

**Estudio de factibilidad de un servicio de transporte publico complementario al tranvía  
de Ayacucho por medio de servicios alimentadores**

David Jiménez Ospina  
davidjimenezospina@gmail.com

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Gerencia de Proyectos

Directora:

Mg. Stefania Correa Vásquez

Asesores:

Jorge Mario Cardona Ramírez

Rodrigo Salazar Pineda

Maestría en Gerencia de Proyectos

Escuela de Administración

Universidad EAFIT

Medellín, Colombia

Mayo de 2016

## Contenido

<b>1. Introducción</b> .....	6
<b>2. Situación en estudio – Problema</b> .....	7
<b>3. Objetivo general</b> .....	9
<b>3.1. Objetivos específicos</b> .....	9
<b>4. Justificación del trabajo de grado en términos de la Maestría en Gerencia de Proyectos (MGP)</b> .....	9
<b>5. Marco Conceptual</b> .....	11
<b>6. Aspectos metodológicos</b> .....	17
<b>6.1. Herramientas para el levantamiento de información</b> .....	17
<b>6.1.1.1. Conteos manuales</b> .....	18
<b>6.1.1.2. Entrevistas Semiestructuradas</b> .....	20
<b>7. Presentación y Análisis de Resultados</b> .....	22
<b>7.1. Servicio Actual</b> .....	22
<b>7.2. Debilidades del modelo operacional actual del Tranvía de Ayacucho</b> .....	23
<b>7.3. Evaluación de la capacidad transportadora asignada al concesionario de servicio masivo de la cuenca 6 (SAO6) para la alimentación en la zona</b> .....	24
<b>7.3.1.1. Análisis sectorial</b> .....	25
<b>7.3.1.2. Estudio de mercado</b> .....	26
<b>7.3.1.3. Definición de mercado</b> .....	26
<b>7.3.1.4. Grado de amplitud del mercado</b> .....	26
<b>7.3.1.5. El servicio</b> .....	27
<b>7.3.1.6. Características del servicio</b> .....	27
<b>7.3.2. La demanda</b> .....	28
<b>7.3.3. Demanda Actual</b> .....	28
<b>7.3.4. Absorción de demanda por el Tranvía de Ayacucho y sus cables</b> .....	30
<b>7.3.5. Entorno socio-económico</b> .....	31
<b>7.3.6. La oferta</b> .....	32
<b>7.3.7. Comparación oferta actual vs demanda actual por sistema.</b> .....	32
<b>7.3.8. Análisis de la oferta del Tranvía de Ayacucho y sus cables</b> .....	33
<b>7.4. El precio</b> .....	35
<b>7.5. Estudio técnico</b> .....	37
<b>7.5.1. Modelo de Operación complementario al Tranvía</b> .....	37
<b>7.6. Impacto ambiental</b> .....	39

7.6.1. Reducción en las emisiones móviles .....	40
7.6.2. Aporte al sector Salud .....	45
7.7. Viabilidad económica.....	45
7.7.1. El Fondo de Estabilización Tarifario (FET).....	45
7.7.2. Principios básicos del marco económico del proyecto.....	46
7.7.3. Modelo Económico del Sistema y Aporte al FET.....	46
7.7.4. Racionalización a cargo del Sistema .....	47
7.8. Impacto Social .....	48
7.8.1. Conductores.....	48
7.8.2. Usuarios.....	48
7.8.3. Ciudad.....	49
7.9. Viabilidad legal y jurídica del proyecto.....	49
7.9.1. De la viabilidad convencional y constitucional del proyecto .....	49
7.9.2. De la viabilidad legal del proyecto .....	51
7.9.3. De la viabilidad administrativa del proyecto.....	53
8. Viabilidad Organizacional.....	54
8.1. Procesos de la Dirección Financiera en el proyecto .....	56
8.2. Procesos de la Dirección administrativa en el proyecto.....	57
8.3. Procesos de la Dirección técnica en el proyecto.....	57
8.4. Procesos de la Gerencia General en el Proyecto .....	57
9. Identificación y Análisis de riesgos .....	58
9.1. Calificación de los riesgos .....	58
9.2. Estimación cualitativa y clasificación de los riesgos .....	59
9.3. Matriz de Riesgos.....	59
10. Viabilidad financiera del proyecto.....	63
10.1. Ingresos.....	64
10.2. Costos operativos.....	66
10.3. Utilidad, VAN y TIR .....	67
10.4. Relación Beneficio-Costo.....	70
10.5. Análisis IRVA .....	70
11. Conclusiones.....	72
12. Diccionario de términos.....	75
13. Bibliografía.....	77

## Índice de Tablas

Tabla 1 Capacidad Transportadora Autorizada por la Secretaria de movilidad a las empresas que operan en la zona centro oriental de la ciudad.....	8
Tabla 2 Distribución de Rutas por Sistema .....	19
Tabla 3 Rutas y Recorridos Actuales en la zona de influencia de Tranvía para el Transporte Publico ..	22
Tabla 4 Demandas y Ofertas Totales Actuales .....	23
Tabla 5 Comparación de Demandas Máximas entre la información levantada en campo y el estudio realizado por Miriam Giraldo en 2009 .....	28
Tabla 6 Absorción de Demanda del Tranvía .....	31
Tabla 7 Demandas Máximas por hora .....	31
Tabla 8 Demanda a Absorber por el sistema tranviario y sus cables .....	34
Tabla 9 Demanda a absorber por hora .....	35
Tabla 10 Tamaño del Proyecto y reducción de flota .....	38
Tabla 11 Despachos y Kilómetros por sistema .....	39
Tabla 12 Poderes caloríficos y factores de emisión determinados por la UPME para los combustibles más empleados en Colombia .....	43
Tabla 13 Diferencias en parque automotor y kilómetros entre los modelos de operación .....	44
Tabla 14 Nomina a incrementar.....	55
Tabla 15 Calificación de los riesgos .....	58
Tabla 16 Clasificación de los Riesgos .....	59
Tabla 17 Estimación de los Riesgos .....	59
Tabla 18 Inversiones en Taller de Mantenimiento .....	64
Tabla 19 Estructura del Flujo de Caja .....	68

## Índice de Gráficos

Grafico 1 Distribución de la demanda .....	30
Grafico 2 Consolidado de SobreOfertas y SobreDemandas del sistema de transporte en las comunas 8, 9 y 10 de Medellín.....	33
Grafico 3 Beneficio del FET en Millones de Pesos .....	47
Grafico 4 Estructura Organizacional .....	56
Grafico 5 Kilómetros Comerciales vs IPK.....	65
Grafico 6 Participación en el Costo.....	67
Grafico 7 Utilidad Neta durante la concesión .....	68
Grafico 8 Flujo de Caja del proyecto.....	69
Grafico 9 Costos en el Flujo de Caja .....	70
Grafico 10 IRVA.....	71

## **Resumen**

De acuerdo con el plan de desarrollo para la ciudad de Medellín, se creó el corredor verde de Ayacucho, el cual se implementó con un sistema masivo de transporte público con tecnología tranviaria, alimentada por dos cables y un sistema de buses alimentadores.

