

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES**



**PUCP**

**¿Qué le conviene a Lima? ¿Un sistema BRT o una Línea de metro subterráneo?**

**Análisis costo beneficio del caso de dos modos de transporte alternativos: Línea 2 del Metro versus Corredor Segregado de Alta Capacidad II**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE LICENCIADA EN ECONOMÍA**

**AUTOR:**

Andrea Isabel Trujillo Cabrera

**ASESOR:**

Gustavo Guerra García Picasso

Marzo, 2021

## Resumen

El crecimiento acelerado de las ciudades sin un plan de ordenamiento territorial se refleja en la distribución desigual de servicios de salud, de educación, de los centros laborales y de los espacios de recreación. Asimismo, el desorden del sistema de transporte convierte el traslado de personas y mercancías en una experiencia traumática. En el Perú, las personas realizan viajes largos para llegar a su destino, lidian con la congestión vehicular a diario, tienen una alta probabilidad de sufrir accidentes debido a los “correteos” de los vehículos para ganar más pasajeros, y son afectados por la contaminación generada por un parque automotor del transporte público con más de 15 años de antigüedad en promedio.

Para aliviar los problemas en el transporte urbano, es necesario recurrir a sistemas de transporte colectivo masivo tales como los sistemas BRT o las líneas de metro. La situación descrita líneas arriba es la que representa a Lima, en donde se han implementado dos modos de transporte para aliviar la congestión en la ciudad: el Metropolitano y la Línea 1 de Metro. Sumando los Corredores Complementarios, sólo el 10% de la demanda por viajes se atiende con servicios de cierta calidad y el 90% restante requiere inversiones en infraestructura de transporte público significativas. Es previsible que, en el futuro próximo, Lima se beneficie de grandes cambios y cuantiosas inversiones en transporte urbano.

El objetivo de la presente investigación es analizar qué modo de transporte sería el más adecuado para Lima; para ello, se aplicará la metodología del Análisis Costo Beneficio a dos proyectos: el sistema de buses de tránsito rápido (BRT por sus siglas en inglés) denominado “COSAC II” y el sistema de Metro Subterráneo “Línea 2”, que fueron planteados para satisfacer la demanda de pasajeros en el sentido Este-Oeste de la ciudad, siendo el proyecto elegido la Línea 2. La evaluación económica de ambos proyectos adquiere importancia pues los siguientes megaproyectos a implementar son líneas de metro subterráneas, sin haber considerado otras alternativas con similar eficacia y con

menor costo de inversión como los BRT, los tranvías, los monorrieles o los trenes elevados.

**Palabras clave:** transporte urbano, BRT, metro, ACB.



## Índice

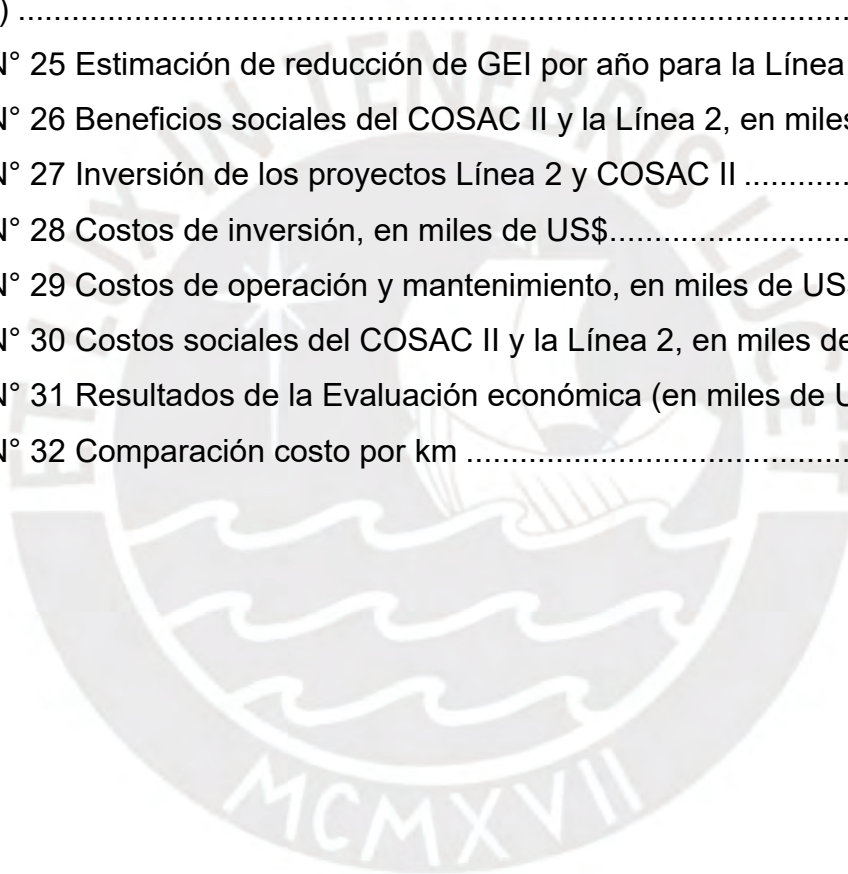
<b>Introducción</b> .....	i
<b>I. Marco Teórico</b> .....	1
1. Movilidad urbana sostenible .....	1
1.1 Contención del tráfico- Perspectiva de los usuarios de transporte ....	2
1.2 Crecimiento del tráfico- perspectiva basada en el vehículo .....	3
1.3 Movilidad sostenible .....	5
2. Externalidades del Transporte.....	7
2.1 Externalidades positivas .....	8
2.2 Externalidades negativas.....	8
3. Sistema Integrado de Transporte - SIT .....	10
3.1 Evidencia internacional .....	14
4. Política de subsidios.....	16
<b>II. Análisis Costo Beneficio</b> .....	24
1. Tasa social de descuento.....	25
2. Pasos para la evaluación económica .....	27
2.1 Identificar .....	27
2.2 Medir.....	29
2.3 Valorar .....	34
<b>III. Sistemas de transporte colectivo en Latinoamérica</b> .....	41
1. Quito.....	42
2. Colombia .....	44
3. México .....	48
4. Chile .....	50
5. Discusión de los casos presentados .....	51
<b>IV. Hechos Estilizados</b> .....	53
1. Transporte en Lima Metropolitana.....	53
1.1 Sistema de metro: Línea 1 .....	56
1.2 Sistema de BRT: El Metropolitano .....	61
2. Proyectos a evaluar.....	65
2.1 COSAC I y II .....	65
2.2 Línea 2.....	67

V. Metodología.....	69
1. Análisis de los estudios de perfil del COSAC II y de la Línea 2 .....	69
2. Beneficios sociales.....	71
2.1 Ahorro de tiempo de viaje.....	71
2.2 Ahorro costo de operación vehicular .....	73
2.3 Beneficio por reducción de accidentes .....	74
2.4 Reducción de contaminación ambiental .....	76
2.5 Síntesis de beneficios sociales .....	78
3. Costos sociales .....	79
3.1 Costos de inversión .....	79
3.2 Costos de operación y mantenimiento.....	80
3.3 Síntesis de costos sociales.....	81
VI. Evaluación económica .....	83
VII. Conclusiones y Recomendaciones .....	85
VIII. Bibliografía .....	89
IX. Anexos .....	98
1. Evaluación Económica del COSAC II.....	98
2. Evaluación económica de la Línea 2.....	99
3. Evaluación social del COSAC II elaborada por FONAM- PROTRANSPORTE (2010) .....	100
4. Evaluación social de la Línea 2 elaborada por PROTRANSPORTE (2013) .....	101

## Índice de Tablas

Tabla N° 1 Costos sociales según gravedad de accidente de tránsito, en dólares .....	36
Tabla N° 2 Valor social del tiempo obtenido a partir del ingreso (nuevos soles de 2007).....	37
Tabla N° 3 Valor social del Tiempo en el transporte urbano de Lima Metropolitana 2011, en soles.....	38
Tabla N° 4 Valor Social del Tiempo actualizado al 2018, en soles .....	39
Tabla N° 5 Capacidades y características de las alternativas tecnológicas de transporte público masivo .....	41
Tabla N° 6: Principal modo de viaje para estudiar o trabajar fuera de casa, Lima 2010-2019.....	55
Tabla N° 7 Flota de Transporte público inscrito en SETAME, 2018.....	56
Tabla N° 8 Pago Anual por Obras (PAO) y Retribución por Inversiones (RPI), en miles de soles .....	60
Tabla N° 9 Demanda por estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima 2018, en miles.....	60
Tabla N° 10 Frecuencia de Salidas en el Tramo 1 y 2 de la Línea 1, en minutos .....	61
Tabla N° 11 Total de usuarios por tipo de Servicio del Metropolitano.....	63
Tabla N° 12 Distribución de usuarios anuales por estaciones del Metropolitano 2018 .....	63
Tabla N° 13 Buses Troncales del Metropolitano, 2018 .....	64
Tabla N° 14 Resultados Evaluación Social de Alternativas en Estudio a nivel de Perfil del COSAC II .....	69
Tabla N° 15 Resultados Evaluación Social de Alternativas en Estudio a nivel de Perfil de la Línea 2 .....	70
Tabla N° 16 Tiempo estimado de viaje en minutos según hora del día, 2018 .	72
Tabla N° 17 Cantidad de viajes promedio por día, 2018.....	72
Tabla N° 18 Tiempo de viaje estimado en horas.....	72
Tabla N° 19 Beneficios por ahorro de tiempo de viaje, en miles de US\$.....	73

Tabla N° 20 Beneficio por reducción de costo de operación vehicular, en miles de US\$ .....	74
Tabla N° 21 Número de personas involucradas en accidentes según nivel de gravedad, 2006 .....	75
Tabla N° 22 Costos por gravedad de accidente, en soles .....	75
Tabla N° 23 Beneficio por reducción de accidentes, en miles de US\$.....	76
Tabla N° 24 Estimación de reducción de GEI por año para el Metropolitano (tn CO2eq) .....	76
Tabla N° 25 Estimación de reducción de GEI por año para la Línea 2 .....	77
Tabla N° 26 Beneficios sociales del COSAC II y la Línea 2, en miles de US\$. 78	
Tabla N° 27 Inversión de los proyectos Línea 2 y COSAC II .....	79
Tabla N° 28 Costos de inversión, en miles de US\$.....	80
Tabla N° 29 Costos de operación y mantenimiento, en miles de US\$ .....	81
Tabla N° 30 Costos sociales del COSAC II y la Línea 2, en miles de US\$ .....	82
Tabla N° 31 Resultados de la Evaluación económica (en miles de US\$) .....	83
Tabla N° 32 Comparación costo por km .....	84



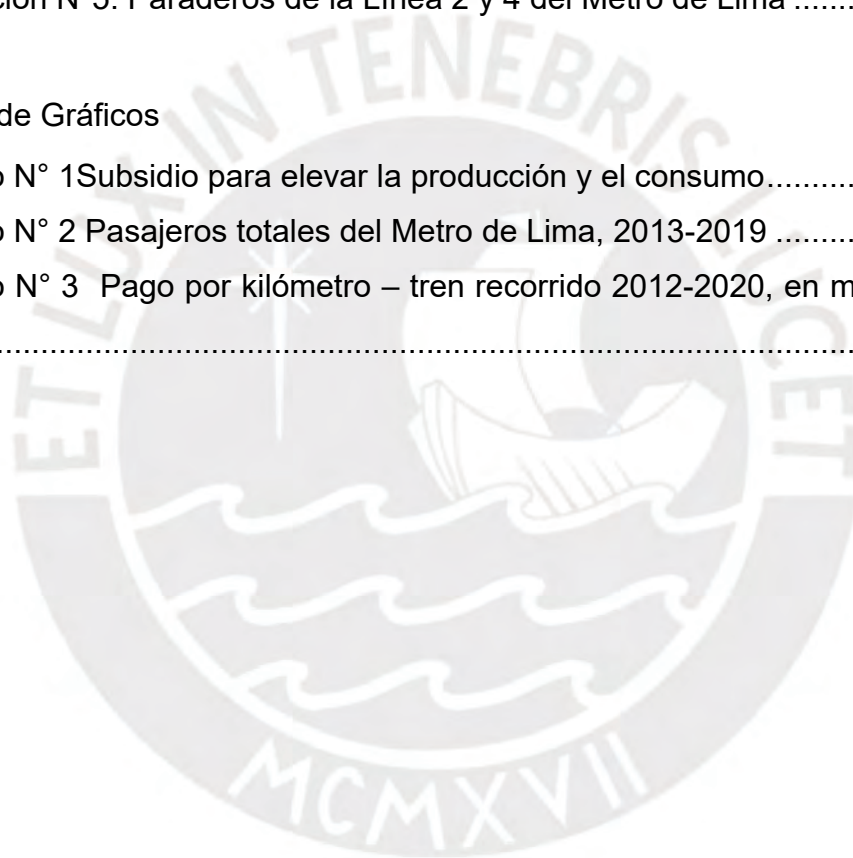


## Índice de Ilustraciones

Ilustración N°1: El transporte público es más eficiente en el uso del espacio....	2
Ilustración N°2: Tenencia de vehículos por hogar en Lima y Callao, según tipo, 2012-2018 .....	54
Ilustración N°3 Flota de taxis registrados en Lima y Callao, por antigüedad, 2016 .....	55
Ilustración N°4: Línea Troncal de Buses Este-Oeste .....	67
Ilustración N°5: Paraderos de la Línea 2 y 4 del Metro de Lima .....	68

## Índice de Gráficos

Gráfico N° 1 Subsidio para elevar la producción y el consumo.....	17
Gráfico N° 2 Pasajeros totales del Metro de Lima, 2013-2019 .....	58
Gráfico N° 3 Pago por kilómetro – tren recorrido 2012-2020, en miles de soles .....	59





## Introducción

El continuo crecimiento de la extensión de Lima, el crecimiento del parque automotor y la desregulación del transporte y el tránsito han exacerbado tres externalidades: la congestión, la contaminación y los accidentes. Estos tres fenómenos se complejizan aún más porque la normatividad del Perú permitió que se instale en las ciudades un modelo comisionista afiliador (en donde las empresas no son propietarias de la flota y los trabajadores no están en la planilla), que en conjunto con una excesiva superposición de rutas hace de Lima una de las ciudades más caóticas del mundo.

La adopción de sistemas de transporte masivo apunta a enfrentar las tres externalidades mencionadas, mejorar la estructura de transporte y a aliviar el tránsito vehicular por donde van los servicios de transportes más importantes. Los proyectos de transporte masivo son la herramienta más poderosa para mejorar la calidad de vida de los pasajeros.

Una de las modalidades de transporte consiste en los sistemas de Buses de Tránsito Rápido (BRT por sus siglas en inglés), que si bien son una propuesta relativamente nueva en comparación con el sistema de Metros, surgen como una alternativa atractiva para solucionar los principales problemas presentes en una ciudad en la que coexisten todos los problemas que se registran en el mundo.

Ambas modalidades de transporte urbano han sido implementadas en Lima Metropolitana y cada sistema cuenta con ventajas y desventajas. Por un lado, se tienen los BRTs que tienen costos de implementación mucho menores en comparación de un Metro, pero la velocidad y seguridad de este último es mayor al de los primeros debido a su infraestructura de uso exclusivo. Por lo tanto, el conocer la magnitud de dichos efectos y la necesidad de optimizar decisiones de gasto justifican la realización de la presente tesis de investigación.

Este tema se considera relevante debido a que en el 2010 se emitió el Decreto Supremo N°059-2010-MTC, donde se aprobó la implementación de la Red Básica del Metro de Lima. Esta red contará con 6 líneas de metro subterráneos,

lo cual implica costos muy elevados. Entonces surge la interrogante de si realmente los metros subterráneos son la mejor alternativa para la mejora en el sistema de transporte en Lima Metropolitana. Algunos lo ven como una forma de modernización, pero lo que es aplicable en otros países no tiene por qué ser lo más adecuado en nuestra ciudad.

Si el sistema de transporte público masivo implementado resulta altamente atractivo, absorberá una importante cantidad de demanda de pasajeros, reduciendo el flujo de personas que circulan por otros modos e incluso podría reducir el crecimiento de las preferencias por el modo privado. Por lo tanto, el objetivo de la tesis de investigación es determinar qué modo de transporte le conviene a Lima. Para ello se realizará un análisis costo beneficio de dos proyectos: el COSAC II y la Línea 2 de Metro.

Independientemente del resultado de la evaluación, no se puede hacer nada con la Línea 2 pues ya se encuentra en proceso de construcción. Sin embargo, el estudio puede ser de utilidad para decisiones futuras en cuanto a modos de transporte. Más adelante veremos que el estudio a nivel de perfil de la línea 2 no incluyó como alternativa la construcción de un BRT, lo cual llama la atención puesto que para poder decidir entre un modo de transporte u otro se necesitan considerar por lo menos dos modos diferentes. Esto también lleva a pensar cómo se pudo aceptar, en su momento, este estudio a nivel de perfil para que pueda pasar a realizarse un estudio a nivel de factibilidad y finalmente ser el proyecto elegido para ser ejecutado.

El documento cuenta con nueve secciones. La primera sección consiste en el marco teórico, donde se desarrollan los conceptos de la Movilidad Urbana Sostenible, las externalidades del transporte, el Sistema Integrado de Transportes y la Política de Subsidios. La segunda, consiste en el desarrollo de la metodología del Análisis Costo Beneficio en sus tres pasos: de identificación, medición y valoración. En la tercera sección se describen sistemas de transporte BRT y Metros en Latinoamérica. En la cuarta sección, se describen los dos sistemas de transporte masivo implementados en Lima: El Metropolitano y la

Línea 1 del Metro de Lima, también se presentan los dos proyectos que serán objeto de la evaluación. En la quinta sección, se desarrolla la metodología del Análisis Costo Beneficio, que comprende la descripción de los beneficios y los costos sociales. En la sexta sección, se muestran los resultados de la evaluación económica comparada, homogenizando los parámetros para generar una comparación justa entre los dos proyectos. En la séptima sección, se plantean las conclusiones y recomendaciones. Finalmente, en las últimas dos secciones se incluyen la bibliografía utilizada y los anexos.



## **I. Marco Teórico**

### **1. Movilidad urbana sostenible**

El concepto de desarrollo sostenible fue incorporado por la Comisión de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Desarrollo en 1987, y es entendido como el proceso de desarrollo económico que debe darse en armonía con los principios de justicia social y responsabilidad ambiental. Esto implica un compromiso por mantener el equilibrio de las metas económicas, sociales y ambientales entre las generaciones presentes y las futuras (Shmelev & Shmeleva 2009, p.5).

Las ciudades como medio para alcanzar la sostenibilidad no habían sido parte de la discusión inicial sobre sostenibilidad, pues en el pensamiento de la época, siglo XIX-XX, primaba la idea de preservación de la naturaleza. La naturaleza salvaje y lo rural debían ser protegidas del alcance del crecimiento de las ciudades; es decir, el entorno medioambiental era percibido como externo a las ciudades. La discusión posterior fue considerar a éstas como foco central para el desarrollo sostenible, pues el mayor porcentaje de la población de un país se ubica en las zonas urbanas.

Por consiguiente, el diseño de estrategias para alcanzar un desarrollo urbano sostenible requiere un enfoque integral que vincule las diferentes aristas de la vida urbana tales como el manejo de agua, creación de parques, sistema de transporte, entre otros. Un sistema de transporte público sostenible contribuiría a la reducción del uso de energía, de las emisiones y de la duración del tiempo de viaje (BID 2011).

El concepto de transporte ha pasado por diversos cambios de enfoque, según Jones (2014) en su artículo titulado "The evolution of urban mobility: The interplay of academic and policy perspectives" se pueden diferenciar tres etapas en este proceso:

### 1.1 Contención del tráfico- Perspectiva de los usuarios de transporte

La infraestructura, por sí misma, no resuelve el problema de la congestión cuando está generada por el crecimiento de vehículos privados. Entonces, pensar en una estrategia que no busque aumentar el flujo de vehículos, sino el de personas parece ser el camino adecuado. Bajo esta perspectiva, los sistemas de transporte público masivos entran en consideración, pues emplean de manera más eficiente el espacio público en comparación al auto privado debido a que movilizan más personas por metro cuadrado. En la Ilustración N°1 se observan las diferencias en el uso de espacio público por modo de transporte

**Ilustración N°1: El transporte público es más eficiente en el uso del espacio**



Fuente: Dextre (2014)

Como resultado, los sistemas de transporte público tipo metro y tipo BRT comienzan a ser implementados en diversas ciudades mundo acorde a la cantidad de viajes que se realizan a diario. Para planificar el transporte, se necesita modelar el comportamiento de viajes de las personas y se incorpora el análisis de reparto modal, el cual permite escoger bus, auto o tren como modo de transporte. Jones señala que han ocurrido dos avances en economía que contribuyeron a la modelación de viajes. Uno de ellos fue el desarrollo del concepto de costo generalizado, el cual combina los tiempos y costos de componentes de viajes en una medida compuesta, esto facilitó la monetización



del ahorro de tiempo en la evaluación económica. El otro avance fue el desarrollo de la teoría de la utilidad aleatoria y la modelización de elecciones discretas (p.9).

A mediados de 1970, algunos académicos comenzaron a cuestionar si la perspectiva de usuarios de transporte era suficiente para comprender los motivos de viaje y el porqué de la elección de modos. En otras palabras, se cuestiona el alcance del concepto de transporte, el cual abarca una relación de oferta y demanda: por un lado se mide la cantidad de infraestructura y los modos de transporte disponibles, y por el otro, el número de desplazamientos por día según motivo, itinerario, tiempo (Montezuna 2003: p.175).

## **1.2 Crecimiento del tráfico- perspectiva basada en el vehículo**

En etapas tempranas donde se observaba el incremento en la tenencia de vehículos motorizados, apareció la necesidad de crear políticas para manejar el crecimiento del tráfico de vehículos y el problema de la congestión que trae consigo. Jones señala que la solución que se proponía en ese entonces era priorizar la inversión en programas de construcción de pistas, provisión de estacionamientos, entre otras medidas que maximizaran el flujo de vehículos por las calles, pasando por alto las necesidades de los peatones o ciclistas (p. 8). Estas medidas eran apoyadas no solo por personas que poseían un carro, sino también por aquellos que aspiraban comprar uno. Sin embargo, existe evidencia de que el aumento de infraestructura vial no resuelve el problema de la congestión, sino que lo empeora.

En 1962, Downs publicó un artículo titulado "The law of peak- hour expressway congestion" en el cual desarrolla la idea de equilibrio del tráfico. Si existen dos rutas A y B con diferentes tiempos para la llegada a un cierto destino, los conductores pueden escoger la que prefieran. En el caso de que ambos tiempos de ir por la ruta A o B se igualen, se genera un balance entre los conductores. Para esto, Downs diferencia dos tipos de conductores: los exploradores, quienes no temen ir por nuevas rutas; y las ovejas, quienes siguen por rutas tradicionales y sólo cambian si los beneficios en reducción de tiempo son mayores. Entonces, supongamos que la ruta más usada para llegar al centro de la ciudad sea la B,

pero algún explorador en busca de nuevas rutas descubre que la ruta A está más libre y maneja por allí. Poco después, más conductores deciden dejar la ruta B e ir por la A, esto genera que el tiempo requerido para ir por A aumente y que se reduzca en la ruta B, cuando ambos tiempos se igualen, se ha generado un nuevo equilibrio. Éste es relativamente estable pues el número de conductores “oveja” es mucho mayor que los “exploradores”.

El autor plantea la construcción de una autopista que lleva hacia el centro en mucho menos tiempo que cualquier combinación de ruta y realiza el análisis para tres casos: el primero asume que todos se movilizan en un vehículo propio, el segundo considera vehículo privado y servicio de buses; y el tercero, vehículo privado y sistema de transporte público segregado. Para éste último caso, el autor señala que si un gran número de personas pasan de ser usuarios del sistema público segregado al automóvil, el costo del tránsito por pasajero aumentaría de tal forma que su atractivo se vería reducida. En tal caso, la congestión en las calles sería mayor en comparación a la situación previa a la construcción de la autopista, antes de que el viaje en auto se volviera tan indeseable como el viaje en transporte público. Si la indeseabilidad de viajar en vehículo privado o transporte público se iguala, se llegaría a un nuevo equilibrio. Por lo tanto, se llega a la conclusión paradójica de que la construcción de una autopista podría ocasionar que la congestión sea peor que antes de su construcción e incluso hacer que el tiempo de viaje en auto se incremente en vez de reducirlo (p. 405).

Posteriormente, J. M. Thomson en 1977 publica su libro titulado “Great cities and their traffic”, en el cual llega a la misma conclusión que Downs en relación al incremento de infraestructura de transporte y la congestión. Thomson señala que si la decisión de usar transporte público o privado se deja a elección del viajero, se llegará a un equilibrio en el cual el atractivo de ambos modos será igual. Esto debido a que si uno es más rápido, barato y más agradable que el otro, los viajeros cambiarán hacia dicho modo de transporte, haciendo que aumente la aglomeración y reduciéndolo en el otro, y así sucesivamente hasta alcanzar un



punto donde ningún viajero adicional piense que existen mayores ventajas al cambiar de modo. Por consiguiente, cualquier intento en mejorar el tráfico a través del aumento en la capacidad; es decir, mayor número de pistas, llevará a un nuevo balance entre el transporte público y privado hasta lograr un nuevo equilibrio (p.165).

En suma, si se construyen nuevas autopistas, puede que alivie la congestión por un corto periodo de tiempo, pero al generar incentivos para que la gente opte por el vehículo privado, el número aumentará de tal forma que la congestión volverá a aparecer, terminando en una situación igual o peor que antes.

A continuación, se presenta un concepto relativamente nuevo que ofrece una perspectiva de los individuos y su interacción con el entorno socioeconómico, las actividades disponibles y estilos de vida.

### **1.3 Movilidad sostenible**

Si bien la denominación de la tercera etapa según Jones es “Ciudades habitables- perspectivas de actividades y calidad de vida”, no es más que otra forma de presentar la movilidad sostenible. En esta etapa surge mayor interés en el uso de bicicleta y las caminatas pues son vistos como modos de transporte sostenibles y saludables que optimizan el uso del espacio público (p.8).

La movilidad urbana está condicionada por diversos factores. Según Montezuna (2003), en los países en desarrollo hay 4 principales factores: i) crecimiento urbano acelerado, ii) desarticulación entre forma urbana y sistema de movilidad, iii) concentración de actividades en las áreas centrales, y iv) segregación socioeconómica y espacial. De estos cuatro, el autor indica que un factor que condiciona fuertemente la movilidad es la concentración de actividades “la concentración de actividades en el centro tiene consecuencias en múltiples aspectos: la distribución y dinámica del empleo, la localización de los establecimientos escolares, del comercio y de los equipamientos, y la distribución según edad, sexo, actividad y categoría socio-profesional de la población” (p.178-179).

El autor señala que el diseño de las ciudades en los países en desarrollo no ha seguido planes de urbanismo, sino que ha sido el resultado del manejo del suelo según el nivel socioeconómico de sus habitantes, “la segregación socioeconómica de las urbes de los países en desarrollo no se limita solamente a la localización y entorno, sino que se manifiesta en la disponibilidad o la carencia de infraestructura, de servicios públicos, de equipamientos urbanos y de oportunidades de trabajo.” (p.179). En otras palabras, las condiciones de movilidad de la población que reside en las periferias es reducida. En la mayoría de casos, deben realizar más de dos trasbordos para llegar a sus destinos como consecuencia de la desarticulación entre la forma urbana y el sistema de movilidad.

