento del PIB anual
- Presupuesto público como porcentaje del PIB

6.1 Primera Parte, Estimación Determinística

Siguiendo con esta lógica, se debe calcular el tamaño la economía futura en términos nominales *PIBnominal*:

$$PIBnominal_{t+1} = PIB_t * (1 + TCrPIB_t\%)(1 + TCIPC_t\%)$$

Donde PIB_t es el PIB de un año t , que crece de manera nominal por su tasa de crecimiento real $TCrPIB_t\%$ y la tasa de crecimiento del IPC $TCIPC_t\%$.

O bien, para cualquier año (con referencia inicial PIB_0):

$$PIBnominal_t = PIB_0 * (1 + TCrPIB_t\%)^t(1 + TCIPC_t\%)^t$$

El tamaño del subsidio a la tarifa de transporte público dependerá de si la tarifa se reajusta o no en base a los costos del sector transporte (o bien, los reajustes reales de costos por sobre la inflación), por lo que se trabajarán tres escenarios:

- uno de tarifa constante sin reajuste por inflación,
- un segundo escenario de tarifa reajustada por inflación, pero no por crecimiento real de los insumos que componen el costo operacional, y finalmente,
- un escenario donde la tarifa se ajusta por crecimiento de los costos reales de los insumos e inflación.

Para ello, el subsidio a la tarifa se definirá como:

$$\text{Subsidio}_t = [CMe_0 * (1 + TCCMe\%)^t - P_t] * PAX_0(1 + TCPAX\%)^t$$

Nótese que el subsidio calculado considera la tasa de crecimiento nominal ajustada por crecimiento real de los insumos operacionales del transporte público $TCCMe\%$ en base al costo medio base del cálculo CMe_0 , y el número de pasajeros crece en base a la tasa histórica (que en general puede suponerse positiva o negativa, ya que en general el transporte público pierde pasajeros en el tiempo, y sólo puede compensarse con un mayor aumento del número de viajes).

6.2 Segunda Parte, Estimación Estocástica

Como una segunda parte del análisis de sostenibilidad fiscal del subsidio al transporte público, se realizarán simulaciones de Montecarlo, agregando variabilidad a las siguientes tasas:

- tasa de crecimiento del IPC $TCIPC_t\%$
- tasa de crecimiento del PIB $TCrPIB_t\%$
- tasa de crecimiento del número de pasajeros anuales $TCPAX\%$

Estas variables suelen estar disponibles en instrumentos oficiales de información pública, y se recomienda seleccionar una serie de datos suficientemente larga para poder calcular una media y una varianza de la serie de datos. En general, para la gran mayoría de los casos, una estimación basada en la tasa de crecimiento del PIB nacional será suficiente para estimar ingresos futuros.

Cabe mencionar que, para modelar estas tasas, la literatura recomienda el uso del Movimiento Browniano Geométrico, donde una variable S que crece según este proceso estocástico, sigue la siguiente propiedad, donde en base a un valor inicial S_0 , se puede obtener el valor en t años:

$$S_t = S_0 * (1 + \mu_s * \Delta t + \sigma_s \sqrt{\Delta t} * \varepsilon_t)$$

A este proceso, se le llama proceso de crecimiento geométrico browniano con tendencia. μ_s corresponde a la tasa de crecimiento de la variable, σ_s es la desviación estándar de la tasa de crecimiento de la variable, y ε_t es una variable de ruido blanco, es decir, que distribuye normal con media cero y varianza unitaria $N(0,1)$.

Respecto a la tasa de crecimiento de la demanda, se puede relacionar el PIB con la cantidad demanda, denotada por Q , mediante un parámetro de elasticidad ingreso denotado y definido según la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{\frac{\Delta Q_t}{Q_t}}{\frac{\Delta PIB_t}{PIB_t}}$$

Si es posible obtener datos históricos, se procede a estimar económicamente esta relación. Si no se cuenta con datos históricos, se asumirá una elasticidad ingreso igual a 1.

Luego se procede a analizar la dinámica que sigue el PIB. En el caso de Paraguay, al igual que en muchos países, el PIB sigue un proceso estocástico denominado Movimiento Browniano Geométrico (MBG). Este comportamiento estocástico se utilizará como base para las simulaciones de Monte Carlo.

Si el PIB sigue un MBG, su tasa de crecimiento viene dada por la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta PIB_t}{PIB_t} = \frac{PIB_{t+\Delta t} - PIB_t}{PIB_t} = \mu_{PIB}\Delta t + \sigma_{PIB}\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t$$

Donde: μ_{PIB} es la tasa de crecimiento promedio del PIB, σ_{PIB} es la desviación estándar del crecimiento, Δt la diferencia de tiempo que se quiere analizar y ε_t es la componente estocástica, dada por una variable aleatoria que se distribuye Normal con media cero y varianza 1 ($\varepsilon_t \sim N(0,1)$).

Combinando las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$\frac{\Delta Q_t}{Q_t} = \lambda\mu_{PIB}\Delta t + \lambda\sigma_{PIB}\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t$$

Finalmente, si se multiplica por el precio o tarifa del servicio, el cual se considera constante y está denotado por P , tanto en el numerador como en el denominador, se obtiene:

$$\frac{P\Delta Q_t}{PQ_t} = \frac{\Delta PQ_t}{PQ_t} = \frac{\Delta Y_t}{Y_t} = \lambda\mu_{PIB}\Delta t + \lambda\sigma_{PIB}\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t$$

Dónde: $Y_t = PQ_t$ son los ingresos del proyecto. Por lo tanto, se puede concluir que los ingresos siguen un MBG con tasa de crecimiento promedio igual a $\lambda\mu_{PIB}$ y desviación estándar de la tasa de crecimiento igual a $\lambda\sigma_{PIB}$.

De esto, podemos inferir los valores de las dos variables relevantes relativas al crecimiento de la demanda:

Tasa de crecimiento tendencial o determinística:

$$\frac{\Delta Y_t^i}{Y_t} = \delta_i^{j,t} = \lambda_i * \mu_{PIB} * \Delta t$$

Es decir, que $\delta_i^{j,t}$ corresponderá a la parte determinística de la proyección de demanda porcentual del servicio o tipo de usuario i (considerando solo μ_{PIB}). λ_i puede corresponder a la elasticidad demanda – PIB para el servicio o tipo de usuario i (por ejemplo, la tasa de crecimiento del flujo de camiones puede ser distinta a la de vehículos livianos en un

proyecto de transporte, ya que ambos crecimientos responden de manera distinta al crecimiento del PIB).

Tasa de crecimiento modelada o estocástica:

$$\frac{\Delta \widetilde{Y}_t^l}{Y_t} = \widetilde{\delta}_i^{j,t} = \lambda_i * \mu_{PIB} * \Delta t + \lambda_i \sigma_{PIB} \sqrt{\Delta t} \varepsilon_t$$

Es decir, que $\widetilde{\delta}_i^{j,t}$ corresponderá a la parte determinística ($\lambda_i * \mu_{PIB} * \Delta t$) más la parte estocástica ($\lambda_i \sigma_{PIB} \sqrt{\Delta t} \varepsilon_t$) de la proyección de demanda porcentual del servicio o tipo de usuario i (considerando solo μ_{PIB}).

En base a los experimentos aleatorios de cada una de las variables, con distintas instancias de ε_t independientes por año y por variable, se pueden obtener distintas trayectorias del nivel de subsidio por sobre el presupuesto, y de todas estas instancias que se generan, se puede obtener un perfil de probabilidad para cada año para el tamaño del subsidio sobre el presupuesto, y calcular los escenarios medios P50% (al percentil 50%) y escenarios de alto riesgo P95% (al percentil 95%). La diferencia entre los escenarios al P50% y P95% será el tamaño del riesgo asociado a un aumento del tamaño del subsidio en el tiempo.

Figura 34. Percentil 95% de los Datos Obtenidos



Fuente: Elaboración DICTUC

6.3 Aplicación de la metodología

6.3.1 Primera Parte: Aplicación Determinística

Primero, se debe obtener la tasa de crecimiento del PIB en términos constantes para Paraguay. Estos datos se calculan en base al crecimiento histórico observado, en datos del 2000 al 2021, los cuales se encuentran a precios constantes (sin inflación).

Tabla 31. Variación PIB a Precios Constantes

| Año | % cambio |
|------|----------|
| 2021 | 4,000% |
| 2020 | -0,800% |
| 2019 | -0,400% |
| 2018 | 3,200% |
| 2017 | 4,800% |
| 2016 | 4,300% |
| 2015 | 3,000% |
| 2014 | 5,300% |
| 2013 | 8,300% |
| 2012 | -0,700% |
| 2011 | 4,300% |
| 2010 | 11,100% |
| 2009 | -0,300% |
| 2008 | 6,500% |
| 2007 | 5,400% |
| 2006 | 4,800% |
| 2005 | 2,100% |
| 2004 | 4,100% |
| 2003 | 4,300% |
| 2002 | 0,000% |
| 2001 | -0,800% |
| 2000 | -2,300% |

Fuente: Anexo Estadístico del Banco Central, Informe BCP 3T/2022

Como se puede observar, la tasa de crecimiento del PIB a precios constantes es de 3,19% desde el 2000 al 2021. Para las estimaciones del modelo construido, se ha considerado utilizar el periodo 2009 al 2021, ya que coincide con el rango de información disponible para inflación del sector transporte, y la tasa correspondiente es del 3,55%. Esta última será la tasa de crecimiento del PIB para considerar en el largo plazo. No es necesario pensar en una tasa de crecimiento decreciente en el tiempo, ya que el país se encuentra aún en vías de desarrollo, por lo que no se debería esperar una convergencia de tasas en los próximos años.

Relativo a la tasa de crecimiento del IPC, se puede obtener tanto el IPC general de la economía como el IPC asociado a los insumos de transporte (la diferencia entre el IPC de transporte y el IPC general de la economía será el crecimiento real de los costos de los insumos de transporte).

Tabla 32. Variación IPC Anual para Economía General y Sector Transporte

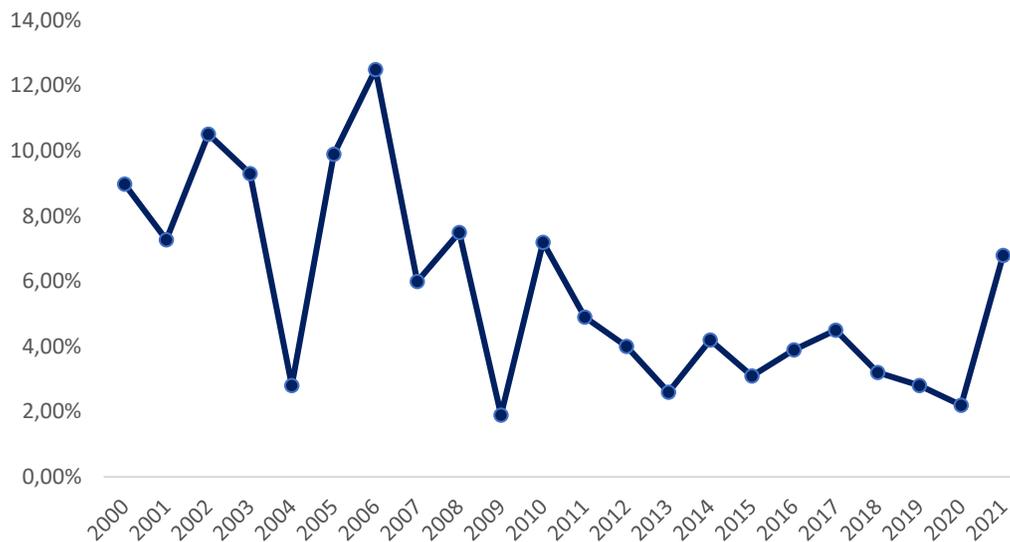
| Año | Inflación | Inflación transporte | Crecimiento real Insumos |
|------------|------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 2021 | 6,80% | 8,40% | 1,60% |
| 2020 | 2,20% | 4,40% | 2,20% |
| 2019 | 2,80% | 6,70% | 3,90% |
| 2018 | 3,20% | 2,90% | -0,30% |
| 2017 | 4,50% | 4,30% | -0,20% |
| 2016 | 3,90% | 2,20% | -1,70% |
| 2015 | 3,10% | 5,40% | 2,30% |
| 2014 | 4,20% | 7,80% | 3,60% |
| 2013 | 2,60% | 7,80% | 5,20% |
| 2012 | 4,00% | 6,80% | 2,80% |
| 2011 | 4,90% | 6,80% | 1,90% |
| 2010 | 7,20% | 2,00% | -5,20% |
| 2009 | 1,90% | 6,80% | 4,90% |
| 2008 | 7,50% | | |
| 2007 | 6,00% | | |
| 2006 | 12,50% | | |
| 2005 | 9,90% | | |
| 2004 | 2,80% | | |
| 2003 | 9,30% | | |
| 2002 | 10,51% | | |
| 2001 | 7,27% | | |
| 2000 | 8,98% | | |

Fuente: <https://www.bcp.gov.py/informe-de-inflacion-mensual-i362>

Los valores de inflación corresponden al anual acumulado a diciembre de cada año.

Para el promedio de la inflación interanual y para la inflación del sector transporte, se considera el periodo del 2009 al 2021, ya que los datos recopilados para esta última sólo se lograron validar para dicho periodo, a pesar de que para inflación en general si existe data más antigua. La inflación promedio en dicho periodo corresponde a un 3,95%, mientras que el promedio de crecimiento real de los insumos de transporte corresponde a un 1,62%.

Figura 35. Inflación Interanual (en porcentaje), para el periodo del 2000 al 2021



Fuente: elaboración propia

El otro dato que se requiere para la aplicación de la metodología y para los cálculos es el Gasto Público como porcentaje del PIB. Se han recogido los siguientes datos, del periodo 2006 al 2021:

Tabla 33. Gasto Público de la Administración Central como Porcentaje del PIB por Año

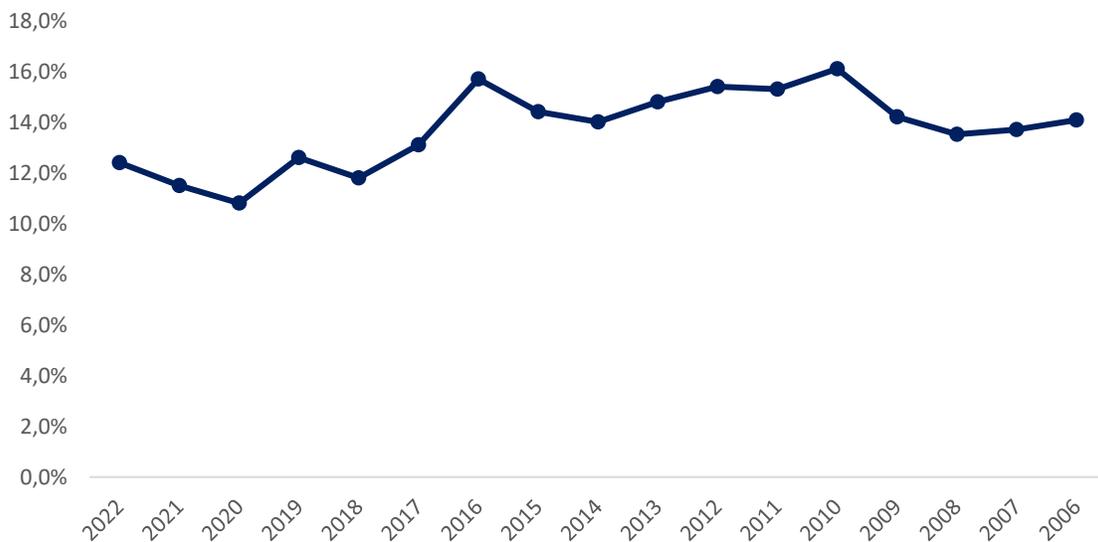
| Año | Gasto público (%PIB) |
|------|----------------------|
| 2022 | 14,08% |
| 2021 | 13,71% |
| 2020 | 13,52% |
| 2019 | 14,21% |
| 2018 | 16,10% |
| 2017 | 15,30% |
| 2016 | 15,40% |
| 2015 | 14,80% |
| 2014 | 14,00% |
| 2013 | 14,40% |
| 2012 | 15,70% |
| 2011 | 13,10% |
| 2010 | 11,80% |
| 2009 | 12,60% |
| 2008 | 10,80% |

| Año | Gasto público (%PIB) |
|------|----------------------|
| 2007 | 11,50% |
| 2006 | 12,40% |

Fuente: Anexo Estadístico del Informe Económico, Ministerio de Economía, fecha de 05/05/2023

Se puede observar un aumento constante del gasto público en porcentaje del PIB, desde un mínimo observado en 16 años de 10,80% (para el año 2008), un máximo de 16,10% (año 2018) y un valor más actual al 2022 del 14,08%. Por no tener información sobre la tendencia macroeconómica de los gobiernos futuros en términos de gasto fiscal, es que se supondrá que el porcentaje de 2022 se mantiene constante en el tiempo para efectos de las proyecciones, siendo este el dato relevante para el cálculo del modelo.