Dentro de dicho plan se contempla el proceso de racionalización de las empresas de buses tradicionales de la zona, dicho proceso generará una demanda que el mismo tranvía, con su capacidad y su modelo operacional no podrá satisfacer; por lo tanto, y para aliviarla, se propone un proyecto en el que intervengan vehículos alimentadores, creando un escenario en el que el tranvía con sus cables movilice a los pasajeros para los cuales fue concebido, mientras que el resto de la población se podrá movilizar en vehículos amigables con el medio ambiente, que permitirán que el transporte público actual de la zona evolucione a transporte masivo, con las condiciones de seguridad, infraestructura, tecnología y desarrollo que esto conlleva.

**Palabras clave: Preparación de proyectos, ONUDI, transporte público, factibilidad, Sistemas masivos de transporte**

## **Abstract**

According to the development plan of Medellín, the “Corredor Verde” of Ayacucho was created and his assigned mass transport was a trolley, fed by two cableways and feeder services with Bus services

With this plan, the mayoralty has the compromise of make a rationalization process, taking out of operation the old Buses to give that demand to the Trolley and his cableways. The actual demand of the area, is too high to be mobilized in the Trolley, So the project is to create a new operational model that can mobilize the demand generated by the rationalization process, offering the community a new service, with better technology, more efficient, and environmental friendly, evolving from traditional buses services to massive transport services, improving in security and life quality for the users.

**Key words: project preparation, UNIDO, public transport, feasibility, mass transport**

## 1. Introducción

Por medio del Plan Maestro Metro de 2006 a 2030, se estableció que el corredor de Ayacucho, vía principal que comunica las comunas 8 y 9 (Buenos Aires y Villa Hermosa) con la comuna 10 (La Candelaria), donde está ubicado el Centro de Medellín, debía ser reestructurado para contar con un medio masivo de transporte que se integrara con el eje central de movilidad en el territorio urbano municipal: el Metro de Medellín, de manera que se garantizara una movilidad más rápida, cómoda, eficiente y económica, que la que prestaban los buses tradicionales.

Fue así, como por medio del Plan de Desarrollo 2012-2015: Medellín un Hogar para la Vida de la alcaldía municipal, se le dio vida al proyecto y se planteó la posibilidad de realizarlo. Luego, por medio del convenio interadministrativo número CN2010-0114, celebrado entre el Metro y la Alcaldía de Medellín, se acordó la construcción, puesta en marcha y operación del Corredor Verde de la Avenida Ayacucho y sus Cables Alimentadores. Además, se pactó la racionalización o chatarrización de 470 buses tradicionales que actualmente operan en la zona de influencia del tranvía en la zona Centro Oriental de la ciudad. Dicha racionalización o chatarrización, se debe hacer, en primer lugar, porque el proyecto de tranvía impacta directamente la movilidad en la zona, por lo tanto, pasajeros que anteriormente movilizaban transportadores tradicionales y que era el negocio o sustento de muchas familias, ahora las movilizaría el tranvía; en segundo lugar, los vehículos que operan en la zona, son modelos viejos, contaminantes y con un modelo de operación obsoleto, por lo tanto se requiere la modernización del parque automotor y un proceso de racionalización es lo mejor para lograr dicho objetivo.

Por medio de la Resolución Metropolitana número 0348 de 2012, paralelamente al proyecto se estructuraron también algunos servicios alimentadores en la ciudad de Medellín, cuya función es transportar los usuarios de los barrios periféricos a los ejes de movilidad: Metro, Metroplus y, en un futuro, al tranvía que prestaría el servicio por el corredor de Ayacucho. Dicha concesión es operada por la empresa Sistema Alimentador Oriental S.A.S., quien participó en el proceso licitatorio y está en operación desde el 18 de noviembre de 2013, por medio de 22 Rutas, que prestan el servicio en toda la cuenca 6 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Así las cosas, la presente propuesta busca desarrollar un modelo de servicio de transporte público complementario al Tranvía de Ayacucho y sus cables en la ciudad de Medellín; para esto se partirá del análisis de la situación, para luego, posterior a las precisiones metodológicas pertinentes realizar un estudio de mercado exhaustivo y las evaluaciones financiera, ambiental, económica y social del proyecto; para terminar con la proyección de los riesgos asociados y la forma de mitigarlos o evitarlos.

## 2. Situación en estudio – Problema

El Tranvía de Ayacucho iniciará su recorrido en la estación San Antonio del Metro de Medellín, ubicada en el centro de la ciudad, donde actualmente se realiza la transferencia entre las líneas A y B de este sistema de transporte; el hecho de ser la estación en la cual se realiza la transferencia de una línea a otra (Y ser la única estación habilitada para ello), hace que todos los pasajeros que requieren viajar del occidente de la ciudad, al sur o al norte, tengan que hacer la transferencia, y viceversa, igualmente, a estar ubicado en pleno centro de Medellín, a dos cuadras del parque de San Antonio y 2 cuadras del Hueco, que se podrían considerar como los sitios más concurridos de la ciudad, hacen que sea una estación con una afluencia de usuarios muy considerable.

Este nuevo medio de transporte estará acompañado de dos cables que prestarán servicio a las comunidades de los barrios La Sierra y Pan de Azúcar, los cuales se integraran en las estaciones Oriente y Miraflores, respectivamente.

Adicional a estas tres paradas de integración con otros medios de transporte, el sistema tranviario contará con 6 paradas adicionales, que serán, en orden ascendente desde la estación San Antonio: San José, CEFA, Bicentenario, Buenos Aires, Loyola y Alejandro Echavarría.

Este proceso de modernización del transporte en la zona centro oriental de la ciudad, afectará las comunas 8, 9 y 10, que actualmente cuentan con 137.531, 136.774 y 85.505 habitantes respectivamente (DANE, 2010) y que corresponden a Villa Hermosa, Buenos Aires y la Candelaria.