Litman (2003) en su artículo “Reinventing Transportation. Exploring the Paradigm Shift Needed to Reconcile Transportation and Sustainability Objectives”, señala que la sostenibilidad tiene implicancias significativas en la planificación del transporte, pues este último genera externalidades con altos costos que se distribuyen de manera desigual. La sostenibilidad en el transporte requiere que se utilice cada modo para lo que hace mejor: pasar a modos no motorizados para viajes locales, uso de transporte público para ir a zonas urbanas, y reducir el uso del vehículo particular (p.3).

Con un sistema de transporte público planificado, regulado y organizado, se pueden mejorar las condiciones de movilidad en una ciudad, puesto que el porcentaje de personas que se movilizan en vehículo propio en comparación con las que utilizan transporte público es menor. Incluso, podría darse el caso de que ante un sistema de transporte público eficiente algunas personas prefieran dejar de utilizar sus vehículos.

Para alcanzar la movilidad sostenible, hay diversos factores que se deben considerar. No sólo se debe enfocar en los modos de transporte colectivo y en impulsar el uso de modos no motorizados (como el uso de la bicicleta o caminatas), sino que también se debe priorizar el diseño de la ciudad pues este influye en el comportamiento de desplazamiento de las personas.

## 2. Externalidades del Transporte

Un equilibrio eficiente se logra cuando los costos marginales sociales son iguales a los beneficios sociales marginales. Las externalidades son una falla de mercado que impiden alcanzar el equilibrio (Santos et al. 2010, p.3). Según Stiglitz (2000), hay presencia de externalidades cuando “los actos de una persona o de una empresa afectan a otras personas o a otras empresas, en los que una empresa impone un coste a otras pero no las compensa, o en los que una empresa genera un beneficio a otras, pero no recibe ninguna retribución a cambio” (p.95).

En el libro *Theory of Environmental Policy* (1988), Baumol & Oates afirman que “una externalidad está presente toda vez que la función de utilidad o producción de un individuo incluye variables reales (no monetarias) cuyo valor está dado por otros (personas, corporaciones, gobierno) sin tomar en cuenta los efectos en el bienestar de dicho individuo” (p.17). A esta definición se le puede complementar con la observación que realizó Mishan (1971) al momento de definir externalidades, la cual resalta que una característica esencial de la externalidad es no ser una acción deliberada, sino no intencionada. Por otro lado, Heller & Starret (1976) hacen un análisis riguroso sobre la definición de externalidades y la definen como una situación en la que la economía privada carece de incentivos suficientes para crear un mercado potencial de algún bien, y la ausencia de dicho mercado genera pérdidas de eficiencia (p.10).

Ginés de Rus (2002), en su libro titulado “Economía del Transporte”, señala que, en el transporte urbano se generan varias externalidades causadas por la infraestructura, las empresas productoras de servicios o por los usuarios de los mismos.

El uso de vehículos motorizados genera cuatro externalidades a la sociedad: accidentes, contaminación ambiental, daño a la infraestructura vial y congestión (Newbery 1990, Parry et al 2007, Small & Verhoef 2007, Maibach et al 2008).

A continuación, se describirán las externalidades positivas y negativas que genera el transporte:

## **2.1 Externalidades positivas**

La existencia de infraestructura de transporte público y la oferta de servicios de transporte de pasajeros contribuyen al aumento de productividad para las empresas del país. Algunos de estos efectos encajan como externalidad positiva, mientras que otros no porque los usuarios pagan por el servicio de transporte o por el uso de infraestructuras.

Existe amplia evidencia que muestra la relación positiva entre las mejoras en infraestructura de transportes y el incremento de la productividad, esto debido a que genera mayor densidad en las ciudades y conecta las diferentes actividades económicas del país (Easterly & Rebelo 1993, Argimón et al. 1993, Duggal et al. 1999, Deichman et al. 2002, Venables 2004, Graham 2007, Jiwattanakulpaisarn et al. 2011).

Asimismo, el transporte trae consigo cambios en el uso o un ajuste en el entorno, dichos cambios pueden resultar en un entorno económicamente más eficiente con mayor valor de los predios en las áreas que cuentan con mejor accesibilidad (Elgar & Kennedy 2005, p.73).

Otra externalidad positiva que genera el transporte es el ahorro de tiempo que los usuarios de un servicio generan a los demás viajeros. Esto se denomina el efecto Mohring, el cual consiste en que una mayor oferta de servicios permite un mayor ajuste con las preferencias de horarios de los usuarios.

## **2.2 Externalidades negativas**

Aquí los efectos son más numerosos que en el apartado anterior. Los problemas que más destacan son la congestión, los accidentes, la contaminación ambiental o sonora y los daños a la infraestructura.

La congestión surge por un desajuste puntual entre la demanda existente para la utilización de una infraestructura y la capacidad máxima de ésta para dar servicio a los vehículos o usuarios. Otra manera de verlo es que la congestión aparece debido a que el incremento de vehículos reduce la velocidad de los demás vehículos, lo cual aumenta su tiempo de viaje (Newbery 1990, p.25). La decisión de entrada a la carretera por algún usuario se toma en función de su

propio beneficio, sin tener en cuenta los costes externos que genera al resto de usuarios. Por este motivo, la congestión puede considerarse como una externalidad interna del transporte en donde todos los usuarios afectados por la congestión son a la vez causantes de la misma.

Por otro lado, cada vez que hay un vehículo adicional en la carretera, aumenta la probabilidad de que otros usuarios de la carretera se vean envueltos en un accidente. Las razones son diversas: fallas mecánicas, exceso de velocidad, imprudencia del peatón, entre otras. Considerando que los accidentes también dependen de la distancia entre vehículos, pueden verse como un efecto asociado a la congestión (Newbery 1990, p.24).

Entre los efectos medioambientales destacan la contaminación ambiental y la sonora. La contaminación ambiental generada por el transporte corresponde a diversos factores. Uno de ellos, es que para mejorar el rendimiento del motor de un vehículo, se añaden aditivos al combustible, en particular el plomo. No obstante, ya hace tiempo se ha reconocido la nocividad de este componente y se procedió a retirarlo de la mezcla<sup>1</sup>. El material particulado son partículas finas líquidas o sólidas que se encuentran en el aire y no son percibidos a simple vista. Las partículas más dañinas son las denominadas PM 10 y PM 2.5. Las emisiones de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Óxido de Nitrógeno (NO) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) son gases que provienen en gran medida del transporte (Button 2010).

La contaminación sonora causada por el tráfico está relacionada a varios factores y se incrementa a mayores niveles de tráfico, velocidades más altas y un mayor número de vehículos. El ruido es una combinación de sonidos producidos por los siguientes factores: motores, llantas, tubos de escape, entre otros. Tiene diferentes efectos en la salud y bienestar de las personas, afecta a ciertas actividades como conversar, escuchar la radio o la televisión y dormir,

---

<sup>1</sup> “En el Perú, fue retirado como aditivo de la gasolina en el año 2005 y hoy ya no es un problema en los combustibles líquidos” (MINAM 2016, p.4).  
<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/preguntas-y-respuestas-Euro-IV-15-07-2016Revisi%C3%B3n-Ministro-5pm-copia.pdf>



además puede generar problemas de estrés, cansancio, problemas cardiovasculares, entre otros (Button 2010, pp. 174-175).

Los daños a la infraestructura son costos que recaen en el responsable i) del mantenimiento o reparación de las pistas como consecuencia del paso de vehículos y, ii) del costo adicional de operación del vehículo causado por la infraestructura dañada. El daño que el vehículo genera en la pista aumenta en relación a la carga máxima del eje, lo cual significa que el gran responsable de los daños a la infraestructura son los vehículos pesados (Newbery 1990, p.25).

La magnitud de una externalidad puede influenciar en la magnitud de otras, por ejemplo, el nivel de congestión incide en el nivel de contaminación del aire, los accidentes y del ruido. Esto tiene importantes implicaciones de política, pues cualquier decisión sobre reducir una externalidad también afectará a las demás. Por ello, los estándares permitidos de emisiones, impuestos a la congestión y otras medidas deben ser decididas de manera simultánea (Calthrop & Proost 1998, p.341).

### **3. Sistema Integrado de Transporte - SIT**

La integración en el sistema de transporte público consiste en lograr el desplazamiento de un lugar a otro mediante facilidades de intercambio modal e interconexiones. Una adecuada integración entre modos de transporte contribuye a que las personas puedan movilizarse de manera fácil y con costos e inconveniencias de viaje reducidos (Ibrahim 2003, p.213). El sistema de transporte público debe estar diseñado de tal forma que se reduzcan las externalidades negativas del transporte. Mrníková et al. (2017) señalan que un sistema de transporte no integrado tiende a descuidar las necesidades de los pasajeros, lo cual genera diversos problemas e inconvenientes tales como: i) mayor tiempo de viaje, cuando la conexión y tiempos entre los operadores del transporte público no está armonizado, ii) incomodidad, iii) incremento en los costos, usualmente hay servicios paralelos competitivos y, iv) falta de información de los pasajeros en relación a la tarifa que pagan (p.59).

Nosal & Starowicz (2010) mencionan que el transporte trae consigo numerosas externalidades negativas a las ciudades que afectan la salud de las personas y al medio ambiente. Para mitigar estos efectos e implementar un sistema de transporte sostenible, es necesario modificar el comportamiento de las personas, promoviendo el uso del transporte público, las caminatas y el ciclismo y usar en menor medida el auto privado (p.26)

Uno de los instrumentos que permite acomodar los patrones de movilidad es a través de un Sistema de Transporte Integrado (SIT), el cual puede implementarse en distintos niveles e incluir distintas actividades. La implementación de un SIT ayuda a la mejora de las condiciones de viaje, y lleva al mayor uso del transporte público por parte de los ciudadanos (Nosal & Solecka 2014, p.270).

Minken et al. (2003) describen que la integración se realiza en distintos niveles: i) integración operacional de diferentes servicios, usualmente en transporte público, ii) integración estratégica entre instrumentos que afectan los distintos modos y entre aquellos que involucran infraestructura, gestión, información y precios, iii) integración entre las políticas de transporte y uso del espacio, iv) integración entre las políticas de transporte y uso del espacio con otras áreas como salud, educación y sociedad, e v) integración organizacional entre las entidades competentes en transportes (pp.21-22).

Los distintos niveles de integración en el sistema de transporte público descritos por Nosal & Solecka (2014) son los siguientes:

- **Infraestructura:** consiste en la combinación de elementos que favorecen la integración en las redes de transporte, tales como paraderos, estaciones, plataformas de intercambio, vías de buses y/o tranvías, entre otros.
- **Organizacional:** incluye todos los servicios de transporte que atienden el flujo a nivel urbano y regional. La organización del transporte contribuye a realizar viajes en el menor tiempo posible. Una de las formas de organizar el transporte es a través de la coordinación en los tiempos, lo cual minimiza el tiempo de espera cuando se realizan transbordos.



- **Económica y financiera:** al igual que el nivel organizacional, cubre toda la red de transportes urbano y regional. Consiste en que los viajes que requieran el uso de dos a más modos de transporte garanticen al usuario que dicha combinación sea la de menor costo. El método más común de lograrlo es a través de la integración tarifaria.
- **Información:** consiste en proveer a los pasajeros un sistema de información compartida, independientemente del modo de transporte. Los recursos más utilizados para la difusión de información son puntos de atención al cliente, vía telefónica, internet, paraderos y estaciones. La información en tiempo real es conveniente para los pasajeros puesto que les permite flexibilizar sus viajes acorde al comportamiento de la red de transporte.
- **Espacial:** se refiere a la dinámica espacial entre la forma de desarrollo urbano y la red de transportes existentes. El correcto uso del espacio y la implementación de infraestructura de transporte son el resultado del alineamiento entre el planeamiento y gestión del territorio con el planeamiento de transporte.

Por otro lado, existen diversas acciones que pueden ser realizadas por las autoridades para mejorar la integración de los servicios de transporte, lo cual promovería el uso de modos de transporte no motorizados contribuyendo a la sostenibilidad. Veryard & Perkins (2017) describen las principales acciones que se deben implementar:

- **Integración tarifaria:** es cuando la tarifa cobrada al usuario es independiente del modo o el número de servicios utilizados para llegar a su destino. Los transbordos entre modos de transporte constituyen de por sí un costo para los usuarios pues aumentan el tiempo de espera y generan incomodidad al tener que cambiar de servicio. El costo se haría mayor si los usuarios tuviesen que pagar tarifas adicionales cada vez que realizan un trasbordo.
- **Integración tecnológica:** consiste en la integración de los medios de pago y la operación de sistemas de recaudo únicos o interoperables. La integración tecnológica se relaciona también con la integración de las tarifas ya que las instalaciones de validación, así como los medios de pago, deben estar

diseñados para facilitar el cobro de las distintas tarifas y, además, poder hacer seguimiento de los embarques, desembarques y transbordos.

- **Servicio de información integrada:** los pasajeros deben encontrar toda la información necesaria sobre las rutas disponibles de los diferentes servicios de transporte en un mismo portal web o aplicativo.
- **Coordinación del servicio:** aplica principalmente cuando las frecuencias son bajas. La coordinación entre los modos de transporte sirve para minimizar el tiempo de espera en los transbordos.
- **Integración física:** es la conectividad que se realiza entre los diferentes servicios de transporte del sistema a través de plataformas de intercambio, estaciones de transferencia o empalmes. Estas infraestructuras mayores y menores son instalaciones diseñadas para que se realicen transbordos entre diversos servicios de transporte.

Cuando se analiza el problema de la falta de integración del sistema de transporte público, no se debe dejar de lado el problema de la intermodalidad, entendido como el uso de diferentes modos de transporte en un viaje realizado por el usuario. Para ello, es necesario que exista la integración de información y rutas, coordinación en los puntos de conexión y los horarios, y unificación del sistema de pago (Nosal & Solecka 2014, p.272).

El planeamiento y diseño de los intercambios debe estar orientado a lograr la continuidad entre la zona del intercambio y el área que la rodea. La accesibilidad en el intercambio de un modo a otro determina el alcance de captación de usuarios como personas con movilidad reducida o ciclistas. Un mejor acceso y facilidades de intercambios entre servicios de transporte, así como garantizar desplazamientos rápidos dentro y fuera de la zona de intercambio, debe ser diseñado tomando en cuenta el ambiente local, las necesidades y requerimientos de los usuarios (Luciatti et al. 2016, p.1242).

Los intercambios cumplen tres roles: como un nodo en la red de transporte público, como punto de servicios comerciales a pasajeros y como un espacio donde los vehículos de transporte público realizan paradas. El principio básico de un intercambio es que sea accesible para los usuarios y para los distintos

modos de transporte. Debe reducir las barreras técnicas que puedan presentarse entre un modo y otro, la plataforma debe contar con conductos confortables y funcionales y con conexiones efectivas entre servicios de transporte. Adicionalmente, debe tener el suficiente espacio para que los distintos modos de transporte puedan maniobrar de manera segura (Bryniarska 2018, pp.114-115).

### **3.1 Evidencia internacional**

A continuación, se describirán algunos SIT en las principales ciudades de Los Estados Unidos y de Europa.

En la ciudad de Portland de Los EE.UU., el sistema de transporte público es manejado por el Tri-County Metropolitan Transportation District of Oregon (TriMet). En particular, maneja tres modalidades de transporte: buses, trenes ligeros MAX (Metropolitan Area Express) y tren de cercanías WES (Westside Express Service). El servicio de buses cuenta con más de 84 líneas, y varias de ellas se conectan con los trenes ligeros, trenes de cercanías, tranvía de Portland y el teleférico de Portland. El sistema de pago de los servicios mencionados está unificado pues se utiliza la tarjeta Hop Fastpass<sup>2</sup>, el cual te da acceso a cualquier modo de transporte, incluyendo intercambios sin recargo adicional, por un rango de dos horas y media. Las tarifas completas están dirigidas a adultos entre 18-64 años; las tarifas medias, a jóvenes de 7 – 17 años, usuarios con ingresos bajos, adultos mayores de 65 años y personas con alguna discapacidad; tarifas nulas para niños menores de 6 años<sup>3</sup>.

En la ciudad de Los Ángeles de Los EE.UU., la Autoridad de Transporte Metropolitano del Condado de Los Ángeles administra tres modalidades de transporte: el Metro Bus, Metro Tren y Metro bicicletas. El sistema de buses suma un total de 165 rutas y hay cuatro tipos de servicios: buses locales, buses rápidos, buses expresos y BRT con las Líneas G y J. El sistema de trenes cuenta con seis líneas que suman 93 estaciones, y todas ofrecen conexiones con el sistema de buses. El sistema de pago es a través de la tarjeta TAP<sup>4</sup> con una

---

<sup>2</sup> También se puede pagar con tickets y con efectivo.

<sup>3</sup> Consultado el 21.06.20. <https://trimet.org/>

<sup>4</sup> También se puede pagar en efectivo el monto exacto.

tarifa de \$1.75 que permite realizar viajes y transbordos en buses y trenes sin recargo adicional en un rango de dos horas. Las personas mayores a 62 años y personas con discapacidades pagan tarifas de \$0.75 o \$0.35 en horas valle; los estudiantes de primaria y secundaria pagan una tarifa de \$1. En el caso del servicio de bicicletas, también se puede hacer uso de la tarjeta TAP, con la diferencia que el pago de \$1.75 te habilita 30 minutos de viaje<sup>5</sup>.

En la ciudad de Nueva York en EE.UU, la Metropolitan Transportation Authority se encarga de administrar la red de transporte público que incluye sistema de buses, trenes subterráneos y ferrocarril. El subterráneo cuenta con 27 líneas que suman un total de 472 estaciones, de las cuales, algunas cuentan con una plataforma que permite cambiar de ruta. El sistema de buses ofrece alrededor de 16 rutas que se conectan con el sistema de trenes. El sistema de pago se realiza a través de la tarjeta MetroCard, el cual se emplea en los buses, metro subterráneo y en el ferrocarril de Staten Island. La tarifa regular es de \$2.75, los adultos mayores a 65 años o con discapacidad pagan una tarifa media de \$1.35<sup>6</sup>.

En la ciudad de París en Francia, la Île-de-France Mobilités es la autoridad del sistema de transporte, el cual consiste en tres modalidades: 1500 líneas de buses, 14 líneas de metros, 9 líneas de tranvías y 13 líneas de metros ligeros. Al 2015, la flota de buses contó con 4 573 vehículos, 244 unidades de tranvías y más de 300 estaciones, algunas de las cuales cuentan con aparcamiento de bicicletas. Cuenta con un sistema integrado de pago, a través del uso de la tarjeta Navigo Liberté+, la tarifa regular es de €1.49, si antes de usar el servicio de trenes regionales Réseau Express Régional (RER) o después de usarlo se realiza un viaje en bus o tranvía, solo se cobra el viaje en el tren. Las tarifas medias de €0.74 está dirigida a receptores de asistencia social, niños menores de 4 años, personas con discapacidad, grupo de jóvenes menores a 16 años acompañados por un maestro, familias numerosas y militares (reducción del 75% de la tarifa)<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> Consultado el 21.06.20. <https://www.metro.net/>

<sup>6</sup> Consultado el 21.06.20 <http://www.mta.info/> y <https://new.mta.info/>

<sup>7</sup> Consultado el 21.06.20. <https://www.iledefrance-mobilites.fr/>

En Madrid, España el Consorcio Regional de Transportes de Madrid es el encargado de planificar y coordinar la infraestructura, servicios y política tarifaria para brindar un servicio de calidad a los ciudadanos. El sistema integrado de transporte está conformado por la Red de Metro con 13 líneas, Red de tranvías con 4 líneas, tren de cercanías o ferrocarriles con 11 líneas, Urbanos de Madrid EMT con más de 200 líneas, autobuses urbanos, autobuses interurbanos, transporte público por municipio y autobuses de largo recorrido con 14 líneas. El sistema incluye una red de intercambiadores: los grandes intercambiadores son puntos de confluencia de líneas de autobuses y trenes de cercanías; las áreas intermodales son puntos de intercambio entre modos que facilitan la intermodalidad. El sistema de tarifas brinda una variedad de tarjetas y paquetes, asimismo brinda una variedad de abonos o descuentos dependiendo de los viajes que se realizan (descuentos por comprar paquete de billetes por 30 días o anual en una sola zona o interzonal) y del rango de edad (joven: menor a 26 años, normal: de 26 – 64 años, tercera edad: a partir de los 65 años)<sup>8</sup>.

De manera general, un sistema integrado de transporte incluye infraestructura para los intercambios modales, planificación de frecuencia y horarios de las modalidades de la red, y un sistema de tarifas integradas, que cuentan con un subsidio diferencial. En la siguiente sección se desarrollará conceptualmente el tema de subsidios.

#### **4. Política de subsidios**

Las ciudades buscan proveer servicios de transporte público cuyas tarifas sean asequibles y financieramente sostenibles. Una alternativa es brindar subsidios altos, o de lo contrario, cobrar tarifas altas que acaban excluyendo a los más pobres de utilizar los servicios.

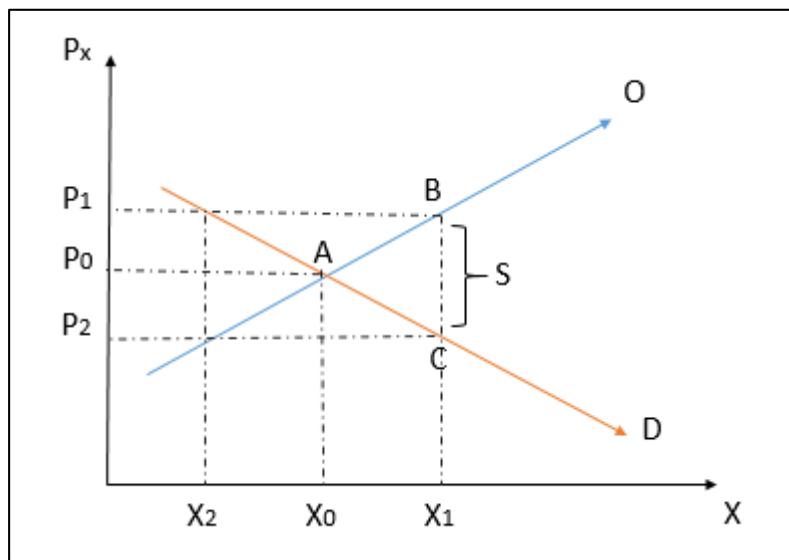
El subsidio es un impuesto negativo, lo cual significa que el Estado enfrenta un gasto cuando lo otorga y puede favorecer tanto a los productores como a los consumidores. A continuación, se ilustra el concepto de un subsidio:

---

<sup>8</sup> Consultado el 21.06.20. <https://www.crtm.es/>.



**Gráfico N° 1 Subsidio para elevar la producción y el consumo**



Elaboración propia

El punto A del gráfico señala el punto de equilibrio, supongamos que por alguna razón de política pública, el Estado desea que el precio pagado por el consumidor sea  $P_2$ , pero eso crearía una demanda insatisfecha pues a ese precio se produce  $X_2$ . Por consiguiente, el Estado paga  $P_1$  a los productores para que ofrezcan  $X_1$ , que es la cantidad demandada al precio  $P_2$ . En este caso, el monto del subsidio es  $S = P_1 - P_2$ <sup>9</sup>.

Los subsidios en el sector transporte no son un tema nuevo, Estupiñan *et al.* (2002) identifican dos tipos de justificaciones para el uso de subsidios. El primer tipo es de asignación eficiente, el cual se puede dividir en dos argumentos: precios bajos en modos de transporte alternativos y las economías a escala.

Los precios bajos en modos de transporte alternativos, en particular el auto privado, señala que los costos de un viaje adicional consisten en i) el valor del tiempo del conductor y de los pasajeros, ii) costos de operación del vehículo, iii) efectos en los niveles de congestión, iv) contaminación, v) costo marginal de mantenimiento del auto de otros usuarios, v) riesgo de accidente, entre otros. Sin

<sup>9</sup> El subsidio da lugar a que se genere una Pérdida de Eficiencia Social (PES). El triángulo de la PES surge porque la ganancia de los consumidores por la producción  $X_1 - X_0$ , dado por el área AC  $X_1 X_0$ , es menor al costo para los productores, área AB  $X_1 X_0$  (Kafka, 1997).

embargo, los costos que asume el usuario de auto privado son solo los dos primeros componentes listados, mientras que los restantes, considerados externalidades, son subsidiados (Elgar & Kennedy 2005, Estupiñan et al. 2007, Serebrisky et al. 2009). En este contexto, el subsidio al transporte público hace que ambos modos puedan competir al mismo nivel.

En el caso descrito, los subsidios aparecen como una alternativa para el segundo mejor, puesto que existen otros mecanismos para que los usuarios de vehículos privados paguen los costos que generan. Se podría aumentar el precio del combustible, internalizando el costo de la contaminación o se pueden aplicar peajes por uso de infraestructura o por congestión. Solo en caso que no se puedan aplicar las medidas señaladas, se justifica el uso de subsidios para alcanzar el segundo mejor.

Se debe tomar en cuenta que los subsidios pueden no ser tan eficientes tanto en países en desarrollo como en países desarrollados. La tasa de crecimiento del uso del auto privado es más alta en países en desarrollo y, por lo general, es el transporte público el que genera mayor porcentaje de contaminación, congestión y otros problemas.

El segundo argumento de asignación eficiente que justifica el subsidio al transporte público es el efecto Mohring. Este efecto consiste en que el costo total de un viaje no solo es el precio pagado por un modo de transporte, sino que incluye el costo del tiempo de los usuarios. Cuando se aumenta una unidad adicional, el tiempo promedio de espera se reduce.

En el artículo de Mohring (1972) titulado "Optimization and scale economies in urban bus transportation", se observa que en el caso del transporte la teoría de fijación de precios cambia pues los usuarios no pagan solo por el servicio de transporte, sino que también invierten su tiempo. En otras palabras, los costos del transporte pueden separarse en dos componentes: la tarifa que se paga por el servicio y el valor monetario que el usuario asigna al tiempo invertido en el viaje.



Turvey & Mohring (1975), en su artículo "Optimal bus fares", revisan qué variables determinan el costo marginal de los servicios de buses y señalan que se debe cambiar la noción de que los costos del servicio sólo afectan a los operadores de buses.

El tiempo que el usuario asigna a los viajes en bus, desde que espera en el paradero hasta que llega a su destino consiste en la suma de: i) tiempo de espera, que varía inversamente a la frecuencia de buses, ii) distancia del recorrido y velocidad promedio del bus, y iii) el tiempo utilizado según el número de paradas realizadas en el recorrido y el número de pasajeros que abordan o descienden del bus (p.281).

La velocidad promedio del bus se ve afectado por los siguientes factores: i) el flujo de tráfico, lo cual afecta la velocidad del bus entre cada parada, ii) las tasas de desaceleración y aceleración en cada parada, y iii) el tiempo en cada parada. Esto depende del número de pasajeros que van a abordar y/o descender del bus. También depende del tipo de bus y del sistema de pago (p.280).

Retomando el artículo de Mohring (1972), el autor señala que los subsidios al transporte permiten alcanzar la situación del primer mejor. Para ilustrar el caso, describe la situación en la que una compañía brinda un servicio de buses cada 20 minutos. Supongamos que la demanda por esa ruta se duplica y la compañía responde duplicando el número de buses. Los costos de operación del bus por pasajero se mantienen iguales, así como el tiempo que pasan los pasajeros a bordo del bus. Caso contrario sucede con el tiempo de espera de los pasajeros, que se recorta a la mitad, considerando que el tiempo promedio de espera sea proporcional al intervalo de paso de buses. Sin embargo, el tiempo de espera agregado será igual antes y después del incremento de demanda.

De manera más general, si el servicio se provee de manera proporcional a la demanda de pasajeros y si el tiempo de espera es proporcional al intervalo de paso de buses, el tiempo total que invierten los pasajeros es independiente del número de pasajeros que abordan cada bus. Bajo estas condiciones, la diferencia entre los costos promedios y costos marginales de un viaje es el valor

del tiempo de espera que asigna un usuario promedio. Por consiguiente, para hacer el sistema viable se requerirían subsidios (p.593).