Figura 36. Gasto Público como Porcentaje del PIB



Fuente: elaboración propia

Finalmente, se requieren los costos medios de operación por pasajeros, la tarifa pagada, y la estimación de pasajeros anual.

El primer dato, relativo a los costos medios de operación, se obtienen de manera directa de las planillas de cálculo de la tarifa técnica proporcionada por el Consejo. Se usarán valores medios representativos del año (correspondientes al mes de mayo), con los siguientes valores:

- Costo Medio Convencionales: 0.57 USD/PAX
- Costo Medio Diferenciados: 0.74 USD/PAX

Relativo a las tarifas, estas se mantienen en los niveles definidos en las últimas versiones de los decretos de modificación de tarifa⁴⁶:

- Tarifa Convencionales: 0.32 USD/PAX (2.300 G./pax)
- Tarifa Diferenciados: 0.48 USD/PAX (3.400 G./pax)

Finalmente, el tamaño del subsidio en un año viene dado por la fórmula general:

$$Subsidio_t = [CMe_0 * (1 + TCCMe\%)^t - P_t] * PAX_0(1 + TCPAX\%)^t$$

En manera particular para un año, sumando los servicios convencionales y diferenciales, se puede obtener el subsidio total como:

$$Subsidio_t = [CMeC_t * -PC_t] * PAXC_t + [CMeD_t * -PD_t] * PAXD_t$$

En otras palabras, el subsidio en un año será la diferencia entre la tarifa técnica y la tarifa usuario multiplicado por la cantidad de pasajeros anuales, para los servicios convencionales (C) y diferenciados (D). La cantidad de pasajeros equivalentes diarios promedio del año de referencia, 2022, es de 315.000 pasajeros para servicios convencionales, y 315.000 pasajeros para servicios diferenciados (distribuidos en promedio 50% y 50%), con un total diario de 630.000 en promedio. Para esto, se consideran, de manera que este promedio sea válido, 300 días operativos equivalentes.

Los pasajeros de transporte público, por sobre su crecimiento tendencial poblacional y por PIB, tendrán un decrecimiento dado por el fenómeno de la disminución sistemática de la participación modal de transporte público, la que corresponde a un -0.88% anual⁴⁷.

De esta manera, se presenta a continuación la memoria de cálculo para la proyección del tamaño del subsidio en términos de:

- Tamaño total del subsidio en Millones de dólares a precios nominales o corrientes.
- Porcentaje del subsidio en el presupuesto público a precios nominales o corrientes.

⁴⁶ Último Decreto verificado N° 8873/23, corresponde a datos operativos al mes de Octubre 2022.

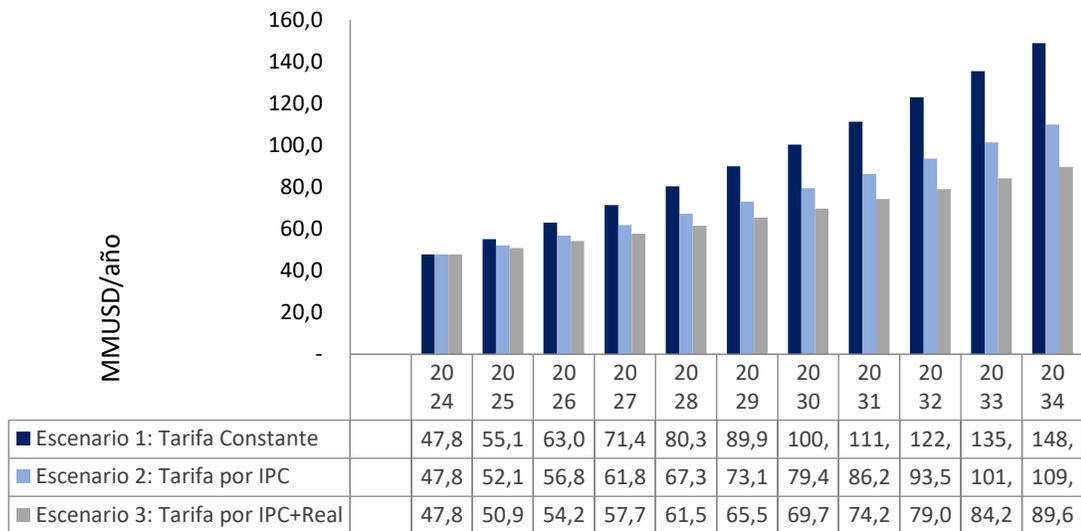
⁴⁷ <https://blogs.iadb.org/transporte/es/transporte-metrobus/> En este reporte se comenta que el transporte público pasó de un 64% de participación en 1988 al 52% en 2017, lo que equivale a una tasa de crecimiento interanual del -0,713%. Esto, considerando la tasa de crecimiento interanual de la población de 1,59% anual, resulta en la tasa de crecimiento de viajes del 0,88% mencionada.

Esto, para los tres escenarios definidos de política tarifaria, para el periodo de proyección del 2024 al 2034:

- **Escenario 1:** tarifa constante sin reajuste por inflación,
- **Escenario 2:** tarifa reajustada por inflación, pero no por crecimiento real de los insumos de transporte,
- **Escenario 3:** tarifa reajustada por inflación y por crecimiento real de los insumos de transporte.

De los cálculos anteriormente descritos, se puede observar el siguiente resultado macro (ver detalles del cálculo en Anexo 1):

Figura 37. Escenarios de desembolso anual proyectado para Subsidio (en MM USD)

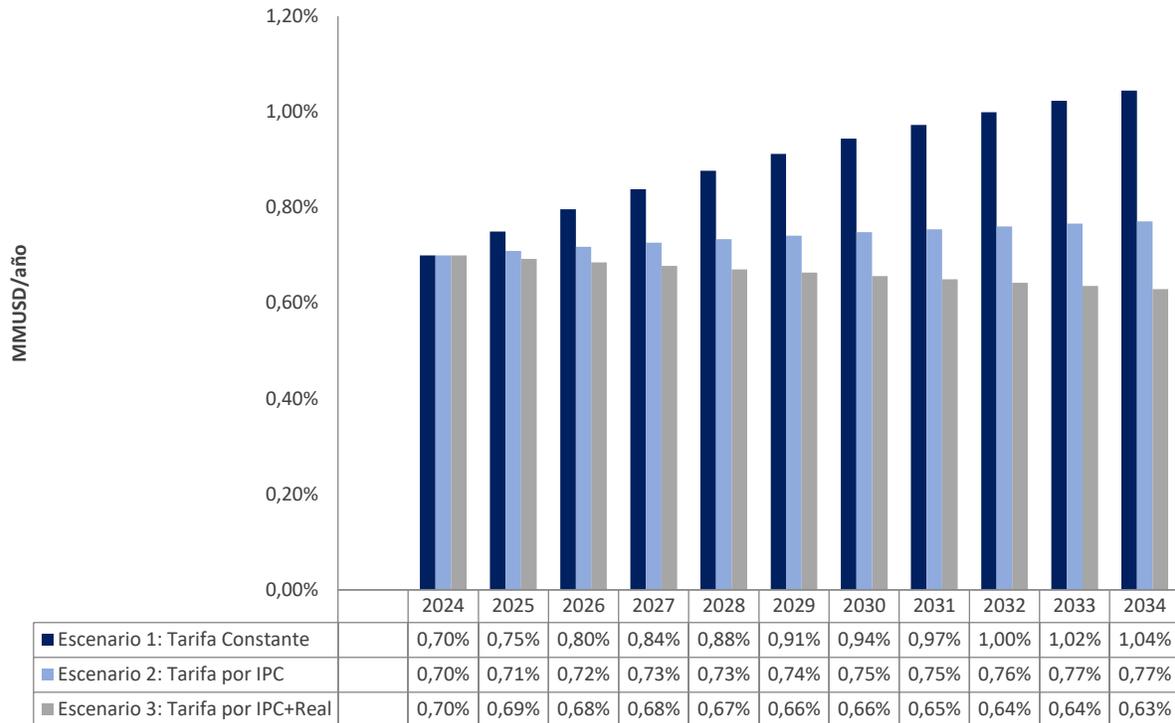


Fuente: Elaboración Propia, año base 2023, proyecciones del 2024 al 2034

Si la tarifa al usuario no se reajusta por IPC, y se mantiene constante en términos nominales, se ve un crecimiento exponencial del tamaño del subsidio, proyectándose desde los 47,8 Millones de dólares iniciales a 148,8 millones de dólares en términos nominales al 2034. Si la tarifa se reajusta por IPC o por el índice de crecimiento de los costos de los insumos de transporte, entonces el tamaño del subsidio en el último año disminuye a 109,9 o 89,6 Millones de dólares respectivamente. Debe considerarse que, si bien el subsidio aumenta en el tiempo en los tres escenarios, también lo hace el presupuesto fiscal disponible por aumento del PIB.

En términos del crecimiento del porcentaje dedicado a subsidios a tarifas de transporte público del área metropolitana de Asunción, se puede observar el siguiente resultado por escenario:

Figura 38. Escenarios de desembolso anual proyectado de Subsidio como % del Presupuesto Público



Fuente: Elaboración Propia, año base 2023, proyecciones del 2024 al 2034

En el caso que la tarifa no se reajuste, el subsidio pasaría a pesar hasta un 1,04% del presupuesto público en el año 2034. En los casos que la tarifa tenga los reajustes polinomiales correspondientes (por costos reales de transporte e IPC), entonces se puede ver como el porcentaje del presupuesto fiscal dedicado al subsidio puede decrecer (de 1,04% a 0,63%), principalmente por el efecto de aumento del PIB, lo que expande el presupuesto para otros usos. Si la tarifa sólo se reajusta por IPC, para el año 2034 el subsidio alcanza un 0,77% del PIB.

6.3.2 Segunda Parte, Aplicación Estocástica.

La aplicación estocástica se realizará sólo para el escenario de mayor riesgo fiscal, que es aquel donde la tarifa se “congela”, manteniéndose constante en un plazo de 10 años sin reajuste por costos de los insumos de transporte e inflación.

Para ello, se modelan las siguientes variables. Primero, relativo a la estocasticidad del PIB.

$$PIB_t = PIB_{2022} * (1 + \mu_{PIB}\Delta t + \sigma_{PIB}\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t)$$

$$PIB_t = PIB_{2022} * (1 + 3.56\%\Delta t + 3.57\%\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t)$$

Segundo, relativo a la estocasticidad de la Inflación (IPC%).

$$IPC\%_t = \mu_{IPC}\Delta t + \sigma_{IPC}\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t$$
$$IPC\%_t = 3.95\%\Delta t + 1.38\%\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t$$

Tercero, relativo a la estocasticidad de la Inflación de insumos de transporte (IPCT%).

$$IPCT\%_t = \mu_{IPCT}\Delta t + \sigma_{IPCT}\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t$$
$$IPCT\%_t = 5.56\%\Delta t + 2.11\%\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t$$

Finalmente, relativo a tasa de crecimiento de viajes (TC%).

$$TC\%_t = \mu_{TCPOB\%}\Delta t + \sigma_{TCPOB\%}\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t - 0.71\%$$
$$TC\%_t = 1.57\%\Delta t + 0.15\%\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t - 0.71\%$$

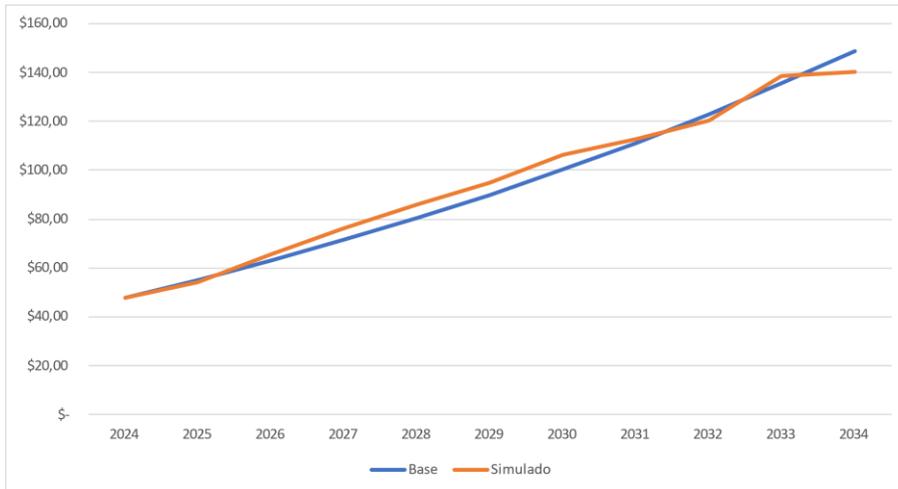
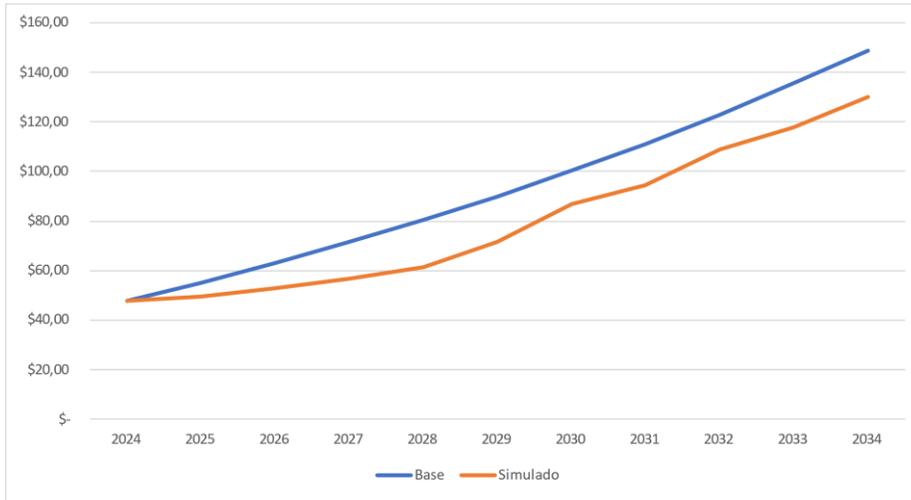
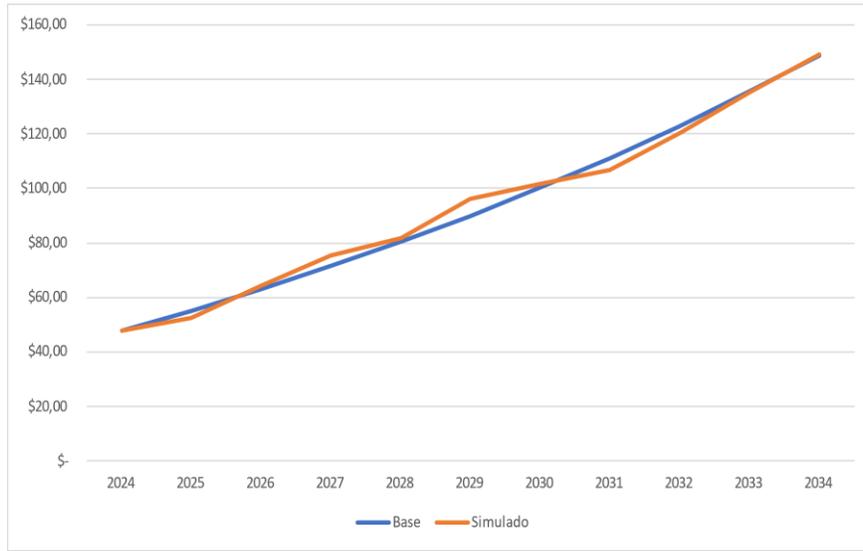
A continuación, se presenta el esquema de modelación utilizando el software @RISK (cuyo funcionamiento se ha explicado en el capítulo del cálculo de eficiencia económica del subsidio) para la determinación de los resultados. La variable de control o de salida, será la diferencia a suma simple entre los subsidios totales entregados en 10 años en su percentil 50% y en su percentil 95%, y el porcentaje del gasto público dedicado al subsidio, en su percentil 95%.