Además de la construcción del tranvía y sus dos cables, los cuales están diseñados como ejes estructurales del sistema de transporte en la zona, se realizará un proceso de racionalización del parque automotor antiguo que opera actualmente. Este consta de 10 empresas transportadoras, con un total de capacidad transportadora de 558 vehículos, los cuales se verán reducidos a 132, es decir, dejarán de circular un total de 426 unidades vehiculares, entre las cuales se encuentran buses (40-50 Pasajeros), microbuses (13-20 pasajeros) y buseta (30-40 Pasajeros). Estos serán reemplazados por unidades vehiculares alimentadoras, que cubrirán el servicio en la zona donde no tenga influencia ninguno de los ejes transportadores del sector y lleven a los usuarios a los puntos de integración con el sistema estructural, en este caso el tranvía.

En la distribución actual del parque automotor se identifican 10 empresas que prestan el servicio de transporte de pasajeros en la zona de influencia del tranvía.

Tabla 1 Capacidad Transportadora Autorizada por la Secretaria de movilidad a las empresas que operan en la zona centro oriental de la ciudad

<b>Capacidad transportadora actual</b>			
Coopcerquin	40	Copatra	128
Cootranscataluña	24	Flota la Milagrosa	101
Cootransi	35	Flota la V	106
Cootransmallat	49	SAO6	44
Cootranspinal	50	<b>Total</b>	<b>602</b>
Cootransvi	25		

Fuente: (Giraldo, Estudio de Movilizacion de pasajeros en Medellin, 2011)

El análisis de la demanda absorbida por el sistema de cables y el tranviario, con base en las demandas que hay actualmente en la zona, permite inferir cómo estaría cargado el sistema en cada uno de sus trayectos.

El proyecto está planteado, de forma discriminada, en el Convenio Interadministrativo número CN2010-0114, de manera que el corredor de Ayacucho se divide en 3 sistemas de transporte, los cuales se detallan a continuación:

(i) Cable de La Sierra, que tendría una longitud de 2,8 kms, con 3 estaciones y 40 unidades transportadoras, las cuales operan a una velocidad comercial de 5km/h. Con cabinas como las de los cables que operan actualmente en Medellín, que poseen una capacidad de 8 pasajeros, se puede inferir que la capacidad máxima en hora pico sería de 568 pasajeros por hora.

(ii) Cable de Pan de Azúcar, cuya velocidad comercial y capacidad de carga por cabina son iguales a las del sistema anterior, pero contaría con una longitud de 2,1 kms y 47 unidades transportadoras. De allí se deduce que su capacidad máxima en hora pico es de 887 pasajeros por hora.

(iii) Tranvía de Ayacucho, el cual cuenta con una longitud de 8.6 kms, una velocidad comercial de 13 km/h, 10 unidades vehiculares con una capacidad de 300 pasajeros por unidad, por lo que se infiere que su capacidad transportadora es de 4.535 pasajeros por hora como máximo para la hora pico. Se debe hacer la anotación de que a esta capacidad se le debe restar la capacidad que le transfieren los cables para conocer la capacidad real en hora pico, la cual sería de 3.080 pasajeros por hora.

Analizando dichas cargas, se encuentra que el tranvía no es suficiente para llevar los pasajeros que actualmente utilizan el transporte público tradicional en la zona y que con el proceso de racionalización crearían una muy fuerte demanda insatisfecha, que el modelo de operación del Tranvía, con sus dos cables se vuelven insuficientes, por lo tanto, es necesario que de una manera u otra, estos usuarios se movilen a sus destinos en algún medio, o bien paralelo, o bien complementario con unos destinos que no sean compartidos con el Tranvía. Situación problema



que de acuerdo a la opinión de los expertos, se verá reflejada en el corto plazo, según el ingeniero Rodrigo Salazar Pineda, “el Tranvía no tiene la capacidad de movilizar los pasajeros que la ciudad tiene planeado inyectarle” (Salazar Pineda, 2016), mientras tanto, el Doctor Jorge Mario Cardona Ramírez asegura que “se hace necesario buscar una forma de movilizar los pasajeros que va a dejar el tranvía de Ayacucho como remanente luego del proceso de racionalización”. (Cardona Ramirez, 2016)

### **3. Objetivo general**

Determinar la factibilidad de un servicio de transporte complementario al modelo de operación del Tranvía de Ayacucho y sus dos cables, con el fin de ayudar a suplir su demanda.

#### **3.1. Objetivos específicos**

- 3.1.1. Describir los actuales servicios de transporte en la zona centro oriental de la ciudad de Medellín, en cuanto a demanda, oferta, orígenes y destinos, así como recorridos y tiempos de viaje.
- 3.1.2. Identificar debilidades del modelo operacional actual del Tranvía de Ayacucho.
- 3.1.3. Evaluar la capacidad transportadora asignada al concesionario de servicio masivo de la cuenca 6 (SAO6) para la alimentación en la zona.
- 3.1.4. Presentar un modelo operacional complementario al modelo de operación del Tranvía de Ayacucho y sus dos cables, con nuevas capacidades transportadoras para responder a la demanda actual de transporte en la zona.
- 3.1.5. Determinar la viabilidad de mercado, técnica, legal, ambiental, y financiera, así como los riesgos del proyecto a partir del modelo operacional complementario propuesto.

#### **4. Justificación del trabajo de grado en términos de la Maestría en Gerencia de Proyectos (MGP)**

Por medio de esta investigación se determinará todo el proceso de factibilidad de un proyecto de transporte público, para lo cual se levantará información desde la fuente (toma de muestras de campo), y se realizará una modelación completa de la operación del sistema.

Con este trabajo se busca sentar un precedente en cuanto a la forma de evaluar este tipo de proyectos, pues se hace necesario cambiar el “sube y baja” tradicional y utilizar herramientas tecnológicas innovadoras que ayuden a obtener no solo una información mucho más confiable, sino en tiempo real y con un nivel de detalle mucho más alto.

Adicionalmente, la presente investigación servirá como un caso de estudio para futuros proyectos de transporte público en la ciudad de Medellín; especialmente al momento de realizar estudios factibilidad de este tipo.

Por último, la ciudad requiere mejorar el servicio de transporte, el cual es necesario y crítico para la movilidad de la ciudad, pues este ha generado gran expectativa social y puede ser tomado como un aporte positivo; además la compañía que actualmente presta el servicio de alimentación puede aportar para mejorar sus beneficios económicos y mantener la buena imagen del concedente del contrato de alimentación: El Metro de Medellín, no solo prestando un servicio óptimo, sino aportando al FET y entregándole las Rutas de transporte de pasajeros al dueño real de las mismas que es la ciudad.