Kerin (1995) analizó el artículo de Mohring (1972) y resaltó algunas deficiencias en el modelo planteado como el hecho de considerar sólo el costo del operador y el costo de los usuarios, omitiendo la existencia de otros usuarios y que la velocidad no es constante. Cuando se introducen los efectos de la congestión y el costo incurrido por los no usuarios de transporte público, no queda claro si se presentan economías a escala en el servicio de buses, a excepción del caso de metros pues los rieles son de uso exclusivo. A pesar de que el incremento de la flota de buses reduce el tiempo de espera, genera mayor congestión lo que aumenta el tiempo de viaje de los usuarios de buses y de autos privados (p.34).

De manera general, hay un consenso de que en la mayoría de procesos de producción, existen i) retornos a escala creciente en un nivel bajo de producción, debido a que los insumos no se usan de manera eficiente, ii) retornos constantes, en un rango más amplio y, iii) retornos decrecientes en niveles altos de producción debido a problemas de congestión (Berechman & Giuliano 1985, p.316).

Hasta este punto, se ha desarrollado la justificación de los subsidios por el lado de la eficiencia; ahora se desarrollará el segundo tipo de justificación, el cual tiene un enfoque social y distributivo. En países en desarrollo, las políticas y debates sobre la asequibilidad del transporte público han pasado de una preocupación por justificar la inversión en transporte desde una perspectiva de eficiencia económica (cómo reducir los costos logísticos), hacia objetivos que promueven la equidad (TRL 2003, Venter 2011).

Este enfoque social del transporte comienza con el reconocimiento de la importancia de un transporte accesible y asequible para el bienestar de las personas (Gómez-Lobo 2011, p.438). Hay cuatro características que debe cumplir el transporte urbano para garantizar la universalidad del servicio. Según Carruthers et al. (2005), el primero es la asequibilidad, y se refiere a que el costo financiero de los viajes coloca al individuo en una de dos situaciones: que tenga

que realizar sacrificios para poder viajar o que pueda permitirse realizar todos los viajes que quiera. Segundo, la disponibilidad del transporte hace referencia a las rutas existentes, horarios y frecuencias a los que el individuo está sujeto para poder realizar alguna actividad en un lugar distinto donde se encuentra, sea trabajo, ocio, servicios u otros (pp. 1-2).

Tercero, la accesibilidad consiste en la facilidad con la que todas las categorías de pasajeros pueden usar el transporte público. Finalmente, la cuarta característica es la aceptabilidad que depende del transporte mismo o de los estándares esperados por el usuario. Si un modo de transporte cumple con las tres primeras características, pero las unidades móviles están en mal estado, hay poca seguridad de acceso, falta de paraderos, un potencial usuario puede optar por no hacer uso del servicio (p.3).

Una de las principales características del transporte, señalada por Button (2010) en su libro "Transport Economics", es que tiene una demanda derivada. Las personas, en general, viajan para obtener algún beneficio en el destino al cual se dirige, el viaje en sí mismo debe ser el más corto posible (p.13). Es por ello que los subsidios al transporte que brinda el Gobierno deben verse como una forma de inversión social, así como cuando se destinan recursos a la construcción de pistas. Al brindar subsidios al transporte, se está facilitando el acceso a centros laborales, hospitales, tiendas y a otros servicios, por lo que es como una inversión en capital humano (Estupiñan et al. 2007; Cervero 2011; Gómez-Lobo 2011; Ferro & Lentini 2012).

Según el informe de Cervero (1983) titulado "Intergovernmental responsibilities for financing public transit services", el subsidio puede considerarse como una herramienta para el logro de objetivos de equidad social. Las tarifas altas afectan a los pobres, personas mayores y otros grupos que tienen derecho a tener igual acceso a servicios de transporte. Por lo tanto, se debe realizar una redistribución; es decir, una transferencia de ingresos percibidos por personas que pagan impuestos y no usan transporte público hacia aquellos que perciben salarios bajos pero que utilizan el servicio (Cervero 2011).

Si bien hay un porcentaje de la población que se moviliza a pie o en bicicleta, “a medida que las áreas urbanas se expanden y las distancias de desplazamiento aumentan, caminar y andar en bicicleta se volverá más difícil. Algunos pobres urbanos se verán obligados a tomar el autobús o el ferrocarril, lo que ejercerá una gran presión sobre sus ingresos (Peng 2005, pp.9-10).

Sobre la base de experiencia en países con ingresos bajos, las tarifas altas no pueden cobrarse sin perder clientes. Según Badami (2004), para atraer a un mayor número de usuarios, las tarifas de un sistema integrado de buses o de trenes no deberían ser mayores que las tarifas de buses existentes; de lo contrario, los pobres seguirían utilizando estos últimos (p.16).

Existen argumentos para un transporte gratis o con tarifas reducidas para grupos específicos tales como estudiantes y personas de la tercera edad, especialmente cuando se aplica en periodos de hora valle, cuando los costos marginales son bajos. Si no se aplica ningún subsidio, puede generar un impacto en la calidad del servicio: habría una reducción de la oferta de transportes urbanos y regionales, además de un incremento en la tarifa. La suspensión de un subsidio perjudica a los grupos con menores ingresos (Van Goeverden et al. 2006, p.24).

El subsidio cruzado consiste en que ciertos servicios tienen una tarifa alta para poder compensar otro servicio financieramente no sostenible. También puede ocurrir que exista una tarifa plana en el uso de un servicio; es decir, independiente de la distancia a recorrer. En este caso, los pasajeros que realizan recorridos cortos pagan más del costo que generan al sistema mientras que los pasajeros con recorridos muy largos pagan relativamente menos (Serebrisky et al. 2009, p.723).

El subsidio cruzado puede incluir un mecanismo de autoselección, el cual consiste en que un servicio de baja calidad subsidiado coexiste con otro servicio de alta calidad no subsidiado y ambos ofrecen un servicio equivalente. Se espera que los usuarios con mayores ingresos opten por el servicio de mayor calidad mientras que los pobres utilicen el servicio subsidiado (p.725).

De otro lado, los subsidios a la oferta son aquellos destinados a cubrir los costos de la infraestructura o de los costos operativos. Los subsidios directos a la operación son transferencias que realiza el gobierno a los operadores de transporte público en función al número de pasajeros transportados o los kilómetros recorridos o ingresos totales. Este último criterio puede convertirse en un incentivo a la mejora en el desempeño del servicio. En contraste, existen subsidios no condicionados a la oferta; es decir, sin considerar ningún indicador de desempeño del servicio. Si el proveedor obtiene un déficit en su balance financiero anual, el Gobierno se encarga de cubrirlo para garantizar la continuidad del servicio (p.725).

Los subsidios a la infraestructura se emplean mayormente en proyectos de metros, tranvías, BRT y para carreteras. Cuando el Estado subsidia la inversión en infraestructura, lo hace con la finalidad de que dicho costo no esté incluido en la tarifa a los usuarios (p.726).

En Lima, hay dos sistemas de transporte masivo, por un lado está la Línea 1 del Metro de Lima, que es un tren eléctrico elevado, y por el otro está el Metropolitano que es un sistema de Buses de Tránsito Rápido (BRT por sus siglas en inglés)<sup>10</sup>. En ambos casos, se aplican “subsidios” a grupos específicos como escolares y universitarios, la diferencia es que el Metropolitano es un sistema autosostenible, mientras que la Línea 1 recibe un subsidio por kilómetro recorrido, el cual se traduce a un subsidio de S/. 2.50 por pasajero (Asociación de Contribuyentes 2019), lo cual hace posible que la tarifa cobrada sea de S/. 1.50. Tomando como referencia el subsidio que recibe la Línea 1, se podría decir que es como si el pasaje en el Metropolitano fuera gratis. Además, con la inclusión de los Corredores Complementarios, los costos de transporte se han visto incrementados.

Ante esto, la Autoridad Única de Transporte Urbano de Lima y Callao (ATU) presentó la Política de Subsidios del transporte urbano de pasajeros del Sistema Integrado de Transporte Urbano de Lima y Callao ante el Ministerio de

---

<sup>10</sup> La información detallada de ambos sistemas se encuentra en la sección IV.1



Transporte y Comunicaciones, documento que fue aprobado mediante Decreto Supremo N°022-2019-MTC. La ausencia de subsidios a la inversión u operación, limita la reforma e implementación de un Sistema de Transporte Integrado en Lima y Callao pues los proyectos suelen ser socialmente rentables, pero financieramente no lo son debido a los altos costos hundidos en la infraestructura ya sea de Metros, BRT, túneles, puentes, entre otros (D.S. N°022-2019-MTC, p.57).

## II. Análisis Costo Beneficio

La evaluación económica de un proyecto tiene que ver con los efectos que genera el proyecto en la sociedad y si incrementa los beneficios netos de la sociedad en conjunto (Jenkins et al. 2011, p.11).

El análisis costo beneficio económico es un instrumento aplicado en la economía del bienestar, la cual se basa en tres supuestos:

- *El precio competitivo de demanda por una unidad adicional de un bien equivale al valor económico del demandante y por ende su beneficio económico.* Cuando un proyecto genera un bien o servicio, el beneficio económico o precio económico de cada unidad adicional se mide por la disposición a pagar del consumidor.
- *El precio competitivo de oferta por una unidad adicional de un bien mide su costo económico.* La curva de oferta comprende los precios mínimos que los ofertantes están dispuestos a recibir por una unidad, y este precio mínimo representa el costo de oportunidad de esos bienes.
- *Los costos y beneficios se incorporan sin tener en cuenta quienes son los ganadores o perdedores.* Se refiere a los aspectos distributivos de un proyecto, y cómo deberían ser incorporados en el análisis económico. Al tomar las valoraciones de cada demandante y ofertante y luego al restar los costos y beneficios totales es la metodología básica de la aplicación de la economía del bienestar enfocada en la eficiencia económica.

Ante la presencia de distorsiones, los precios competitivos de oferta y demanda difieren, lo cual hace complejo el análisis. Los impuestos a la renta, los impuestos

al valor agregado, los aranceles, los tipos de cambio pueden causar distorsiones en los valores de los bienes y servicios producidos o utilizados en el proyecto a evaluar. Los precios de mercado se utilizan para valorar los beneficios y costos privados; mientras que los precios sociales o precios sombra se utilizan para la evaluación social.

La medición de los beneficios y costos económicos se realiza sobre la base de información desarrollada para la evaluación financiera, pero se adicionan los principios económicos de la economía del bienestar. En otras palabras, a diferencia de la evaluación financiera de un proyecto, en la cual priman los intereses de los inversionistas y de los bancos, la evaluación económica permite cuantificar los impactos del proyecto en la sociedad en términos del aumento total del bienestar.

Un elemento importante de la evaluación de proyectos es examinar el impacto incremental del proyecto. Es decir, cuáles son los efectos netos respecto a la situación sin proyecto (p.5) o situación sin proyecto optimizada.

### **1. Tasa social de descuento**

Uno de los parámetros más importantes de la evaluación económica es la tasa social de descuento, la cual es el valor en el tiempo de los costos y beneficios desde el punto de vista de la sociedad. Según Jenkins et al. (2011), hay por lo menos cuatro métodos para su estimación. Algunos autores señalaban que todos los proyectos de inversión, sean públicos o privados, deben descontarse con una tasa igual a la productividad marginal del capital en el sector privado. El argumento de este primer método es que si el gobierno busca maximizar la producción del país, entonces debe invertir en proyectos con mayor rentabilidad.

En segunda instancia, autores como Little & Mirrlees (1974), Squire & Van der Tak (1975) sugieren usar una tasa contable de interés, la cual sería el retorno marginal estimado de proyectos públicos dada una cantidad determinada de fondos de inversión. Si la mayoría de proyectos son aceptables, la tasa de interés debería elevarse; por el contrario, si pocos proyectos son atractivos, la tasa debería bajar. El problema con este método es que no asegura que los fondos



sean utilizados de manera óptima en el sector público o privado, sino que se ejecuten los proyectos públicos más prometedores.

El tercer método consiste en que los costos y beneficios deben ser descontados por la tasa social de preferencia de consumo intertemporal, y deben ser ajustados a precios sociales.

Finalmente, el cuarto método es el sugerido por Harberger y otros, que consiste en que la tasa de descuento para inversiones de capital debe ser el costo de oportunidad de los fondos públicos. Esta tasa es un promedio ponderado de la productividad marginal del capital en el sector privado y la tasa de preferencia del consumo.

En el caso peruano, Seminario (2017a) estimó la tasa social de descuento aplicando el modelo de Harberger y obtuvo un valor de 8%. Para la estimación calibró las siguientes relaciones: i) las elasticidades de la inversión y del ahorro doméstico y externo, ii) la importancia relativa del ahorro doméstico, la inversión y del ahorro externo respecto al PBI, iii) el promedio de la productividad marginal del capital, la preferencia por el tiempo y el costo marginal del endeudamiento externo. Se utilizaron series estadísticas del Banco Central de Reserva (BCRP) y del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). El autor señala que una debilidad del modelo aplicado es que algunas variables utilizadas para la estimación tienen una tendencia decreciente; para ello, aplicó filtros de baja frecuencia como el filtro de Hodrick y Prescott y obtuvo una TSD de 9%. Cabe mencionar que de los dos valores mencionados, el valor oficial de la TSD para la evaluación social de proyectos, establecido en el Anexo 11 de la Directiva N°001-2019-EF/ 63.01 del Ministerio de Economía y Finanzas es de 8%.

En Colombia, Piraquive et al. (2018) actualizaron la tasa social de descuento de 12% que utilizaban desde 1969 y que fue elaborada por Harberger. Los autores utilizan información al 2015 de la Encuesta de Hogares (ECH), la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH), las encuestas de ingresos y gastos, los registros administrativos de la Planilla Integrada de Liquidación de Aportes (PILA) y

Cuentas Nacionales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Como resultado, obtienen una TSD de 9%.

En la misma línea, en Chile la tasa de descuento social establecida por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia es de 6%, y también aplicaron el método de Harberger.

## **2. Pasos para la evaluación económica**

En el libro titulado “Evaluación Social de Proyectos” de Fontaine (2008), el autor distingue tres pasos para la evaluación económica:

### **2.1 Identificar**

Este primer paso es importante debido a que la inclusión de costos o beneficios no pertinentes puede llevar a tomar decisiones erróneas. Pickrell (1989) señala que en proyectos de tranvías y trenes ligeros, los costos tienden a estar subestimados, mientras que los beneficios, sobreestimados, en particular por una estimación elevada de la demanda de pasajeros. Para identificar las variables relevantes, primero debe definirse la situación base o situación sin proyecto; es decir, qué pasaría (en el país o ciudad) durante el periodo de evaluación si no se ejecuta el proyecto en cuestión. Es importante mencionar que la situación sin proyecto no implica que no se haga nada, por el contrario, el escenario pasa a ser uno en el que los mercados evolucionan naturalmente bajo un contexto de buenas decisiones (Jenkins et al. 2011, p.5). En otras palabras, es la situación actual optimizada, la cual implica la inclusión de pequeños proyectos o mejoras de gestión.

Los beneficios pueden ser i) directos o internos, asociados con los usuarios de la infraestructura de transporte, y ii) los indirectos o externos que incluye a los no usuarios (Couture et al. 2016). Sobre los primeros, Belli et al (1998) señalan que los beneficios son i) los ahorros de costo vehicular, ii) ahorro de tiempo de viaje, iii) reducción de accidentes, iv) reducción del tiempo de espera y de caminata. Con respecto a los segundos, dos beneficios indirectos que se consideran son el estímulo al desarrollo económico y las mejoras medioambientales.

Los efectos más amplios; en otras palabras los indirectos, se suelen usar para inflar los beneficios de un proyecto que está destinado a fracasar en una evaluación si aplicaran solo los beneficios directos (Flyvbjerg et al. 2008, Vickerman 2007, Laird et al. 2005).

Sobre las mejoras ambientales, en el marco de la movilidad urbana sostenible, se deben considerar los beneficios medioambientales que traería el nuevo proyecto, principalmente por la diferencia entre las modalidades: un sistema de buses versus un tren eléctrico. En el estudio de factibilidad de la Línea 2 del Metro de Lima, consideran como un beneficio el incremento en el valor de los predios. Iacono & Levinson (2013) recomiendan que para mejorar el Análisis Costo Beneficio, se debe usar los cambios en el valor de los predios para evaluar los beneficios a un nivel microeconómico; en contraste, Laird & Mackie (2014) señalan que los impactos de proyectos de transporte, capturados en el Valor Agregado Bruto, deben aplicarse cuando se evalúen megaproyectos con impactos macroeconómicos.

En el documento “Guide to Cost – Benefit Analysis of investment projects. Economic appraisal tool for cohesion Policy 2014-2020” de Sartori et al., se revisa la metodología análisis costo beneficio y las buenas prácticas internacionales. Los beneficios a usar en evaluaciones de proyectos de transporte son: ahorro tiempo de viaje, ahorro costo de operación de vehículos, costos operativos de los transportistas, reducción de accidentes, variación en emisiones de sonido, variación en contaminación del aire y variación en emisión de gases de efecto invernadero. Además de los tres primeros, señala que la reducción de accidentes y la contaminación medioambiental siempre deben ser evaluadas. En cuanto al resto de efectos indirectos o impactos más agregados en los mercados secundarios, tales como los fondos públicos, niveles de empleo, la Guía sugiere excluirlos de la evaluación (p.77).

El incremento del valor de los predios es un efecto indirecto, pues afecta a los no usuarios. Si bien fue considerado como beneficio en el estudio de la Línea

2<sup>11</sup>, por lo expuesto líneas arriba, no será considerado en la evaluación a realizar en el presente documento.

## **2.2 Medir**

Una vez identificados los beneficios y costos pertinentes, se procede a su medición, lo cual requiere que se establezcan unidades de medida o normas como: metros lineales, metros cúbicos, número de vehículos, índices de morbilidad u otras medidas estándar aceptadas. En este paso surgen conflictos sobre algunas variables que son difíciles de medir, ¿cómo se podría medir la desnutrición?, ¿cómo se mide la calidad?. Fontaine (2008) señala que, a medida que surja la necesidad de llegar a un acuerdo sobre una unidad de medida y exista la disposición de destinar recursos para ello, se hará; pero en tanto no exista una forma de medir los beneficios o costos de un proyecto, éstos quedan fuera de la evaluación a través del ACB.

### **2.2.1 Costos de Operación Vehicular**

Suele ser el factor de costos más fácil de medir, puesto que los ahorros provienen de la gasolina, lubricantes, llantas, mantenimiento, desgaste del vehículo. Estos costos dependen de la geometría de la carretera (grados de inclinación, curvas) y otras condiciones de la superficie.

### **2.2.2 Tiempo de viaje**

En proyectos de transporte, el beneficio en esta variable se determina por la diferencia del tiempo de viaje de los usuarios entre la situación con proyecto y la situación sin proyecto durante el horizonte de evaluación. Una vez obtenida las

---

<sup>11</sup> En el estudio de factibilidad de la Línea 2 se considera esta variable como un beneficio atribuible al proyecto y lo incluyen en el análisis económico. Primero, toman los precios publicados por la Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO sobre el precio de los terrenos por metro cuadrado para cada distrito de Lima, luego se definió la composición del valor de un predio, el cual incluye el precio del terreno más el precio del inmueble. Posteriormente hallaron el incremento del valor del predio según la distancia con la estación del metro distinguiendo entre áreas comerciales y no comerciales. Como segundo dato, se define el área (m<sup>2</sup>) de influencia por cada estación de metro hasta un radio de 500 metros. Entonces, con ambos datos, se hace una ponderación del valor del predio por zona, comercial y no comercial, que se encuentran dentro del área de influencia de cada estación. Finalmente, obtienen como impacto económico la suma de \$1 920 721 miles de dólares.

diferencias, se tiene que monetizar con el valor social del tiempo de los usuarios. El valor del tiempo en el transporte se entiende como la disposición que tiene una persona a pagar por reducir su tiempo de viaje, o la compensación que está dispuesta a recibir por perder su tiempo (Wardman, 1998).

Otra forma de entenderlo es que “el valor social del tiempo es el costo o beneficio para la sociedad de tener tiempo disponible para realizar alguna actividad distinta a viajar” (Calmet & Capurro: 2011, p.75). Así como existe un valor social del tiempo, también existe el valor privado, y la diferencia surge porque se generan pérdidas o beneficios directos e indirectos de transporte en una ciudad.

En el artículo de Calmet & Capurro (2011), los autores resaltan que el tiempo de por sí es valioso, y que un proyecto de transporte que tenga como objetivo reducir el tiempo de viaje producirá beneficios importantes. La forma de valorizar el tiempo implica diferenciar entre viajes motivados por el trabajo, y viajes de ocio. Además, como no hay un solo valor del tiempo aplicable a todas las personas, los autores sugieren realizar el análisis diferenciando las personas por categorías, por ejemplo, por nivel socioeconómico. Se plantean dos métodos de estimación: el primero es un cálculo objetivo a partir del ingreso monetario de usuarios de transporte urbano, y el segundo método busca extraer el valor del tiempo a partir de la elección entre distintos modos de transporte y distintos escenarios de tarifas y tiempos de viaje.

### **2.2.3 Valor de la vida**

El valor de la vida en sí no es calculable debido a que una persona estaría dispuesta a darlo todo por evitar su muerte, con lo cual el valor sería infinito. Sin embargo, todos toman algún riesgo que puede ser evitado en alguna medida por dinero o tiempo. Cuando una persona gasta para evitar un riesgo fatal, o acepta un pago por tomar ese riesgo, implícitamente está haciendo un trade-off entre dinero y probabilidad de muerte (Ashenfelter, 2006).

La disposición a pagar es un método teórico atractivo para estimar el valor monetario por evitar la muerte, pero es difícil de medir. Realizar caminatas, ir al



doctor, comer chocolates son, por ejemplo, formas de compra y venta de supervivencia (Shepard & Zeckhauser 1982, p.1). Una justificación que señalan los autores para estudiar el tema es que puede mejorar las políticas públicas que afectan la probabilidad de perder la vida.

Los analistas de política usualmente indican que se hace un intercambio entre beneficios en salud y seguridad versus otros beneficios, es por ello que requieren del valor de salvar una vida o reducir el riesgo de enfermedad para tomar una decisión (Miller 2000, p.170).

Para aterrizar el concepto del Valor Estadístico de la Vida (Ashenfelter 2006), supongamos que un agente económico está dispuesto a aceptar las consecuencias de una acción que involucra un aumento en el ingreso  $\Delta W$  a cambio de un incremento en la probabilidad de muerte  $\Delta P$ . Entonces  $V^* = \Delta W / \Delta P$  es un intercambio justo para el agente, donde  $V^*$  dependerá del nivel de probabilidad a evaluar, la riqueza de una persona y otros factores, como la preferencia personal.

Entonces aparentemente  $V^*$  no es directamente observable, por lo que se requiere el uso de métodos indirectos para su medición. Un método podría ser preguntando directamente a los agentes, pero el problema es que es de una naturaleza hipotética, en la cual no se sabría si esa sería su respuesta en una situación real.

De Blaeij et al (2003) señala que los accidentes de tránsito constituyen un gran problema a atender en las políticas de transporte, por ejemplo en Europa ocurren alrededor de 40 mil muertes por accidente de tráfico al año. El costo de los accidentes, sean fatales o no, es un componente importante de los costos externos del transporte. Los daños incluyen gastos médicos, daño material e inmaterial, asistencia legal, pérdida de tiempo, entre otros. La valoración económica de la seguridad en el transporte no es tarea fácil, porque requiere estimar el valor estadístico de la vida. A diferencia del valor de la vida, el valor estadístico implica valoraciones de cambios en el nivel de riesgo, no es la valoración de la vida de un individuo en particular (pp.973-974).

El valor monetario de la seguridad debe estar expresado en términos como el agregado de la disposición a pagar de los individuos por mejoras en la seguridad; o la disposición de aceptar compensación por mayor nivel de riesgo.

La disposición a pagar no es otra cosa más que los valores que reflejan las preferencias, percepciones y actitudes en relación al riesgo de aquellos afectados por una decisión de política (p.975).

Empíricamente, la disposición a pagar puede estimarse a través de métodos de preferencia revelada o de preferencia declarada, también llamado método de valoración contingente (Carthy et al. 1998). Este método puede realizarse preguntando a una muestra representativa de individuos expuestos a un riesgo sobre cuál sería su disposición a pagar para incrementar su seguridad (o la de los demás).

La otra aproximación es el de preferencias reveladas, en la cual los individuos revelan sus preferencias al tomar decisiones donde el riesgo está presente, por ejemplo, comprar un auto con o sin bolsa de aire (De Blaeij et al 2003). Supongamos que existe una oferta  $V$  para aceptar una acción con nivel de riqueza y riesgo de fatalidad conocidos. Si un individuo acepta el riesgo, entonces quiere decir que lo que recibe es más valioso que el riesgo de fatalidad asumido (Ashenfelter 2006).

El problema general en ambos métodos es la dificultad que presentan los encuestados para responder a los cambios marginales en las probabilidades de riesgo ante una ocurrencia de accidente de tránsito. Al ser situaciones hipotéticas, depende de la manera en que el encuestador contextualice y plantee las preguntas (De Blaeij et al 2003).

#### **2.2.4 Costos de accidentes**

El Institute Road Assessment Programme en el artículo "The true cost of road crashes. Valuing Life and the cost of a serious injury" (2008) señala que las lesiones pueden ser clasificadas en leves, moderadas, grave, severo, crítico y muerte, según la Escala Abreviada de Lesiones (AIS). Sin embargo, la AIS no

evalúa los efectos de múltiples lesiones, es por eso que el sistema más usado es la Escala Máxima Abreviada de Lesiones (MAIS), la cual categoriza a las víctimas según la gravedad de las lesiones en una determinada parte del cuerpo o una lesión general en todo el cuerpo (p.9).

Un método que propone para valorizar una lesión grave en países en desarrollo es considerar la relación entre las lesiones mortales y graves. La dificultad que surge es la diferencia en las definiciones de lesión grave en los países, en unos es cuando la víctima está hospitalizada mientras que en otros se utiliza una definición más amplia. Por ello, se realiza un ajuste con la distribución de tipo de lesiones clasificados como graves, que en la escala de MAIS son las categorías grave severo y crítico<sup>12</sup>. Como resultado, el IRAP recomienda que el valor de una lesión grave se estime como el 25% del valor de una muerte.

### **2.2.5 Contaminación ambiental**

Tol (2009) en su artículo “The economic effects of climate change” señala que hay dos métodos para estimar los efectos económicos del cambio climático. El primero es el método enumerativo, el cual consiste en la agregación de las estimaciones de los efectos físicos del cambio climático en distintas variables. El segundo enfoque es la aproximación estadística, la cual se basa en estimaciones de los impactos al bienestar a partir de datos observables como los precios y gastos para evaluar los efectos del cambio climático (p.31-32). La ventaja de del método enumerativo es que se basa en estudios científicos experimentales; no obstante, este método pierde fuerza al extrapolar los resultados obtenidos debido a que los estudios se suelen ser realizados a niveles locales, mientras que en el enfoque estadístico los resultados se basan en diferencias reales de variables climáticas e ingreso. La desventaja del enfoque estadístico es que se

---

<sup>12</sup> Analizaron bases de datos sobre lesiones causadas por colisiones viales de Estados Unidos, el National Automotive Sampling System y el Pedestrian Crash Data System. Por otro lado, Tailandia fue el único país en desarrollo que contaba con información sobre las colisiones usando la escala MAIS, la base de datos utilizada fue el Injury Surveillance Program. Para el caso de Estados Unidos, el valor de una lesión grave equivalió al 17% de una muerte, mientras que el valor de una lesión sufrida por un peatón equivalió al 28%. En el caso de Tailandia, el valor de una lesión grave equivalió al 17% del valor de una muerte.

asume que las diferencias se deben al clima y que algunos efectos clave, como el aumento del nivel del mar o la fertilización de dióxido de carbono, no tienen variación espacial significativa.