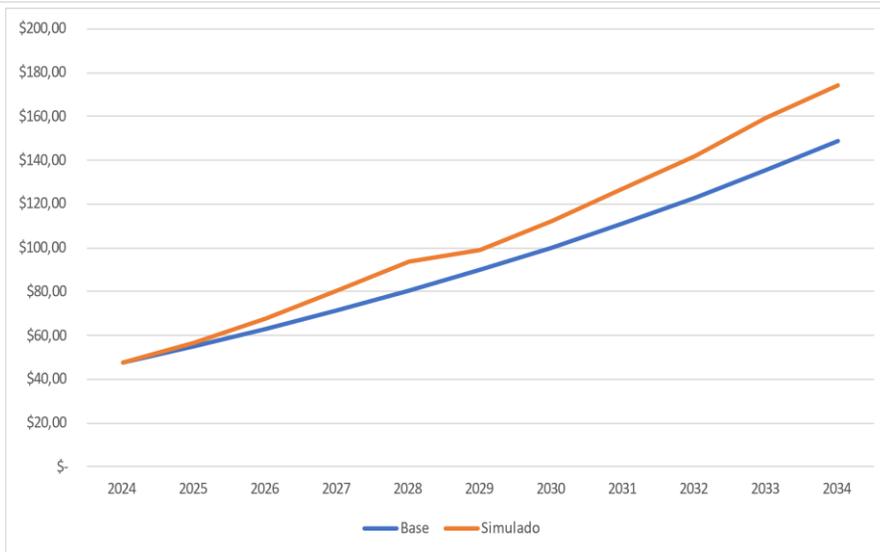
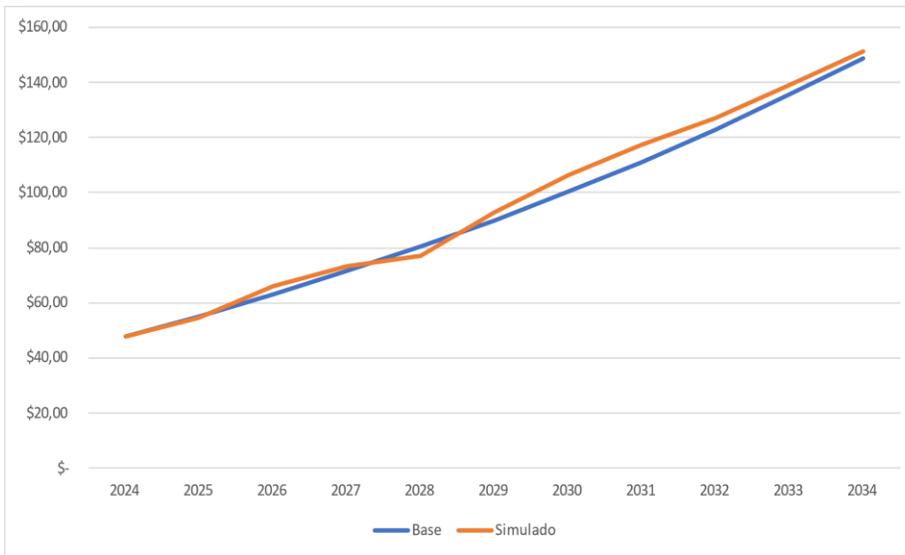
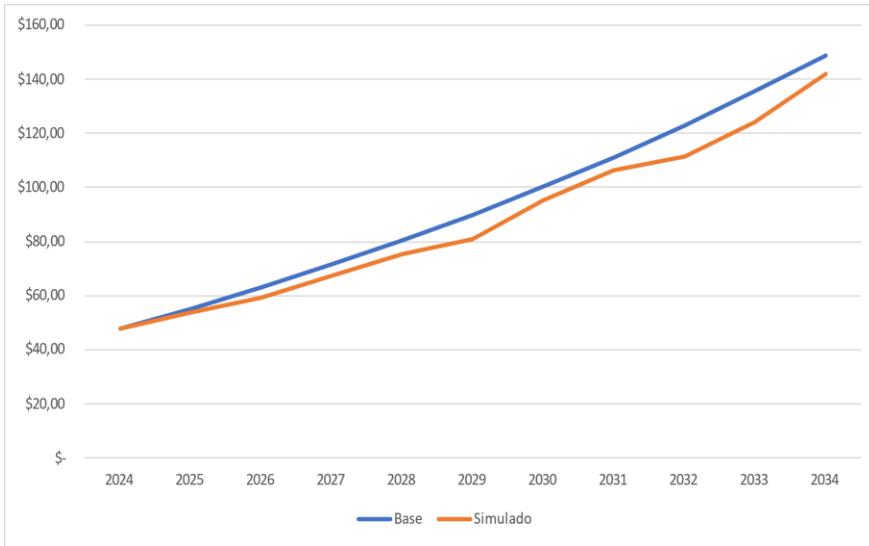
En el software, las celdas marcadas con azul son aquellas que representan una variable aleatoria Normal estándar $N(0,1)$, es decir, de media cero y varianza unitaria.

Se puede observar que en cada iteración del algoritmo de Montecarlo, se generan nuevos valores aleatorios de las variables $N(0,1)$, entregando distintas trayectorias de resultados. Los ejemplos se pueden revisar en el Anexo 2.

A modo de ejemplo, se muestran seis trayectorias simuladas (en naranja) comparando con la simulación tendencial (en azul). Como se puede observar, en algunos casos, las trayectorias de subsidio son mayores a lo esperado, y en otros casos, menores a lo esperado, en base a los crecimientos de costos reales y en base a los crecimientos del presupuesto disponible como porcentaje del PIB. En el experimento de Montecarlo, se generarán 10.000 instancias de trayectorias de subsidio, para obtener de esta manera una curva de distribución de probabilidad.

Figura 39. Ejemplos de Trayectorias Simuladas





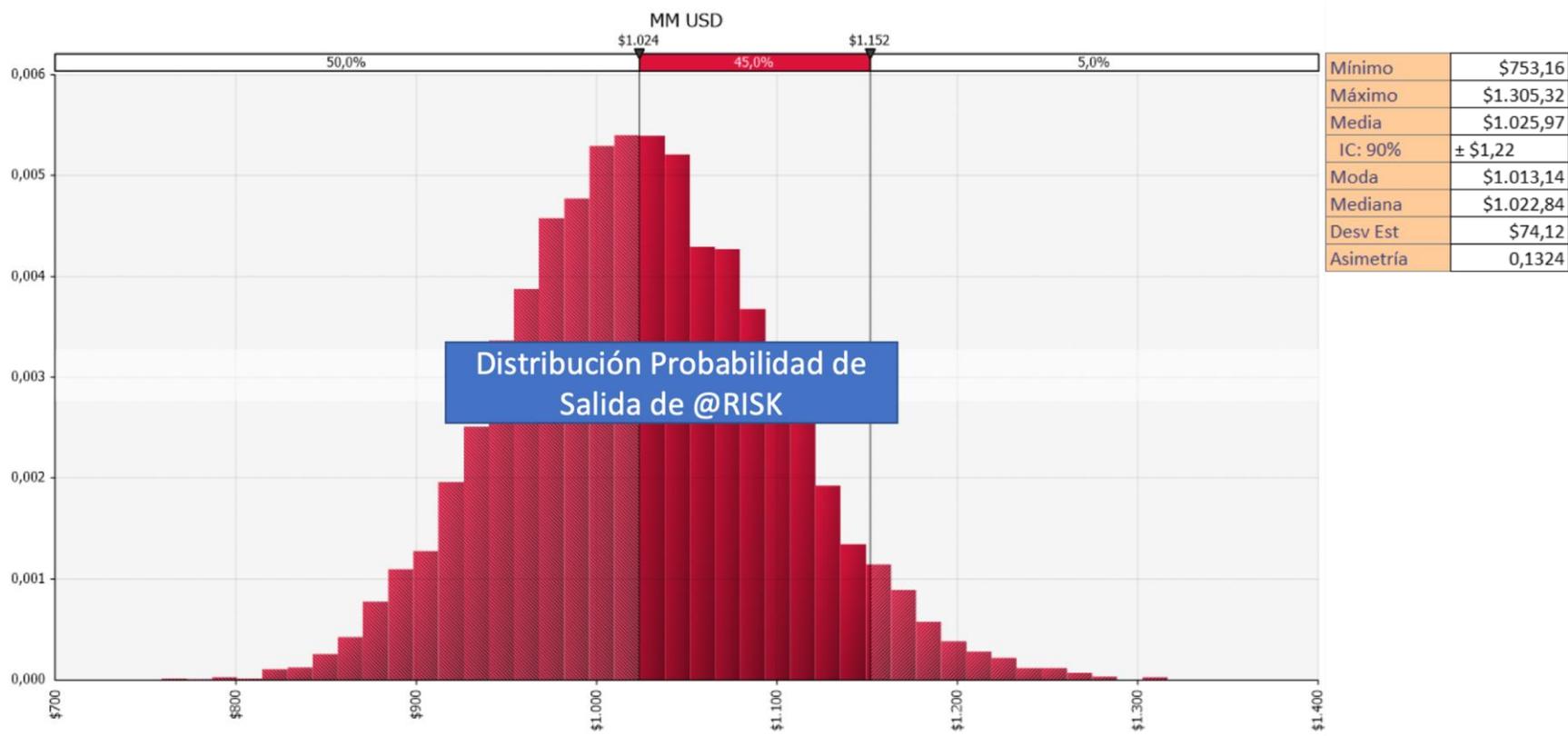
Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

El valor en riesgo de aumento del gasto del subsidio a 10 años se calcula como P95% - P50%.

- Valor en riesgo al Percentil 50%: \$1.024 Millones USD
- Valor en riesgo al Percentil 95%: \$1.152 Millones USD

Figura 40. Distribución de Salida del Experimento Aleatorio Aplicado con los Datos Macroeconómicos del Paraguay



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar, el valor total del subsidio, en un escenario de adversidad al riesgo (P95%), puede aumentar hasta los USD 1.152 Millones en el periodo de estudio, lo que representa un 12,3% adicional a lo estimado de manera determinística, o bien, de manera absoluta, un egreso del presupuesto fiscal acumulado de USD 126 Millones adicionales.

6.3.3 Conclusiones del análisis empírico de solvencia fiscal de largo plazo del subsidio al transporte público.

El mantener la tarifa actual “congelada” resulta extremadamente complejo desde el punto de vista fiscal, ya que el importe medio acumulado en 10 años de tal política es del orden de los USD 1.026 Millones, pudiendo llegar en un caso pesimista a USD 1.152 Millones.

En el caso de que la tarifa se reajuste sólo por IPC, entonces existe una reducción de USD 196,6 Millones en términos de egresos ficales de largo plazo, y si se reajusta por IPC y por costos reales de los insumos, se puede reducir la carga fiscal acumulada a 10 años en USD 291,7 Millones.

En vista a los resultados del análisis de beneficio social positivo de los subsidios en base al análisis realizado en el capítulo 5, con datos hasta el 2021, se recomienda al ente rector de presupuesto público tener en consideración que en el nivel de subsidio vigente resulta ser socialmente rentable, y debe considerar para la decisión de incremento de tarifa o ajuste por índice de precios del consumidor, que dicho aumento puede disminuir la demanda de buses o impactar económicamente a los sectores usuarios del transporte público en el modo bus, lo que no es deseable desde el punto de vista socioeconómico. Por tanto, la recomendación es a monitorear continuamente en el tiempo el indicador de eficiencia del subsidio descrito en este informe, y actualizar tarifas a la medida que sea un requisito fundamental desde el punto de vista de la gestión presupuestaria, o bien, los resultados futuras actualizaciones del indicador de eficiencia del subsidio arrojen un resultado contrario.

Respecto al impacto presupuestario de mantener el nivel de subsidio (el cual resulta estar en indicadores positivos de rentabilidad social bajo el análisis costo beneficio del capítulo 4), se infiere que una de las maneras de mejorar la efectividad del transporte público, en especial considerando el peso del efecto Mohring en el cálculo, es que será eficiente toda inversión en infraestructura que reduzca los tiempos de ciclo de los buses, aumentando velocidades comerciales, disminuyendo tiempos de espera y de viaje de los usuarios, haciendo más atractivo el modo.

La inversión en infraestructura de transporte público, como los corredores de buses, presenta numerosos beneficios para la sociedad en general. Uno de los beneficios más

importantes es la mejora en la movilidad urbana. Los corredores de buses permiten un transporte más rápido, seguro y eficiente, lo que se traduce en una mayor productividad y una mejor calidad de vida para los ciudadanos. Además, la inversión en infraestructura de transporte público también puede tener un impacto positivo en la economía local. Los corredores de buses pueden atraer nuevos negocios y desarrollo económico a las áreas que los rodean, lo que puede generar empleo y crecimiento económico.

Otro beneficio importante de la inversión en infraestructura de transporte público es la reducción de la contaminación y la mejora en la calidad del aire. Los corredores de buses permiten una menor cantidad de vehículos particulares en las carreteras, lo que reduce el dióxido de carbono y otros contaminantes en el aire.

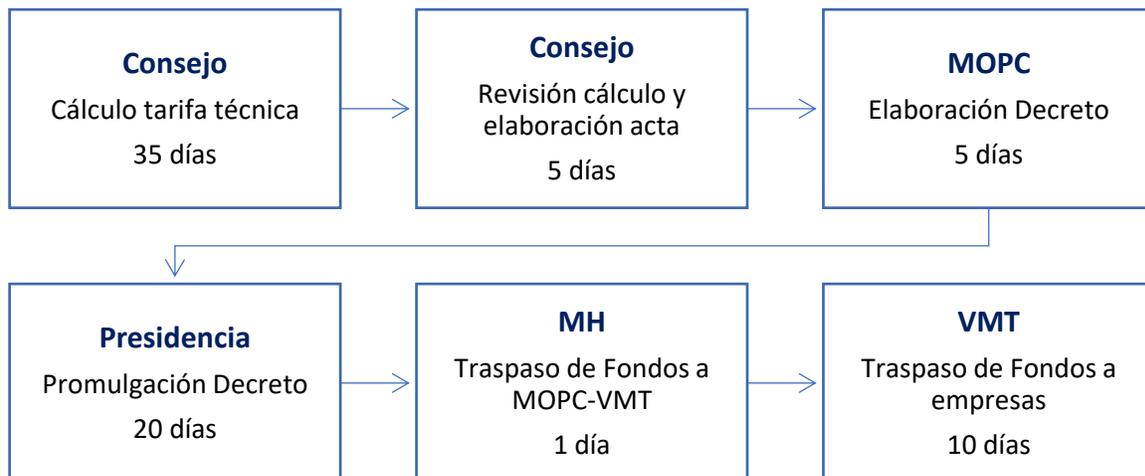
Sin embargo, a menudo existen limitaciones en la capacidad de financiamiento de proyectos de infraestructura con fondos públicos, lo que toma especial relevancia considerando el hecho de que siga existiendo un alto gasto en subsidios a la tarifa de transporte público (dado que es eficiente desde el punto de vista económico – social). En estos casos, se pueden utilizar los mecanismos de Asociación Público-Privada (APP) para aumentar la capacidad de financiamiento del proyecto. En una APP, el sector privado aporta capital y recursos, mientras que el sector público proporciona garantías y regulaciones para garantizar el cumplimiento de los objetivos sociales y ambientales del proyecto. En la sección siguiente se detalla cómo el uso de las alternativas de APPs puede ayudar en este aspecto.