Estos macro proyectos, de alto impacto social, económico y ambiental para las ciudades, deben ser revisados desde cada uno de los puntos de vista expuestos en las metodologías de evaluación de proyectos, se hace necesario articular varios entes de la administración municipal para que sean exitosos, tanto en su concepción, como en su implementación y ejecución. Por ello, desde el programa de Maestría en Gerencia de Proyectos, este trabajo se presenta como un modelo de proyecto de movilidad a nivel ciudad, buscando beneficiar lo público, sin excluir el sector privado, demostrando que las alianzas público privadas son una posibilidad que se debe implementar y en la que se debe profundizar a la hora de planear macro proyectos estatales.

## 5. Marco Conceptual

Un proyecto es un esfuerzo temporal que en forma gradual permite lograr un resultado único o entregable único. (Arboleda Vélez, 2013, pág. 3)

Con el objetivo de incrementar la productividad nacional a todo nivel, se deben tener en cuenta tres factores:

- i. Aprender a identificar proyectos que contribuyan a la solución de problemas sentidos por la comunidad
- ii. Como llevar a cabo un estudio de viabilidad de un proyecto empresarial, que garantice la conveniencia económica, financiera, social y ambiental para de esta manera asignar recursos públicos o privados a la producción de un bien o servicio
- iii. Gerenciar de forma ordenada y efectiva cualquier proyecto

(Arboleda Vélez, 2013, pág. 1)

Partiendo de las premisas mencionadas anteriormente, un proyecto de esta envergadura, con un impacto social significativo y el cual requiere inversión no solo de empresas privadas, sino que promueve inversiones del erario público y que impulsa las alianzas público privadas para resolver problemáticas sociales como lo es la movilidad en el país, se utilizará la metodología ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial), basándonos en la metodología expuesta por German Arboleda Vélez, complementando con otros autores especialistas en identificación, formulación y gerencia de proyectos.

De acuerdo a la metodología ONUDI, se debe establecer un horizonte de tiempo en el cual estará enmarcado el proyecto, dentro de este horizonte, se genera un ciclo de vida del proyecto que constaría de tres fases: pre inversión, inversión y operación. (Beherens & Hawranek, 1994, pág. 9). Estas etapas del ciclo de vida, están subdivididas y tienen como diferencial, el tiempo en el que son ejecutadas durante el proyecto.

- i. Pre inversión: Consta de, identificación de oportunidades de inversión, selección preliminar del proyecto, preparación del proyecto (Estudios de viabilidad), apreciación del proyecto y finalmente la decisión de inversión.
- ii. Inversión: Comprende el proceso de adquisición de recursos necesarios para la puesta en marcha del proyecto, incluida la capacitación al personal y la obtención de suministros iniciales.
- iii. Operacional: Es la puesta en marcha del proyecto y se identifica por el momento en que este, comienza a generar ingresos, tangibles o intangibles según la naturaleza del mismo. (Beherens & Hawranek, 1994, págs. 9-10)

Según la ONUDI, la etapa de pre inversión es la que tiene mayor importancia, ya que el éxito o fracaso de un proyecto depende en última instancia de las conclusiones técnicas, financieras y económicas, así como de su interpretación. En esta etapa de pre inversión, en la preparación, se

desarrollan estudios de diferentes índoles, que permiten analizar a fondo el proyecto y su repercusión en todos los sentidos, lo que permite entregarles al preparador y al inversionista una visión holística del impacto del proyecto y tomar la decisión definitiva de inversión. Esos estudios pueden realizarse a nivel de factibilidad, pre factibilidad, perfil o idea; esto dependiendo de la profundidad de dichos estudios y de las fuentes primarias o secundarias que se utilicen. A continuación se describen:

**Factibilidad:** Un proyecto factible es un proyecto que se puede ejecutar y que ha aprobado cuatro evaluaciones básicas: Técnica, Ambiental, Financiera y socio-económica. (Holman, 2006)

**Viabilidad:** La aprobación de cada una de las evaluaciones para la factibilidad del proyecto, se determinan como viabilidades (Holman, 2006) como mínimo, es preciso estudiar tres viabilidades: técnica, legal y económica, entendiendo que dentro de la viabilidad económica encontramos la viabilidad financiera del proyecto. (Chain, 2011) Estos estudios deben desembocar en conclusiones definitivas sobre todos los aspectos fundamentales del proyecto, una vez consideradas todas las variables posibles (Behrens & Hawranek, 1994)

Dentro de los estudios requeridos para preparar un proyecto a nivel de factibilidad, y posteriormente evaluarlo, se encuentran: estudio sectorial y del entorno, estudio de mercado, estudio técnico, estudio legal, estudio administrativo y estudio financiero. A continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos con sus respectivas variables:

**Estudio Sectorial:** El entorno se define como la totalidad de factores o circunstancias naturales, infraestructurales, socioculturales económicas, políticas y tecnológicas que en tanto rodean, condicionan el comportamiento y la situación de los sujetos que están siendo objeto de referencia (Zarur Ramos, 2004) Estos análisis ayudan a identificar riesgos y amenazas, así como oportunidades que se puedan presentar durante el desarrollo del proyecto debido a circunstancias externas a el mismo

**Estudio de Mercado:** este estudio pretender “Estimar la cuantía de los bienes o servicios proveniente de una nueva unidad de producción que la comunidad estaría dispuesta a adquirir por un determinado precio” (Arboleda Vélez, 2013, pág. 83). Debe consistir en “Reunir, planificar analizar y comunicar de manera sistemática los datos relevantes de una situación de mercado que afecte el proyecto” (Geoffrey, 2003, pág. 120) y debe “Describir el tamaño y poder de compra de los consumidores, así como la disponibilidad de distribuidores y perfiles del consumidor” (Malhotra, 1997) . Estos estudios pueden ser cualitativos y/o cuantitativos, dependiendo del grado de profundidad y precisión de la información que se requiera para el estudio (Kotler, Bloom, & Hayes, 2004, págs. 90-91).

El estudio de mercado de un proyecto consiste en la colección, anotación, discusión, análisis e interpretación de informaciones de la oferta y la demanda del bien o servicio generado por el proyecto, con el fin de ser usadas en un proceso de mercadeo. Además, colecta, registra y

analiza información sobre las restricciones relativas a la transferencia y venta de mercancías, y servicios del producto del proyecto al consumidor. La información recolectada en este estudio, debe permitir a quien prepara el proyecto, tomar decisiones correctas en torno a los productos y servicios a producir y vender.