El costo social del carbono se utiliza para evaluar los beneficios económicos de políticas para el cambio climático, y suelen referirse al costo de una tonelada métrica adicional de carbón emitida (Watkins 2006). Los tres modelos más utilizados para estimar el costo social del carbono son i) el Dynamic Integrated Climate Economy model (DICE) aplicado por Nordhaus & Boyer (2000) y Hope (2008), ii) Policy Analysis of the Greenhouse Effect (PAGE) aplicado por Tol (2005) y, iii) Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution (FUND) aplicado por el US Environmental Protection Agency (2015). Los tres modelos simplifican y asumen representaciones de la realidad y estiman la relación entre el impacto físico de una unidad adicional de carbono con el daño económico que genera (CIUP 2016).

## **2.3 Valorar**

Una vez identificados los beneficios y costos del proyecto y su medición, se procede a su monetización a precios sociales.

### **2.3.1 Estimaciones del valor de la vida**

En Colombia, Márquez & Avella (2012) realizan una estimación del VEV para que pueda ser utilizada en la cuantificación de externalidades generadas por los accidentes en proyectos de transporte (p. 103). El enfoque utilizado fue el de preferencias declaradas, por lo que en el estudio se aplicaron encuestas para obtener información que permita calibrar modelos de elección discreta y de ese modo cuantificar la disposición a pagar por reducir la probabilidad de riesgo de fatalidad. La encuesta se aplicó en la ciudad de Bogotá a 50 individuos en edad productiva, adultos entre 18 y 60 años, que aportaron 450 observaciones para la calibración. Los modelos aplicados fueron de tipo logit multinomial, logit mixto y probit binario, siendo este último el modelo con mejor bondad de ajuste y con el cual se obtuvo un VEV de 128 millones de pesos.

En Chile, Mardones & Riquelme (2018) realizaron una estimación del valor de la vida a través del método de salarios hedónicos, en otras palabras, aplican el enfoque de preferencias reveladas. Los autores utilizaron estadísticas de la Superintendencia de Seguridad Social para obtener variables asociadas al riesgo fatal o no fatal en el trabajo. Las características de la población, características de las empresas, variables laborales y geográficas se obtuvieron de la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional- CASEN 2013. Los autores aplicaron varios métodos para estimar el Valor Estadístico de la Vida en Chile: modelo OLS, 2SLS, Heckit y Heckit 2SLS. Además, incluyen variables instrumentales para resolver problemas de endogeneidad del riesgo laboral<sup>13</sup>. El mejor modelo estadístico fue el Heckit 2LSL y se obtuvo un VVE de US\$ 3.73 millones.

Para Perú, Seminario (2017b) realizó una estimación del valor estadístico de la vida a través del enfoque de capital humano, en el cual se estima el costo que genera una muerte prematura en el potencial productivo (p.10). Las ventajas de utilizar este enfoque, es la simplicidad metodológica, el uso de estadísticas nacionales disponibles, el valor es actualizable. El autor utilizó la base de datos nacionales como la ENAHO- INEI y estadísticas del BCRP y del Ministerio de Trabajo para obtener las remuneraciones de la PEA Ocupada para el periodo 2007-2016 diferenciada por sexo. A partir de ello, realizó la estimación de los ingresos futuros de las personas para el periodo 2016-2114, siendo el año 2016 la edad cero de un individuo hasta los noventa y ocho años en el 2114. El valor de la vida promedio para el caso de los hombres fue de S/. 520,910.65, mientras que para el caso de mujeres el promedio fue de S/. 413,066.55. El Valor Estadístico de la Vida de toda la población se calcula a partir del promedio del Valor de la Vida de hombres y mujeres, ponderado según la población de cada intervalo de edad, con lo cual se obtiene un valor de S/. 465,784.50.

---

<sup>13</sup> Las variables instrumentales fueron el número de personas dependientes económicamente, la proporción de grandes empresas por sector económico y la proporción de pequeñas empresas por sector económico.



### 2.3.2 Estimación de costo de accidentes

En el documento “Metodología simplificada de estimación de beneficios sociales por disminución de accidentes en proyectos de viabilidad interurbana” elaborado por el SECTRA de Chile en 2011, se estiman los costos sociales de accidentes de tránsito considerando los costos directos, indirectos y humanos<sup>14</sup>, con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla N° 1 Costos sociales según gravedad de accidente de tránsito, en dólares**

Nivel de Gravedad	Tratamiento Lesionados	Gastos administrativos	Capital Humano	Costo Total
Leve	140.68	861.72		1,002.40
Menos grave	408.73	899.14		1,307.87
Grave	3,057.94	1,746.11		4,804.05
Fatal	569.20	3,112.99	120,905.03	124,587.23

Fuente: SECTRA (2013)

Elaboración Propia

Estos valores estimados por el SECTRA fueron utilizadas en el estudio de factibilidad de la Línea 2 y 4 del Metro de Lima para hallar los beneficios por reducción de accidentes.

La otra forma de estimar el costo de accidentes, y más directa, es utilizando la proporción sugerida por el IRAP, el cual es el 25% del Valor de la Vida, sobre este último, en la sección 2.3.1 se presenta el valor estimado por Seminario.

### 2.3.3 Estimaciones del valor social del tiempo

Calmet & Capurro (2011) estiman el VST a través de dos metodologías: a partir del ingreso y a partir de preferencias declaradas. El primer método plantea dos

<sup>14</sup> Costos directos incluyen: costos médicos, daños a la propiedad y costos administrativos tales como juzgados, policías y compañías de seguro.

Costos indirectos incluyen los costos por pérdida de productividad asociada a las víctimas tales como valor de bienes y servicios que habrían sido producidos de no haber ocurrido el accidente. Costo humano valoriza la pérdida de calidad de vida, dolor, la pena de familiares, pérdida intrínseca de la vida, entre otros (SECTRA 2011, p.42)

motivos por los cuales se realiza un viaje: el que se realiza para llegar al lugar de trabajo, y el que es por motivo de ocio. Este último no tiene precio definido, pero se toma como una proporción del salario. Los autores aplicaron la metodología de Bonifaz en la valoración objetiva que consiste en una ponderación del valor del tiempo destinado a viajes de trabajo y de ocio. La ecuación es la siguiente:

$$VST = \alpha * VTT + (1 - \alpha) * VTO$$

Donde VTT es el valor del tiempo de trabajo y VTO es valor del tiempo de ocio; el parámetro  $\alpha$  representa el porcentaje de viajes de trabajo. El valor del tiempo de trabajo se define como el salario bruto por hora, mientras que el valor del tiempo de ocio se calcula como el 30% del salario bruto por hora.

El ejercicio se realiza a partir del ingreso del 2007 obtenidos de la ENAHO y por nivel socio-económico en Lima Metropolitana, obteniendo un valor social del tiempo de S/.8.8 soles, en la siguiente tabla se muestra cómo se obtuvo dicho valor:

**Tabla N° 2 Valor social del tiempo obtenido a partir del ingreso (nuevos soles de 2007)**

NSE	Ingreso (S/.)	Horas trabajadas	$\alpha$ (%)	$1 - \alpha$ (%)	VTT (S/.)	VTO (S/.)	VST (S/.)	Frecuencia (%)
A	16,600	214	78	22	77.75	23.32	65.54	5.3
B	3,239	214	80	20	15.13	4.54	13.04	18.0
C	1,371	214	85	15	6.41	1.92	5.75	33.6
D	778	226	77	23	3.44	1.03	2.89	27.6
E	334	183	84	16	1.82	0.55	1.62	15.5
<b>Total</b>			<b>84</b>	<b>16</b>	<b>10.23</b>	<b>3.07</b>	<b>8.80</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Calmet & Capurro (2011)

Sobre la segunda estimación, de preferencias declaradas, los autores describen dos variantes del método: directos e indirectos. Los primeros buscan extraer la disposición a pagar de los agentes por medio de encuestas, mientras que en el método indirecto se halla la disposición a pagar o aceptar a partir de decisiones ya tomadas por los agentes. Calmet & Capurro señalan que este último no permitiría obtener la estimación porque los parámetros que usa no serían

suficientes para que las personas tomen decisiones de transporte; por otro lado, con el método directo, se pregunta al entrevistado su disposición a pagar proponiéndole distintos escenarios. Con esta metodología, conocida como preferencias declaradas, se obtuvo como valor del tiempo equivalente a S/10.53.

En el Anexo N°11 de la Directiva N°001-2019-EF/63.01 del sistema INVIERTE.PE se establece el valor social del tiempo para usuarios de transporte, cuyo valor del modo de transporte público urbano es S/6.50. Se empleó el resultado de un estudio elaborado por el Centro de Investigación de la Universidad Pacífico (CIUP) en el año 2012. La metodología usada fue la de Bonifaz (2000) en su artículo “Cálculo de precios sociales: el valor social del tiempo”, en la cual el valor social el tiempo de viaje se aproxima el salario real a través del modelo de maximización del bienestar del consumidor (p.19). Las fuentes de datos fueron la ENAHO 2011 y encuestas propias, las cuales permitieron obtener los ingresos de los usuarios, nivel socioeconómico de los usuarios, horas trabajadas al mes por los usuarios, la información sobre los viajes realizados por los usuarios, las regiones y tipo de transporte. Asimismo, se utilizó la ENAHO del segundo trimestre del año 1995, para obtener la variable de transporte provincial e internacional; y la ENAHO del segundo trimestre de 1997 para obtener las características de la población que hace uso del transporte urbano (p.21).

En el estudio realizan una comparación con los resultados obtenidos por Bonifaz (2000) y Calmet & Capurro (2011), para ello, actualizaron los valores al 2011 utilizando al Índice de Precios del Consumidor (IPC):

**Tabla N° 3 Valor social del Tiempo en el transporte urbano de Lima Metropolitana 2011, en soles.**

NSE	Bonifaz	Calmet & Capurro	CIUP
A	-	74.91	28.33
B	-	14.91	6.46
C	-	6.57	4.36

NSE	Bonifaz	Calmet & Capurro	CIUP
D	2.6 <sup>1</sup>	3.30	2.66
E	1.79 <sup>2</sup>	1.85	1.76
<b>Ponderado</b>	-	<b>10.12</b>	<b>6.15</b>

<sup>1</sup>Transporte urbano público

<sup>2</sup>Transporte interurbano público

Fuente: CIUP (2012)

Elaboración: Propia

Al respecto, se menciona que en el estudio de Bonifaz se seleccionaron los NSE reportados, mientras que en las estimaciones de Calmet & Capurro se consideraron todos los NSE. En el artículo señalan que la diferencia con los valores actualizados de Calmet & Capurro se debe a los diferentes umbrales de ingresos definidos e ingresos promedio, así como el cambio de patrones de comportamiento en el tiempo en relación a viajes de trabajo y de ocio.

Sobre este último punto, se debe a que el CIUP utiliza variables de las ENAHO de los años 1995 y 1997, lo cual podría estar sesgando el VST a la baja. A diferencia del estudio de Calmet & Capurro en el que aplican la metodología de disposición a pagar de las personas y utilizan solo la ENAHO del 2007<sup>15</sup>. Por consiguiente, así como el CIUP utilizó el IPC para actualizar el VST, se actualizará el valor obtenido por Calmet & Capurro al 2018 para que sea utilizado en la evaluación a realizar:

**Tabla N° 4 Valor Social del Tiempo actualizado al 2018, en soles**

NSE	Ponderación	2018
A	5.3%	91.15
B	18.0%	18.14
C	33.6%	8.00
D	27.6%	4.02
E	15.5%	2.25
<b>VST</b>		<b>12.24</b>

Elaboración propia

<sup>15</sup> Recordemos que es en la segunda metodología, de preferencias declaradas, donde emplea encuestas.

#### **2.3.4 Contaminación ambiental**

El Centro de Investigación de la Universidad Pacífico - CIUP (2016) realizó la estimación del precio social de la emisión de dióxido de carbono para el Perú. Utilizó el modelo Dynamic Integrated Climate Economy (DICE) por tres razones: i) modelo sencillo de calibrar y de simular, ii) pocos parámetros cuyos valores pueden tomarse de estudios ya disponibles y, iii) el modelo permite manejar de manera exógena las emisiones asociadas a cambio de uso de suelos y deforestación mientras que las emisiones asociadas a energía y transporte se modelan de manera endógena (p.12-13).

Se realizaron proyecciones de la población, el stock de capital, de PBI per cápita, la productividad, la inversión. Los parámetros de la función de producción se calibran a partir de la tabla insumo-producto 2007. Para el sector energético, utilizaron los datos de emisiones industriales de carbono del inventario de gases de efecto invernadero. Como resultado, se obtuvo un precio social de US\$ 6.38 por tonelada de carbono para el año 2014. El valor oficial del precio social del carbono establecida en el Anexo N°11 de la Directiva N°001-2019-EF/ 63.01 del MEF, que se basó en el documento de la CIUP, señala que es 7.17\$.



### III. Sistemas de transporte colectivo en Latinoamérica

Una de las decisiones de mayor importancia que se deben tomar para alcanzar la movilidad sostenible es el modo de transporte colectivo más conveniente para la ciudad. La elección adecuada se determina por la cantidad de demanda a satisfacerse por hora y por sentido en las vías con mayor tránsito. En la Tabla N° 5 se muestra una parametrización realizada por Kohon (2011) para cada modo de transporte masivo.

La mejor opción para trasladar a 25,000 personas/hora/sentido es con un sistema de Bus Rapid Transit (BRT). Este sistema ha ido creciendo con rapidez en América Latina, en donde la mitad de los proyectos ejecutados entre 2005-2012 fueron financiados por el BID<sup>16</sup>. La introducción de sistemas BRT se combina con medidas destinadas a mejorar la eficiencia del sistema de transporte público, agilizar la movilidad de las personas, y contribuir a la densificación de las ciudades. La implementación de estos proyectos se realiza en ciudades que no cuentan con un orden de transporte o donde los operadores son mayormente informales. La desventaja de estos sistemas es que se aumenta la cantidad de transbordos afectando el gasto de las personas.

**Tabla N° 5 Capacidades y características de las alternativas tecnológicas de transporte público masivo**

<b>Modo</b>	<b>Capacidad típica (pasajeros por hora por sentido)</b>	<b>Velocidad típica (en km por hora)</b>	<b>Intervalos en minutos</b>
<b>Bus articulado sin carril exclusivo</b>	5,400/7,200	7-11	1-1.2
<b>BRT- bus articulado en carril confinado</b>	9,000/40,000	16-20	0.5
<b>Tranvía</b>	13,000-26,000	8-14	1
<b>Tren ligero</b>	17,000-23,000	18-30	1.3-25
<b>Metros tradicionales</b>	40,000-55,000	22-36	1.5
<b>Metros modernos</b>	70,000+	24-40	1.5

<sup>16</sup> BID. (2016). Efectos de los Sistemas de Transporte Rápido de Autobuses Apoyados por el BID sobre la Movilidad y el Acceso en Cali y Lima.

<b>Modo</b>	<b>Capacidad típica (pasajeros por hora por sentido)</b>	<b>Velocidad típica (en km por hora)</b>	<b>Intervalos en minutos</b>
<b>Metros sub urbanos diesel</b>	30,000-36,000	30-40	3.5-4
<b>Metros sub urbanos eléctricos</b>	40,000-60,000	35-55	2 - 3

Fuente: Kohon (2011)  
Elaboración Propia

Por otro lado, un sistema de metro se implementa cuando las demandas de viaje son mayores a 40,000 pasajeros/hora/sentido. Este sistema contribuye a la estructuración de las ciudades y a propiciar la densidad; es decir, mayor población por kilómetro, lo cual reduce la demanda de energía y recursos causados por la dispersión territorial, también reduce la dependencia en el auto particular. Los metros reducen el tráfico pues absorben parte de la demanda a sus estaciones, dejando las vías con menos pasajeros y conductores; y al contar con tecnologías amigables al medio ambiente, la contaminación disminuye. No obstante, este tipo de megaproyectos son indivisibles y de altísimos costos de inversión, por lo que antes de optar por implementar un Metro, se deben evaluar otras alternativas con similares resultados, pero con menores costos.

A continuación se presentan sistemas de transporte en Latinoamérica similares a los dos modos implementados en Lima, el Metropolitano que es un sistema BRT y la Línea 1 del Metro de Lima<sup>17</sup>:

### **1. Quito**

La red de transporte colectivo en Quito comprende dos modalidades: el Sistema Integrado de Transporte Público - SITP y el sistema convencional. El primero, incluye el sistema Metrobús Q, el cual está integrado por cinco corredores: Trolebús, Ecovía, Corredor Central Norte, Corredor Suroriental y Corredor Sur Occidental. El sistema comprende dos tipos de transporte, para la troncal se utilizan buses articulados, mientras que para los alimentadores se utilizan buses convencionales (Agencia de Ecología Urbana de Barcelona 2017, p.1).

<sup>17</sup> La descripción detallada de ambos se realiza en la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

En Quito el sistema de buses comenzó a operar en el año 1995 con 17 trolebuses. Para el año 2011, el sistema Metrobús-Q contó con 770 unidades entre troles, buses articulados, Ecovía y alimentadores, movilizand o a 260 000 personas/día, que representan el 12% del total de viajes en la ciudad (SITM 2011). Algunas características que justifican el éxito de este sistema es que el Trolebús cuenta con carriles exclusivos, paradas de prepago y acceso de pasajeros a nivel del piso al vehículo.

Al año 2014, en el Distrito Metropolitano de Quito se realizaron 2.8 millones de viajes en transporte público, de los cuales el 21.8% fue atendido por el sistema de corredores BRT integrados, el transporte convencional capturó el 61.4% de los viajes y el resto correspondió a servicios de transporte escolar u otros servicios colectivos informales (Secretaría de Movilidad 2014, p.9).

Por otro lado, al SITP se le añadirá la Primera Línea de Metro de Quito, la cual integrará todas las modalidades de transporte en la ciudad y tendrá un costo de \$2 009 millones. Acorde con el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito – MDMQ, en su Informe de labores Administración Municipal 2014-2019, el Metro tendrá 22 km de extensión y contará con 15 estaciones subterráneas que permitirán movilizarse desde Quitumbe en el Sur hasta El Labrador en el Norte en 34 minutos. Se estima que se movilizará a 400 mil pasajeros por día con una flota de 18 trenes eléctricos con capacidad máxima de 1500 pasajeros (p.17).

La construcción se ha realizado en dos etapas: la primera comprendió la construcción de las Estaciones de transferencia El Labrador y La Magdalena que se realizó en el 2013; la segunda etapa comprende la construcción del túnel, las 13 estaciones restantes y demás obras<sup>18</sup>. Esta última comenzó con el proceso de licitaciones una vez culminada la primera etapa, a mediados del 2013, pero no fue hasta el 2016 que se comenzó con la construcción<sup>19</sup>.

---

<sup>18</sup> Consultado el 17.06.2020. <https://www.ersigroup.com/es/obras/metro-quito-l1-2%C2%BA-fase>

<sup>19</sup> El contrato se firmó en Marzo del 2016 con el Consorcio Línea 1 Metro de Quito Acciona Odebrecht . No obstante, en diciembre del 2017

## 2. Colombia

Cali es una de las ciudades más grandes y con mayor densidad en Colombia. Acorde con el BID<sup>20</sup> (2015), hace 20 años aproximadamente, el sistema de transporte en la ciudad era muy fragmentado, parcialmente informal, ineficiente y no contaba con una reglamentación adecuada de transporte público. Había un exceso de oferta de buses que en promedio tenían 20 años de antigüedad, los cuales causaban altos niveles de contaminación y congestión en hora punta, reduciendo la velocidad promedio de los autobuses a 8 u 12 km/hora. Fue en el 2002 cuando el gobierno buscó apoyo financiero de los bancos multilaterales de desarrollo para crear un sistema integrado de transporte público en varias ciudades del país.

En la ciudad de Cali se determinó que un sistema BRT era el más apropiado, lo cual fue respaldado por resultados de estudios previos, como el del Departamento Nacional de Planeación (DNP) en 1997, que realizó un estudio para determinar la viabilidad de un sistema de tren ligero en dicha ciudad. El proyecto del tren ligero contaba con 6 líneas, pero en el estudio se evaluaron dos líneas de tren ligero con una longitud total de 23.5 km. Los resultados de la evaluación económica del proyecto que incluyen los costos de construcción, de operación, beneficios por ahorro de tiempo de viaje, mejoras en comodidad, conveniencia y seguridad en el viaje, mostraron que en un escenario con cubrimiento alto y frecuencia media; es decir, con intervalo de 10 minutos entre trenes, descontado al 12% anual se obtenía un VPN de \$-75 millones, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 8.6% y con un ratio Beneficio/Costo de 0.8, mientras que para el caso de frecuencia alta; es decir, con trenes circulando en intervalos de cinco minutos, el VPN aumentó a \$5 millones con una TIR de 12.2% y con un ratio B/C de 1.01.

Por otro lado, en un estudio posterior de la DNP (2002), se realizó el mismo proceso pero para un Sistema de Transporte Integrado Masivo compuesto por

---

<sup>20</sup> BID (2015). Casos de Estudio Comparativo de Tres Proyectos de Transporte Urbano.

corredores troncales, con buses articulados con capacidad para 160 y 100 pasajeros, que cuentan con carriles segregados y exclusivos para su desplazamiento. La evaluación económica mostró un ratio B/C de 1.16 con una TIR de 15%, lo cual muestra que este sistema tiene una mayor viabilidad económica al presentar mayor ratio B/C en comparación con los ratios que se obtuvieron en el caso del tren ligero.

El sistema de BRT en Cali denominado Masivo Integrado de Occidente (MIO), cuenta con tres corredores troncales segregados de 49 km en total y con 200 km en rutas alimentadoras que logran una cobertura de rutas similar para todos los estratos socioeconómicos, siendo levemente menor en zonas de bajos ingresos. Según el BID (2016), en relación al ahorro de tiempo de viaje, cerca del 90% de la población del estrato 1 y alrededor del 80% de la del estrato 2 experimentaron una reducción de 11 minutos. Los pertenecientes a la clase media, debido a su ubicación más favorable, pueden llegar a registrar hasta 25 minutos de reducción en el tiempo de viaje. Con respecto a las tarifas, como este sistema tiene que ser autosostenible; es decir, los ingresos por cobro de pasaje deben cubrir los costos de operación y mantenimiento, hace que los pasajes sean de un monto mayor a lo que se pagaría al usar transporte tradicional o informal. No obstante, “el análisis de la encuesta origen-destino de 2010 para toda la ciudad indica que los tiempos de viaje para los usuarios del sistema BRT eran en promedio 4 minutos (7%) más largos que para los usuarios del transporte colectivo, y las tarifas eran en promedio 130 pesos (11%) *más bajas*” (BID 2016, p.41). Esto se debe a la presencia de varias rutas alimentadoras, y por la integración del cobro de tarifas, lo cual representa una gran ventaja en asequibilidad en comparación con los transbordos realizados bajo el sistema tradicional.

Un segundo sistema de transporte presente en Colombia es el Metro de Medellín. Esta ciudad y el área metropolitana influenciada por el Metro tienen una población cercana a los dos millones de habitantes, de los cuales el 14% utiliza este modo de transporte.



En el año 1979, la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada (ETMVA) presentó el estudio de factibilidad del Metro de Medellín, el cual fue actualizado y se presentó nuevamente en 1981, Para este estudio se ajustaron los costos en la parte civil y electromecánica, además se consideraron los siguientes beneficios cuantificados: “ahorro en inversión y operación de buses, beneficio en los usos del suelo, ahorro en tiempos de viaje, ahorro en accidentes, ahorro en mantenimiento de vías, ahorro en la contaminación y generación de empleo” (Gómez & Mejía 2015, p.53). Con lo cual el proyecto pasó a tener una TIR de 13.6% a 22%.

El Gobierno Nacional, a través del Departamento Nacional de Planeación, manifestó sus dudas en la estimación de costos y beneficios del proyecto, por lo que solicitó la revisión del estudio de factibilidad presentado. Para efectos de la misma, se contó con la asesoría de una Misión francesa y de expertos colombianos. Los primeros señalaron que habían subestimaciones en el costo del material rodante. Por otro lado, los expertos colombianos, Pachón y Esguerra, consideraron que había más de un problema en el estudio de factibilidad que estaban relacionados con los costos, beneficios y la tarifa planteada (DNP 1982).

Entre las principales observaciones realizadas por la Misión Francesa, Pachón y Esguerra y la DPN, se tienen: 1) Los costos de inversión y operación del material rodante estarían subestimados debido a que la proyección de demanda utilizó el flujo de hora pico, 2) Los costos de inversión del componente importado estaban subestimados, 3) Los costos energéticos estaban subestimados un 200%, 4) Los beneficios por reducción de accidentes y mantenimiento de vías son pertinentes; caso contrario con los beneficios de uso del suelo, pues al considerar la valorización y el ahorro de tiempo de usuarios, se produciría una doble contabilidad, 5) Los beneficios por ahorro en tiempo de viaje está sujeto a la demanda proyectada, la cual se considera sobreestimada (DNP 1982, Gómez 2015). La DNP realizó el ajuste en las estimaciones y el proyecto tuvo una TIR de 11.2%.

Finalmente la EMTVA actualizó el estudio de factibilidad en 1982 y, con un costo de \$656.28 millones de dólares y una TIR de 18%, el proyecto fue aceptado y se puso en marcha. La duración de la construcción del Metro fue de 12 años, la primera línea concluyó en 1995 y la segunda a inicios de 1996. El costo total del proyecto fue de \$2,174 millones, más del triple que lo estimado<sup>21</sup>.

En el artículo de Sanín (2001) titulado “El Metro de Medellín: historia de una perfecta planificación para esquilmar al país”, señala que las pérdidas del Metro en el año 2000 fueron más de \$350 millones, pero ¿a qué se debe esto?. Una de las razones que expone el autor es la inadecuada proyección de pasajeros/año: en 1970 se estimó una demanda para 1996 de 335 millones, en 1993 se redujo a 128 millones para 1996, y en el 2001 los datos mostraron una cantidad de 100 millones de pasajeros/año; es decir que el proyecto se vendió asegurando una demanda de 997 mil pasajeros/día cuando en realidad solo atendió a unos 240 mil. El autor realiza una comparación con metros en otros países y encuentra una gran diferencia en la dimensión de los metros: en Nueva York se tiene una dimensión de 5,200 km<sup>2</sup> de área urbana, en Londres es de 3 500 km<sup>2</sup>, mientras que en Medellín es de 100 km<sup>2</sup>. Otra razón importante es el elevado monto de inversión realizado en dicho proyecto, pues al observar el costo por kilómetro de metro construido, el monto del metro de Medellín es más del doble que el costo realizado en ciudades como El Cairo, Singapur o Shanghai.

En contraste con el estudio de Sanín que argumentó la inviabilidad del Metro, debido a que en vez de buscar una mayor movilidad de personas, la motivación era satisfacer intereses de carácter privado<sup>22</sup>, Hoyos (n.d.) realiza una comparación de costos entre el Metro de Medellín y el Transmilenio para justificar la construcción de un metro en Bogotá, llegando a la conclusión de que, si bien

---

<sup>21</sup> Consultado el 17.06.20. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-2726918>

<sup>22</sup> Gómez (2015) relata que en la primera reunión del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) en 1982, instancia oficial para aprobar o desaprobado el proyecto, la EMTVA presentó su propuesta final del proyecto y la DNP planteó algunas observaciones. Durante ese periodo se presentaron cambios presidenciales, en el cual el candidato elegido prometía realizar grandes cambios en Antioquia, por lo que en la siguiente reunión del CONPES, el nuevo presidente electo participó y se logró la aprobación del proyecto.

el costo de implementación de un tren es superior al del BRT, al analizar el costo de modo de transporte/pasajero, el metro resulta más económico. El problema con el estudio de Hoyos es que no considera la demanda que efectivamente moviliza, pues está claro que el tren tiene mayor capacidad de pasajeros que un bus, pero si esa demanda que estima no se cumple, entonces podría alterar el resultado sobre qué sistema es más efectivo.