7. Procedimiento para la Estimación y Traspaso del Subsidio al Transporte Público en el Área Metropolitana de Asunción

7.1 Descripción General del Procedimiento de Estimación y Traspaso del Subsidio

Para la determinación del proceso de pago de los subsidios se realizaron reuniones con representantes del Consejo Asesor de Tarifa para el Transporte Público de Pasajeros para el Área Metropolitana de Asunción (Consejo Asesor).

Figura 41. Diagrama de Flujo del Procedimiento de Estimación y Traspaso del Subsidio al Transporte Público en el Área Metropolitana de Asunción



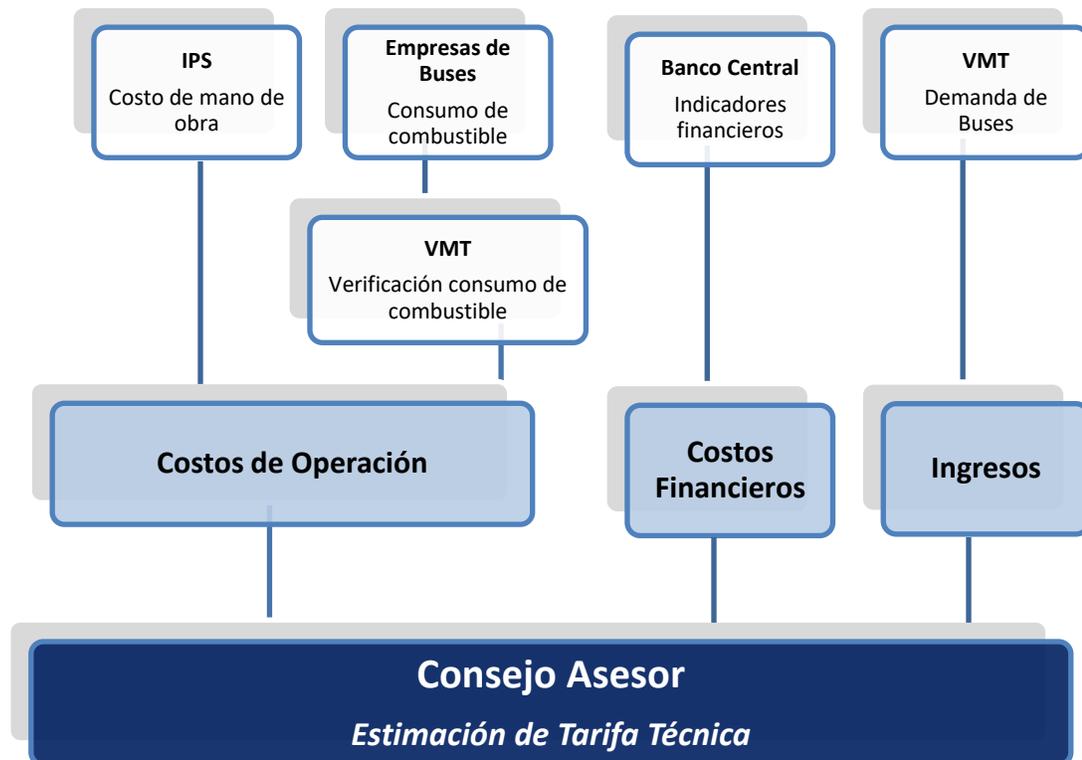
Fuente: elaboración propia

El procedimiento para el pago del subsidio a las empresas operadoras de transporte público en el área metropolitana de Asunción se resume a continuación (Figura 41):

1. El Consejo Asesor, recolecta la información necesaria para la estimación de los costos e ingresos de la operación del transporte público. Las fuentes de información son (Figura 42):
 - Ingresos: la información de ingresos se obtiene de los pasajeros transportados en el mes, cuya fuente es el sistema de billetaje electrónico, facilitado por el Viceministerio de Transporte. La información se genera desde los buses al momento de que el pasajero pasa la tarjeta por el

validador (valida el viaje) y posteriormente se registra en el sistema de información⁴⁸; ambos hechos quedan registrados en el sistema.

Figura 42. Diagrama de Flujo de Información para la Estimación del Subsidio.



Fuente: elaboración propia

- Costos de combustibles: se obtiene de las declaraciones juradas de los operadores de transporte público, las que son sistematizadas el Viceministerio de Transporte. Las declaraciones juradas de los operadores deben estar respaldadas por las respectivas facturas.
- Costos de mano de obra: esta información se obtiene del Instituto de Previsión Social (IPS), el que genera la información de salarios de los trabajadores formales.
- Indicadores financieros: Esta información es publicada por el Banco Central.

⁴⁸ Las validaciones son generadas a través de las empresas que administran las tarjetas (JAHA y MÁS), cuya información pasa posteriormente (no en tiempo real) a la base de datos del Sistema de Billetaje Electrónico, del VMT.

El proceso de recolección de información puede demorar 35 días. Si bien la mayoría de la información se reporta de manera oportuna, en lo que corresponde al costo de mano de obra, el IPS se demora en emitir la información.

2. El Consejo Asesor de Tarifa para el Transporte Público de Pasajeros para el Área Metropolitana de Asunción revisa el cálculo de la tarifa técnica y elabora el acta en que se fija esta tarifa. Este proceso se demora no más de cinco días.
3. Con el acta y antecedentes del cálculo, el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones elabora el borrador de Decreto que fija la tarifa técnica y la tarifa a público del transporte público. Esto no demora más de cinco días.
4. El borrador de Decreto pasa a la Presidencia del Paraguay para su firma y promulgación. Este proceso puede demorarse entre 15 y 20 días.
5. Una vez promulgado el Decreto que fija la tarifa y el subsidio, el Ministerio de Hacienda procede a transferir los fondos del subsidio al Viceministerio de Transportes (previa Solicitud de Transferencia de Recursos). Esto no demora más de dos días.
6. Finalmente, el Viceministerio de Transporte estima el subsidio para cada empresa de transporte y realiza el traspaso de los subsidios a estas empresas. Este proceso tiene una duración de 10 días, debido a que requiere procesar la información del billete electrónico.

En general, el proceso completo tiene una duración entre 60 y 75 días, llegando a veces a los 90 días. Existe un caso en que se llegó a un tiempo mayor a los cuatro meses, pero se reconoce como algo so excepcional.

7.2 Detección de Puntos Críticos en el Proceso

De la revisión del flujo del proceso, se observa que las mayores demoras se producen en la estimación de la tarifa técnica y en la promulgación del Decreto. Sobre la estimación de la tarifa técnica, de acuerdo con las reuniones sostenidas respecto a este tema, el principal “cuello de botella” se produce en la información que envía el IPS. El Viceministerio de Transporte envía la información de consumo de combustible de manera diligente, mientras que el Banco Central publica los indicadores financieros al principio de cada mes.

Una forma de resolver este “cuello de botella” es realizar la estimación del subsidio con información de meses anteriores de costo de mano de obra (por ejemplo, usar el promedio de los últimos tres meses); con ello, se puede disminuir el tiempo de espera de la información actualizada y producir un ahorro importante en los tiempos involucrados en el procedimiento de pago. En el caso que existan diferencias entre el promedio del costo de mano de obra y su valor real, lo que se reflejaría en una diferencia entre el subsidio pagado y el subsidio real que se debiera haber transferido, se puede generar una especie de cuenta corriente de los operadores, en que se registren estas diferencias y se descuentan o abonan, según sea el caso, en el mes siguiente.

El problema de una medida de este tipo es que, de acuerdo con lo revisado en las planillas de cálculo de la tarifa técnica, el costo de mano de obra presenta una gran variabilidad durante un año, incluso en meses consecutivos, lo que tiene un impacto importante en la estimación del subsidio, generándose diferencias significativas entre un mes y otro. Esto implica que utilizar un valor promedio es una fuente importante de desviación en el cálculo, lo que se traduce en grandes diferencias entre los subsidios estimados con el promedio del costo y los estimados con los costos reales informados por el IPS.

En este sentido, la medida de pago parcial que se utiliza actualmente es una medida adecuada para mitigar los efectos para las empresas operadoras de transporte público de los atrasos en los pagos del subsidio.

Con respecto al segundo punto crítico, para agilizar el proceso se podría formalizar la tarifa técnica y el subsidio por medio de una resolución del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones en reemplazo del Decreto de la Presidencia, lo que se puede hacer en un plazo menor a cinco días, produciendo un ahorro de tiempo entre 10 y 15 días.

De acuerdo con lo informado en las reuniones, esta medida ya está siendo considerada y se podría implementar próximamente.

8. Otros Aspectos Sobre Subsidios

8.1 Riesgo de la Demanda

Uno de los principales riesgos asociados a la operación del transporte público es la variabilidad de la demanda. Esto es particularmente relevante en sistemas subsidiados, en que el monto del subsidio depende de la demanda de los servicios de transporte público.

En este sentido, existen tres opciones de quien, estado o empresas, debe asumir el riesgo:

- a. El riesgo lo asume el estado.
- b. El riesgo lo asume el operador del servicio, enfrentando posibles disminuciones de demanda con una gestión eficiente de los servicios o la disminución de costos.
- c. El riesgo se asume por ambas partes.

En el caso que el riesgo lo asuman las empresas operadoras, se ha observado que en el largo plazo esto deriva en una degradación del servicio, debido a que una forma común de enfrentar la variabilidad de la demanda es mediante la reducción de costos, llegando al extremo de recortar el presupuesto de mantención y retardar la renovación de los vehículos.

Un ejemplo de lo anterior es el caso de Santiago de Chile entre los años 1992 y 2007, en que los servicios de buses eran concesionados por el estado a operadores privados, estableciéndose varias obligaciones, entre las que se destacan:

- Un estándar mínimo de los buses que podían operar en el área urbana.
- Una antigüedad máxima de diez años de los vehículos, lo que se podía prorrogar por dos años.
- La fijación de una tarifa máxima de cobro a pasajeros, la que se estimaba mediante la operación de una empresa eficiente (“empresa modelo”), con un nivel de demanda estimado.
- No se consideraban subsidios, debido a que la tarifa máxima se estimaba para que cubriera los costos de operación y de amortización de la inversión.

Después de unos años se observaba una degradación del servicio, con una baja tasa de renovación de buses y un deficiente mantenimiento de los buses.

Cuando el riesgo de la demanda lo asume el estado, tal como en el caso del transporte público en el Área Metropolitana de Asunción, se le asegura un nivel de ingresos a las empresas operadoras, lo que permite garantizar un nivel de servicio mínimo, en la medida que la estimación del subsidio (más los ingresos por tarifa) consideren cubrir los costos fijos y variables. Por otro lado, se debe tomar los resguardos de que el estado, en su rol de fijar

el subsidio, no sea capturado por los operadores de los servicios. Esto se puede producir por las asimetrías en la información de ingresos y costos de operación⁴⁹; en el caso de los ingresos, el riesgo de asimetría se mitiga con un sistema de pago electrónico; en el caso de los costos, esto se puede mitigar con un estricto control de la información, lo que puede tener un elevado costo de fiscalización, o mediante la simulación de operación de una empresa modelo.

En el caso de Asunción, analizado en este estudio, existen elementos para mitigar los efectos, como es el sistema de billeteo electrónico y los sistemas implementados para la información de costos.

Se considera que, en el caso particular del transporte público en el área metropolitana de Asunción, lo recomendable es que el riesgo de la demanda lo asuma el estado por medio del subsidio. En este caso, manteniendo un nivel de servicio adecuado (frecuencia de los servicios y estándar mínimo de los buses) y una tarifa fija, un aumento de la demanda implica una disminución del monto total del subsidio, mientras que una disminución de la demanda implica un aumento del subsidio; esto debido a que al fijar la frecuencia y el estándar de los buses, los costos operacionales del transporte público (variables y fijos) se mantienen dentro de un cierto rango, mientras que los ingresos del sistema depende directamente de la demanda.

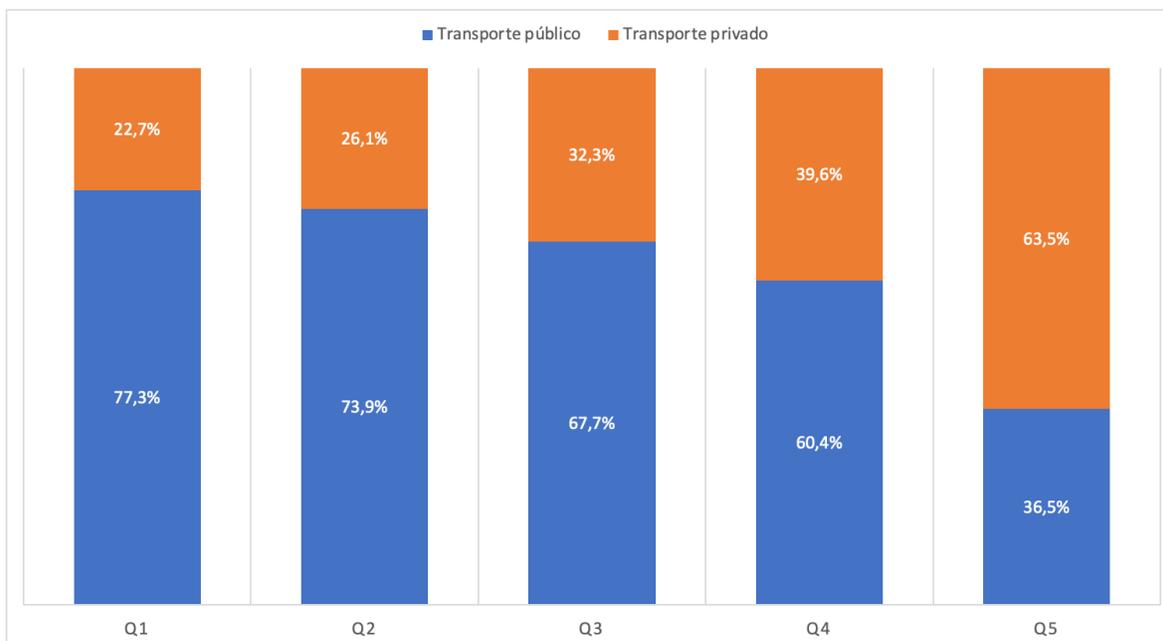
8.2 Beneficiarios del Subsidio al Transporte Público

La experiencia internacional muestra que los usuarios del transporte público se concentran en la población de menores ingresos los que, en gran número, no tienen acceso al automóvil. En este sentido, los principales beneficiarios de una política de subsidios al transporte público es la población de bajos ingresos.

En el caso del área metropolitana de Santiago de Chile, según la última encuesta origen destino de viajes del año 2012 (SECTRA 2014), a menor nivel de ingreso es mayor el uso del transporte público sobre el transporte privado. En la Figura 43 se aprecia que el primer quintil de ingresos realiza un 77% de sus viajes motorizados en transporte público; a medida que aumenta el ingreso, esta proporción va disminuyendo hasta llegar a solo un 36,5% en el último quintil.

⁴⁹ Esto se conoce como el problema del agente – principal.

Figura 43. Proporción de Viajes por Modo Motorizado según Quintil de Ingreso en Santiago (2012)



Fuente: elaboración propia en base a información de la EOD de Santiago 2012.