Este estudio consiste principalmente en analizar la demanda, la competencia y el comportamiento de los consumidores, para de esta manera, adoptar las mejores estrategias para comercializar el producto (Beherens & Hawranek, 1994) Dentro de este estudio, las variables que generalmente se analizan son:

**Demanda y Oferta:** La búsqueda de satisfacer una necesidad que realiza un consumidor, se conoce como demanda, mientras tanto, los bienes o servicios que el productor ofrece para satisfacer dicha demanda, se denomina oferta (Chain, 2011), ambos se encargan de configurar el mercado y de sus variables y valores se determina el equilibrio de mercado.

**El Precio:** es el valor expresado en dinero de un bien o servicio ofrecido en el mercado (Arboleda Vélez, 2013), el precio hace parte del equilibrio económico del mercado y es

el componente generado por la relación de la oferta con la demanda y su fluctuación, depende de dicha relación (Chain, 2011)

Para el análisis del estudio de mercado del proyecto se tendrán en cuenta los siguientes aspectos analizados desde el punto de vista de (Arboleda Vélez, 2013)

1. **Definición del producto:** Puede ser un bien o servicio, resultado natural del proceso productivo, en este caso sería un servicio de consumo de conveniencia, debido a que el transporte público tiene las características que así lo definen, como lo son: su facilidad de compra, disponibilidad inmediata y constante necesidad.
2. **Análisis de la demanda:** Es la expresión por medio de la cual una comunidad utiliza un objeto para satisfacer sus necesidades, (Chain, 2011) lo define como el requerimiento o necesidad de los compradores o usuarios del servicio.
3. **Análisis de la oferta:** Es la capacidad que tienen los productores de satisfacer la demanda por medio del ofrecimiento del servicio a la comunidad, generando valor a través de un proceso productivo.

**Evaluación Técnica:** Se presentará la ubicación del proyecto, con su tamaño dimensión y sitio (Uribe, 2006), adicionalmente, se debe revisar, la capacidad diseñada, instalada y utilizada, con el objetivo de verificar si el proyecto funciona acorde al consumo del mercado (Miranda, 2008)

Con este estudio, se busca determinar las características de la composición optima de recursos que harán que la producción de un bien o servicio se logre eficaz y eficientemente (Chain, 2011)

**Tamaño del proyecto:** Esta es la capacidad de producción de un bien o prestación de servicio durante un periodo de tiempo de funcionamiento que se considera normal para el tipo de proyecto (Arboleda Vélez, 2013)

**Localización:** La ubicación más adecuada para el proyecto, es la que permita maximizar el logro definido para el proyecto, como cubrir la mayor cantidad de población posible (Chain, 2011)

**Ingeniería:** La elección de la tecnología a utilizarse en el proyecto debe depender directamente de la aplicación de la misma, por lo tanto, la capacidad productiva, así como los impactos ambientales y ecológicos y los conocimientos técnicos para la

aplicación, deben ser estudiados y evaluados seleccionando la opción más conveniente (Beherens & Hawranek, 1994)

**Evaluación Ambiental:** según Arboleda (2013), por medio de esta evaluación se busca determinar si el proyecto no traerá consigo impactos negativos sobre el medio ambiente. Así mismo, describe, caracteriza y analiza el medio ambiente de la zona de influencia del proyecto.

Generalmente la evaluación de impacto ambiental de un proyecto se lleva a cabo en dos etapas:

- 1) Diagnóstico ambiental de soluciones alternativas: se debe verificar entre las tecnologías disponibles, la capacidad de impactar positiva o negativamente el ambiente, tanto a corto como a largo plazo, evaluar sus consumos y sus desechos y comparar las posibles alternativas.
- 2) Estudio de impacto ambiental de la solución alternativa seleccionada: La tecnología seleccionada debe revisarse acuciosamente con la reglamentación existente para emisiones y consumos, revisando tanto el impacto ambiental como los costos que estos impactos puedan tener dentro del proyecto.

En Colombia, las autoridades ambientales son: La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible (CAR). La reglamentación sobre este tema se encuentra recopilada en el Decreto 1076 de 2015 y en Decreto 2041 de 2014.

**Evaluación Legal:** implica la definición de los requisitos legales, los costos tributarios y legales, así como la organización jurídica del proyecto. Así mismo, determina la existencia de leyes que generen beneficios, dificultades o sobrecostos para el proyecto (Varela, 2008), se deben analizar con detenimiento las leyes, normas y decretos que rigen la normatividad vigente en todo el horizonte de tiempo del proyecto (Gomez Salazar & Diez Benjumea, 2015).

A través del estudio de viabilidad legal, generalmente realizado por un especialista, se busca determinar la existencia de normas o regulaciones legales que dificulten la ejecución u operación del proyecto. De esta forma, los asuntos legales son pertinentes para recoger informaciones económicas derivadas del marco normativo que impactan el flujo de caja del proyecto; por consiguiente sus rendimientos y viabilidad financiera.

**Evaluación Social:** Se “Trata de identificar quiénes reciben los beneficios del proyecto y quiénes asumen sus costos monetarios y no monetarios” (Arboleda Vélez, 2013, pág. 373), se debe revisar el impacto que tiene el proyecto en las comunidades, así como evaluar la reglamentación vigente para contratación, evaluar el impacto del proyecto en los núcleos familiares y cómo este puede ayudar o disminuir el desarrollo social de una zona. Se deben revisar los movimientos políticos y cómo se dinamizan las decisiones de las comunidades, para de esta manera encontrar tanto riesgos como beneficios latentes en los impactos que tendría el proyecto. (Beherens & Hawranek, 1994)

**Evaluación Económica:** Busca “Desde el punto de vista de la nación, como los beneficios del proyecto impactan la economía y como hasta qué punto los beneficios económicos del mismo

superan los costos en los que incurriría la nación” (Arboleda Vélez, 2013, pág. 373) y se debe “resolver el conflicto entre el crecimiento y distribución de los ingresos, que consiste en procurar la máxima eficiencia de la utilización de los recursos disponibles” (Miranda, 2008, pág. 48)

**Evaluación Organizacional:** En este estudio se define la estructura organizacional a emplear, incluyendo los cargos y perfiles necesarios para administrar el proyecto en su fase de ejecución y operación” (Gomez Salazar & Diez Benjumea, 2015, pág. 66), se deben analizar y plantear los aspectos de la organización que se encargaran de la ejecución del proyecto y de la organización administrativa para el manejo de la empresa (Arboleda Vélez, 2013, pág. 224) Además, implica la definición del recurso humano requerido, sus perfiles, roles y responsabilidades, las asignaciones salariales, el plan de capacitación, el tipo de contratación y la estructura requerida.