### **3. México**

En México se cuenta con dos sistemas de BRT, el Metrobús de la Ciudad de México que opera en carriles exclusivos, y el Optibús de León Guanajuato que opera con carriles mixtos; es decir, pueden circular taxis especiales, ambulancias o patrullas (Molina, 2008). Ante un escenario de alta congestión vial en la ciudad de México, siendo el origen o destino de 8.9 millones de viajes, surge la propuesta del Metrobús como una solución a la inseguridad en el transporte público, contaminación ambiental, accidentes viales y al alto costo que implica a las familias, quienes invierten entre 6 y 18% de su ingreso en transporte (Sánchez, 2014).

La propuesta inicial del sistema Metrobús incluye la creación de 10 líneas conectadas; en la actualidad se cuenta con 7 líneas en operación, que se caracterizan por brindar movilidad en el ámbito urbano de manera rápida y segura. Acorde con Leo et al. (2012), fue en el año 2005 cuando este sistema entró en operaciones con la Línea 1, que cubre una ruta de 20 km. La segunda etapa comenzó a operar en el 2008, al igual que la Línea 2 con una ruta de 10 km y 20 km respectivamente; por último, la línea 3 cuenta con una longitud de 17 km. La tecnología con la que cuenta es el sistema prepago con tarjeta única recargable, y con buses biarticulados y articulados con capacidad para 270 y 160 pasajeros. Tiene 36 estaciones y cubre 30 km entre el norte y sur de la ciudad, cuenta con carriles exclusivos y sistema de prepago.

Sánchez (2014) muestra el impacto urbano del Metrobús, definiendo impacto como “los efectos positivos y negativos que se desarrollan sobre un espacio (o una comunidad en específico) a partir de la implementación de alguna obra

pública y/o privada” (p.47). En su artículo, señala que el único efecto positivo es el incremento de la renta en espacios de uso habitacional, mientras que las desventajas apuntan a desplazamientos de la fuerza de trabajo de comercios locales o informales, reducción del espacio público, pues la Línea 3 provocó el retiro de más de 2 mil árboles, siendo plantados solo 757, y manifiesto de transportistas por haber perdido su empleo. En contraste, Leo et al. (2012) señalan la existencia de ventajas del Metrobús en comparación a otros sistemas como el Macrobus, o el Optibus en términos de equipo e infraestructura, pues al articular diversas rutas, cuenta con un parque vehicular de más de 400 unidades, cifra que sobrepasa la cantidad de flota de los otros sistemas.

La implementación del Sistema Integrado de Transporte Optibús se realizó en el 2003 siguiendo el ejemplo de la Red Integrada de Transporte en Curitiba, Brasil. Este sistema fue el primero en su tipo en implementarse en México. Leo et al. (2012) señalan que el sistema de pago consta de una tarjeta inteligente general, pero también cuenta con la opción de pagar en efectivo, por lo que en todas las estaciones hay una caseta de cobro. A diferencia del Metrobús, este sistema no cuenta con carriles exclusivos, lo que permite la invasión de los carriles provocando atascamientos. Una segunda desventaja es que solo se cuenta con 4 líneas que cubren 30 km; y por último, no cuenta con doble carril, lo cual impide que los buses se rebasen entre sí. En una encuesta realizada por DINAMIA (2014) a 1400 ciudadanos de León de más de 15 años de edad, se hacen preguntas acerca de las preferencias en transporte. Se obtiene que el 35% de los encuestados consideran el automóvil particular como mejor medio de transporte, y en segundo lugar se encuentra el Optibús con el 23%. Con relación a cuál es el medio más barato, el Optibús se encuentra detrás de los modos de transporte de camión<sup>23</sup> y bicicleta, y cuando se le pregunta por el medio de transporte más caro, el Optibús se encuentra penúltimo. Con esto se observa que el sistema Optibús es asequible para la población y que es el medio de transporte más usado después del automóvil particular.

---

<sup>23</sup> Camión hace referencia a un autobús urbano.

#### 4. Chile

Con el fin de mejorar la movilidad en ciudades como Santiago, Gran Valparaíso, Gran Concepción, se define un Plan Maestro de Transporte Urbano que incluye inversiones en infraestructura vial y mejora del transporte público (CONICYT, 2010). La ciudad de Santiago cuenta con modernas autopistas urbanas que abarcan 155 km de carreteras con un sistema de peaje de flujo libre que es pagado electrónicamente con un dispositivo conectado en el parabrisas de cada vehículo, este sistema se denomina TAG.

En Gran Santiago se realizan 17.3 millones de viajes, de los cuales el 33% utiliza el transporte público. Transantiago es un sistema de transporte público que comenzó a operar en febrero de 2007, con la definición de nuevas rutas y disminución de solapes existentes. Este modo de transporte funciona con un sistema tarifario integrado de buses troncales, locales y el Metro; al contar con un sistema de pago intermodal que combina dos o más modos de transporte, se reducen los costos económicos por trasbordos. Sin embargo, pese a que se ha disminuido el número de autobuses que circulan en la ciudad, se ha generado otro problema que tiene que ver con el aumento de la demanda en el Metro. El número de viajes por año en Metro pasó de 601 millones en 2007 a 620.7 millones para el 2010; por consiguiente, se requiere inversión en infraestructura dando prioridad a las zonas de transferencia modal entre alimentadores, troncales y el Metro.

Según el artículo de Morandé & Doña (2007) titulado “Transantiago: el remedio que está matando al paciente”, el objetivo del Transantiago de mejorar el sistema de transporte en la ciudad no se ha logrado; por el contrario, ha aumentado la gravedad de los problemas existentes. Si el transporte público es malo, las personas optan por el vehículo particular, lo cual disminuye el espacio disponible en las vías, se genera mayor tráfico y ambos, el transporte privado como público, aumentan el tiempo de viaje. Por lo tanto, es esencial evitar que la participación de ciudadanos en el transporte público disminuya.



El problema que resaltan Morandé & Doña es que al reemplazar el transporte con rutas alimentadoras y troncales, se aumentó el número de transbordos, y esto conlleva a un aumento del tiempo de viaje, pues ahora se añade el tiempo de espera al siguiente bus. Entonces la única razón por la que una persona aceptaría estos transbordos sería que el nivel de servicio compense no sólo en velocidad, sino también en comodidad y seguridad. En este sentido, los trenes tienen cierta ventaja frente a los BRT, porque cuentan con vías exclusivas sin cruces, lo cual permite alcanzar mayores velocidades, a la vez que no implica disminución en la seguridad del viaje; pero no hay que pasar por alto que implementar un tren es costoso “por lo que solo se justifica construir redes de Metro en los corredores de más alto tráfico. [...] los sistemas de trenes subterráneos que tengan una participación mayor al 20% en los viajes motorizados de las principales ciudades del mundo” (p.6). Por otro lado, al implementarse vías troncales, se deja de lado a la periferia. Se pasa de un sistema de buses que contaban con largos recorridos y llegaban a gran parte de zonas periféricas a un sistema segregado con rutas troncales y alimentadoras que aún están lejos de cubrir las rutas previas.

### **5. Discusión de los casos presentados**

En las secciones anteriores, se han presentado diversos casos de Sistemas Públicos de Transporte Masivo. El caso de Optibús de México resulta similar al Metropolitano en cuanto a los carriles mixtos, pues en el Metropolitano pueden circular ambulancias o vehículos de la PNP, mas no otro tipo de vehículos. La diferencia es que el Metropolitano sí cuenta con dos carriles en determinadas localizaciones que permiten el rebase entre buses. Un problema en los sistemas BRT está relacionado con las rutas alimentadoras y su alcance hacia las zonas periféricas, pues en dichas zonas generalmente residen personas con bajos ingresos, las cuales suelen destinar gran parte de sus ingresos en transporte, en comparación de aquellas personas con ingresos medio. Esto debido a que las personas con ingreso medio se encuentran más cerca de rutas alimentadoras y de las rutas troncales. Una situación similar se esperaría observar en el COSAC II, pues su formato es igual al del Metropolitano.

Por otro lado, es interesante comparar el caso del Metro de Medellín con la Línea 1, pues en Medellín, con dos millones de habitantes el Metro cuenta con una demanda de 240 mil personas al día; mientras que la Línea 1 cuenta con una demanda diaria de 580,000 mil personas<sup>24</sup>, en una ciudad con casi 10 millones de habitantes. Si se observa la demanda esperada de la Línea 2, es casi igual a la demanda del Metropolitano, lo cual nos da un aproximado de 39 mil viajes/hora, siendo una cantidad más razonable para la implementación de un tren. Las comparaciones entre el Metropolitano y la Línea 1 son referenciales, pues abastecen demandas en zonas diferentes de la ciudad; sin embargo, con los proyectos que se han escogido para evaluar, sí se pueden realizar comparaciones entre modos de transporte pues ambos cubren la misma ruta; en otras palabras, la misma demanda. Cabe resaltar que en los estudios a nivel de perfil del COSAC II donde se plantean varias alternativas de proyecto, la alternativa de construcción de un tren tenía un VAN negativo; no obstante, fue éste el sistema de transporte escogido y que ya está en proceso de construcción. Esto nos da a entender que más allá de lo que muestra un estudio, hay otros factores que influyen en la toma de decisiones. El punto central es si dichas decisiones son las mejores para mejorar la atención de los usuarios del transporte público regular.

---

<sup>24</sup> Información de GyM Ferrovías S.A, operador de la Línea 1, al 2020 previa situación de Estado de Emergencia por el Covid-19.

#### **IV. Hechos Estilizados**

La ciudad de Lima se caracteriza por tener un alto grado de desigualdad y segregación socioeconómica urbana, las personas de bajos ingresos tienden a vivir en zonas periféricas como los Conos Norte y Sur; mientras que las personas con ingreso alto se ubican en las zonas de centro y centro-sur. Aquellos que pertenecen al estrato E, de extrema pobreza, suelen estar fuera de las redes de transporte de la capital, lo cual significa que el tiempo y el costo que emplean en transporte es elevado (BID, 2016).

La situación de los servicios de transporte pasó por un cambio importante en 1991, tras la liberalización del sistema, eliminando reglamentos tarifarios y barreras al ingreso (BID, 2015). Poco después, esto se tradujo en una gran inserción de personas en este sector con vehículos que no siempre se encontraban en buen estado. Si bien las rutas lograban una cobertura de gran parte de zonas periféricas, también se presentaba una sobreoferta de vehículos en las zonas centrales, lo cual impulsó a las conocidas disputas por pasajeros o “correteos”. Para el año 2003, el BID señala que la flota de transporte público tenía un promedio de 16 años de antigüedad, lo cual elevaba el nivel de contaminación, y ocasionaba un mayor número de accidentes.

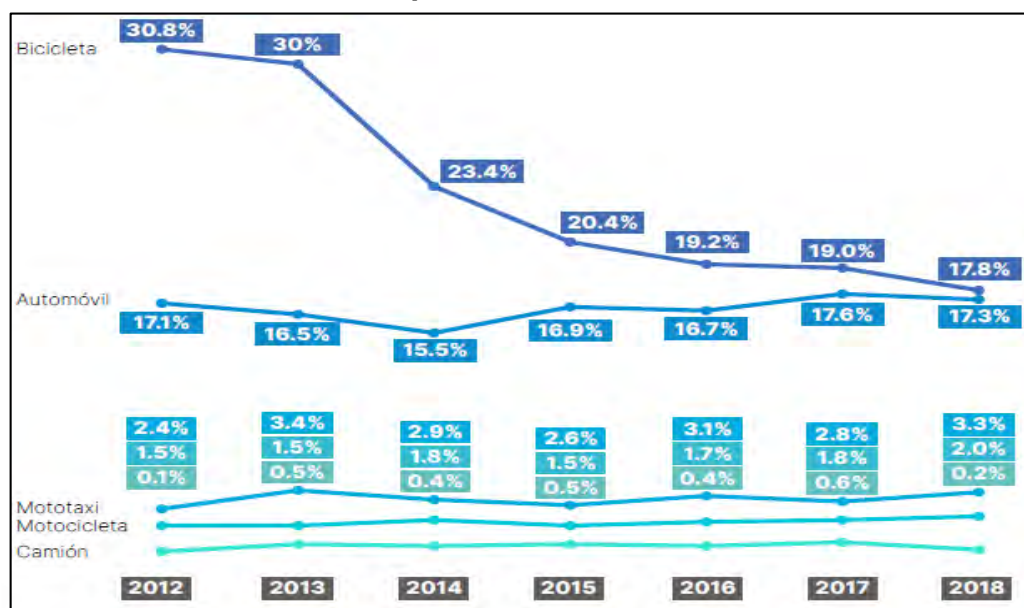
En esta sección, se procederá a describir dos de los modos de transporte implementados en Lima Metropolitana y se mostrará su desempeño. Como los proyectos a evaluar son la continuación de los modos ya implementados, es relevante observar cómo se han ido desarrollando.

##### **1. Transporte en Lima Metropolitana**

En el informe “Lima Cómo Vamos” elaborado por Asociación Unacem et al (2019) indica que al año 2018 la población de Lima Metropolitana se estimaba en 9,318 683 habitantes, siendo el distrito más poblado San Juan de Lurigancho con más de un millón de habitantes. En el mismo documento, se señala que según información del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el parque automotor estimado para el departamento de Lima fue de 1'752,919 unidades,

lo que significa que la cifra ha ido aumentando en 53,500 unidades anuales desde el 2010.

**Ilustración N°2: Tenencia de vehículos por hogar en Lima y Callao, según tipo, 2012-2018**



Fuente: UNACEM (2019)

En la Ilustración N°2 se tiene la proporción de hogares que cuentan con algún tipo de vehículo. Cabe resaltar que la tenencia de vehículos privados se ha mantenido relativamente estable, alrededor de 17%, y que en el 2018 el porcentaje se redujo en 0.3% respecto al 2017. Al observar estas cifras, se puede descartar la idea de que la congestión es causada por un “excesivo” número de autos privados. Definitivamente, existen otros factores que agravan el problema de la congestión, tales como la insuficiente cobertura semafórica y la precaria gestión del tráfico, el excesivo número de taxis, el gran número de taxis colectivos y de aplicativos que son informales, el crecimiento demográfico, el incremento de buses o combis informales, la antigüedad de los vehículos de transporte público, entre otros. Para el año 2003, el BID calculó que la flota de transporte público tenía un promedio de 16 años de antigüedad, lo cual elevó el nivel de contaminación, y el número de accidentes, Según la encuesta elaborada por UNACEM (2017), se observa que en el caso de los taxis hay un 16% de vehículos que tienen más de 20 años de antigüedad:

**Ilustración N°3 Flota de taxis registrados en Lima y Callao, por antigüedad, 2016**

ANTIGÜEDAD	LIMA	CALLAO	%
20 años a más	18,328	493	15.9
19-15 años	14,962	2,493	14.8
14-10 años	18,473	4,678	19.6
5 a 9 años	23,875	9,530	28.3
Menos de 5 años	12,800	11,138	20.3
<b>Total</b>	<b>88,438</b>	<b>29,763</b>	<b>98.9</b>

Fuente: Unacem (2017)

El Instituto de Opinión Pública de la PUCP, fue el encargado de realizar el Estudio de Percepciones del Proyecto Lima Cómo Vamos y Callao Cómo Vamos 2019, el cual es un proyecto que se va realizando anualmente desde el 2010. A continuación se muestra la evolución de los modos de transporte con los que se movilizan las personas para ir a estudiar o trabajar:

**Tabla N° 6: Principal modo de viaje para estudiar o trabajar fuera de casa, Lima 2010-2019**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bus	21.8%	22.4%	21.9%	29.9%	24.8%	25.4%	32.5%	37.4%	29.1%	27.9%
Combi o coaster (cúster)	45.9%	42.3%	40.6%	33.6%	33.2%	33.8%	27.9%	28.3%	29.2%	25.4%
Camino o voy a pie	10.0%	7.0%	10.0%	5.8%	8.0%	6.9%	8.7%	8.1%	12.0%	12.7%
Automóvil propio	8.7%	9.8%	9.0%	7.6%	9.6%	9.3%	9.4%	10.3%	10.8%	10.4%
Mototaxi	2.6%	3.5%	2.2%	4.8%	3.6%	3.6%	4.2%	2.8%	4.5%	4.2%
Metropolitano	-	4.6%	4.7%	3.0%	5.3%	4.4%	4.9%	2.6%	2.9%	3.9%
Metro de Lima (Tren eléctrico)	-	-	1.1%	1.7%	2.5%	3.4%	3.1%	1.5%	3.0%	3.0%
Colectivo	4.3%	4.0%	4.1%	4.1%	5.6%	7.4%	3.3%	2.2%	2.3%	2.9%
Motocicleta propia	0.6%	1.1%	1.6%	0.7%	1.0%	0.7%	1.0%	1.7%	1.5%	2.3%
Corredores Complementarios o Azules (Tacna-Garcilazo-Arequipa o Javier Prado)	-	-	-	-	-	1.2%	1.6%	1.6%	1.7%	2.2%
Bicicleta	1.1%	1.0%	0.8%	0.8%	0.8%	0.9%	0.3%	0.8%	1.1%	1.5%
Otro	1.0%	1.0%	1.1%	0.8%	1.0%	1.0%	1.2%	1.3%	0.6%	1.5%
Taxi por aplicación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2%
Taxi	3.6%	3.2%	2.3%	3.5%	1.7%	1.9%	2.0%	1.4%	1.2%	1.0%
NS/NR	0.5%	-	0.6%	3.8%	2.8%	0.1%	-	0.1%	0.1%	-

Fuente: IOP-PUCP-LCV 2010 – 2019.



En la Tabla N° 6, se observa que el transporte público más usado es el bus y la combi, cabe mencionar que aunque la combi se mantiene predominante, la cantidad de usuarios se ha reducido a poco más de la mitad en comparación con el 2010, mientras que la cantidad de usuarios de buses ha tendido al alza. En cuanto a los usuarios del Metropolitano y del Metro de Lima, se observa que este último capta mucho menos pasajeros que el Metropolitano, hay una excepción en el año 2018 pues el Metro de Lima captó el 3% de viajeros, 0.1% adicionales a los captados por el Metropolitano.

Sobre los modos de transporte no motorizados, la cantidad de personas que utilizan bicicleta o que prefieren caminar ha ido incrementándose ligeramente en el transcurso de los años, alcanzando al 2019 el 1.5% y 12.7% de usuarios respectivamente.

El tiempo de viaje promedio que realizan los limeños se distribuye de la siguiente manera: el 23.9% demora menos de 15 minutos para llegar a su destino de trabajo o estudios, el 52.5% demora entre 15 minutos y 1 hora, y el 23.6% demora más de una hora. La flota de transporte público que circula en Lima Metropolitana se observa en la Tabla N° 7:

**Tabla N° 7 Flota de Transporte público inscrito en SETAME, 2018**

Tipología y/o clase de vehículo	Lima
Bus	6,644
Micro	5,172
Combi	3,334

Fuente: Unacem (2019)  
Elaboración Propia

Al año 2018, hay 348 empresas que poseen concesión de rutas en Lima, las cuales son fiscalizadas en promedio por 237 inspectores de transporte público.

### 1.1 Sistema de metro: Línea 1

Kohon (2015) en el documento “Metro de Lima. El caso de la Línea 1, narra de manera detallada el proceso de construcción de la Línea 1 desde sus inicios en 1970 hasta su término en 2014. En octubre de 1986 comenzó la construcción de

la Línea 1 del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao. Para el año 2000 se culminó el tramo inicial de la Línea 1 con una longitud de 9.2 km desde Villa el Salvador hasta el Puente Atocongo; no obstante, debido a que no llegaba a zonas céntricas de la ciudad quedó como una obra poco utilizable. Posteriormente en el 2010 se retomó el proceso de construcción de la Línea 1 con el Tramo 1, que comenzó en Puente Atocongo y llegó hasta la Avenida Grau. Inmediatamente después de culminado el Tramo 1, se inició con la construcción del Tramo 2 que amplió el recorrido hasta San Juan de Lurigancho.

El Sistema Eléctrico de transporte masivo de Lima y Callao Línea 1 fue concesionado en el 2011 a la Sociedad Concesionaria GyM Ferrovías S.A. por 30 años y, de acuerdo al contrato de concesión, la empresa está obligada a la prestación del servicio de transporte a los usuarios conforme a los Niveles de Servicio Establecidos. El monto de inversión acumulada al 2018 fue de USD \$582,18 millones (OSITRAN, 2019).

En relación al costo total del proyecto, Kohon (2015) señala que “si al monto calculado poco antes de manera preliminar para el Tramo 1 (USD 665 millones) se le suman las obras y el equipamiento del Tramo 2 con su correspondiente supervisión (USD 918 millones) [...] y, si también se valoriza la inversión histórica de las décadas de los 80 y de los 90 [...] puede estimarse que el costo total del proyecto se ubicó en USD 2000 millones” (p.69).

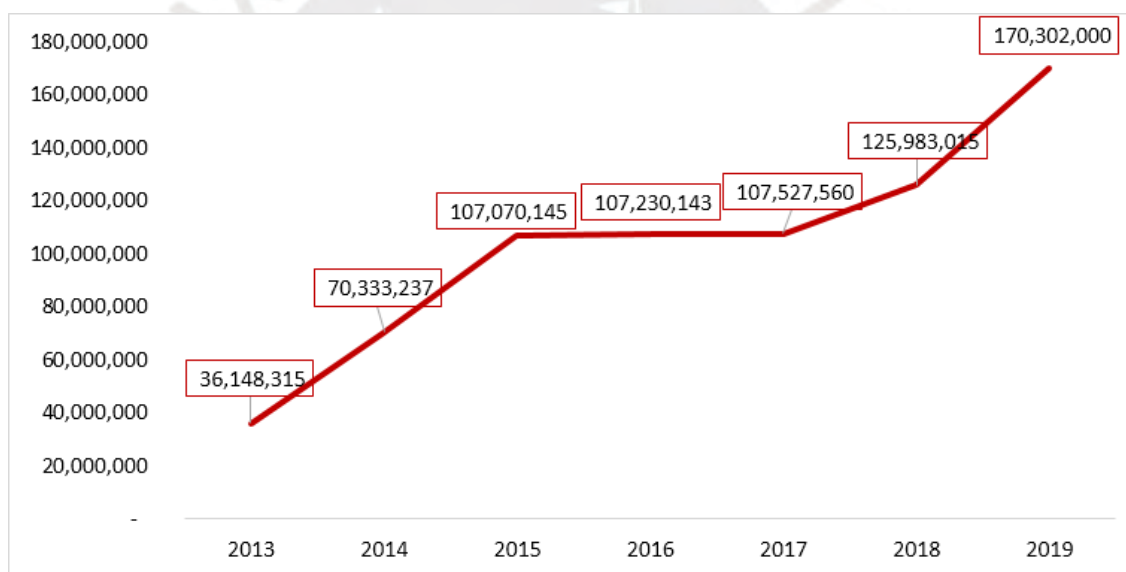
Al 2016, el Metro de Lima poseía 24 trenes que sumaban 127 coches, 5 de 6 coches y 19 de 5 coches (Asociación Unacem *et al*, 2017). Posteriormente este número aumentó a 44 trenes pues se ejecutó el Proyecto de Inversión Pública (PIP) 314626 “Mejoramiento de la capacidad de los sistemas de la Línea 1 de la Red Básica del Metro de Lima y Callao Provincia de Lima, Departamento de Lima”<sup>25</sup> en el 2016 como resultado de la Adenda N° 4 suscrita en el mismo año, mediante el cual el Concesionario se comprometió a realizar la inversión para la

---

<sup>25</sup> Consiste en i) Adquisición de material rodante consistente en 20 trenes de 6 coches y 19 coches adicionales, ii) la construcción de un segundo acceso al patio taller de villa el salvador, iii) mejora de estaciones: Villa el Salvador, Gamarra, La Cultura, Grau y Bayóvar, iv) instalación de cambiavías en la vía principal, v) ampliación de vías de estacionamiento en el patio Bayóvar, y vi) alimentación eléctrica.

adquisición de trenes y mejoras de cinco estaciones. Al cierre del 2018, el proyecto tuvo un avance de 80.9%, sumando en total 44 trenes operativos para la Línea 1. Los trenes más grandes tienen una capacidad de 1,200 pasajeros, mientras que aquellos de 5 coches poseen una capacidad de 1,003. Esto permitió que se realizaran 170'302,000 viajes de usuarios en el año 2019, siendo el promedio mensual de 14'192,000 (alrededor de 473,061 pasajeros al día). Según información de GyM Ferrovías, operador de la Línea 1, la mayor cantidad de pasajeros observada al 2020, previo Estado de Emergencia por el Covid-19, en día hábil fue alrededor de 580,000 personas. A continuación, se observa la evolución de la demanda de pasajeros:

**Gráfico N° 2 Pasajeros totales del Metro de Lima, 2013-2019**



Fuente: Unacem (2019), OSITRAN (2020)  
Elaboración Propia

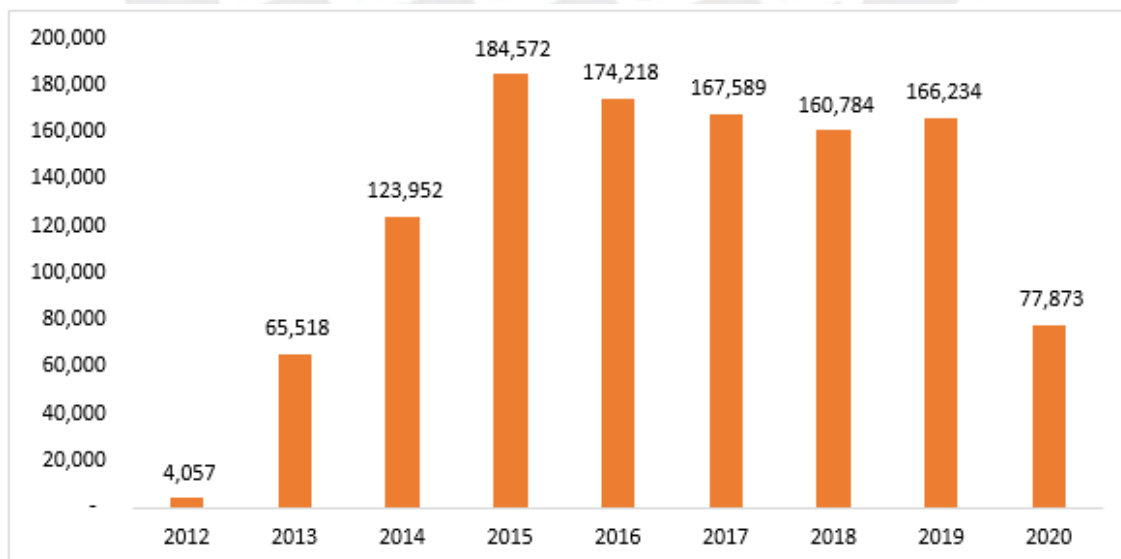
Se observa una tendencia creciente hasta el 2015, explicado en parte por la incorporación del Tramo II de la Línea 1 a finales de julio del 2014. Entre el 2015 y 2017 la cantidad de pasajeros se mantuvo relativamente estable, hasta que en el 2018 la demanda de pasajeros volvió a aumentar debido a la incorporación de trenes. Cabe señalar que el número de pasajeros a partir del 2015 son superiores al nivel estimado en el Contrato de Concesión, pues para el 2015 la demanda estimada fue de 80,2 millones de pasajeros, y para el 2030 se proyectó una

demanda de 104.4 millones siendo esta cifra menor que la demanda observada en el 2015.