Otro caso es Montevideo (Uruguay) (Hernández, D. 2017), en que se estimó el porcentaje del gasto en transporte destinado al transporte público por quintil de ingreso. Mientras que en el primer quintil el uso mayoritario es del transporte público, al igual que en el caso anterior, a medida que aumenta el ingreso disminuye el uso del transporte público, aumentando el uso de transporte privado.

Tabla 34. Proporción del Gasto en Transporte Público sobre el Total del Gasto en Transporte del Hogar por Quintil de Ingreso en Montevideo

| Quintil | Proporción de gasto en transporte público sobre el total de gasto en transporte |
|---------|---|
| I | 64% |
| II | 56% |
| III | 42% |
| IV | 32% |
| V | 14% |

Fuente: Hernández, D. (2017)

En el caso del área metropolitana de Asunción, de acuerdo con la encuesta origen destino de viajes de 2021, el ingreso promedio de los usuarios de automóvil es de G 5 millones, para el caso de los conductores, y G 3,3 millones para el caso de los acompañantes, los usuarios de buses tienen un ingreso promedio de G 2,5 millones; a modo de referencia, el ingreso promedio de los encuestados en el área metropolitana es de G 3,2 millones.

Otro tema relacionado con lo expuesto es el porcentaje de ingreso que dedican los hogares de bajos ingresos en transporte. Mientras que en Montevideo se estima que un 29% del presupuesto de los hogares del primer quintil de ingreso se destina a movilidad (Hernández, D., 2017), en el caso de Santiago de Chile este porcentaje es de 45% (Moreno et al, 2021)⁵⁰

En resumen, las personas de bajos ingresos tienen una mayor dependencia del transporte público, por lo que son los principales beneficiados por una política de subsidios al transporte público del sistema.

⁵⁰ Este porcentaje no considera el efecto de la evasión en el pago del transporte público.

9. Conclusiones

A la luz de los análisis presentados en los capítulos anteriores, las conclusiones del estudio se pueden resumir en los siguientes puntos:

- El monto del subsidio ha tenido un aumento sostenido desde el 2015 al 2021, llegando a unos USD 17 millones (G 116 mil millones) en 2021.
- El índice de cobertura de la tarifa en el área metropolitana de Asunción, entendida como el porcentaje de los costos que es financiado por la tarifa pagada por los pasajeros, es de aproximadamente un 60% (56,4% en el caso de los servicios convencionales y 63,5% en los servicios diferenciales⁵¹). Este indicador está dentro de los márgenes observados en otros países, en un nivel similar que Seúl y más alto que el caso de Santiago de Chile y Sao Paulo.
- El subsidio a la tarifa del transporte público en el Área Metropolitana de Asunción tiene una rentabilidad positiva, estimado a partir de un análisis microeconómico. El análisis considera los beneficios que genera el subsidio a la tarifa del transporte público por economías de escala (efecto Mohring) y por beneficios por descongestión y ambientales (contaminación local, ruidos, accidentes viales y emisiones de CO2). Estos últimos beneficios se originan por el traspaso de usuarios de automóvil y motocicleta al modo bus, por el menor precio del transporte público. Un elemento clave en el cálculo de este beneficio es la elasticidad de la demanda de los modos automóvil y motocicleta con respecto al precio o tarifa del bus. El efecto Mohring es el beneficio que genera un pasajero adicional que lleva a un aumento de la frecuencia y esta alza de frecuencia disminuye los tiempos de espera todos los usuarios del transporte público.
- El análisis anterior incluyó, de manera ad hoc, el posible beneficio por equidad asociado a la tarifa del transporte público. Para ello se supuso que la estructura de impuestos en Paraguay es tal que la recaudación impositiva recae de manera principal en personas de mayores ingresos económicos en relación a los ingresos de los usuarios del transporte público metropolitano. El análisis también consideró el costo marginal de los fondos públicos generados por las distorsiones de precios (precio al consumidor versus precio al productor) que genera todo impuesto.

⁵¹ Mes de referencia: mayo 2022. En octubre estos porcentajes son de 53,3% para los servicios convencionales y 60,3% para los servicios diferenciales.

- El nivel de rentabilidad social estimado es del orden de 160 por ciento para los servicios convencionales y 130 por ciento para los servicios diferenciales, en valor puntual. Este valor es alto comparado con cifras observadas en la literatura. La explicación al respecto es el bajo nivel de inversión en infraestructura de transporte público, lo que lo obliga a operar en condiciones de tráfico mixto, sin ningún tipo de prioridad. La consecuencia de ello es una baja velocidad de circulación, el aumento en los tiempos de ciclo, las menores frecuencias y el deterioro del nivel de servicio.
- El análisis de incertidumbre, que varía de manera simultánea todos los parámetros según su función de distribución, arroja una rentabilidad social positiva en el 97,9 % de las simulaciones realizadas en el caso del servicio convencional y en el 95,8 %, en el caso del servicio diferencial. Por lo tanto, los resultados obtenidos en este estudio sobre la rentabilidad social positiva de la tarifa del transporte público son robustos estadísticamente.
- La mayor dificultad que se enfrentó para realizar este análisis es la falta de información local sobre varios parámetros claves, entre ellos los valores de elasticidad mencionados anteriormente. Para subsanar esta carencia, se recurrió a información disponible en la literatura y a valores estimados para el Área Metropolitana de Santiago de Chile, adaptándolos a Asunción. En la medida que se realizan estudios locales de demanda de transporte, estos valores transferidos podrán ser reemplazados por valores locales, lo que permitirá afinar los cálculos realizados.
- En base a un análisis de sostenibilidad fiscal, mantener la tarifa actual “congelada” en el tiempo resulta extremadamente complejo desde el punto de vista fiscal, ya que el importe medio acumulado en 10 años de tal política es del orden de los USD 1.026 Millones, pudiendo llegar en un caso pesimista a USD 1.152 Millones. En el caso de que la tarifa se reajuste sólo por IPC, entonces existe una reducción de USD 196,6 Millones en términos de egresos fiscales de largo plazo, y si se reajusta por IPC y por costos reales de los insumos, se puede reducir la carga fiscal acumulada a 10 años en USD 291,7 Millones.
- Una de las maneras de mejorar el nivel de servicio del transporte público es realizando inversiones que permitan el aumento de las velocidades comerciales, y disminución de tiempos de viaje y espera de los usuarios del transporte público. Dentro de estas medidas se encuentra la implementación de infraestructura

especializada para buses, como corredores segregados tipo BRT o la implementación de modos de transporte masivos, como trenes de cercanía o metro.

- La experiencia en países latinoamericanos muestra que los principales usuarios de transporte público, y por consecuencia los principales beneficiarios de un subsidio a este modo, son las personas de menores ingresos. Los números preliminares de la encuesta de viajes del área metropolitana de Asunción muestra que su realidad no es diferente a otros casos en Sudamérica.

En resumen, desde la perspectiva del análisis de eficiencia, se concluye que el subsidio a la tarifa del transporte público es altamente rentable. Los altos valores de rentabilidad social sugieren la relevancia de conducir estudios de perfil y/o prefactibilidad para estudiar proyectos ambiciosos de mejora al transporte público como sistemas BRT, trenes de cercanía o metro.

10. Recomendaciones

Del análisis de los resultados y conclusiones del presente estudio, surgen algunas recomendaciones que se detallan a continuación:

- Dado los resultados de la evaluación, es recomendable mantener la política pública de subsidiar la tarifa del transporte público en el área metropolitana de Asunción. Este subsidio contribuye a disminuir las externalidades de congestión, accidentes, ruido y emisiones. Además, permite acceder a los servicios de transporte a sectores de la población sin alternativas de viaje.
- El análisis de rentabilidad social del subsidio a la tarifa del transporte público del Área Metropolitana de Asunción debe ser actualizado frecuentemente con la metodología descrita en este informe. El indicador de eficiencia del subsidio debería constituir un elemento adicional de análisis por parte del Consejo Asesor de Tarifa para el Transporte Público de Pasajeros para el Área Metropolitana de Asunción, en el establecimiento de la tarifa técnica y de la tarifa a usuarios.
- El transporte público en el Área Metropolitana de Asunción opera en condiciones de tráfico mixto sin ningún tipo de prioridad. Ello contribuye negativamente a la calidad del servicio. Para volver competitivo al transporte público y mejorar la calidad del servicio es necesario realizar inversiones que permitan mejorar las velocidades comerciales, cumplimiento de frecuencias y confiabilidad de los servicios. Dentro de las iniciativas a considerar se encuentran la implementación de infraestructura especializada para buses, como corredores segregados tipo BRT; también, con un nivel mayor de inversión, se pueden desarrollar proyectos de modos de transporte masivos, como trenes de cercanía o metro.
- Los proyectos mencionados en el punto anterior pueden ser desarrollados directamente por el estado, pero también existe la opción, utilizada en varios países de América y Europa, de desarrollar este tipo de infraestructura mediante alianzas público-privadas (APP). Al respecto, en el anexo 3 se entrega un mayor detalle sobre el uso de la APP para el desarrollo e infraestructura de transporte público.
- Una alternativa menos onerosa es adaptar la infraestructura actual, dando preferencia al transporte público mediante pistas “Solo Bus”. La experiencia en otros países, como el caso de algunas ciudades de Estados Unidos y el caso de Santiago de Chile, es que este tipo de medidas debe ir acompañado de sistemas eficientes de

fiscalización y sanción, como la utilización de cámaras y sistemas de posicionamiento (GPS).

- Aprovechando el sistema de billetaje electrónico, se puede utilizar la información recolectada para realizar una fiscalización *ex post* del cumplimiento de itinerarios. El sistema genera información georreferenciada al momento que el pasajero realiza la validación de su viaje, la que posteriormente es enviada al sistema de información donde queda registrada. Entre otros, se cuenta con la hora de validación, la hora de recepción de la información, el punto en que se realizó la transacción, el vehículo en que se realiza el viaje y el identificador de la tarjeta con que se realizó la transacción. Con esta información se podrían realizar los siguientes controles *ex post*:
 - Cumplimiento del recorrido establecido para el bus, detectando si se producen cambios no autorizados o recortes del trazado.
 - Cumplimiento de frecuencia, verificando que los buses realicen el recorrido completo a fin de evitar que los buses salgan de su terminal solo a cumplir frecuencia.
 - Uso correcto de la tarjeta, verificando que no se produzca una utilización inusual.

- Una medida para mejorar el nivel de servicio del sistema de buses es el desarrollo de aplicaciones que permitan a los usuarios verificar los tiempos de espera en paraderos. Sin embargo, el hecho que los validadores no transmitan de forma inmediata la información al sistema, no permite el desarrollo de aplicaciones. Esto se podría hacer en la medida que los buses cuenten con un sistema GPS que transmita información de posicionamiento de manera inmediata, permitiendo conocer la distancia y tiempo en que está el bus de un punto específico (por ejemplo, paradero). Estas aplicaciones pueden ser especialmente valiosas en horarios nocturnos donde las frecuencias son muy bajas, tal que los usuarios puedan arribar a las paradas de buses de manera oportuna y no deban incurrir en excesivos tiempos de espera en estas.

- La implementación de un sistema de posicionamiento en los buses permitiría también realizar una fiscalización en tiempo real y detectar si es que el vehículo tiene algún problema cuando los tiempos de detención superen lo esperado. Para ello, la información debe poder ser accedida en tiempo real por la autoridad de transporte.

- Sobre el procedimiento para la estimación y traspaso del subsidio a los operadores, se sugiere analizar la implementación de algunos cambios en el proceso, que permita reducir los tiempos para el traspaso del subsidio, los cuales son:
 - Realizar la estimación del subsidio utilizando el promedio de los últimos tres meses con información, en vez de utilizar la información del mes vigente, con lo que se puede disminuir los tiempos involucrados en el procedimiento de pago a los operadores. Para solventar el problema de que existan diferencias entre el promedio del costo de mano de obra y su valor real, lo que se reflejaría en una diferencia entre el subsidio pagado y el subsidio real que se debiera haber transferido, se puede generar una “cuenta corriente” de los operadores, en que se registren estas diferencias y se descuentan o abonan, según sea el caso, en el mes siguiente.
 - Formalizar el cálculo de la tarifa técnica y el subsidio mediante una resolución del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones en reemplazo del Decreto de la Presidencia, produciendo un ahorro de tiempo entre 10 y 15 días.

- Con la información que se genera para determinar la tarifa técnica y la que entrega el sistema de billetaje electrónico, a futuro se pueden generar indicadores de cumplimiento de niveles de servicio, así como indicadores que permitan medir la eficiencia del subsidio.

8. Bibliografía

Basso, L. y Silva, H. (2014) Efficiency and substitutability of transit subsidies and other urban transport policies. *American Economic Journal: Econ. Policy* 6, 1–33.

Jansson, J.O. (1994) Accident externality charges. *Journal of Transport Economics and Policy* 28, 31-43.

Hernández, D. (2017). Transporte público, bienestar y desigualdad: cobertura y capacidad de pago en la ciudad de Montevideo. *Revista de la CEPAL N° 122*, Agosto de 2017

Lindberg, G. (2001) Traffic insurance and accident externality charges. *Journal of Transport Economics and Policy* 35, 399-416.

Litman, T. (2022 a) Evaluating Public Transit Benefits and Costs. *Best Practices Guidebook*. Victoria Transpor Policy Institute.

Litman, T. (2022 b) Understanding Transport Demands and Elasticities. How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior. Victoria Transpor Policy Institute.

MDSF, Ministerio de Desarrollo Social y Familia (2022) Informe Precios Sociales 2022. Accedido el 21-12.22, https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjZiqmi34r8AhX3ILkGHb4GCRwQFnoECBUQAQ&url=http%3A%2F%2Fsni.gov.cl%2Fstorage%2Fdocs%2FPrecios_Sociales_Vigentes.pdf&usg=AOvVaw2PKtHy5KxvUptSRJIGtF34.

Mohring, H. (1972) Optimization and Scale Economies in Urban Bus Transportation. *American Economic Review* 62, 4, 591-604.

Moreno, D., Figueroa, O., & Gurdon, C. (2021). Desigualdades urbanas: costos y tiempos de viaje en el Área Metropolitana de Santiago. *Revista INVI*, 36(102), Agosto de 2021

Parry, I. y Small, K. (2009) Should urban transit subsidies be reduced? *American Economic Review* 99, 3, 700–724.

Pavón, N. y Rizzi, L.I. (2019) Road infrastructure and public bus transport service provision under different funding schemes: A simulation analysis. *Transportation Research Part A* 125, 89 - 105.

Rizzi, L.I. y De la Maza, C. (2017) The external costs of private versus public road transport in the Metropolitan area of Santiago, Chile. *Transportation Research Part A* 98, 123 - 140.

SECTRA, Secretaría de Planificación de Transportes (2014), Encuesta Origen Destido de Viajes en Hogares, Santiago 2012.

Serebrisky, T., Gomez-Lobo, A., Estupiñan, N. y Muñoz-Raskin, R. (2007) Affordability and Subsidies in Public Urban Transport: What Do We Mean, What Can Be Done? *Transport Policy* 29, 715-739.