**Evaluación Financiera:** Se debe “definir desde el punto de vista de un inversionista, si los ingresos que recibe son superiores a los dineros que aporta” (Arboleda Vélez, 2013, pág. 339) y esta evaluación “debe incluir todas las acciones encaminadas a determinar el nivel de recursos necesarios, su distribución entre los distintos usos dentro del proyecto y la localización y fuentes de recursos financieros” (Miranda, 2008, pág. 165). Aquí “Se proyectan las inversiones a realizar, los ingresos, los costos y gastos operacionales con los cuales se construirá el flujo de caja y los criterios de rentabilidad que apoyan la toma de decisiones (Gomez Salazar & Diez Benjumea, 2015, pág. 35). En esta evaluación se revisarán la Tasa Interna de Retorno TIR para evaluar si el proyecto es atractivo para los inversionistas o no, se revisara la VPN para compararla con la inversión y conocer si vale la pena invertir. Igualmente se realizaran los análisis respectivos al flujo de caja, la relación costo/Beneficio para conocer la relación entre los ingresos y los gastos del proyecto y se realizará el análisis IRVA para conocer el periodo de retorno de la inversión.



## **6. Aspectos metodológicos**

Se entiende por metodología un conjunto de acciones orientadas a describir problemas y plantear soluciones. Hace referencia al camino o conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar el objetivo o la gama de objetivos que rige una investigación científica (Herman, 2009)

La metodología cuantitativa según (Tamayo, 2004, pág. 44), “utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente el uso de estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento”

Mientras tanto, la investigación cualitativa tiene como objetivo la descripción de las cualidades de un fenómeno, buscando un concepto que pueda abarcar parte de la realidad. El objetivo principal es descubrir tantas cualidades como sea posible para abordar un problema. (Magliano, 2009)

Por medio de la metodología cuantitativa se realizó el análisis del mercado, tanto el cálculo de la demanda como la oferta actual de la zona de influencia, así como el tamaño del proyecto y los análisis de capacidad transportadora. También el análisis financiero y económico se realizó por medio de análisis cuantitativos y los cálculos de emisiones para analizar la viabilidad ambiental.

Por medio de la metodología cualitativa se realizó el análisis de la viabilidad social, así como el análisis de riesgos y la viabilidad administrativa.

El principal dato para que el proyecto sea exitoso es la movilización real de pasajeros en cada ruta, con información actualizada, verificada y contabilizada correctamente. Esta se obtuvo mediante dos métodos, los cuales se utilizaron en paralelo y se cruzaron y promediaron para obtener la cifra más aproximada a la realidad posible.

### **6.1. Herramientas para el levantamiento de información**

El primer método utilizado fue el levantamiento de información en campo. Personal ubicado en diferentes puntos de la ruta tomó conteos físicos de las registradoras instaladas en los vehículos, con ello se obtiene información de la movilización por hora y por sitio.

El margen de error para este método está en el factor humano, por lo tanto se trabajó también a través de muestreos de día completo de trabajo en algunas unidades vehiculares, de manera que se calculó la movilización por franjas horarias.

El segundo método implicó la instalación temporal de registradoras electrónicas o electromecánicas en los buses, durante determinados días en los que se realizó el muestreo; estas enviaban los datos de pasajeros que ingresan al vehículo, el sitio donde lo hicieron y la hora (igualmente para los descensos) por vía GPRS a una base de datos. Este ejercicio permitió

calificar la demanda y analizar las matrices “Origen-Destino” de las personas que utilizan dicho servicio.

Para el segundo dato se realizarán entrevistas a los usuarios actuales del servicio; a través de esto se determinan las matrices “Origen-Destino”, que ayudan a establecer las líneas de servicio y las rutas que se deberían implementar.

El tercer dato necesario para el modelo operacional es el de las longitudes y los tiempos de viaje de cada una de las rutas; ello con el fin de determinar los intervalos y las frecuencias a las que trabajará el servicio en cada una de las franjas horarias.

Esta información se tomó por medio de dispositivos GPS que se instalaron en un muestreo de vehículos de cada una de las rutas; luego se tabuló y promedió la información para disminuir el margen de error que puede generar la pérdida de cobertura satelital en ciertas zonas.

El cuarto dato es la capacidad transportadora real de cada ruta; esta sólo se puede obtener mediante entrevistas con el personal de las empresas, ya que la Secretaría de Movilidad de la Alcaldía de Medellín, la asigna para cada empresa, pero si esta administra y opera 4 o 5 rutas, asigna su capacidad a las rutas para que se ajuste a la demanda.

Por lo tanto se llamó a los representantes legales o administradores de cada una de las empresas para que brinden la información de estas capacidades.

Para los apartados del presente estudio se realizó un proceso investigativo combinado, cualitativo y cuantitativo, utilizando entrevistas semiestructuradas a dos expertos del sector de transporte en la ciudad de Medellín.

#### **6.1.1.1. Conteos manuales**

Para realizar los conteos necesarios se utilizaron conteos por medio de inspectores en las rutas, quienes se encargaron de monitorear aleatoriamente los sube/baja de las rutas de transporte público colectivo que hay en la zona. Por medio de planillas de control éstos contaron los pasajeros, información que fue digitalizada y tabulada.

En las rutas operadas por las empresas Flota la V, Copatra y Flota la Milagrosa, se instalaron contadoras de pasajeros electrónicas que enviaban información precisa y en tiempo real a un servidor, que a su vez descargaba la movilización de los pasajeros en la ruta y que, por medio de un GPS, entregaba hora y zona de cargue y descargue.

Por último, se utilizaron los informes de validación de pasajes que entrega el operador de la tarjeta Cívica, que es el Metro de Medellín, con cada ruta y la cantidad de pasajeros por franja horaria para cada una de las que son administradas y operadas por Sistema Alimentador Oriental S.A.S. en la zona.

Para el análisis de las cargas proyectadas se unieron las rutas en sistemas, cada uno de estos se acopla a alguna de las rutas que opera actualmente en la zona con el servicio masivo. El objetivo

es detallar las demandas, zonificarlas y categorizar la cantidad de unidades vehiculares que se requieren para suplir la demanda.