El costo de viaje en el Metro de Lima se mantiene en S/.1.50 como tarifa regular y en S/.0.75 para escolar y universitario. La recaudación en el año 2018 por ingresos de pasajes fue de S/.180'295 ,08.40 soles.

La tarifa cobrada en la Línea 1 es posible gracias al subsidio que recibe por parte del Estado. En el estudio “El uso de subsidios en el transporte público urbano: Una propuesta para Lima Metropolitana” elaborado por la Asociación de Contribuyentes (2019), señalan que el subsidio es aproximadamente S/.2.50 por viaje, lo cual implica un subsidio del 63%, el cual sería mayor si consideramos las tarifas de medio pasaje y los pasajes exonerados. El Estado garantiza una demanda mínima anual conforme la capacidad de oferta, por lo que los subsidios se realizan a través de pagos llamados trenes - km garantizados (p.7). En el siguiente gráfico, se observa el pago anual realizado por el Estado:

**Gráfico N° 3 Pago por kilómetro – tren recorrido 2012-2020, en miles de soles**



Fuente: Consulta amigable MEF  
Elaboración propia

Adicionalmente, el Estado asume otros compromisos tales como el Pago Anual por Obras (PAO) y Retribución por Inversiones (RPI); sin embargo, en el año

2020 solo se realizó el pago por retribución de inversiones por la suma de S/. 325,198 miles de soles, acumulando a la fecha, S/. 450,560 miles de soles:

**Tabla N° 8 Pago Anual por Obras (PAO) y Retribución por Inversiones (RPI), en miles de soles**

Año	PAO	RPI
2019	101,552	125,362
2020	0	325,198
<b>Total</b>	<b>101,552</b>	<b>450,560</b>

Fuente: Consulta amigable MEF  
Elaboración Propia

### 1.1.1 Demanda

Acorde con el OSITRAN (2019), en dicho año la estación que recibió la mayor afluencia de pasajeros fue la estación de Gamarra (La Victoria) con el 9.7% del tráfico anual. Le sigue la estación Miguel Grau (Cercado de Lima), La Cultura (San Borja), Bayóvar (San Juan de Lurigancho) y Villa el Salvador con el 9%, 7.8%, 6.8% y 6.1% respectivamente. La distribución de pasajeros por estación se observa en la Tabla N° 9:

**Tabla N° 9 Demanda por estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima 2018, en miles**

Estaciones	Demanda	%
Gamarra	12,103	9.7%
Miguel Grau	11,126	9.0%
La Cultura	9,742	7.8%
Bayóvar	8,480	6.8%
Villa el Salvador	7,629	6.1%
Angamos	6,019	4.8%
Atocongo	5,332	4.3%
Villa María del Triunfo	4,690	3.8%
San Carlos	4,416	3.6%
Arriola	4,413	3.6%
Cabitos	4,370	3.5%
Caja de Agua	4,368	3.5%
San Juan	4,235	3.4%
Los Jardines	4,119	3.3%
Santa Rosa	4,008	3.2%
María Auxiliadora	3,921	3.2%
San Martín	3,540	2.9%



Estaciones	Demanda	%
Pirámides el Sol	3,471	2.8%
San Borja Sur	2,905	2.3%
Los Postes	2,894	2.3%
Ayacucho	2,892	2.3%
Parque Industrial	2,729	2.2%
Pumacahua	2,642	2.1%
Jorge Chavez	2,480	2.0%
Presbítero Maestro	1,066	0.9%
El Ángel	551	0.4%
<b>TOTAL</b>	<b>124,141</b>	

Fuente: OSITRAN (2019)

Elaboración Propia

### 1.1.2 Oferta

La frecuencia de trenes durante la hora punta mañana (de 6:30 a.m. a 9:30 a.m.) y tarde (de 5:30 p.m. a 8:30 p.m.) es de 3 minutos en días laborables. El funcionamiento del sistema comienza a las 6 a.m. y culmina a las 10 p.m. (hora en la que sale el último tren de la estación Bayóvar y Villa el Salvador). En la Tabla N° 10 se observa el intervalo de tiempo entre unidades:

**Tabla N° 10 Frecuencia de Salidas en el Tramo 1 y 2 de la Línea 1, en minutos**

Intervalo	Lunes a viernes	Sábado	Domingo y Feriados
6:00-6:30	6	6	6
6:30 -9:30	3	6	6
9:30-17:30	6	6	6
17:30-20:30	3	6	6
20:30-22:00	6	6	6

Fuente: OSITRAN (2019)

Elaboración Propia

## 1.2 Sistema de BRT: El Metropolitano

En el artículo del BID (2016) titulado “Efectos de los Sistemas de Transporte Rápido de Autobuses Apoyados por el BID sobre la Movilidad y el Acceso en Cali y Lima.”, se realiza un estudio sobre aquellos programas BRT a los cuales les brindó financiamiento, entre los cuales se encuentra el Sistema BRT Metropolitano. Este modo de transporte se diseñó para conectar las zonas Noreste y del Sur con el centro urbano, también se planteó el uso de rutas

alimentadoras para llegar a zonas urbanas más pobres situadas en los conos norte y sur. En el Portal del MEF Consulta Amigable, el monto ejecutado para el proyecto fue de S/. 957 millones de soles.

Según el BID (2016), en un análisis cuantitativo de la Oficina de Evaluación y Supervisión (OVE) sobre la cobertura del sistema BRT, se indica que ésta es mayor en zonas de ingreso medio y bajo, con concentración de las rutas troncales en zonas de mayores ingresos, y rutas alimentadoras para sectores de ingresos bajos. Aquellas zonas donde predomina el estrato E de extrema pobreza, sólo el 3% cuenta con rutas alimentadoras.

La Ruta troncal del Corredor Segregado de Alta Capacidad I - COSAC I, más conocido como Metropolitano, cubre una distancia de 26.78 km, atravesando 12 distritos de Lima. Cuenta con 38 estaciones, siendo dos de ellas terminales y una como estación de conexión (Estación Central). Por otro lado, cuenta con 22 rutas alimentadoras y 15 troncales. Hay una ruta alimentadora Gamarra que sale desde la Estación Central, y una ruta especial que se implementa cuando es verano, cuyo recorrido es la Costa Verde.

Las tarifas del Metropolitano son calculadas con el fin de cubrir los costos operativos pues el sistema debe ser autosostenible. La tarifa general es S/.2.5, para las rutas alimentadoras es S/.1, si se usa ambos servicios, la tarifa es combinada y se exonera el costo de la ruta alimentadora. La tarifa para los estudiantes es el 50% de la tarifa general; es decir, S/.1.25 para la ruta troncal.

### **1.2.1 Demanda**

Para el 2018, la asociación Unacem (2019) indica que el total de usuarios del Metropolitano fue de 215'026,311, superando a la cifra del 2015 que fue de 200 millones de ingresos al sistema. El promedio de usuarios al día fue de 597,295 personas. Al separar la cantidad de usuarios por tipo de servicio del Metropolitano, se observa que:

**Tabla N° 11 Total de usuarios por tipo de Servicio del Metropolitano**

Servicio	2016	2018
Troncal	142,834,110	148,253,418
Alimentador	55,947,865	66,772,893
<b>Total</b>	<b>210,990,427</b>	<b>215,026,311</b>

Fuente: Unacem (2017) y Unacem (2019)

Elaboración Propia

A diferencia de la demanda de la Línea 1, en el Metropolitano se observa una tendencia creciente para el mismo periodo. La Línea 1 al ser un sistema de metro tiene la capacidad de movilizar a una mayor cantidad; sin embargo, vemos que el sistema más utilizado es el Metropolitano.

La Tabla N° 12 muestra la cantidad de usuarios por estación, siendo la de mayor afluencia el terminal norte Naranjal, con esta cifra y la de personas que utilizan el Alimentador Norte, se observa que la mayor demanda se encuentra en la zona norte. Por dicha razón, el COSAC I tendrá una ampliación de 10 km, desde Naranjal hasta la Av. Chimpu Ocllo<sup>26</sup>. En segundo lugar, se encuentra el terminal sur, el de Matellini, seguido por la estación que sirve de conexión, Estación Central. Cabe mencionar que los Terminales Naranjal y Matellini, así como la Estación Plaza de Flores cuentan con estacionamiento para bicicletas, lo cual amplía el radio de atención.

**Tabla N° 12 Distribución de usuarios anuales por estaciones del Metropolitano 2018**

Estación	Validaciones	Estación	Validaciones
Naranjal	33,505,272	México	2,075,548
Matellini	11,119,006	Tacna	1,779,041
Central	10,525,993	2 de Mayo	1,779,041
Angamos	7,857,431	Independencia	1,779,041
Canaval y Moreyra	7,560,924	Balta	1,630,788
Javier Prado	5,781,883	Caquetá	1,482,534

<sup>26</sup> Según PIP 269505 "Ampliación del Tramo Norte del COSAC I desde la Estación El Naranjal hasta la Av. Chimpu Ocllo, distritos de Comas y Carabayllo, provincia de Lima – Lima" declarado viable el 23/03/2015.

Estación	Validaciones	Estación	Validaciones
España	5,781,883	28 de Julio	1,482,534
Tomás Valle	5,337,123	Bulevar	1,334,281
Canadá	4,892,363	Quilca	1,186,027
Benavides	4,744,109	Rosario de Villa	1,186,027
Izaguirre	3,854,589	Fernando Terán	1,037,774
Jirón de la Unión	3,854,589	Domingo Orué	1,037,774
UNI	3,854,589	Honorio Delgado	889,521
Ricardo Palma	3,558,082	Estadio Unión	889,521
Colmena	3,113,322	El Milagro	741,267
Plaza de Flores	2,965,068	Parque del Trabajo	593,014
Aramburú	2,816,815	Pacífico	593,014
Estadio Nacional	2,372,055	Los Jazmines	444,760
Ramón Castilla	2,223,801	Escuela Militar	444,760

Fuente: Unacem (2019)  
Elaboración Propia

### 1.2.2 Oferta de buses

El servicio del Metropolitano comienza a operar a las 5:00 a.m. y culmina a las 11:00 p.m., cuenta con una flota de 200 buses y se distribuyen de la siguiente manera:

**Tabla N° 13 Buses Troncales del Metropolitano, 2018**

Servicio	Día hábil	Sábado	Domingo
Ruta A	27	23	16
Ruta B	42	25	21
Ruta C	0	63	35
Ruta D	15	0	0
Super Expreso	30	0	0
Super Expreso Norte	39	0	0
Expreso 1	36	0	0
Expreso 2	39	0	0
Expreso 3	31	0	0
Expreso 4	0	77	0
Expreso 6	18	0	0
Expreso 7	20	0	0
Expreso 9	3	0	0
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>188</b>	<b>72</b>

Fuente: Unacem (2019)  
Elaboración Propia

## 2. Proyectos a evaluar

Al observar los datos de demanda del Metropolitano y de la Línea 1 del Metro, resulta evidente que el primero tiene mayor captación de demanda de pasajeros, pese a que la Línea 1 tiene una mayor capacidad de absorción; por otro lado, la Línea 1 al contar con una estructura elevada y exclusiva, no presenta interrupciones en el desplazamiento como semáforos o atascos en intersecciones, a diferencia del caso del Metropolitano. No obstante, considerando que ambos proyectos satisfacen demandas en diferentes puntos de la ciudad, una comparación entre ellos no sería adecuada. Por consiguiente, se han escogido dos proyectos que cubren la misma ruta con diferentes modos de transporte. El primero de ellos es el llamado segundo troncal del Corredor Segregado de Alta Capacidad: COSAC II, que se planteó como parte del plan de desarrollo del sistema de transporte público para Lima; el segundo proyecto es la Línea 2 del Metro de Lima, la cual se encuentra actualmente en construcción. A continuación, se presentará una breve descripción de ambos proyectos.

### 2.1 COSAC I y II

Los COSAC I y II son BRTs que incluyen la implementación de dos ejes troncales que atraviesan el área de Lima Metropolitana en sentido Norte-Sur y Este-Oeste. El COSAC I o Metropolitano cubre la orientación Norte-Sur, mientras que el COSAC II o Metropolitano 2, el sentido Este-Oeste (PROTRANSPORTE, 2011b).

El sistema COSAC fue propuesto en el Plan Maestro de Transporte Urbano para el Área Metropolitana de Lima y Callao elaborado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) en el año 2005 como parte de la mejora de la calidad y eficiencia del transporte público<sup>27</sup>. En la Ilustración N°4 se observan las rutas troncales de ambos COSAC.

---

<sup>27</sup> La propuesta incluía i) la implementación de proyectos de construcción, mejoramiento expansión y rehabilitación vial, ii) la construcción de cuatro líneas de tren para conectar el área suburbana con el centro, iii) un sistema de buses troncales y alimentadores, y iv) la introducción de sistemas de administración de demanda de tránsito. En total, se ejecutarían 68 proyectos por un monto de US\$ 5,535 millones de dólares.

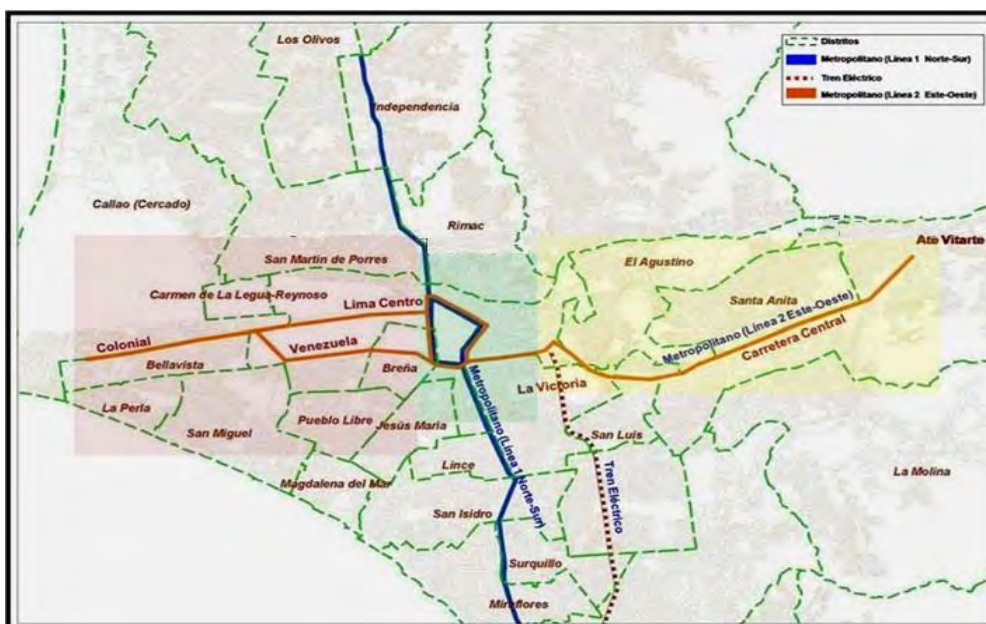


PROTRANSPORTE, creado mediante ordenanza N° 732-MML en el 2004, era la unidad formuladora y ejecutora del proyecto COSAC II. El proyecto tenía como objetivo elevar la calidad del servicio de transporte disminuyendo la congestión vehicular, reduciendo los tiempos de viaje y el nivel de contaminación ambiental, brindando mayor comodidad y seguridad en el viaje, los cuales en última instancia generan un aumento de la calidad de vida.

El COSAC II se ubicaba en la Provincia de Lima y atravesaba 9 distritos: Ate, Santa Anita, San Luis, El Agustino, La Victoria, Cercado de Lima, Breña, Bellavista y Callao. Tendrá una longitud de 27.6 km y partirá desde la Carretera Central pasando por la Av. Nicolás Ayllón, Av. Grau, Estación Central, Av. España, Av. Alfonso Ugarte, Av. Arica, Av. Venezuela y Av. Colonial (PROTRANSPORTE, 2011b).

El sistema hubiera contado con 274 buses articulados que se movilizarían en carriles exclusivos y con sobrepaso en todas las estaciones del corredor, también contaría con 460 vehículos alimentadores. La infraestructura estaba diseñada de tal manera que permita la integración con el Metropolitano a través de la Estación Central haciendo uso de la infraestructura ya instalada, facilitando así las transferencias entre servicios; además contaba con una estación de intercambio con el Tren Eléctrico en la Avenida Grau.

#### Ilustración N°4: Línea Troncal de Buses Este-Oeste



Fuente: PROTRANSPORTE (2011a)

### 2.2 Línea 2

La unidad formuladora y ejecutora del proyecto es la Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (AATE). No obstante, en el marco de la Ley N°30900 que crea la ATU, mediante Resolución de Presidencia Ejecutiva N° 23-2020-ATU/PE se da por culminada el proceso de transferencia de funciones de la AATE hacia la ATU.

Los objetivos del proyecto son similares a los del COSAC II, pues busca instalar un moderno sistema de transporte público masivo en el Eje vial Este-Oeste, reducir el tiempo de viaje, disminuir el nivel de congestión vehicular y la contaminación ambiental, favoreciendo en su conjunto a la preferencia por el uso del sistema de transporte público. La Línea 2 es un metro subterráneo que contará con estaciones de conexión con la Línea 1 y el Metropolitano en las estaciones Grau (de la Línea 1) y la Estación Central (Metropolitano). En la Ilustración N°5 se pueden ver los 27 paraderos de la Línea 2 que cubren un tramo de 27.06 km, el Tramo 4 es una desviación en dirección al aeropuerto y consta de 8 paraderos que cubren 8 km de ruta.

El sistema contará inicialmente con 22 trenes de 6 vagones con capacidad para 1200 personas y con una velocidad máxima de 90 km/h, y para el 2038 se proyecta que el sistema contará con 73 trenes (PROINVERSION, 2013). Los trenes contarán con tecnología avanzada de puertas del andén y guías automáticas según la clasificación GoA4; es decir, no será necesario contar con un conductor ni asistente. Tendrán una longitud de 110 metros y alcanzarán una velocidad comercial promedio de 36 km/h; contarán con una vida útil de 35 años o si completan 4.5 millones de km recorridos.

### Ilustración N°5: Paraderos de la Línea 2 y 4 del Metro de Lima



Fuente: AATE

En ambos proyectos, COSAC II y Línea 2, se utilizará la tarifa empleada por los primeros proyectos, es decir, el COSAC II tendrá tarifa S/2.5 por adulto, S/1.25 por universitario y S/0.75 por escolar; mientras que la tarifa de la Línea 2 será de S/1.5 por adulto y S/0.75 para universitarios y escolares. Cabe resaltar que en ambos proyectos se plantea un sistema de integración tarifario entre modos de transporte.

Por otro lado, el monto de inversión en la Línea 2 es de \$ 6 mil millones de dólares aproximadamente<sup>28</sup>, mientras que en el caso del COSAC II la inversión asciende a \$380 millones de dólares. En cuanto a las demandas estimadas de pasajeros por día, se tienen cantidades similares, alrededor de 662 mil pasajeros por día.

## V. Metodología

### 1. Análisis de los estudios de perfil del COSAC II y de la Línea 2

En los estudios a nivel perfil de ambos proyectos, se presenta la evaluación económica de varias alternativas posibles para solucionar el problema de tránsito en la zona Este- Oeste de la Ciudad. La diferencia es que el estudio del COSAC II incluye, entre las alternativas, la opción con metro subterráneo (Línea 2); mientras que en el estudio de la Línea 2, todas las alternativas implican la construcción de metros subterráneos pero con diferentes tramos a cubrir. A continuación se mostrarán los resultados que obtuvieron:

**Tabla N° 14 Resultados Evaluación Social de Alternativas en Estudio a nivel de Perfil del COSAC II**

ALTERNATIVAS	VAN (US\$)	TIR (%)
<b>Alternativa 1: Bus</b> Ate-Centro de Lima-Venezuela-Colonial	286'796,757	20.5%
<b>Alternativa 2: Bus</b> Ate-Centro de Lima- Venezuela	546'488,825	36.4%
<b>Alternativa 3: Tren eléctrico</b> Línea 2	-573'372,205	3.4%
<b>Alternativa 4: Bus</b> Ate-Centro de Lima (Primer tramo)	320'066,597	32.5%

Fuente: PROTRANSPORTE (2011a)

Elaboración Propia

<sup>28</sup> El costo total actual del proyecto asciende a US\$ 5,836 millones, siendo financiado a través de cinco entidades: 1) Andean Development Corporation, con US\$ 150 millones, 2) Inter-American Development Bank, con US\$ 300 millones, 3) International Bank For Reconstruction And Development, con US\$ 300 millones, 4) Foreign Private Commercial Sources (Unidentified), con US\$ 2,801 millones y, 5) el concesionario, con US\$ 2,285 millones.  
<https://projects.bancomundial.org/es/projects-operations/project-detail/P145610?lang=es>



**Tabla N° 15 Resultados Evaluación Social de Alternativas en Estudio a nivel de Perfil de la Línea 2**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>VAN (Miles de US\$)</b>
<b>Alternativa 1:</b> Línea 2 Carretera central- 28 de julio-Venezuela- Guardia Chalaca Línea 4 - Faucett	720,762.9
<b>Alternativa 2:</b> Línea 2 Carretera central- Av. Grau (conexión con COSAC I y Línea 1)- Venezuela- Guardia Chalaca Línea 4 - Faucett	965,061.4
<b>Alternativa 3:</b> Tren eléctrico Línea 2 Carretera central- Av. Grau-Venezuela- Oscar Benavides – Guardia Chalaca Línea 4 - Faucett – Oscar Benavides (colonial)- Venezuela	1'073,674.1
<b>Alternativa 4:</b> Línea 2 Carretera central- Av. Grau Venezuela- Guardia Chalaca Línea 4 - Faucett- Oscar Benavides	1 152 467.3
<b>Alternativa 5:</b> Línea 2 Carretera central- 28 de julio-Venezuela- Germán Amézaga- Colonial- Guardia Chalaca Línea 4 – Faucett –Colonial	1 232 176.4

Fuente: PROINVERSION (2012)

Elaboración Propia

Hay que tener presente que en el estudio del COSAC II se tomaron como beneficios los ahorros por COV y los ahorros por tiempo; mientras que en el estudio de la Línea 2 se le añadieron beneficios de ahorro por accidentes, ahorro por reducción de contaminación ambiental y el impacto en los precios de los predios en zonas aledañas al proyecto.

Como podemos ver, las evaluaciones han sido muy dispares y no se puede decir que un estudio fue más completo que el otro. Por un lado, en la Línea 2 no se consideró como alternativa la opción de buses y en cuanto a los beneficios consideró más variables; por otro lado, el estudio del COSAC II consideró la alternativa con tren eléctrico, pero sólo usando dos variables como beneficio. Por lo tanto, para fines de realizar una evaluación que permita la comparación objetiva entre ambas alternativas, se procederá a realizar un análisis Costo



Beneficio incorporando las variables identificadas en la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

## 2. Beneficios sociales

### 2.1 Ahorro de tiempo de viaje

Es la diferencia entre el tiempo de viaje de los usuarios entre la situación sin proyecto versus con proyecto:

$$BT = T_{sp} - T_{cp}$$

Donde:

BT: Beneficio total por ahorro de tiempo de usuarios

T<sub>sp</sub>: Tiempo de usuarios sin proyecto

T<sub>cp</sub>: Tiempo de usuarios con proyecto

Para obtener el tiempo de viaje, se utiliza un sencillo modelo de demanda:

$$\text{Total Día} = 2 \cdot \text{HPM} + 2 \cdot \text{HPT} + 13 \cdot \text{HV}$$

Donde:

HPM: son las Horas Punta de la Mañana, se multiplica por 2 porque empieza a las 7 am y acaba a las 9 am.

HPT: son Horas Punta en la Tarde desde las 6pm hasta las 8pm

HV: son Horas Valle que comprende el periodo desde las 6 am hasta las 23pm descontando las horas pico. Siendo un total de 13 horas.

Se utilizará la demanda estimada por Horas Pico Mañana (HPM), Tarde (HPT) y Hora Valle (HV) en el estudio de la Línea 2. El tiempo de viaje sin proyecto optimizado y con proyecto también será tomado del estudio de la Línea 2. Para el tiempo de viaje del COSAC II, se tomará el promedio de los tiempos de la situación sin proyecto optimizada y con Línea 2. Este cálculo tiene sentido pues la inserción del COSAC II mejoraría el tiempo de viaje, pero no tanto como lo haría la Línea 2. A continuación se presentan los datos a usar:

**Tabla N° 16 Tiempo estimado de viaje en minutos según hora del día, 2018**

	HPM	HPT	HV	TOTAL
Sin Proyecto Optimizado	51.2	53.5	49.9	857.7
Con Línea 2	50.3	53	49.6	851.4
Con COSAC II	50.8	53.2	49.7	854.6

Fuente: PROINVERSION (2013)

Elaboración Propia

Se aplica el modelo de demanda presentado líneas arriba para obtener la cantidad de viajes por día:

**Tabla N° 17 Cantidad de viajes promedio por día, 2018**

	HPM	HPT	HV	TOTAL
Número de viajes	1'123,126.5	753,214.5	541,879.78	10'797,118.7

Fuente: PROINVERSION (2013)

Elaboración Propia

Posteriormente, se halla la cantidad de horas anuales ahorradas, considerando que los modos de transporte operan por 17 horas al día:

**Tabla N° 18 Tiempo de viaje estimado en horas**

	Horas día	Horas anuales	Ahorro por día	Ahorro por año
Sin Proyecto Optimizado	9'079,212.41	2 914'427,182.43		
Con Línea 2	9'012,418.47	2 892'986,327.69	66,793.94	21'440,854.74
Con COSAC II	9'045 815.44	2 903'706,755.06	33,396.97	10'720,427.37

Fuente: PROINVERSION (2013)

Elaboración Propia

Para monetizar el ahorro de tiempo de viaje, se utiliza el VST de Calmet & Capurro actualizado al 2018, siendo el valor de S/. 12.24 soles (US\$ 3.46 a precio social), esto debido a que el parámetro establecido en el Anexo N° 11 del SNIP podría estar sesgado a la baja (ver sección II.2.3.3). Para la proyección del ahorros de tiempo de viaje, se ajustará con el incremento de demandas de viaje de 1.20% al año<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> Datos obtenidos del estudio del COSAC II.

**Tabla N° 19 Beneficios por ahorro de tiempo de viaje, en miles de US\$**

Año	COSAC II	Línea 2
2018	-	-
2019	-	-
2020	37,042.13	-
2021	37,936.47	-
2022	38,852.41	-
2023	39,790.46	74,084.25
2024	40,751.16	75,872.94
2025	41,735.06	77,704.82
2026	42,742.71	79,580.93
2027	43,774.69	81,502.33
2028	44,831.59	83,470.12
2029	45,914.00	85,485.42
2030	47,022.55	87,549.38
2031	48,157.86	89,663.17
2032	49,320.58	91,828.00
2033	50,511.38	94,045.10
2034	51,730.93	96,315.72
2035	52,979.92	98,641.17
2036	54,259.07	101,022.76
2037	55,569.10	103,461.86
2038	56,910.76	105,959.84
2039	58,284.81	108,518.13

Elaboración Propia

## 2.2 Ahorro costo de operación vehicular

Los ahorros en los COV en el COSAC II, se produce por el cambio a un sistema de transporte más eficiente, con un menor número de unidades pero de mayor capacidad y el retiro de vehículos de transporte público convencional. El consumo de recursos de operación vehicular consiste en: combustible, lubricantes, neumáticos, mano de obra en mantenimiento, entre otros aspectos.