Small, K. y Verhoef, E. (2007) *The Economics of Urban Transportation*. Routledge, London

9. Anexos

Anexo 1: Tablas detalladas de cálculo de sostenibilidad fiscal

Tabla 35. Proyección del Subsidio en Escenario de Tarifa Constante en Términos Reales

| Escenario 1: Tarifa Constante | | | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 |
|-------------------------------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | | Unidad | | | | | | | | | | | | | |
| PIB a precios Constantes 2022 | \$ 41.861 | MM USD | | | | | | | | | | | | | |
| TC PIB | | % | | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% |
| PIB a precios Constantes | | MM USD | | \$ 43.345 | \$ 44.883 | \$ 46.474 | \$ 48.122 | \$ 49.829 | \$ 51.596 | \$ 53.425 | \$ 55.320 | \$ 57.282 | \$ 59.313 | \$ 61.416 | \$ 63.594 |
| Inflación | | % | | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% |
| IPC | | # | 1,0000 | 1,0395 | 1,0805 | 1,1231 | 1,1674 | 1,2135 | 1,2614 | 1,3112 | 1,3629 | 1,4167 | 1,4726 | 1,5307 | 1,5911 |
| PIB a precios Nominales | | MM USD | \$ 41.861 | \$ 45.056 | \$ 48.495 | \$ 52.196 | \$ 56.180 | \$ 60.467 | \$ 65.082 | \$ 70.050 | \$ 75.396 | \$ 81.150 | \$ 87.344 | \$ 94.010 | \$ 101.186 |
| % PPT Público/PIB | 14,08% | | | | | | | | | | | | | | |
| PPT Público | | MM USD | \$ 5.896 | \$ 6.346 | \$ 6.830 | \$ 7.351 | \$ 7.913 | \$ 8.516 | \$ 9.166 | \$ 9.866 | \$ 10.619 | \$ 11.429 | \$ 12.302 | \$ 13.241 | \$ 14.251 |
| TC Partición Modal | | % | -0,713% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% |
| TC Población | | % | 1,596% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% |
| TC Viajes TTE Público | | % | 0,883% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% |
| Tarifa Técnica Convencional | 0,5659 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Técnica Diferencial | 0,7378 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| IPC Transporte | | % | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% |
| Tarifa Técnica Convencional | | USD | | | 0,57 | 0,60 | 0,63 | 0,67 | 0,70 | 0,74 | 0,78 | 0,83 | 0,87 | 0,92 | 0,97 |
| Tarifa Técnica Diferencial | | USD | | | 0,74 | 0,78 | 0,82 | 0,87 | 0,92 | 0,97 | 1,02 | 1,08 | 1,14 | 1,20 | 1,27 |
| PAX 2022/día Convencional | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| PAX 2022/día Diferencial | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| Millones de PAX año Conv | | MM PAX | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Millones de PAX año Dif | | MM PAX | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Tarifa Usuario Convencional | 0,322 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Diferencial | 0,476 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Convencional | | USD | | | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 |
| Tarifa Usuario Diferencial | | USD | | | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 |
| Subsidio Convencional | | MM USD | | \$ 23,05 | \$ 26,25 | \$ 29,68 | \$ 33,34 | \$ 37,26 | \$ 41,45 | \$ 45,92 | \$ 50,71 | \$ 55,81 | \$ 61,27 | \$ 67,10 | |
| Subsidio Diferencial | | MM USD | | \$ 24,74 | \$ 28,87 | \$ 33,29 | \$ 38,02 | \$ 43,08 | \$ 48,49 | \$ 54,28 | \$ 60,46 | \$ 67,07 | \$ 74,14 | \$ 81,68 | |
| Subsidio Total | | MM USD | | \$ 47,79 | \$ 55,12 | \$ 62,97 | \$ 71,36 | \$ 80,34 | \$ 89,94 | \$ 100,20 | \$ 111,17 | \$ 122,89 | \$ 135,41 | \$ 148,78 | |
| % del PPTO Público | | % | | 0,700% | 0,750% | 0,796% | 0,838% | 0,876% | 0,912% | 0,944% | 0,973% | 0,999% | 1,023% | 1,044% | |
| % Crecimiento del Subsidio | | % | | | 7,17% | 6,14% | 5,30% | 4,60% | 4,01% | 3,51% | 3,08% | 2,70% | 2,37% | 2,08% | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36. Proyección del Subsidio en Escenario de Tarifa Constante en Términos Nominales

| Escenario 2: Tarifa por IPC | | Unidad | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 |
|-------------------------------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| PIB a precios Constantes 2022 | \$ 41.861 | MM USD | | | | | | | | | | | | | |
| TC PIB | | % | | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% |
| PIB a precios Constantes | | MM USD | \$ 43.345 | \$ 44.883 | \$ 46.474 | \$ 48.122 | \$ 49.829 | \$ 51.596 | \$ 53.425 | \$ 55.320 | \$ 57.282 | \$ 59.313 | \$ 61.416 | \$ 63.594 | |
| Inflación | | % | | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% |
| IPC | | # | 1,0000 | 1,0395 | 1,0805 | 1,1231 | 1,1674 | 1,2135 | 1,2614 | 1,3112 | 1,3629 | 1,4167 | 1,4726 | 1,5307 | 1,5911 |
| PIB a precios Nominales | | MM USD | \$ 41.861 | \$ 45.056 | \$ 48.495 | \$ 52.196 | \$ 56.180 | \$ 60.467 | \$ 65.082 | \$ 70.050 | \$ 75.396 | \$ 81.150 | \$ 87.344 | \$ 94.010 | \$ 101.186 |
| % PPT Público/PIB | 14,08% | | | | | | | | | | | | | | |
| PPT Público | | MM USD | \$ 5.896 | \$ 6.346 | \$ 6.830 | \$ 7.351 | \$ 7.913 | \$ 8.516 | \$ 9.166 | \$ 9.866 | \$ 10.619 | \$ 11.429 | \$ 12.302 | \$ 13.241 | \$ 14.251 |
| TC Partición Modal | | % | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% |
| TC Población | | % | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% |
| TC Viajes TTE Público | | % | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% |
| Tarifa Técnica Convencional | 0,5659 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Técnica Diferencial | 0,7378 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| IPC Transporte | | % | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% |
| Tarifa Técnica Convencional | | USD | | | 0,57 | 0,60 | 0,63 | 0,67 | 0,70 | 0,74 | 0,78 | 0,83 | 0,87 | 0,92 | 0,97 |
| Tarifa Técnica Diferencial | | USD | | | 0,74 | 0,78 | 0,82 | 0,87 | 0,92 | 0,97 | 1,02 | 1,08 | 1,14 | 1,20 | 1,27 |
| PAX 2022/día Convencional | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| PAX 2022/día Diferencial | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| Millones de PAX año Conv | | MM PAX | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Millones de PAX año Dif | | MM PAX | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Tarifa Usuario Convencional | 0,322 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Diferencial | 0,476 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Convencional | | USD | | | 0,3220 | 0,3347 | 0,3479 | 0,3616 | 0,3759 | 0,3907 | 0,4062 | 0,4222 | 0,4389 | 0,4562 | 0,4742 |
| Tarifa Usuario Diferencial | | USD | | | 0,4760 | 0,4948 | 0,5143 | 0,5346 | 0,5557 | 0,5776 | 0,6004 | 0,6241 | 0,6487 | 0,6743 | 0,7010 |
| Subsidio Convencional | | MM USD | | | \$ 23,05 | \$ 25,04 | \$ 27,19 | \$ 29,50 | \$ 31,98 | \$ 34,66 | \$ 37,54 | \$ 40,64 | \$ 43,97 | \$ 47,55 | \$ 51,39 |
| Subsidio Diferencial | | MM USD | | | \$ 24,74 | \$ 27,08 | \$ 29,61 | \$ 32,34 | \$ 35,28 | \$ 38,46 | \$ 41,88 | \$ 45,58 | \$ 49,56 | \$ 53,85 | \$ 58,47 |
| Subsidio Total | | MM USD | | | \$ 47,79 | \$ 52,12 | \$ 56,79 | \$ 61,83 | \$ 67,26 | \$ 73,12 | \$ 79,42 | \$ 86,21 | \$ 93,53 | \$ 101,40 | \$ 109,87 |
| % del PPTO Público | | % | | | 0,700% | 0,709% | 0,718% | 0,726% | 0,734% | 0,741% | 0,748% | 0,754% | 0,760% | 0,766% | 0,771% |
| % Crecimiento del Subsidio | | % | | | | 1,33% | 1,24% | 1,15% | 1,07% | 0,99% | 0,92% | 0,85% | 0,79% | 0,73% | 0,67% |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37. Proyección del Subsidio en Escenarios de Tarifa Ajustada por IPC y Crecimiento de Insumos de Transporte

| Escenario 3: Tarifa por IPC+Real | | | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 |
|----------------------------------|---------------|--------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Unidad | | | | | | | | | | | | | | |
| PIB a precios Constantes 2022 | \$ 41.861 | MM USD | | | | | | | | | | | | | |
| TC PIB | | % | | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% | 3,55% |
| PIB a precios Constantes | | MM USD | | \$ 43.345 | \$ 44.883 | \$ 46.474 | \$ 48.122 | \$ 49.829 | \$ 51.596 | \$ 53.425 | \$ 55.320 | \$ 57.282 | \$ 59.313 | \$ 61.416 | \$ 63.594 |
| Inflación | | % | | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% | 3,95% |
| IPC | | # | | 1,0000 | 1,0395 | 1,0805 | 1,1231 | 1,1674 | 1,2135 | 1,2614 | 1,3112 | 1,3629 | 1,4167 | 1,4726 | 1,5307 |
| PIB a precios Nominales | | MM USD | | \$ 41.861 | \$ 45.056 | \$ 48.495 | \$ 52.196 | \$ 56.180 | \$ 60.467 | \$ 65.082 | \$ 70.050 | \$ 75.396 | \$ 81.150 | \$ 87.344 | \$ 94.010 |
| % PPT Público/PIB | 14,08% | | | | | | | | | | | | | | |
| PPT Público | | MM USD | | \$ 5.896 | \$ 6.346 | \$ 6.830 | \$ 7.351 | \$ 7.913 | \$ 8.516 | \$ 9.166 | \$ 9.866 | \$ 10.619 | \$ 11.429 | \$ 12.302 | \$ 13.241 |
| TC Partición Modal | | % | | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% |
| TC Población | | % | | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% | 1,60% |
| TC Viajes TTE Público | | % | | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% |
| Tarifa Técnica Convencional | 0,5659 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Técnica Diferencial | 0,7378 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| IPC Transporte | | % | | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% | 5,56% |
| Tarifa Técnica Convencional | | USD | | | 0,57 | 0,60 | 0,63 | 0,67 | 0,70 | 0,74 | 0,78 | 0,83 | 0,87 | 0,92 | 0,97 |
| Tarifa Técnica Diferencial | | USD | | | 0,74 | 0,78 | 0,82 | 0,87 | 0,92 | 0,97 | 1,02 | 1,08 | 1,14 | 1,20 | 1,27 |
| PAX 2022/día Convencional | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| PAX 2022/día Diferencial | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| Millones de PAX año Conv | | MM PAX | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Millones de PAX año Dif | | MM PAX | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Tarifa Usuario Convencional | 0,322 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Diferencial | 0,476 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Convencional | | USD | | | 0,3220 | 0,3399 | 0,3588 | 0,3788 | 0,3998 | 0,4221 | 0,4455 | 0,4703 | 0,4965 | 0,5241 | 0,5532 |
| Tarifa Usuario Diferencial | | USD | | | 0,4760 | 0,5025 | 0,5304 | 0,5599 | 0,5911 | 0,6239 | 0,6586 | 0,6953 | 0,7339 | 0,7747 | 0,8178 |
| Subsidio Convencional | | MM USD | | | \$ 23,05 | \$ 24,54 | \$ 26,14 | \$ 27,83 | \$ 29,64 | \$ 31,57 | \$ 33,62 | \$ 35,80 | \$ 38,12 | \$ 40,60 | \$ 43,24 |
| Subsidio Diferencial | | MM USD | | | \$ 24,74 | \$ 26,35 | \$ 28,06 | \$ 29,88 | \$ 31,82 | \$ 33,89 | \$ 36,09 | \$ 38,43 | \$ 40,93 | \$ 43,58 | \$ 46,41 |
| Subsidio Total | | MM USD | | | \$ 47,79 | \$ 50,89 | \$ 54,19 | \$ 57,71 | \$ 61,46 | \$ 65,45 | \$ 69,70 | \$ 74,23 | \$ 79,05 | \$ 84,18 | \$ 89,65 |
| % del PPTO Público | | % | | | 0,700% | 0,692% | 0,685% | 0,678% | 0,671% | 0,663% | 0,656% | 0,649% | 0,643% | 0,636% | 0,629% |
| % Crecimiento del Subsidio | | % | | | | -1,06% | -1,06% | -1,06% | -1,06% | -1,06% | -1,06% | -1,06% | -1,06% | -1,06% | -1,06% |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Tablas detalladas de aplicación estocástica de sostenibilidad fiscal

Tabla 38. Ejemplo de Simulación de Montecarlo

| Escenario 1: Tarifa Constante | | Unidad | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 |
|-------------------------------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PIB a precios Constantes 2022 | \$ 41.861 | MM USD | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 0,167 | -1,249 | 0,010 | -1,558 | 0,501 | 0,087 | -1,854 | 0,864 | 1,004 | 1,025 | -0,568 | 1,040 |
| TC PIB | | % | | 3,75% | -0,97% | 3,23% | -2,00% | 4,86% | 3,48% | -2,98% | 6,07% | 6,54% | 6,60% | 1,30% | 6,65% |
| PIB a precios Constantes | | MM USD | \$ 43.430 | \$ 43.010 | \$ 44.397 | \$ 43.510 | \$ 45.625 | \$ 47.212 | \$ 45.804 | \$ 48.583 | \$ 51.757 | \$ 55.175 | \$ 55.892 | \$ 59.611 | |
| | | | | 0,072 | -0,630 | -0,051 | 0,304 | 0,446 | -0,180 | 1,262 | -0,783 | -1,443 | 0,189 | -0,360 | -0,277 |
| Inflación | | % | | 4,05% | 3,08% | 3,88% | 4,37% | 4,56% | 3,70% | 5,69% | 2,87% | 1,96% | 4,21% | 3,45% | 3,56% |
| IPC | | # | 1,0000 | 1,0405 | 1,0725 | 1,1140 | 1,1627 | 1,2157 | 1,2607 | 1,3324 | 1,3705 | 1,3974 | 1,4561 | 1,5064 | 1,5601 |
| PIB a precios Nominales | | MM USD | \$ 41.861 | \$ 45.187 | \$ 46.127 | \$ 49.461 | \$ 50.588 | \$ 55.467 | \$ 59.519 | \$ 61.027 | \$ 66.585 | \$ 72.323 | \$ 80.342 | \$ 84.194 | \$ 92.997 |
| % PPT Público/PIB | 14,08% | | | | | | | | | | | | | | |
| PPT Público | | MM USD | \$ 5.896 | \$ 6.364 | \$ 6.497 | \$ 6.966 | \$ 7.125 | \$ 7.812 | \$ 8.383 | \$ 8.595 | \$ 9.378 | \$ 10.186 | \$ 11.316 | \$ 11.858 | \$ 13.098 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| TC Partición Modal | | % | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% |
| | | | | -1,057 | -0,582 | 1,421 | -0,128 | 2,425 | 0,468 | 0,046 | 0,256 | -0,000 | 0,336 | -1,251 | -0,386 |
| TC Población | | % | 1,60% | 1,44% | 1,51% | 1,81% | 1,58% | 1,96% | 1,67% | 1,60% | 1,63% | 1,60% | 1,65% | 1,41% | 1,54% |
| TC Viajes TTE Público | | % | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Técnica Convencional | 0,5659 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Técnica Diferencial | 0,7378 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 0,707 | 0,417 | 0,571 | -0,385 | 0,508 | 2,329 | 1,110 | 0,529 | -0,662 | 0,431 | -1,332 | -0,614 |
| IPC Transporte | | % | 5,56% | 7,06% | 6,44% | 6,77% | 4,75% | 6,63% | 10,48% | 7,91% | 6,68% | 4,16% | 6,47% | 2,75% | 4,26% |
| Tarifa Técnica Convencional | | USD | | | 0,57 | 0,60 | 0,63 | 0,67 | 0,75 | 0,80 | 0,86 | 0,89 | 0,95 | 0,98 | 1,02 |
| Tarifa Técnica Diferencial | | USD | | | 0,74 | 0,79 | 0,83 | 0,88 | 0,97 | 1,05 | 1,12 | 1,17 | 1,24 | 1,28 | 1,33 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| PAX 2022/día Convencional | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| PAX 2022/día Diferencial | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| Millones de PAX año Conv | | MM PAX | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Millones de PAX año Dif | | MM PAX | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Convencional | 0,322 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Diferencial | 0,476 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Convencional | | USD | | | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 |
| Tarifa Usuario Diferencial | | USD | | | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subsidio Convencional | | MM USD | \$ 23,05 | \$ 26,90 | \$ 29,90 | \$ 34,24 | \$ 41,46 | \$ 47,65 | \$ 53,42 | \$ 57,49 | \$ 63,86 | \$ 67,10 | \$ 71,99 | | |
| Subsidio Diferencial | | MM USD | \$ 24,74 | \$ 29,72 | \$ 33,58 | \$ 39,19 | \$ 48,56 | \$ 56,58 | \$ 64,06 | \$ 69,31 | \$ 77,57 | \$ 81,74 | \$ 88,07 | | |
| Subsidio Total | | MM USD | \$ 47,79 | \$ 56,62 | \$ 63,48 | \$ 73,42 | \$ 90,02 | \$ 104,23 | \$ 117,48 | \$ 126,79 | \$ 141,43 | \$ 148,84 | \$ 160,07 | | |
| % del PPTO Público | | % | | | 0,736% | 0,813% | 0,891% | 0,940% | 1,074% | 1,213% | 1,253% | 1,245% | 1,250% | 1,255% | 1,222% |
| % Crecimiento del Subsidio | | % | | | | 10,50% | 9,61% | 5,49% | 14,26% | 12,92% | 3,31% | -0,64% | 0,41% | 0,43% | -2,64% |