El análisis de la demanda que perdería el sistema por la entrada en operación del tranvía implicó la realización de una proyección: Aquellos pasajeros que se movilizan a menos de 500 metros de cualquier estación del Tranvía o los cables serían absorbidos por estos medios de transporte, el resto de la demanda permanecería en las rutas a reestructurar. Además, se utilizó siempre la zona residencial como origen y destino para la asignación de pasajeros para el Tranvía, ya que si una persona se dirige a algún lugar no cubierto por el modo seleccionado, debería utilizar los medios de transferencia que provee el mismo sistema (tren-bus, tranvía-cable, bus-alimentador, etc.) para llegar a su destino. No obstante, vale aclarar que se hace imposible calcular todos los destinos para realizar los polígonos de carga de las rutas.

Como punto adicional, se pronosticó una disminución general en la demanda, ello debido al medio de pago no tradicional (tarjeta Cívica) y por el hecho de realizar trasbordos entre los diferentes medios de transporte, esta asciende a un 15%, este margen es calculado y está basado en la pérdida de demanda asociado a la entrada en operación de los buses alimentadores durante el 2013.

*Tabla 2 Distribución de Rutas por Sistema*

<b>Sistema</b>	<b>Rutas a Absorber</b>
C6-005	97, 099, C6-005 y C6-005A
C6-006	103, 093, C6-006
C6-007	110B, 111B, 113B, 113M, C6-007
C6-008	090, C6-008, C6-009
C6-010	95, 107, C6-010
C6-023	96
C6-024	94

*Fuente: elaboración propia*

Como se explicó anteriormente, para un correcto manejo de cifras se agruparon las rutas en sistemas; cada uno tiene como base una ruta existente de los servicios alimentadores que comparte algún trazado o que tiene una zona de operación en común con rutas del transporte público colectivo. En la Tabla 2 se detallan las rutas a racionalizar, lo cual absorbería cada uno de los sistemas. Adicionalmente aparecen dos sistemas: C6-023 y C6-024, que actualmente no tienen ninguna influencia del transporte masivo, y que por consiguiente serían creados desde cero.

En primer lugar, para llevar a cabo el proceso de la investigación, se requirió personal de campo que llevó a cabo el levantamiento de información. Dado que un muestreo del 10% de la flota total que opera en la zona nororiental es suficiente para los procesos, se requiere de 800 horas de trabajo durante el cronograma (5 personas en diferentes puntos de la ciudad, durante las 8

horas pico del día, durante 20 días). El personal que realizará dicha labor será proveído por el concesionario Sistema Alimentador Oriental SAO6, como aporte para el proyecto.

Además, para el levantamiento de información por medio de los GPS y los contadores electrónicos y electromecánicos, se requirieron 10 GPS desarrollados para control de flota, 5 contadores electrónicos y 5 contadores electromecánicos. Estos dispositivos tienen un costo de \$12'500.000, el proveedor de tecnología actual de la empresa, la compañía Sonar AVL system s.a.s. prestará los equipos durante 20 días para el estudio.

En cuanto al resto de procesos, se requirieron 240 horas de trabajo aproximadamente para los procesos de tabulación, investigación, planeación y montaje, así como para los diferentes estudios de viabilidad basados en la metodología ONUDI. Dicho tiempo fue el invertido por el proponente del proyecto.

#### **6.1.1.2. Entrevistas Semiestructuradas**

Una entrevista semiestructurada es una entrevista que contiene un “Guion”, el cual el entrevistador sigue con el objetivo de obtener la información que requiere, sin embargo, debido a la complejidad de los temas que se pueden abordar, se flexibilizan estas preguntas para que el entrevistador tenga cierta libertad a la hora de realizar las preguntas pertinentes (Corbetta, 2006). Para este proyecto se utilizaron esta clase de entrevistas con el fin de recolectar información que soportará, desde la experiencia, los informes presentados. Se entrevistaron entonces a dos expertos en movilidad de la ciudad de Medellín y se les realizaron las preguntas encaminadas a fortalecer la propuesta presentada en este trabajo.

Los entrevistados fueron el señor Jorge Mario Cardona Ramírez, un transportador con más de 20 años de experiencia en el sector transporte, empresario reconocido en Latino América por haber liderado los procesos de implementación de cajas unidas en las empresas de transporte público en Colombia y actualmente gerente del Sistema Alimentador Oriental s.a.s. y el Ingeniero Rodrigo Salazar Pineda, Ingeniero Civil de la universidad Nacional, Especialista en tráfico de la universidad de Roma y Magister en planeación de tráfico y transporte de la universidad de Birmingham, Inglaterra, 35 años de experiencia en el sector transporte, consultor internacional en proyectos de tráfico y secretario de tránsito de Medellín durante los años 1995-1997.

A continuación se detallan las preguntas realizadas en las entrevistas<sup>1</sup>:

- a. ¿Cree usted que era necesario para la ciudad implementar un sistema masivo de transporte sobre el corredor de Ayacucho?
- b. ¿Cuál cree usted que hubiera sido la mejor alternativa como sistema masivo para el corredor de Ayacucho?

---

<sup>1</sup> Las entrevistas pueden consultarse en los anexos de este trabajo.

- c. ¿Cree usted que el tranvía es un medio de transporte apropiado para el corredor de Ayacucho? ¿Qué dificultades y bondades ve en este sistema?
- d. ¿Ve usted necesario un proceso de racionalización completo en la zona de influencia de tranvía?
- e. En el acuerdo 12 del AMVA y según la resolución 918 de la misma entidad, para la entrada en operación del Tranvía y sus cables, se hace necesario un proceso de racionalización total en la zona de influencia de tranvía, ¿cree necesario un método de transporte complementario y paralelo al Tranvía?
- f. ¿Qué beneficios para la ciudad habría en un proceso de racionalización y entrada en operación del tranvía, cables y servicios alimentadores complementarios?
- g. ¿Cuál cree que debería ser el combustible para este tipo de operación complementaria y por qué?

## 7. Presentación y Análisis de Resultados

A continuación se presenta el resultado de los análisis que se realizaron en cuanto al proyecto.

En primer lugar, por medio del estudio de la demanda en la zona, se definió el estado actual del servicio, conociendo con datos precisos la cantidad de usuarios que se movilizan en transporte público en las comunas 8, 9 y 10 de la ciudad de Medellín, gracias a dicha demanda, ya calculada, se modelara la oferta que presenta el tranvía, con el fin de encontrar su capacidad transportadora y definir de esta manera si es capaz de movilizar los pasajeros que quedarían remanentes del proceso de racionalización. Se analizó posteriormente la capacidad transportadora al concesionario SAO6 para operar en la zona con servicios de alimentación o servicios paralelos al tranvía, y, una vez unidas la oferta de la capacidad actual de alimentación con la del tranvía de Ayacucho, nos encontramos con un remanente que no tendría oferta de transporte para movilizarse, se propondrá un modelo paralelo por medio del cual movilizar este remanente de usuarios, mejorando la calidad del transporte en la zona y se realizaran los estudios de viabilidad respectivos para el proyecto de adquisición y entrada en operación de estos vehículos.