Los costos de operación vehicular en el caso de la Línea 2 se refieren a los costos, variables y fijos, que se incurre en la operación de vehículos de pasajeros como camionetas rurales y ómnibus. Los costos variables son aquellos que están vinculados al recorrido y tiempo utilizado, tales como combustibles, lubricantes y

neumáticos. Los costos fijos están relacionados a los gastos de personal, gastos generales y seguros.

Los beneficios por ahorro de costos de operación vehicular son el resultado del retiro de vehículos que competirían con el proyecto, que lleva a una reducción de los kilómetros recorridos.

**Tabla N° 20 Beneficio por reducción de costo de operación vehicular, en miles de US\$**

Año	COSAC II	Línea 2
2018	-	-
2019	-	-
2020	28,109.29	-
2021	28,514.06	-
2022	28,856.23	-
2023	29,202.50	33,417.60
2024	29,552.93	48,972.40
2025	29,907.57	64,527.30
2026	30,266.46	64,527.30
2027	30,629.66	64,527.30
2028	30,997.21	64,527.30
2029	31,369.18	64,527.30
2030	31,745.61	64,527.30
2031	32,126.56	64,527.30
2032	32,126.56	64,527.30
2033	32,126.56	64,527.30
2034	32,126.56	64,527.30
2035	32,126.56	64,527.30
2036	32,126.56	64,527.30
2037	32,126.56	64,527.30
2038	32,126.56	64,527.30
2039	32,126.56	64,527.30

Elaboración Propia

### 2.3 Beneficio por reducción de accidentes

Los accidentes de tránsito representan un problema emergente de salud pública pues las muertes y lesiones causadas por accidentes de tránsito siguen siendo altos pese a que se tiene una tendencia ligeramente decreciente a partir del 2011. En el estudio de la Línea 2 se estima la reducción de accidentes tomando

como variable el nivel de gravedad del accidente: herido grave, herido leve, ileso y muerto. Como no hay datos sobre accidentes en el estudio del COSAC II, se utilizó el promedio de las situaciones sin proyecto y Línea 2:

**Tabla N° 21 Número de personas involucradas en accidentes según nivel de gravedad, 2006**

	Muerto	Herido Grave	Herido Leve
Sin Proyecto	52	1,750	540
COSAC II	33	1,227	380
Línea 2	14	703	220

Fuente: PROINVERSION (2013)  
Elaboración Propia

Para monetizar la pérdida de una vida, se utiliza el VVE estimado por Seminario (2017), para lesiones graves se utiliza la proporción sugerida por el IRAP (2008) del 25% del costo de una muerte, para el caso de una lesión leve, se considerará que es el 5% de VVE:

**Tabla N° 22 Costos por gravedad de accidente, en soles**

Gravedad de lesión	%	Valor
Lesión fatal	100%	465,784.50
Lesiones graves	25%	116,446.13
Lesiones leves	5%	23,289.23

Fuente: PROINVERSION (2013)  
Elaboración Propia

Para la proyección de los beneficios, se utiliza el crecimiento promedio estimado de la población (1.1%). Los datos se obtienen del estudio del INEI denominado "Estudio de la población peruana al 2020", en el cual para el periodo 2020-2025 es un crecimiento de 1.7%, 2025-2030 1%, 2030-2035 0.8% y para el periodo 2035-2040 0.7%. La proyección de beneficios se muestra a continuación:



**Tabla N° 23 Beneficio por reducción de accidentes, en miles de US\$**

Año	COSAC II	Línea 2
2018	-	-
2019	-	-
2020	20,763.19	-
2021	20,981.20	-
2022	21,201.50	-
2023	21,424.12	41,526.38
2024	21,649.07	41,962.40
2025	21,876.39	42,403.01
2026	22,106.09	42,848.24
2027	22,338.20	43,298.15
2028	22,572.76	43,752.78
2029	22,809.77	44,212.18
2030	23,049.27	44,676.41
2031	23,291.29	45,145.51
2032	23,535.85	45,619.54
2033	23,782.97	46,098.54
2034	24,032.70	46,582.58
2035	24,285.04	47,071.69
2036	24,540.03	47,565.95
2037	24,797.70	48,065.39
2038	25,058.08	48,570.08
2039	25,321.19	49,080.06

Elaboración propia

**2.4 Reducción de contaminación ambiental**

En el Anexo 2 de los contenidos mínimos del programa presupuestal de transporte urbano sostenible (PP 0148) para la programación presupuestal 2019 del MTC (2018), se encuentran las estimaciones de reducción de GEI por año para la Línea 2 y para el Metropolitano, los valores de este último se utilizarán para el COSAC II pues ambos cuentan con el mismo formato de buses.

**Tabla N° 24 Estimación de reducción de GEI por año para el Metropolitano (tn CO<sub>2</sub>eq)**

Año	Reducción de emisiones
2011	42,995

<b>Año</b>	<b>Reducción de emisiones</b>
2012	73,328
2013	73,022
2014	72,572
2015	72,130
2016	71,695
2017	71,264
2018	70,843
2019	70,425
2020	70,034

Fuente: MTC (2018)

**Tabla N° 25 Estimación de reducción de GEI por año para la Línea 2  
(tn CO<sub>2</sub>eq)**

<b>Año</b>	<b>Reducción de emisiones</b>	<b>Año</b>	<b>Reducción de emisiones</b>
2021	72,187.66	2036	72,187.66
2022	72,187.66	2037	72,187.66
2023	72,187.66	2038	72,187.66
2024	72,187.66	2039	72,187.66
2025	72,187.66	2040	72,187.66
2026	72,187.66	2041	72,187.66
2027	72,187.66	2042	72,187.66
2028	72,187.66	2043	72,187.66
2029	72,187.66	2044	72,187.66
2030	72,187.66	2045	72,187.66
2031	72,187.66	2046	72,187.66
2032	72,187.66	2047	72,187.66
2033	72,187.66	2048	72,187.66
2034	72,187.66	2049	72,187.66
2035	72,187.66		

Fuente: MTC (2018)

En el caso del Metropolitano la estimación se detiene en el año 2020, pero este coincide con el año en que se observan los beneficios en el COSAC II; en el caso de la Línea 2, si bien los beneficios se observan en el año 2023, los valores en la Tabla N° 25 son iguales para todos los años. Para valorizar los beneficios por reducción de contaminación ambiental, se utiliza el precio social de carbono establecido en el Anexo 11 de la Directiva N°001-2019-EF/ 63.01 de \$7.17

dólares por tonelada de CO<sub>2</sub>, como resultado se obtienen los valores de S/. 502,143.78 para el COSAC II y de S/. 517,585.52 para la Línea 2. Estos valores se mantendrán constantes a lo largo del flujo.

## 2.5 Síntesis de beneficios sociales

Cabe precisar, que en la evaluación de la Línea 2, como la vida útil de los trenes es de 35 años, se considera como beneficio el valor de salvamento de los trenes por el monto de S/. 96,042.86 miles de soles al año 2035. A continuación, se presentan los flujos de los beneficios sociales de ambos proyectos:

**Tabla N° 26 Beneficios sociales del COSAC II y la Línea 2, en miles de US\$**

Año	COSAC II	Línea 2
2018	-	-
2019	-	-
2020	86,416.74	-
2021	87,933.88	-
2022	89,412.29	-
2023	90,919.23	149,545.81
2024	92,455.31	167,325.33
2025	94,021.16	185,152.71
2026	95,617.40	187,474.05
2027	97,244.69	189,845.36
2028	98,903.70	192,267.78
2029	100,595.09	194,742.49
2030	102,319.57	197,270.68
2031	104,077.85	199,853.57
2032	105,485.13	202,492.43
2033	106,923.05	205,188.53
2034	108,392.32	207,943.19
2035	109,893.66	210,757.75
2036	111,427.80	213,633.60
2037	112,995.50	216,572.13
2038	114,597.53	219,574.80
2039	116,234.70	318,685.94

Elaboración propia

### 3. Costos sociales

#### 3.1 Costos de inversión

En la Tabla N° 27 se colocan las inversiones que se realizan en ambos proyectos

**Tabla N° 27 Inversión de los proyectos Línea 2 y COSAC II**

	<b>LÍNEA 2</b>	<b>COSAC II</b>
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estaciones</li> <li>• Túneles</li> <li>• Superestructura ferroviaria</li> <li>• Sistemas Eléctricos</li> <li>• Señalización y automatización</li> <li>• Supervisión y control</li> <li>• Patios, depósitos, talleres</li> <li>• Imprevistos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estaciones</li> <li>• Corredores</li> <li>• Terminales</li> <li>• Interferencias</li> <li>• Semaforización</li> <li>• Control y recaudo</li> <li>• Patios, terreno</li> <li>• Imprevistos</li> </ul>
Vehículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trenes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Articulado</li> <li>• Convencional</li> </ul>
Ingeniería Complementaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajos preliminares: monitoreo geológico, sondeos, topografía</li> <li>• Ingeniería de proyecto</li> <li>• Ingeniería de gestión y pruebas de material rodante</li> <li>• Supervisión de obra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería definitiva</li> <li>• Supervisión de Obra</li> </ul>
Manejo ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo ambiental</li> <li>• Monitoreo arqueológico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compensación social</li> <li>• Manejo socioambiental</li> </ul>

Fuente: PROINVERSION (2013) y FONAM-PROTRANSPORTE (2010)  
Elaboración Propia

En general, la estructura de inversión es similar, pero por el diseño particular de ambos modos de transporte, uno al nivel del suelo y el otro subterráneo, las diferencias se hacen notorias en los costos. Debido a que los buses tienen una vida útil de 10 años, en el año 2029 se realiza una renovación de flota en el COSAC II. Para los flujos, se toman los datos detallados en los estudios de ambos proyectos:

**Tabla N° 28 Costos de inversión, en miles de US\$**

Año	COSAC II	Línea 2
2018	120,904.34	13,230.10
2019	120,619.14	672,915.10
2020	-	991,040.20
2021	-	1,435,352.80
2022	-	965,260.00
2023	-	713,894.50
2024	-	21,717.80
2025	-	215,648.70
2026	-	-
2027	-	-
2028	-	-
2029	120,619.14	-
2030	-	107,824.30
2031	-	-
2032	-	-
2033	-	-
2034	-	-
2035	-	251,590.10
2036	-	-
2037	-	-
2038	-	-
2039	-	-

Elaboración propia

### 3.2 Costos de operación y mantenimiento

Esta variable es similar en ambos proyectos, los costos de operación están conformados por: costes de personal, contratos de operación (de limpieza y seguridad) y costos de energía. En cuanto a los costos de mantenimiento, se consideran: el personal directo para el mantenimiento del sistema, contratos de



mantenimiento del material rodante / buses, mantenimiento de la infraestructura, mantenimiento industrial y otros costos complementarios y gastos accesorios.

Para los flujos de la Línea 2, se tomaron los valores estimados en el estudio de factibilidad. En el caso del COSAC II, señalan que los costos de operación y mantenimiento representan un 3% de la inversión realizada y que los costos tienen una tasa de crecimiento de 2.1%.

**Tabla N° 29 Costos de operación y mantenimiento, en miles de US\$**

Año	COSAC II	Línea 2
2018	-	-
2019	-	-
2020	10,864.28	-
2021	11,092.43	-
2022	11,325.37	-
2023	11,563.20	45,565.70
2024	11,806.03	52,558.20
2025	12,053.96	96,024.00
2026	12,307.09	98,209.40
2027	12,565.54	99,413.50
2028	12,829.41	102,035.10
2029	13,098.83	103,239.40
2030	13,373.91	106,131.00
2031	13,654.76	124,157.80
2032	13,941.51	128,035.60
2033	14,234.28	130,027.00
2034	14,533.20	135,520.70
2035	14,838.40	138,009.50
2036	15,150.00	147,847.90
2037	15,468.16	151,100.30
2038	15,792.99	153,840.40
2039	16,124.64	157,722.70

Elaboración propia

### 3.3 Síntesis de costos sociales

Los costos sociales de los proyectos COSAC II y Línea 2 se muestran a continuación:

**Tabla N° 30 Costos sociales del COSAC II y la Línea 2, en miles de US\$**

<b>Año</b>	<b>COSAC II</b>	<b>Línea 2</b>
2018	120,904.34	13,230.10
2019	120,619.14	672,915.10
2020	10,864.28	991,040.20
2021	11,092.43	1,435,352.80
2022	11,325.37	965,260.00
2023	11,563.20	759,460.20
2024	11,806.03	74,276.00
2025	12,053.96	311,672.70
2026	12,307.09	98,209.40
2027	12,565.54	99,413.50
2028	12,829.41	102,035.10
2029	133,717.98	103,239.40
2030	13,373.91	213,955.30
2031	13,654.76	124,157.80
2032	13,941.51	128,035.60
2033	14,234.28	130,027.00
2034	14,533.20	135,520.70
2035	14,838.40	389,599.60
2036	15,150.00	147,847.90
2037	15,468.16	151,100.30
2038	15,792.99	153,840.40
2039	16,124.64	157,722.70

Elaboración propia

## VI. Evaluación económica

El horizonte de evaluación es de 22 años empezando en el año 2018. El tiempo de construcción del COSAC II es de dos años mientras que en el caso de la Línea 2 el plazo de cinco años implica que al menos el tramo Ate – Evitamiento esté construido. Dentro del plazo de concesión, se debe ir terminando de construir los demás tramos.

En el caso del COSAC II, como los buses tienen una vida útil de diez años, debe haber una reinversión en el año diez. En el proyecto se inicia con la compra de 274 buses, y por cuatros años se debe ir incrementando la flota en 8 buses nuevos. La tasa social de descuento a utilizar es la del Anexo 11 de la Directiva N°001-2019-EF/ 63.01, cuyo valor es de 8%.

Ahora se puede decir que la evaluación es comparable, pues se toman los mismos parámetros y se consideran las mismas variables. Los flujos de la evaluación se encuentran en los Anexos 1 y 2<sup>30</sup>. A continuación se colocará los principales resultados del mismo:

**Tabla N° 31 Resultados de la Evaluación económica (en miles de US\$)**

	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>	<b>B/C</b>
<b>Línea 2</b>	-3,469,892.18	-13%	0.27
<b>COSAC II</b>	486,093.65	28%	2.22

Elaboración Propia

Podemos apreciar que el proyecto de la Línea 2 no es rentable socialmente pues obtiene un VAN negativo de US\$ 3'469,892.18 miles de dólares mientras que la ganancia económica del COSAC II es cerca al medio millón de dólares, llegando a un ratio B/C de 2.22. La Tasa Interna de Retorno negativa de la Línea 2 quiere decir que no se compensaron los costos del proyecto incluso antes de ser traídos a valor presente, y el ratio Beneficio – Costo es menor a uno, lo cual indica que el proyecto no genera los suficientes beneficios para ser socialmente rentable.

<sup>30</sup> También se colocan las evaluaciones económicas de los estudios de factibilidad del COSAC II y la Línea 2 en los Anexos 3 y 4 respectivamente.

Hay que tener en cuenta que esta es una evaluación económica, y nos indica qué proyecto genera mayor valor para la sociedad. Cabe resaltar que las variables de reducción de accidentes y contaminación ambiental, son importantes para la sociedad, pero no tanto para una entidad privada pues no representan ingresos pecuniarios. En la Tabla N° 32 se observa el costo por km construido, y vemos que el monto de la Línea 2 es excesivo. En su lugar, una opción similar y aceptable pudo haber sido un tren elevado así como la Línea 1, un tren a nivel, o una combinación de ambos.

**Tabla N° 32 Comparación costo por km**

	<b>Inversión en \$</b>	<b>km</b>	<b>\$/km</b>
COSAC II	380,000,000	33.4	59,880,240
Línea 1	2,000,000,000	27	14,074,074
Línea 2	5,836,000,000	27.06	215,668,884

Elaboración Propia

## **VII. Conclusiones y Recomendaciones**

En la primera sección concluimos que el concepto de prioridad transporte público es limitado. Si bien la implementación de sistemas de transporte público masivo y la construcción de infraestructura contribuyen a aliviar los problemas de congestión, hay otros factores que deben ser considerados, tales como el uso de modos no motorizados, el diseño urbano, la concentración de actividades en áreas centrales, los cuales son los que condicionan los patrones de movilidad. Es así que se requiere de un enfoque de movilidad sostenible que considere los factores mencionados líneas arriba. La dificultad que surge es que la mayoría de ciudades no han seguido planes de urbanismo, sino que ha sido resultado del manejo del suelo de los habitantes según su nivel socioeconómico, por lo que la aplicación de este enfoque comprende un gran desafío.

La planificación del transporte con enfoque sostenible promueve que los distintos modos de transporte, motorizados o no, sean utilizados de manera eficiente. Bajo este contexto, surge la importancia de implementar un Sistema Integrado de Transportes.

El Metropolitano promueve en cierta medida la intermodalidad, al contar con estaciones para bicicletas en 3 de sus 38 estaciones. Un segundo esfuerzo realizado es la compatibilización de tarjetas de pago de los Corredores Complementarios (CC) con el sistema del Metropolitano y viceversa; no se logró hacer lo mismo con la tarjeta empleada en la Línea 1.

Uno de los problemas que surgieron, y se menciona en la Política de Subsidios, es que se incrementaron los costos de viaje debido a los transbordos realizados, desincentivando el uso del transporte público masivo y optando por otros medios de movilización como los taxis colectivos.

Es en este contexto, que los subsidios constituyen un instrumento potente que impulsa el uso de los sistemas de transporte masivo implementados. En Lima, la Línea 1 del Metro es el único servicio que cuenta con subsidios, y es lógico que lo tenga, puesto que pocos o casi nadie estaría dispuesto a pagar 4 o 5 soles por viajar en el tren. En contraste, las tarifas en el Metropolitano son ligeramente



elevadas debido a que es un sistema financieramente autosostenible. Así como en la Línea 1 el subsidio es de S/. 2.50 soles por viaje, los pasajes del Metropolitano deberían de ser S/. 1.50. Esto traería consigo un inconveniente pues, como se vio en la descripción de estos dos sistemas, el número de pasajeros que moviliza el Metropolitano es poco más del 50% de los que moviliza la Línea 1, cuando debería ser al revés, por lo que una reducción en la tarifa incrementaría la demanda. La buena noticia es que la capacidad del Metropolitano está siendo ampliada por el tramo en construcción que va desde Naranjal hasta Chimpu Ocllo, y esto va acompañado con un incremento en la flota de buses.

Los proyectos que se evaluaron fueron el COSAC II y la Línea 2 del Metro de Lima, esto debido a que ambos proyectos fueron rivales pues cubrían la misma ruta; aunque es probable que el término rival no sea el adecuado. En el estudio de perfil del COSAC II se plantearon diversas alternativas incluyendo a su potencial rival: un tren eléctrico; mientras que el enfoque del estudio de la Línea 2, asumió que el mejor modo de abastecer la demanda de Ate - Callao era a través de un metro eléctrico subterráneo, y las alternativas consistieron en variaciones de la ruta.

La metodología utilizada fue el Análisis Costo Beneficio, pues permite evaluar los efectos económicos de un proyecto. Si bien este instrumento es ampliamente usado debido a su objetividad, depende de las variables y parámetros que se utilizan en la evaluación. Para proyectos de transporte, los beneficios directos están relacionados a los ahorros en tiempo de viaje y a la reducción de los costos de operación vehicular, donde se vuelve un poco difuso es cuando se utilizan beneficios indirectos, tales como los beneficios por reducción de accidentes, reducción de contaminación ambiental y otros efectos económicos más amplios.

Al respecto, en la sección II.2.1 se analizaron las variables que se emplean en la evaluación de proyectos de transporte y los beneficios indirectos más usados son la reducción de accidentes y la reducción de la contaminación. Al observar las variables consideradas en el estudio de factibilidad de la Línea 2, incluye el

incremento del valor de los predios. Este sería un beneficio indirecto que formaría parte de los efectos económicos más amplios, por lo que no es considerado en la evaluación.

También se hace una revisión sobre los parámetros principales que se utilizan en la evaluación tales como la tasa social de descuento, valor de la vida, valor social del tiempo, precio social del carbono debido a que en los estudios de factibilidad del COSAC II y de la Línea 2 utilizaron parámetros diferentes.

De esta manera, se realizó una comparación más justa entre ambos proyectos y permitió ver que, a diferencia de los resultados del estudio de la Línea 2, este proyecto no generaría los suficientes beneficios sociales para contrarrestar los elevados costos. El VAN de la Línea 2 es de US\$ -3'469,892.18 miles de dólares con una TIR de -13% y un ratio B/C de 0.27. Los resultados para el COSAC II fueron positivos, con un VAN de US\$ 486,093.65 miles de dólares, una TIR de 28% y un ratio B/C de 2.22.

Considerando que esta es una evaluación económica, quizá en la evaluación financiera los resultados varíen un poco, pero esto nos lleva a reflexionar que, si en el caso de la Línea 1 el subsidio que recibe es de S/. 2.50 por viaje, para el caso de la Línea 2 que tiene un costo de inversión más del doble, para que sea una opción viable financieramente, tendría que recibir un subsidio alrededor de S/. 4 soles por viaje.

Desde el punto de vista económico, la opción idónea para el eje Este – Oeste era el COSAC II, un proyecto que no hubiese tardado más de 2 o tres años en ser implementado. De haber sido así, ahora ya tendríamos un sistema de COSAC circulando de manera transversal por Lima Metropolitana y Callao.

Lo que se recomendaría para próximas propuestas, sería que incluyan por lo menos dos o más modos de transporte al momento de plantear las alternativas en los estudios de preinversión, y hacer una correcta elección sobre qué variables utilizar para el Análisis Costo Beneficio. Por ejemplo, la variable incremento en precios de los predios, como ya lo hemos visto, es un efecto que puede sobreestimar los beneficios en el análisis; además, el hecho de que las

zonas cercanas al proyecto atraigan mayor interés para colocar negocios, si ampliamos el panorama, en otras zonas se estaría dejando de invertir. También sería importante que se analicen las variantes de Metro con alternativas en superficie o elevadas y no sólo analizar la alternativa subterránea.

Es importante mencionar que, no se busca evitar la construcción de un tren subterráneo, sino que sería más viable que se empiece invirtiendo con un modo de transporte más barato pero efectivo y masivo a la vez, como es el caso del Metropolitano. Si posteriormente se observa que la demanda excede la capacidad del sistema BRT, se pasaría a implementar el siguiente modo de transporte masivo más utilizado: el tren eléctrico. En cuestión de costos, no sería tan grave reemplazar el sistema BRT por el tren; lo que sí es caro es implementar un tren subterráneo sin que la demanda lo justifique.

Otro factor a considerar es que la Línea 1 del Metro de Lima cuenta con subsidios por parte del Estado: pago por kilómetro recorrido, pago anual por obras y retribución por inversiones. Por consiguiente, es de esperar que la Línea 2 también reciba un subsidio al comenzar operaciones. Con la creación de la ATU y la aprobación de la Política de Subsidios en julio del 2019, se espera que los otros sistemas de transporte ya implementados, como el Metropolitano y Corredores Complementarios, puedan acceder a este beneficio para garantizar su sostenibilidad.

En conclusión, para poder contestar la pregunta de investigación planteada ¿Qué le conviene a Lima? Pues le conviene que se presenten varios proyectos que incluyan la evaluación de diferentes alternativas, el uso correcto de variables a evaluar, y no quedarse con solo una subalternativa de transporte para mejorar el problema del transporte urbano. La implementación de Red Básica de Metros es un claro ejemplo de ese problema, las próximas cuatro líneas de metro serán subterráneas, ¿por qué se tomó dicha decisión? ¿Acaso la alternativa de un tren elevado o a nivel no resulta atractiva? Son consideraciones relevantes para poder mejorar efectivamente el sistema de transporte urbano en Lima Metropolitana.

## VIII. Bibliografía

Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (2017). Reestructuración de la Red de Transporte Público de Pasajeros del Distrito Metropolitano de Quito.

Argimón, I., González-Páramo, J., Martín, M. & J. Roldán (1993). Productividad e infraestructuras en la economía española, Banco de España, Servicio de Estudios, Documento de Trabajo 9313.

Ashenfelter, Orley (2006). *Measuring the Value of a Statistical Life: Problems and Prospects*. Bonn: Institut zur Zukunft der Arbeit (IZA).

Asociación de Contribuyentes (2019). El uso de subsidios en el transporte público urbano: una propuesta para Lima Metropolitana.

Asociación Unacem *et al.* (2017). Evaluando la gestión en Lima y Callao, séptimo informe de resultados sobre calidad de vida en Lima y Callao. Lima.

Asociación Unacem *et al.* (2019). ¿Cómo vamos en Lima y Callao? Noveno informe de indicadores de calidad de vida. Lima.

Badami, M.; Tiwari, G. & D. Mohan (2004). Access and Mobility for the Urban Poor in India: Bridging the Gap Between Policy and Needs. Paper presented at the Forum on Urban Infrastructure and Public Service Delivery for the Urban Poor. New Delhi: National Institute of Urban Affairs.

Belli, Pedro; Anderson, Jock; Barnum, Howard, Dixon; John & Jee-Peng Tan (1998). *Handbook on Economic Analysis of Investment Operations*. Operational Core Services Network Learning and Leadership Center.

Baumol & Oates (1988). *Theory of Environmental Policy*. Cambridge University Press.

Berechman, J. & G. Giuliano (1985). Economics of Scale in Bus Transit: a review of concepts and evidence. En *Transportation*, volumen 6 número 1, pp.313-332.

BID (2003). Perú Programa de transporte urbano de Lima Metropolitana – Subsistema Norte – Sur.

BID (2011). Sostenibilidad urbana en América Latina y el Caribe. BID.

BID (2015). Casos de Estudio Comparativo de Tres Proyectos de Transporte Urbano.

BID. (2016). Efectos de los Sistemas de Transporte Rápido de Autobuses Apoyados por el BID sobre la Movilidad y el Acceso en Cali y Lima.

Bonifaz, J. (2000). Cálculo de precios sociales: el valor social del tiempo, Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico.



Bryniarska, Z. (2018). Interchanges as a Key Element of Competitive Sustainable Public Transport in Urban Areas. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, pp.112–123.

Button, Kenneth (2010). *Transport Economics*, tercera edición.

Calmet, D. & J. M. Capurro (2011). El Tiempo es dinero: Cálculo del valor social del tiempo en Lima Metropolitana para usuarios de transporte urbano. En *Revista de Estudios Económicos* número 20, pp. 73 -86.

Calthrop, Edward & Stef Proost (1998). Road Transport Externalities. Interaction between Theory and Empirical Research. En *Environmental and Resource Economics*, volumen 11, número 3-4, pp. 335-348.

Carruthers, R.; Dick, M. & A. Saurkar (2005). Affordability of Public Transport in Developing Countries. Documento de transporte TP-3, Banco Mundial, Washington D. C.

Carthy, T., Chilton, S., Covey, J., Hopkins, L., Jones-Lee, M.W., Loomes, G., Pidgeon, N., Robertson, A. & A. Spencer.(1998). On the contingent valuation of safety and the safety of contingent valuation: Part 2-The CV/SG chained approach. En *Journal of Risk and Uncertainty*, volumen 17, número 3, pp.187–213.

Centro de Investigación de la Universidad Pacífico - CIUP (2012). Estimación del Valor Social del Tiempo. Lima: Ministerio de Economía y Finanzas.

Centro de Investigación de la Universidad Pacífico - CIUP (2016). Estimación del precio social del carbono para la evaluación social de proyectos en el Perú. Lima: Ministerio de Economía y Finanzas.

Cervero, Robert (1983). Intergovernmental responsibilities for financing public transit services. Washington: University Research and Training Program.

Cervero, Robert (2011). State roles in providing affordable mass transport services for low-income residents. International Transport Forum Discussion Paper, No 2011-17.

CONICYT (2010). Investigación en Transporte en Chile: Áreas de investigación y capacidades Informe de estado del arte.