| Escenario 1: Tarifa Constante | | | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 |
|-------------------------------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| PIB a precios Constantes 2022 | \$ 41.861 | MM USD | | | | | | | | | | | | | |
| TC PIB | % | | | 0,040 | 0,596 | -0,952 | -0,938 | 1,947 | -0,772 | -1,408 | 0,490 | -0,227 | -0,632 | 0,580 | 0,367 |
| PIB a precios Constantes | | MM USD | \$ 43.252 | \$ 45.492 | \$ 45.500 | \$ 45.531 | \$ 49.937 | \$ 50.247 | \$ 49.495 | \$ 51.881 | \$ 53.145 | \$ 53.721 | \$ 56.473 | \$ 58.965 | |
| Inflación | % | | | 0,625 | 1,619 | 0,586 | 3,075 | 0,553 | -0,501 | -0,211 | -0,124 | 0,092 | -0,015 | 1,447 | 2,389 |
| IPC | # | | 1,0000 | 1,0481 | 1,1128 | 1,1658 | 1,2612 | 1,3206 | 1,3636 | 1,4134 | 1,4667 | 1,5265 | 1,5864 | 1,6807 | 1,8024 |
| PIB a precios Nominales | | MM USD | \$ 41.861 | \$ 45.332 | \$ 50.625 | \$ 53.042 | \$ 57.424 | \$ 65.946 | \$ 68.515 | \$ 69.956 | \$ 76.097 | \$ 81.125 | \$ 85.224 | \$ 94.913 | \$ 106.277 |
| % PPT Público/PIB | 14,08% | | | | | | | | | | | | | | |
| PPT Público | | MM USD | \$ 5.896 | \$ 6.385 | \$ 7.130 | \$ 7.471 | \$ 8.088 | \$ 9.288 | \$ 9.650 | \$ 9.853 | \$ 10.718 | \$ 11.426 | \$ 12.003 | \$ 13.368 | \$ 14.968 |
| TC Partición Modal | % | | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% |
| TC Población | % | | 1,60% | 1,68% | 1,46% | 1,66% | 1,72% | 1,61% | 1,70% | 1,59% | 1,83% | 1,31% | 1,62% | 1,69% | 1,76% |
| TC Viajes TTE Público | % | | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% |
| Tarifa Técnica Convencional | 0,5659 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Técnica Diferencial | 0,7378 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| IPC Transporte | % | | 5,56% | 2,48% | 5,44% | 7,04% | 6,45% | 8,77% | 7,25% | 4,83% | 6,86% | 8,44% | 3,92% | 4,24% | 7,49% |
| Tarifa Técnica Convencional | | USD | | | 0,57 | 0,61 | 0,64 | 0,70 | 0,75 | 0,79 | 0,84 | 0,91 | 0,95 | 0,99 | 1,06 |
| Tarifa Técnica Diferencial | | USD | | | 0,74 | 0,79 | 0,84 | 0,91 | 0,98 | 1,03 | 1,10 | 1,19 | 1,24 | 1,29 | 1,39 |
| PAX 2022/día Convencional | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| PAX 2022/día Diferencial | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| Millones de PAX año Conv | | MM PAX | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Millones de PAX año Dif | | MM PAX | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Tarifa Usuario Convencional | 0,322 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Diferencial | 0,476 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Convencional | | USD | | | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 |
| Tarifa Usuario Diferencial | | USD | | | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 |
| Subsidio Convencional | | MM USD | | | \$ 23,05 | \$ 27,05 | \$ 31,05 | \$ 36,81 | \$ 42,11 | \$ 46,07 | \$ 51,87 | \$ 59,47 | \$ 63,63 | \$ 68,31 | \$ 76,56 |
| Subsidio Diferencial | | MM USD | | | \$ 24,74 | \$ 29,91 | \$ 35,08 | \$ 42,54 | \$ 49,40 | \$ 54,52 | \$ 62,03 | \$ 71,89 | \$ 77,26 | \$ 83,32 | \$ 94,03 |
| Subsidio Total | | MM USD | | | \$ 47,79 | \$ 56,96 | \$ 66,12 | \$ 79,35 | \$ 91,51 | \$ 100,59 | \$ 113,90 | \$ 131,36 | \$ 140,89 | \$ 151,64 | \$ 170,59 |
| % del PPTO Público | % | | | | 0,670% | 0,762% | 0,818% | 0,854% | 0,948% | 1,021% | 1,063% | 1,150% | 1,174% | 1,134% | 1,140% |
| % Crecimiento del Subsidio | % | | | | | 13,77% | 7,22% | 4,49% | 11,01% | 7,66% | 4,09% | 8,18% | 2,10% | -3,36% | 0,47% |

| Escenario 1: Tarifa Constante | | | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 |
|-------------------------------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PIB a precios Constantes 2022 | \$ 41.861 | MM USD | | | | | | | | | | | | | |
| TC PIB | % | | | -0,691 | -1,230 | 0,177 | -0,240 | -0,770 | 1,151 | 0,173 | 0,665 | -0,707 | -1,016 | 1,925 | -0,356 |
| PIB a precios Constantes | MM USD | | \$ 42.233 | \$ 41.850 | \$ 43.432 | \$ 44.470 | \$ 44.749 | \$ 47.893 | \$ 49.696 | \$ 52.383 | \$ 52.822 | \$ 52.720 | \$ 57.782 | \$ 58.941 | |
| Inflación | % | | | 1,527 | -1,158 | 0,808 | 1,746 | 0,005 | 0,227 | -0,236 | -0,694 | -0,045 | 1,329 | 1,166 | -1,185 |
| IPC | # | | 1,0000 | 1,0605 | 1,0854 | 1,1404 | 1,2128 | 1,2608 | 1,3145 | 1,3621 | 1,4028 | 1,4573 | 1,5415 | 1,6271 | 1,6647 |
| PIB a precios Nominales | MM USD | | \$ 41.861 | \$ 44.789 | \$ 45.426 | \$ 49.528 | \$ 53.934 | \$ 56.418 | \$ 62.953 | \$ 67.689 | \$ 73.481 | \$ 76.975 | \$ 81.266 | \$ 94.017 | \$ 98.120 |
| % PPT Público/PIB | 14,08% | | | | | | | | | | | | | | |
| PPT Público | MM USD | | \$ 5.896 | \$ 6.308 | \$ 6.398 | \$ 6.976 | \$ 7.596 | \$ 7.946 | \$ 8.867 | \$ 9.534 | \$ 10.349 | \$ 10.841 | \$ 11.446 | \$ 13.242 | \$ 13.820 |
| TC Partición Modal | % | | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% |
| TC Población | % | | 1,60% | 1,60% | 1,68% | 1,56% | 1,71% | 1,54% | 1,58% | 1,53% | 1,64% | 1,65% | 1,66% | 1,66% | 1,80% |
| TC Viajes TTE Público | % | | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% |
| Tarifa Técnica Convencional | 0,5659 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Técnica Diferencial | 0,7378 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| IPC Transporte | % | | 5,56% | 5,10% | 2,63% | 6,58% | 5,13% | 9,32% | 1,17% | 5,68% | 11,57% | 3,80% | 4,67% | 7,19% | 5,64% |
| Tarifa Técnica Convencional | USD | | | | 0,57 | 0,60 | 0,63 | 0,69 | 0,70 | 0,74 | 0,83 | 0,86 | 0,90 | 0,96 | 1,02 |
| Tarifa Técnica Diferencial | USD | | | | 0,74 | 0,79 | 0,83 | 0,90 | 0,91 | 0,97 | 1,08 | 1,12 | 1,17 | 1,26 | 1,33 |
| PAX 2022/día Convencional | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| PAX 2022/día Diferencial | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| Millones de PAX año Conv | MM PAX | | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Millones de PAX año Dif | MM PAX | | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Tarifa Usuario Convencional | 0,322 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Diferencial | 0,476 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Convencional | USD | | | | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 |
| Tarifa Usuario Diferencial | USD | | | | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 |
| Subsidio Convencional | MM USD | | | | \$ 23,05 | \$ 26,80 | \$ 30,01 | \$ 36,01 | \$ 37,12 | \$ 41,38 | \$ 50,28 | \$ 53,88 | \$ 58,42 | \$ 65,54 | \$ 71,72 |
| Subsidio Diferencial | MM USD | | | | \$ 24,74 | \$ 29,58 | \$ 33,73 | \$ 41,50 | \$ 42,90 | \$ 48,41 | \$ 59,97 | \$ 64,61 | \$ 70,47 | \$ 79,70 | \$ 87,71 |
| Subsidio Total | MM USD | | | | \$ 47,79 | \$ 56,38 | \$ 63,74 | \$ 77,50 | \$ 80,02 | \$ 89,79 | \$ 110,25 | \$ 118,49 | \$ 128,89 | \$ 145,24 | \$ 159,43 |
| % del PPTO Público | % | | | | 0,747% | 0,808% | 0,839% | 0,975% | 0,903% | 0,942% | 1,065% | 1,093% | 1,126% | 1,097% | 1,154% |
| % Crecimiento del Subsidio | % | | | | | 8,21% | 3,81% | 16,24% | -7,47% | 4,35% | 13,11% | 2,60% | 3,04% | -2,60% | 5,18% |

| Escenario 1: Tarifa Constante | | | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 |
|-------------------------------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PIB a precios Constantes 2022 | \$ 41.861 | MM USD | | | | | | | | | | | | | |
| TC PIB | % | | | -0,006 | 0,351 | -0,688 | -0,687 | 0,179 | 0,945 | -0,041 | 2,093 | -0,170 | -0,888 | -1,588 | 0,871 |
| PIB a precios Constantes | MM USD | | \$ 43.189 | \$ 45.072 | \$ 45.477 | \$ 45.888 | \$ 47.626 | \$ 50.644 | \$ 52.191 | \$ 57.495 | \$ 59.004 | \$ 59.142 | \$ 57.900 | \$ 61.427 | |
| Inflación | % | | | 1,041 | -0,827 | 2,189 | -0,782 | -0,083 | -0,399 | -1,611 | -0,268 | -0,827 | 1,444 | 0,188 | -0,908 |
| IPC | # | | 1,0000 | 1,0538 | 1,0834 | 1,1589 | 1,1921 | 1,2378 | 1,2798 | 1,3019 | 1,3484 | 1,3863 | 1,4686 | 1,5303 | 1,5716 |
| PIB a precios Nominales | MM USD | | \$ 41.861 | \$ 45.513 | \$ 48.830 | \$ 52.701 | \$ 54.702 | \$ 58.949 | \$ 64.814 | \$ 67.946 | \$ 77.528 | \$ 81.795 | \$ 86.855 | \$ 88.608 | \$ 96.538 |
| % PPT Público/PIB | 14,08% | | | | | | | | | | | | | | |
| PPT Público | MM USD | | \$ 5.896 | \$ 6.410 | \$ 6.877 | \$ 7.423 | \$ 7.704 | \$ 8.303 | \$ 9.129 | \$ 9.570 | \$ 10.919 | \$ 11.520 | \$ 12.233 | \$ 12.480 | \$ 13.597 |
| TC Partición Modal | % | | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% | -0,71% |
| TC Población | % | | 1,60% | 1,40% | 1,77% | 1,76% | 1,60% | 1,41% | 1,75% | 1,61% | 1,52% | 1,88% | 1,41% | 1,85% | 1,43% |
| TC Viajes TTE Público | % | | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% | 0,88% |
| Tarifa Técnica Convencional | 0,5659 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Técnica Diferencial | 0,7378 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| IPC Transporte | % | | 5,56% | 4,33% | 5,69% | 5,58% | 6,16% | 3,41% | 4,03% | 6,63% | 2,95% | 5,11% | 8,49% | 1,60% | 7,24% |
| Tarifa Técnica Convencional | USD | | | | 0,57 | 0,60 | 0,63 | 0,66 | 0,68 | 0,73 | 0,75 | 0,79 | 0,85 | 0,87 | 0,93 |
| Tarifa Técnica Diferencial | USD | | | | 0,74 | 0,78 | 0,83 | 0,86 | 0,89 | 0,95 | 0,98 | 1,03 | 1,11 | 1,13 | 1,21 |
| PAX 2022/día Convencional | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| PAX 2022/día Diferencial | 315.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| Millones de PAX año Conv | MM PAX | | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Millones de PAX año Dif | MM PAX | | | | 94,50 | 95,33 | 96,18 | 97,03 | 97,88 | 98,75 | 99,62 | 100,50 | 101,38 | 102,28 | 103,18 |
| Tarifa Usuario Convencional | 0,322 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Diferencial | 0,476 | USD | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifa Usuario Convencional | USD | | | | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 | 0,3220 |
| Tarifa Usuario Diferencial | USD | | | | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 | 0,4760 |
| Subsidio Convencional | MM USD | | | | \$ 23,05 | \$ 26,26 | \$ 30,03 | \$ 32,39 | \$ 35,27 | \$ 40,05 | \$ 42,54 | \$ 46,77 | \$ 53,96 | \$ 55,83 | \$ 62,81 |
| Subsidio Diferencial | MM USD | | | | \$ 24,74 | \$ 28,88 | \$ 33,75 | \$ 36,79 | \$ 40,49 | \$ 46,67 | \$ 49,87 | \$ 55,33 | \$ 64,65 | \$ 67,05 | \$ 76,10 |
| Subsidio Total | MM USD | | | | \$ 47,79 | \$ 55,14 | \$ 63,78 | \$ 69,18 | \$ 75,76 | \$ 86,72 | \$ 92,41 | \$ 102,10 | \$ 118,61 | \$ 122,89 | \$ 138,91 |
| % del PPTO Público | % | | | | 0,695% | 0,743% | 0,828% | 0,833% | 0,830% | 0,906% | 0,846% | 0,886% | 0,970% | 0,985% | 1,022% |
| % Crecimiento del Subsidio | % | | | | | 6,92% | 11,43% | 0,66% | -0,40% | 9,19% | -6,61% | 4,72% | 9,41% | 1,56% | 3,75% |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3. Recomendaciones para el uso de Asociaciones Público-Privadas (APPs) para el financiamiento y ejecución de proyectos de mejora al transporte público

El recurrir al modelo de APPs para el financiamiento, construcción y operación de infraestructura de proyectos de transporte público, como lo pueden ser BRTs, centros intermodales o desarrollo de infraestructura de soporte a la operación de buses, tiene varias ventajas relevantes desde el punto de vista de las finanzas públicas.

- Reducción del riesgo financiero: La asociación público-privada permite que el sector privado asuma una parte del riesgo financiero del proyecto. Esto significa que el sector público tiene menos riesgo de perder dinero si el proyecto no es rentable.
- Mejora en la eficiencia: El sector privado tiene una mayor experiencia y recursos para desarrollar e implementar proyectos de infraestructura de manera eficiente. Esto puede ayudar a reducir los costos y plazos de ejecución del proyecto.
- Aumento de la inversión: La asociación público-privada permite que el sector privado aporte capital y recursos para el proyecto, lo que puede aumentar la capacidad de financiamiento del mismo. Esto puede ser especialmente importante en caso de proyectos de gran envergadura o con limitaciones en el financiamiento público.

Para ejemplificar, se presenta a continuación un esquema del proceso de provisión de infraestructura bajo el modelo APP, usando el marco legal de la Ley No 5.102 sobre “PROMOCION DE LA INVERSION EN INFRAESTRUCTURA PUBLICA Y AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LOS BIENES Y SERVICIOS A CARGO DEL ESTADO”.

Tal y como dice la ley: *“Las Administraciones Contratantes, dentro del ámbito de sus respectivas competencias, podrán desarrollar proyectos a través de contratos de participación público-privada previstos en esta Ley.*

Las Administraciones Contratantes podrán unirse para desarrollar proyectos de participación público-privada en forma conjunta; en cuyo caso, celebrarán los correspondientes convenios, contratos o acuerdos con tal fin, conforme a la reglamentación.

El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) será la entidad pública competente para el desarrollo, selección, adjudicación y ejecución de proyectos de participación público-privada en el ámbito de los transportes y vías de comunicación, incluyendo el dragado y señalización de los ríos y los aeropuertos. En caso de existir entes descentralizados que tengan competencias relacionadas con esos proyectos, el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) asumirá las atribuciones necesarias para la celebración del contrato y su ejecución, sustituyendo a dichos entes en el ejercicio de dichas competencias.

La decisión de impulsar un proyecto a través del régimen previsto en esta Ley requerirá de la aprobación del Poder Ejecutivo, conforme al procedimiento que se establezca en la

reglamentación. Con carácter previo a dicha aprobación, deberán realizarse los procedimientos de evaluación previstos en la presente Ley y en su reglamentación.”

La estructuración de un proyecto de asociación público-privada (APP) de corredores de buses de alta capacidad (BRT, por sus siglas en inglés) en Paraguay podría seguir un proceso similar al siguiente:

1. Identificación del proyecto: El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) o el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAR) podría identificar la necesidad de construir un corredor de BRT en la ciudad.
2. Estudio de viabilidad: Se llevaría a cabo un estudio de viabilidad para determinar la factibilidad técnica, financiera y ambiental del proyecto.
3. Proceso de licitación: Se llevaría a cabo un proceso de licitación para seleccionar al consorcio privado que desarrollará y operará el proyecto. El proceso de licitación sería regulado por la Ley de Contrataciones Públicas y su Reglamento.
4. Concesión: Una vez seleccionado el consorcio privado, se celebraría un contrato de concesión entre el Estado y el consorcio privado, regulado por la Ley de Concesiones. El contrato de concesión establecería las obligaciones y responsabilidades de ambas partes, así como los plazos y condiciones del proyecto.
5. Construcción y operación: El consorcio privado se encargaría de la construcción y operación del corredor de BRT, bajo la supervisión y regulación del MOPC o MAR.
6. Supervisión y monitoreo: El MOPC o MAR sería responsable de supervisar y monitorear el cumplimiento de las obligaciones del consorcio privado, y de asegurar que el proyecto cumpla con los objetivos sociales y ambientales establecidos.

La asociación público-privada (APP) es una herramienta flexible y eficiente que puede utilizarse para implementar proyectos de infraestructura de transporte público, como los corredores de buses de alta capacidad (BRT) y otras tipologías de infraestructura de soporte al transporte público. Una de las principales ventajas de la APP es la reducción del riesgo financiero para el sector público. Al permitir que el sector privado asuma una parte del riesgo financiero del proyecto, el sector público tiene menos riesgo de perder dinero si el proyecto no es rentable.

Además, la APP también puede mejorar la eficiencia en la implementación de los proyectos, ya que el sector privado tiene una mayor experiencia y recursos para desarrollar e implementar proyectos de infraestructura de manera eficiente. Esto puede ayudar a reducir los costos y plazos de ejecución del proyecto. Otra ventaja de la APP es que permite aumentar la inversión en proyectos de infraestructura, ya que el sector privado puede aportar capital y recursos para el proyecto, lo que puede aumentar la capacidad de financiamiento de este. Esto puede ser especialmente importante en caso de proyectos de gran envergadura o con limitaciones en el financiamiento público. Además, la APP también puede ayudar a asegurar que los proyectos cumplan con los objetivos sociales y ambientales

establecidos, ya que el sector público tiene la responsabilidad de supervisar y monitorear el cumplimiento de las obligaciones del sector privado.

Las Asociaciones Público-Privadas (APP) son una forma alternativa de financiar el desarrollo de nuevas infraestructuras o mejorar las existentes. Como alternativa al financiamiento público, las APP pueden permitir acelerar el desarrollo de infraestructuras. Los fondos para financiar las obras vendrán del socio privado (en la forma de capital más deuda, levantada por el promotor a través de un vehículo APP), en lugar de venir del presupuesto público. Esto no significa necesariamente que la inversión no vaya a ser contabilizada como deuda pública, particularmente si es una APP de pago por el gobierno. Sin embargo, muchas APP pueden no impactar en la deuda pública si se cumplen ciertos criterios (dependiendo de los estándares de contabilidad nacional seguidos en cada país).

Por lo tanto, cuando el endeudamiento público está limitado por regulaciones fiscales y el nivel de deuda pública está cerca de los límites prescritos, la solución APP puede permitir a un gobierno desarrollar infraestructuras que de otra manera no podrían desarrollarse. Esto, por lo tanto, puede permitir al gobierno acelerar un plan o programa.

En tales circunstancias, los gobiernos deberían tener en cuenta que, independientemente del tratamiento fiscal de las APP, se está comprometiendo recursos significativos bajo contratos de largo plazo. En proyectos de pago por gobierno, el costo es asumido por los contribuyentes, mientras que en las APP de pago por usuario es el público en general (usuario) al que se le cobra directamente por el uso de la infraestructura.

Existe el peligro de que un abuso potencial de la herramienta, buscando evitar las restricciones de deuda, pueda gravar excesivamente a la sociedad; tanto directamente a través de tarifas a los usuarios como indirectamente a través del impacto de las obligaciones de pago futuras del gobierno. Cuando se utiliza una APP para acceder a una fuente alternativa de financiamiento, los gobiernos deben ser igualmente cautelosos en lo relativo a la pérdida potencial en términos de eficiencia o de valor por dinero.

Si la opción APP no muestra evidencias claras de eficiencia incremental y valor por dinero para la sociedad en comparación con un procedimiento tradicional u opción de financiamiento gubernamental, la APP puede reducir significativamente el resultado de costo-beneficio del proyecto. Por lo tanto, es esencial realizar una evaluación rigurosa de cada caso en particular antes de decidir si una APP es la mejor solución para el proyecto de infraestructura que se está considerando.

El modelo de negocio de APP con pagos de gobierno se basa en una colaboración entre el sector público y el sector privado para financiar, construir y operar infraestructuras y servicios públicos. El socio privado, generalmente un consorcio de empresas asume la responsabilidad financiera y técnica de construir y operar la infraestructura, mientras que el sector público proporciona los pagos acordados para su uso.

En un contrato DBFOMT (Diseñar, Construir, Financiar, Operar, Mantener y Transferir), el contratista desarrollará la infraestructura con sus propios fondos y financiamiento obtenido de terceros prestamistas a su riesgo (esto es, el contratista proveerá de la totalidad o la mayoría del financiamiento). El contratista es también responsable de la gestión de del ciclo de vida de la infraestructura (asumiendo los riesgos de los costos de ciclo de vida) además del mantenimiento corriente y la operación. Para llevar a cabo estas labores, el contratista (“socio privado” en el contexto APP), normalmente creará una SPE (Sociedad de Propósito Especial).

El modelo de negocio de Asociación Público-Privada (APP) con pagos de gobierno se basa en una colaboración entre el sector público y el sector privado para financiar, construir y operar infraestructuras y servicios públicos. La guía CP3P (Certified Public-Private Partnership Professional) es una guía internacionalmente reconocida para el desarrollo de proyectos de asociación público-privada, y puede ser utilizada como una referencia para el desarrollo de un modelo de negocio de APP con pagos de gobierno.

Cuando una entidad gubernamental decide establecer cargos por el uso de una infraestructura, los ingresos generados pueden ser utilizados de diversas formas. Estos ingresos pueden ser destinados al presupuesto general como fuente de fondos para atender las necesidades de recursos de un sector específico. Asimismo, se pueden asignar a un proyecto o sistema específico que genere dichos ingresos.

Por otro lado, los ingresos futuros que se esperan generar por una nueva infraestructura también pueden estar vinculados a la inversión específica, asignándolos a la compañía que desarrolla y gestiona el activo. En este contexto, los fondos provenientes de los pagos de los usuarios pueden ser suficientes para cubrir los costos de operación y mantenimiento a largo plazo, y tener un excedente que se puede utilizar para repagar la financiación de la construcción del activo.

En algunos casos, los ingresos provenientes de los usuarios pueden no ser suficientes para cubrir todos los gastos de financiamiento y operación y mantenimiento de una infraestructura. Sin embargo, si el proyecto sigue siendo valioso para los ciudadanos, el gobierno puede optar por cubrir la brecha financiera en lugar de abandonar el proyecto. En esta situación, el gobierno puede requerir que el contratista asuma la gestión completa del ciclo de vida de la infraestructura, incluyendo su construcción y renovación, así como la responsabilidad de mantener y operar la infraestructura de acuerdo con ciertos niveles de servicio.

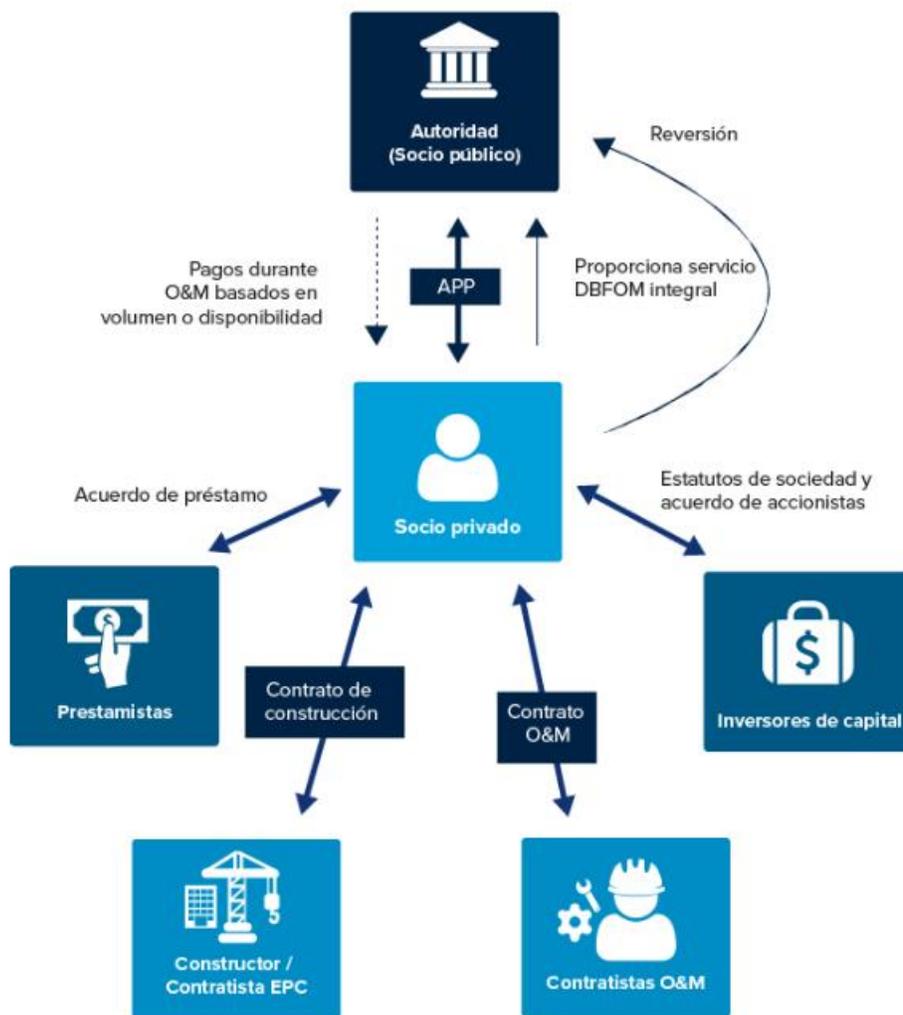
En este tipo de proyecto, el contratista obtiene sus ingresos de la infraestructura mediante la prestación de servicios a la entidad otorgante, que consisten en la disponibilidad de la infraestructura para su uso, bajo ciertos estándares de calidad y disponibilidad. En algunos proyectos, el gobierno no es el usuario final de la infraestructura, mientras que, en otros proyectos, la infraestructura se utiliza para brindar servicios públicos. En estos casos, el

gobierno puede seguir utilizando un modelo de APP presupuestaria, que puede incluir ingresos de usuarios y otros ingresos comerciales, aunque estos últimos no son la principal fuente de ingresos.

El modelo de APP presupuestaria también puede incluir variantes, como el cofinanciamiento y la empresa mixta, aunque esta última es menos común que en el caso de las APP de pago por usuario. En resumen, en situaciones donde los ingresos de los usuarios son insuficientes para cubrir todos los costos de la infraestructura, el gobierno puede optar por cubrir la brecha financiera y permitir que el contratista gestione la infraestructura a cambio de ingresos derivados de la provisión de servicios a la entidad otorgante.

La figura siguiente ilustra la estructura básica DBFOM de una APP presupuestaria, en base a lo mencionado en la guía CP3P.

Figura 44. Esquema de APP para infraestructura bajo un contrato DBFOMT, con financiamiento de Gobierno.



Fuente: Guía CP3P, Banco Mundial 2017

Este esquema de con pagos del gobierno implica la creación de una Sociedad de propósito especial (SPE) en la que participan tanto el sector público como el privado. Esta entidad se encarga de diseñar, construir, operar y mantener una infraestructura o servicio que anteriormente era responsabilidad exclusiva del sector público.

En este tipo de proyectos, el gobierno contrata a la SPE para que realice la inversión necesaria y se haga cargo de la construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura o servicio a lo largo de un periodo de tiempo determinado. A cambio, el gobierno se compromete a pagar a la SPE una renta periódica, que puede ser fija o variable, durante el plazo del contrato.

El financiamiento del proyecto puede provenir de diferentes fuentes, como inversionistas privados, bancos, fondos de inversión, entre otros. Por lo general, la SPE utiliza una combinación de financiamiento de deuda y de capital para cubrir los costos del proyecto.

En cuanto a los contratos aguas abajo, la SPE puede celebrar acuerdos con terceros, como proveedores de servicios, usuarios finales o clientes, para brindar servicios o acceso a la infraestructura construida. Estos contratos pueden incluir cláusulas para garantizar ciertos niveles de calidad y disponibilidad del servicio, y pueden establecer tarifas o precios de acuerdo a los términos acordados.

En resumen, el marco de la asociación público-privada (APP) puede ser una buena idea para implementar proyectos de infraestructura de transporte público, como los corredores de buses de alta capacidad (BRT) y otras tipologías de infraestructura de soporte al transporte público. Al permitir una mayor eficiencia, reducción del riesgo financiero, y aumento de la inversión, la APP puede ayudar a disminuir la carga fiscal de estas inversiones y a mejorar la calidad de vida de la población.



Ministerio de
HACIENDA



PpR
Presupuesto
por Resultado

 **GOBIERNO
NACIONAL**



Dirección General de Presupuesto

Subsecretaría de Estado de Administración Financiera
Ministerio de Hacienda



dgp@hacienda.gov.py



www.hacienda.gov.py