Couture, L., Saxe, S. & E. Miller (2016). Cost Benefit Analysis of Transportation Investment: a literature review. University of Toronto.

De Blaeij, Arianne; Florax, Raymond; Rietveld, Piet & Erik Verhoef (2003). The value of statistical life in road safety: a meta-analysis. En *Accident Analysis and Prevention*, número 35, pp. 973-986.

De Rus, Ginés (2002). *Economía del Transporte*. Barcelona: Antoni Bosch.



Decreto Supremo N°022-2019-MTC Decreto Supremo que aprueba la Política de subsidios del Transporte Urbano de pasajeros del sistema integrado de transporte urbano de Lima y Callao.

Deichman, Uwe; Fay, Marianne, Koo, Jun & Somik Lall (2002). Economic Structure Productivity and Infrastructure Quality in Southern Mexico. Policy Research Working Paper No 2900. World Bank, Washington DC.

Departamento Nacional de Planeación (DNP) (de Colombia) (1997). CONPES: 2932: Sistema Integrado de Transporte Masivo de pasajeros de Santiago de Cali y su Área de Influencia. Bogotá: DNP.

Departamento Nacional de Planeación (DNP) (de Colombia) (2002). CONPES 3166: Sistema Integrado de Transporte Masivo de pasajeros para Santiago de Cali – Seguimiento. Bogotá: DNP

Dextre Quijandría, J. C., & Avellaneda, P. (2014). Movilidad en zonas urbanas. Lima: PUCP. Fondo Editorial, 2014.

DINAMIA (2014). Encuesta sobre transporte León, Guanajuato.

Downs, A. (1962). The law of peak-hour expressway congestion. En *Traffic Quarterly*, número 16, pp. 393 – 409.

Duggal V., C. Saltzman & L. Klein (1999), Infrastructure and productivity: a Nonlinear Approach. En *Journal of Econometrics*, volumen 92, pp.47-74.

Easterly, William & Sergio, Rebelo (1993). Fiscal policy and economic growth: An empirical investigation. En *Journal of Monetary Economics, Elsevier*, volumen 32 número 3, pp. 417-458.

Elgar, Ilan & Christopher Kennedy (2005). Review of Optimal Transit Subsidies: Comparison between models. En *Journal of Urban Planning and Development*, volumen 131, pp.71-78.

Estupiñan, N., Gómez-Lobo, A., Muñoz-Raskin, R & T. Serebrisky (2007). Affordability and subsidies in public urban transport: What do we mean, What can be done?. The World Bank.

Ferro, Gustavo & Emilio Lentini (2012). Infraestructura y equidad social: Experiencias en agua potable, saneamiento y transporte urbano de pasajeros en América Latina. Santiago: CEPAL.

Flyvbjerg, Bent, Priemus, Hugo & Bert van Wee (2008). Decision-Making on mega projects: Cost Benefit Analysis, planning and innovation. Transport Economics, Management and Policy.

FONAM-PROTRANSPORTE (2010). Estudio para la Consolidación del Sistema Integrado de Transporte Público de Lima.

- Fontaine, Ernesto (2008). Evaluación social de proyectos. México: Pearson.
- Gómez, David & Julián Mejía (2015). Estudio sobre la gestión para la construcción de un metro: Caso de estudio para la ciudad de Medellín (1979-1983). Trabajo de Grado. Pontificia Universidad Javeriana.
- Gómez-Lobo, A. (2011). Affordability of Public Transport, a methodological clarification. En *Journal of Transport Economics and Policy*, volumen 45, número 3, pp.437-456.
- Graham, Daniel (2007). Agglomeration, Productivity and Transport Investment. En *Journal of Transport Economics and Policy*, volumen 41, número 3, pp. 317-343.
- Heller, Walter & David Starret (1976). Theory and Measurement of Economic Externalities. Academic Press.
- Hope C (2008). Optimal carbon emissions and the social cost of carbon over time under uncertainty. En *The Integrated Assessment Journal*, volumen 8, número 1, pp.107-122.
- Hoyos, Mateo (n.d.) Metro vs Transmilenio.
- Iacono, M., & Levinson, D. (2013). Methods for Estimating the Economic Impact of Transportation Improvements: An Interpretive Review, pp.1–31.
- Ibrahim M. (2003). Improvements and integration of a public transport system: the case of Singapore. En *Cities*, volumen 20, número 3, pp.205-216.
- Instituto de Opinión Pública- IOP PUCP. Tablas en Excel de indicadores de percepción 2010-2019. Consulta: 23 de noviembre del 2019.
- [https://www.dropbox.com/sh/e7w0apwkoe6rm36/AABEwtMNTszcZsJWvqMOx1g\\_a?dl=0](https://www.dropbox.com/sh/e7w0apwkoe6rm36/AABEwtMNTszcZsJWvqMOx1g_a?dl=0)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2020). Estado de la población peruana al 2020.
- Institute Road Assessment Programme – IRAP (2008). The true cost of road crashes. Valuing Life and the cost of a serious injury. Hampshire: World Bank Global Safety Facility.
- Jenkins, Glenn, Kuo, Chun-Yan & Arnold Harberger (2011). Cost-benefit analysis for investment decisions. Ontario: JDI Executive Programs.
- Jiwattanakupaisarn, P., Noland, R. B., & Graham, D. J. (2011). Highway infrastructure and private output: Evidence from static and dynamic production function models. En *Transportmetrica*, volumen 7 número 5, pp.347–367.

Kafka, F. (1997). Teoría económica. Tercera edición. Lima: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico – CIUP.

Kerin, P. (1995). Efficient bus fares. En *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, volumen 12, número 1, pp.33-47.

Kohon, J. (2011). Más y mejores trenes: Cambiando la matriz de transporte en América Latina y El Caribe. *Notas Técnicas*, 115. Banco Interamericano de Desarrollo.

Kohon, J. (2015). *Metro de Lima. El caso de la Línea 1*. Corporación Andina de Fomento CAF.

Laird, James; Nellthorp, John & Peter Mackie (2005). Network effects and total economic impact in transport appraisal. En *Transport Policy*, volumen 12, pp. 537-544.

Laird, James & Peter Mackie (2014) Wider economic benefits of transport schemes in remote rural areas

Leo Vargas, A; Adame, Salvador & José Jiménez (2012). Comparación de los sistemas de transporte rápido de autobús articulado de México. *Ciencia Ergo Sum*, volumen 19, número 3, pp. 271–276.

Little, I.M.D. & J.A Mirrlees (1974). *Project Appraisal and Planning for Development Countries*, London: Heineman Educational Books,

Litman, T. (2003). *Reinventing Transportation. Exploring the Paradigm Shift Needed to Reconcile Transportation and Sustainability Objectives*. Canadá: Victoria Transport Policy Institute.

Lucietti, Kuca; Hoogendoorn, Caroline & Ivo Cré (2016). New tools and strategies for design and operation of urban transport interchanges. En *Transportation Research Procedia*, volumen 14, pp.1240-1249.

Maibach, M.; Schreyer, C.; Sutter, D.; Van Essen, H.; Boom, B.; Smokers, R.; Schroten, A.; Doll, C.; Pawlowska, B. & M. Bak (2008). *Handbook on estimation of external costs in the transport sector*. CE Delft.

Mardones, Cristian & Marcelo Riquelme (2018). Estimation of the Value of Statistical Life in Chile and Extrapolation to Other Latin American Countries. En *Latin American Research Review*, volumen 53, número 4. pp. 815–830.

Márquez, Luis & Howard Avella (2012). Estimación del valor estadístico de la vida asociado a la seguridad vial en Bogotá. En *Revista Ingenierías*, volumen 11, número 21, pp.101-112.

Miller, Ted (2000). Variations between Countries in Values of Statistical Life. En *Journal of Transport Economics and Policy*, volumen 34, número 2, pp. 169-188.

- Minken, H., Jonsson, D., Shepherd, S., Järvi, T., May, T., Page, M., Pearman, A., Pfaffenbichler, P., Timms, P. & A. Vold. (2003). Developing Sustainable Land Use and Transport Strategies. En: A Methodological Guidebook. Norway: Institute for Transport Studies.
- Mishan, E.J. (1971). The Postwar Literature on Externalities: An Interpretative Essay. En *Journal of Economic Literature*, volumen 9, número 1, pp. 1-28.
- Mohring, Herbert (1972). Optimization and Scale Economies in Urban Bus Transportation. En *American Economic Association*, volumen 62, número 4, p. 591-604.
- Molina, D. (2008). Organización Y Desempeño De Los Bus Rapid Transit: Los Casos De Transmilenio En Colombia; Metrobús y Optibús en México y Sit en Brasil.
- Montezuna, R. (2003). Ciudad y transporte: La movilidad urbana. En *La ciudad inclusiva*, compiladores Balbo, M. Jordán, R. & D. Simoni, pp.175-192. Santiago de Chile: CEPAL.
- Morandé, F. & J. Doña (2007). Transantiago: el remedio que está matando al paciente. En *Trabajos de Investigación en Políticas Públicas*, Departamento de Economía U. de Chile.
- Mrníková, M., Poliak, M., Simurkova, P., Hernandez, S. & N. Reuter (2017). How important is the integration of public passenger transport. En *Scientific Journal on Transport and Logistics*, volumen 8, número 2, pp. 59 – 68.
- MTC (2018). Anexo 2 de los contenidos mínimos del programa presupuestal de transporte urbano sostenible (PP 0148) para la programación presupuestal 2019.
- Newbery, David (1990). Pricing and congestion: economic principles relevant to pricing roads. En *Oxford Review of Economic Policy*, volumen 6, número 2, pp.22-38.
- Nordhaus, William & Joseph Boyer (2000). Warming the world: Economic models of global warming. MIT Press Cambridge.
- Nosal, K. & W. Starowicz (2010). Wybrane zagadnienia zarzadzania mobilnoscia. *Transport Miejski i Regionalny* 3, pp.26-31.
- Nosal, K. & K. Solecka (2014). Application of AHP method for multi-criteria evaluation of variants of the integration of urban public transport. En *Transportation Research Procedia*, número 3, pp.269-278.
- OSITRAN (2019). Informe de desempeño 2018- Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1.



OSITRAN (2020). ). Informe de desempeño 2019- Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1.

Parry, Ian; Walls, Margaret & Winston Harrington (2007). Automobile Externalities and Policies. En *Journal of Economic Literature*, volumen 45, número 2, pp.373-399.

Peng, Z. (2005) Urban transportation strategies in Chinese cities and their impacts on the urban poor. Paper presented at the Transportation Research Board 85th Annual Meeting, paper no. 05-2027

Pickrell, Don (1989). Urban Rail Transit Projects: Forecast versus Actual Ridership and Costs. Washington: Urban Mass Transportation Administration.

Piraquive, Gabriel; Matamoros, Mariana; Cespedes, Erick & Jhonathan Rodríguez (2018). Actualización de la tasa de rendimiento del capital en Colombia bajo la metodología de Harberger. Departamento Nacional de Planeación.

## PROTRANSPORTE

(2011a). Estudio de Preinversión a nivel de perfil del Proyecto Construcción Corredor Vial de Transporte Público Masivo Este - Oeste Carretera Central - Av. Grau - Av. Venezuela, Provincia de Lima – Lima.

(2011b). Términos de referencia del estudio de Preinversión a nivel de factibilidad del proyecto Construcción Corredor Vial de Transporte Público Masivo Este - Oeste Carretera Central - Av. Grau - Av. Venezuela, Provincia de Lima – Lima.

PROINVERSION. (2012). Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de la Línea 2 y Tramo de la Línea 4 del Metro de Lima.

PROINVERSION. (2013). Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad de la Línea 2 y Tramo de la Línea 4 del Metro de Lima. Volumen I - Resumen Ejecutivo.

Sánchez, J. (2014). Tendencia de la movilidad y transporte urbano: El Metrobus y la transformación del espacio. En *Cuadernos de Arquitectura y Asuntos Urbanos*, volumen 3, número 03, pp. 47-58.

Sanín, J. A. (2001). El Metro de Medellín: historia de una perfecta planificación para esquilmar al país. En *Revista Deslinda*. Bogotá.

Santos, Georgina; Behrendt, Hannah; Maconi, Laura; Shirvani, Tara & Alexander Teytelboym (2010). Part I: Externalities and economic policies in road transport. En *Research in Transportation Economics*, volumen 28, pp.2-45.

Sartori, Davide; Catalano, Gelsomina; Genco, Mario; Pancotti, Chiara; Sirtori, Emanuela; Vignetti, Silvia & Chiara Del Bo. (2014). Guide to Cost – Benefit



Analysis of investment projects. Economic appraisal tool for cohesion Policy 2014-2020.

SECTRA (2011). Metodología simplificada de estimación de beneficios sociales por disminución de accidentes en proyectos de viabilidad interurbana. Chile: Ministerio de Planificación.

Seminario, Luis.

(2017a). Actualización de la tasa social de descuento.

(2017b). Estimación del costo social por fallecimiento prematuro. Lima: Ministerio de Economía y Finanzas.

Serebrisky, Tomas; Gómez-Lobo, Andrés; Estupiñan, Nicolás & Ramón Muñoz-Raskin (2009). Affordability and Subsidies in Public Urban Transport: What do we mean, What can be done?. En *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, volumen 29, número 6, pp.715-739.

Shepard Donald & Richard Zeckhauser (1982). Life Cycle consumption and willingness to pay for increased survival. En *The value of life and safety*, Michael W. Jones-Lee (ed.), pp.95-141.

Shmelev & Shmeleva (2009). Sustainable cities: Problems of integrated interdisciplinary research. En *International Journal os Sustainable Development*, volumen 12, número 1, pp. 4-23.

Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM). (2011). Integración Física del SITM.

Small & Verhoef (2007). *The Economics of Urban Transportation*.

Squire, L. & H.G. Van der Tak (1975). *Economic Analysis of Projects*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

Stiglitz, J. (2000) *La economía del sector público*. 3° edición. Barcelona: Antoni Bosch.

Thomson, J.M. (1977). *Great cities and their traffic*. London: Gollancz Peregrine edition.

Tol, Richard (2005). The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties. En *Energy Policy*, volumen 33, pp.2064-2074.

Tol, Richard (2009). The Economic Effects of Climate Change. En *Journal of Economic Perspectives*, volumen 23, número 2, pp. 29-51.

Transport Research Laboratory - TRL (2003). Activity patterns, transport and policies for the urban poor: Urban mobility planning guidelines. Final Report. Project Report Department for International Development, London.

Turvey, Ralph & Herbert Mohring (1975). Optimal Bus Fares. En *Journal of Transport Economics and Policy*, volumen 9 número 3, pp.280-286.

Van Goeverden (2006) Van Goeverden, C.; Rietveld, P; Koelemeijer, J. & P. Peeters (2006). Subsidies in public transport. En *European Transport*, volumen 32, pp.5-25.

Venables, Anthony (2004). Evaluating Urban Transport Improvements: Cost Benefit Analysis in the Presence of Agglomeration and Income Taxation. CEPDP (651). Centre for Economic Performance, London School of Economics and Political Science.

Venter, C. (2011). Transport expenditure and affordability: The cost of being mobile. En *Development Southern Africa*, volumen 28, número 1, pp.121–140

Veryard, D. & S. Perkins (2017). Integrating urban public transport systems and cycling. Summary and conclusions. Tokyo: International Transport Forum, OECD.

Vickerman, Roger (2007). Cost-benefit analysis and large-scale infrastructure projects: state of the art and challenges. En *Environment and Planning B: Planning and Design*, volume 34, pp. 598-610.

Wardman, M. (1998). The value of travel time: A review of British evidence. *Journal of Transport Economics and Policy*, volume 32 número 3, pp. 285-316.

Watkiss, Paul (2006). The Social Cost of Carbon. UK: Paul Watkiss Associates, OECD.

## IX. Anexos

### 1. Evaluación Económica del COSAC II

Año	Inversión	Operación y Mantenimiento	Ahorro Costo de Operación Vehicular	Ahorro Tiempo de Viaje	Ahorro por reducción de accidentes	Ahorro por reducción de contaminación	Flujo Neto
2018	-120,904.34	-	-	-	-	-	-120,904.34
2019	-120,619.14	-	-	-	-	-	-120,619.14
2020	-	-10,864.28	28,109.29	37,042.13	20,763.19	502.14	75,552.46
2021	-	-11,092.43	28,514.06	37,936.47	20,981.20	502.14	76,841.45
2022	-	-11,325.37	28,856.23	38,852.41	21,201.50	502.14	78,086.92
2023	-	-11,563.20	29,202.50	39,790.46	21,424.12	502.14	79,356.03
2024	-	-11,806.03	29,552.93	40,751.16	21,649.07	502.14	80,649.28
2025	-	-12,053.96	29,907.57	41,735.06	21,876.39	502.14	81,967.20
2026	-	-12,307.09	30,266.46	42,742.71	22,106.09	502.14	83,310.31
2027	-	-12,565.54	30,629.66	43,774.69	22,338.20	502.14	84,679.16
2028	-	-12,829.41	30,997.21	44,831.59	22,572.76	502.14	86,074.28
2029	-120,619.14	-13,098.83	31,369.18	45,914.00	22,809.77	502.14	-33,122.88
2030	-	-13,373.91	31,745.61	47,022.55	23,049.27	502.14	88,945.66
2031	-	-13,654.76	32,126.56	48,157.86	23,291.29	502.14	90,423.09
2032	-	-13,941.51	32,126.56	49,320.58	23,535.85	502.14	91,543.62
2033	-	-14,234.28	32,126.56	50,511.38	23,782.97	502.14	92,688.77
2034	-	-14,533.20	32,126.56	51,730.93	24,032.70	502.14	93,859.12
2035	-	-14,838.40	32,126.56	52,979.92	24,285.04	502.14	95,055.26
2036	-	-15,150.00	32,126.56	54,259.07	24,540.03	502.14	96,277.79
2037	-	-15,468.16	32,126.56	55,569.10	24,797.70	502.14	97,527.34
2038	-	-15,792.99	32,126.56	56,910.76	25,058.08	502.14	98,804.55
2039	-	-16,124.64	32,126.56	58,284.81	25,321.19	502.14	100,110.06

VAN	486,093.65
TIR	28%
B/C	2.22



## 2. Evaluación económica de la Línea 2

Año	Inversión	Operación y Mantenimiento	Ahorro Tiempo de Viaje	Ahorro Costo de Operación Vehicular	Ahorro por reducción de accidentes	Ahorro por reducción de contaminación	Valor de salvamento de los trenes	Flujo Neto
2018	-13,230.10	-	-	-	-	-	-	-13,230.10
2019	-672,915.10	-	-	-	-	-	-	-672,915.10
2020	-991,040.20	-	-	-	-	-	-	-991,040.20
2021	-1,435,352.80	-	-	-	-	-	-	-1,435,352.80
2022	-965,260.00	-	-	-	-	-	-	-965,260.00
2023	-713,894.50	-45,565.70	74,084.25	33,417.60	41,526.38	517.59	-	-609,914.39
2024	-21,717.80	-52,558.20	75,872.94	48,972.40	41,962.40	517.59	-	93,049.33
2025	-215,648.70	-96,024.00	77,704.82	64,527.30	42,403.01	517.59	-	-126,519.99
2026	-	-98,209.40	79,580.93	64,527.30	42,848.24	517.59	-	89,264.65
2027	-	-99,413.50	81,502.33	64,527.30	43,298.15	517.59	-	90,431.86
2028	-	-102,035.10	83,470.12	64,527.30	43,752.78	517.59	-	90,232.68
2029	-	-103,239.40	85,485.42	64,527.30	44,212.18	517.59	-	91,503.09
2030	-107,824.30	-106,131.00	87,549.38	64,527.30	44,676.41	517.59	-	-16,684.62
2031	-	-124,157.80	89,663.17	64,527.30	45,145.51	517.59	-	75,695.77
2032	-	-128,035.60	91,828.00	64,527.30	45,619.54	517.59	-	74,456.83
2033	-	-130,027.00	94,045.10	64,527.30	46,098.54	517.59	-	75,161.53
2034	-	-135,520.70	96,315.72	64,527.30	46,582.58	517.59	-	72,422.49
2035	-251,590.10	-138,009.50	98,641.17	64,527.30	47,071.69	517.59	-	-178,841.85
2036	-	-147,847.90	101,022.76	64,527.30	47,565.95	517.59	-	65,785.70
2037	-	-151,100.30	103,461.86	64,527.30	48,065.39	517.59	-	65,471.83
2038	-	-153,840.40	105,959.84	64,527.30	48,570.08	517.59	-	65,734.40
2039	-	-157,722.70	108,518.13	64,527.30	49,080.06	517.59	96,042.86	160,963.24

VAN	-3,469,892.18
TIR	-13%
B/C	0.27



### 3.Evaluación social del COSAC II elaborada por FONAM- PROTRANSPORTE (2010)

Períodos (años)	Año	Costos (Miles US\$)	Ahorro Costo de Operación (Miles US\$)	Ahorro Tiempo de Viaje (Miles US\$)	Beneficio Neto (Miles US\$)	Beneficio Neto Descontado (Miles US\$)	Recuperación de la Inversión
0	2013	(120,904)			(120,904)	(120,904)	(120,904)
1	2014	(3,627)	28,109	14,154	38,636	33,891	(87,013)
2	2015	(3,627)	28,514	14,358	39,245	30,197	(56,816)
3	2016	(3,627)	28,856	14,530	39,759	26,836	(29,979)
4	2017	(3,627)	29,203	14,704	40,280	23,849	(6,131)
5	2018	(3,627)	29,553	14,881	40,807	21,194	15,063
6	2019	(3,627)	29,908	15,059	41,340	18,834	33,897
7	2020	(3,627)	30,266	15,240	41,879	16,737	50,633
8	2021	(3,627)	30,630	15,423	42,425	14,873	65,506
9	2022	(3,627)	30,997	15,608	42,978	13,216	78,722
10	2023	(3,627)	31,369	15,795	43,537	11,744	90,466
11	2024	(3,627)	31,746	15,985	44,103	10,436	100,902
12	2025	(3,627)	32,127	16,177	44,676	9,273	110,175
Total		(164,430)	361,277	181,913	378,761	110,175	
VAN		(144,453)	192,620	96,990	145,157	110,175	

Indicadores	Valor
TIR	31.99%
B/C	2.00
VAN (Miles de US\$)	145,157





#### 4. Evaluación social de la Línea 2 elaborada por PROTRANSPORTE (2013)

Año	Inversión	Operación	Mant.	Aumento de costo tiempo por construcción	Beneficios					Flujo Neto	
					Ahorro Tiempo	Ahorro de COV	Ahorro por Reducción de Accidentes	Ahorro por Reducción de Contaminación	Revalorización de Terrenos		Total
2013	13,230.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-13,230.1
2014	672,915.1	0.0	0.0	33,679.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1,920,721.5	1,920,721.5	1,214,127.3
2015	991,040.2	0.0	0.0	33,679.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,024,719.3
2016	1,435,352.8	0.0	0.0	33,679.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,469,031.9
2017	965,260.0	0.0	0.0	33,679.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-998,030.1
2018	713,894.5	25,174.4	20,391.3	0.0	60,416.8	33,417.6	12,023.8	34,975.0	0.0	140,833.1	-818,627.1
2019	21,717.8	31,524.4	21,033.8	0.0	120,878.4	48,972.4	12,157.5	35,394.7	0.0	217,402.9	143,128.9
2020	215,648.7	53,480.1	42,543.9	0.0	184,733.2	64,527.3	12,292.6	35,819.4	0.0	297,372.6	-14,300.1
2021	0.0	54,685.7	43,523.7	0.0	197,798.0	64,527.3	12,440.7	36,249.3	0.0	311,015.3	212,805.9
2022	0.0	55,893.8	43,519.7	0.0	211,287.3	64,527.3	12,590.5	36,684.3	0.0	325,089.4	225,675.8
2023	0.0	57,098.2	44,936.9	0.0	225,212.3	64,527.3	12,742.2	37,124.5	0.0	339,606.2	237,571.0
2024	0.0	58,306.2	44,933.2	0.0	239,584.6	64,527.3	12,895.7	37,570.0	0.0	354,577.6	251,338.2
2025	107,824.3	59,510.0	46,621.0	0.0	254,416.2	64,527.3	13,051.0	38,020.8	0.0	370,015.3	156,060.0
2026	0.0	60,796.2	63,361.6	0.0	269,719.1	64,527.3	13,208.2	38,477.1	0.0	385,931.7	261,775.9
2027	0.0	62,112.0	65,923.6	0.0	285,505.9	64,527.3	13,367.3	38,938.8	0.0	402,339.3	274,303.8
2028	0.0	63,431.0	66,596.0	0.0	301,789.3	64,527.3	13,528.3	39,406.0	0.0	419,251.0	289,224.0
2029	0.0	64,744.5	70,776.2	0.0	318,582.4	64,527.3	13,691.3	39,878.9	0.0	436,879.9	301,159.2
2030	251,590.1	66,062.8	71,946.7	0.0	335,381.8	64,527.3	13,856.2	40,357.5	0.0	454,534.3	312,889.3
2031	0.0	68,801.2	79,046.7	0.0	352,181.2	64,527.3	14,023.1	40,841.7	0.0	472,192.3	324,609.4
2032	0.0	71,548.6	79,551.7	0.0	369,030.6	64,527.3	14,192.0	41,331.9	0.0	490,004.3	336,329.5
2033	0.0	74,296.5	79,543.9	0.0	386,037.1	64,527.3	14,363.0	41,827.8	0.0	507,816.2	348,049.6
2034	0.0	77,042.7	80,680.0	0.0	403,109.8	64,527.3	14,536.0	42,329.8	0.0	525,831.1	360,069.7
2035	146,784.8	79,789.4	81,162.8	0.0	420,252.2	64,527.3	14,711.1	42,837.7	0.0	543,846.0	372,089.8
2036	0.0	80,243.2	74,020.9	0.0	437,404.6	64,527.3	14,888.3	43,351.8	0.0	561,860.9	384,109.9
2037	0.0	80,687.4	74,507.7	0.0	454,612.0	64,527.3	15,067.7	43,872.0	0.0	580,072.7	396,130.0
2038	0.0	81,131.8	74,821.3	0.0	471,873.4	64,527.3	15,249.2	44,398.5	0.0	598,284.6	408,150.1
2039	0.0	81,570.1	79,982.2	0.0	489,188.6	64,527.3	15,432.8	44,931.2	0.0	616,496.6	420,170.2
2040	0.0	82,014.9	79,981.0	0.0	506,560.5	64,527.3	15,618.7	45,470.4	0.0	634,708.6	432,190.3
2041	0.0	82,087.2	79,980.9	0.0	523,987.8	64,527.3	15,806.9	46,016.1	0.0	652,920.6	444,210.4
2042	0.0	82,154.6	84,163.3	0.0	541,470.4	64,527.3	15,997.3	46,568.3	0.0	671,132.6	456,230.5
2043	0.0	82,231.8	79,980.5	0.0	559,002.2	64,527.3	16,190.0	47,127.1	0.0	689,344.6	468,250.6
2044	0.0	82,303.8	80,274.3	0.0	576,584.0	64,527.3	16,385.0	47,692.8	0.0	707,556.8	480,270.7
2045	0.0	82,376.1	80,274.2	0.0	594,215.8	64,527.3	16,582.4	48,264.9	0.0	725,768.9	492,290.8
2046	0.0	84,728.5	85,820.6	0.0	611,908.3	64,527.3	16,782.1	48,844.1	0.0	743,981.1	504,310.9
2047	0.0	87,104.5	71,142.4	0.0	630,060.8	64,527.3	16,984.3	49,430.2	0.0	762,193.3	516,331.0

VAN (Miles US\$, TSD:9%)	759,013.4
TIR (%)	11.33%
B/C	1.15