### 7.1. Servicio Actual

Actualmente, en la zona el servicio lo prestan 10 empresas, quienes realizan la oferta de servicio de acuerdo a las autorizaciones expedidas por la secretaria de movilidad de Medellín y por el AMVA, asignándole ciertos recorridos y cierta capacidad transportadora a cada una de las rutas de acuerdo a la demanda que se presente en la zona de influencia asignada, esta capacidad se revisa cada año, pero al tener las empresas cierta independencia y poca regulación, y al ser las autoridades, entes con poca articulación, se presentan fenómenos de sobreoferta o sobredemanda en algunos servicios.

Por ende, a continuación se mostrará como introducción al estudio y como primer paso para ahondar en la propuesta de un servicio complementario al corredor de tranvía y sus cables, el estado actual de las rutas que prestan el servicio en la zona.

*Tabla 3 Rutas y Recorridos Actuales en la zona de influencia de Tranvía para el Transporte Publico*

<b>Ruta</b>	<b>Empresa</b>	<b>Recorrido</b>	<b>Distancia (Kms)</b>
97	Flota la V	El Vergel-Oriental	14,5
99	Coopcerquin	Quinta Linda-San Antonio	12,1
C6-005	SAO6	Quinta Linda-San Antonio	10,2
C6-005A	SAO6	El Vergel-Oriental	9,2
103	Cootransi	La Sierra-Minorista	16,6
93	Copatra	La Toma-Caicedo-Oriental	11,4
C6-006	SAO6	Villa Lilian-Catedral Metropolitana	9,4
110B	Flota la Milagrosa	La Milagrosa-Alpujarra	8,6
111B	Flota la Milagrosa	El Salvador-Alpujarra	12,9
113B	Flota la Milagrosa	Las Palmas-San Antonio	7,8

113M	Flota la Milagrosa	El Avila-Oriental	14,6
C6-007	SAO6	Buenos Aires-San Antonio	7,1
90	Copatra	El Pinal-Oriental	11,4
C6-008	SAO6	La Libertad-Prado	8,8
C6-009	SAO6	Enciso-Prado	9,7
95	Copatra	Villatina-Oriental	18,3
107	Cootransvi	Los Rieles-San Antonio	10,5
C6-010	SAO6	Villa Tina-Parque Berrío	12,2
96	Flota la V	Buenos Aires-San Jose	17,2
94	Copatra	Santa Lucia-Minorista	17,3

Fuente: Elaboración propia con datos de (Giraldo, Estudio de Movilización de pasajeros en Medellín, 2011)

Estas rutas mostradas a continuación, tienen una demanda y una oferta, la demanda se analizó con el método anteriormente planteado para obtener la información, y la oferta se extrae de la capacidad transportadora expedida por el AMVA y la secretaria de movilidad para cada una de las empresas.

Tabla 4 Demandas y Ofertas Totales Actuales

Ruta	Demanda Total	Oferta Total	Ruta	Demanda Total	Oferta Total
97	9.750	2750	113M	2.210	1078
99	7.643	805	C6-007	1.554	222
C6-005	1.863	160	90	8.900	1779
C6-005A	1.064	160	C6-008	2.312	235
103	9.111	401	C6-009	3.567	253
93	5.787	601	95	6.432	705
C6-006	1.710	240	107	3.987	576
110B	2.548	615	C6-010	2.987	207
111B	5.765	893	96	15.322	1167
113B	4.457	685	94	9.433	1003

Fuente: Elaboración propia con datos de (Giraldo, Estudio de Movilización de pasajeros en Medellín, 2011)

Podemos observar en el cuadro anterior, la demanda total de pasajeros a movilizar por cada una de las rutas, estos pasajeros se movilizan en día típico laboral y son únicamente pasajeros contabilizados, no se tienen en cuenta potenciales de aumento ni supuestos de incremento de demanda, por otro lado, la oferta total esta expresada en la capacidad máxima que puede ofrecer cada empresas en cada ruta por hora en movilización de pasajeros.

## 7.2. Debilidades del modelo operacional actual del Tranvía de Ayacucho

Considerando el modelo operacional planteado tanto por el Metro de Medellín, como por la Alcaldía de Medellín para la operación del tranvía de Ayacucho y sus cables, se encuentran algunas falencias que deben ser suplidas.

En primer lugar está la capacidad de oferta que tiene el Tranvía, con vagones con capacidad para 300 pasajeros, y 10 vehículos operando durante hora pico, con un recorrido de 13 kilómetros por hora, aducimos que pasarán por cada estación, un total de 15 Tranvías, entregando una oferta aproximada de 4.500 pasajeros por hora. Ahora, si revisamos la oferta que presentan los cables, que vienen de La Sierra y Pan de Azúcar, y analizamos la capacidad transportadora, sabremos cuántos pasajeros movilizaría y le entregaría al Tranvía (Cabe aclarar que al ser el tranvía el único destino de los cables, toda la demanda movilizada por estos tendría que ser absorbida por el tranvía).

El cable de pan de azúcar, con una longitud de 2,1 kms y 47 cabinas de 8 pasajeros cada una, tendría una oferta total por hora de 887 pasajeros, mientras que el cable de La Sierra, con 2,8 kms y 40 cabinas, entregaría una oferta de 568 pasajeros, ambas ofertas sumadas le estarían entregando al tranvía durante hora pico un total de 1.455 pasajeros, lo cual representaría el 32% de la capacidad del Tranvía, por lo tanto, en las estaciones de integración habría un flujo de pasajeros muy alto, que haría que el tranvía no tenga la capacidad para movilizar pasajeros en las demás estaciones.

Por otro lado, el tranvía es un medio de transporte, que a pesar de ser de mediana capacidad, y de tener un carril exclusivo, debe compartir la vía con otros actores, como por ejemplo peatones, bicicletas o, en sus cruces semaforicos, vehículos de todo tipo. Al tener un solo carril y compartir la vía con otros actores, cualquier accidente o percance va a bloquear totalmente el sistema, en un medio en el cual se planea movilizar 4.500 pasajeros la hora, un percance en vía en un medio de transporte de este tipo, que no tenga capacidad para modificar el recorrido de los vagones que le siguen, hará que colapse la movilidad, no solo en el corredor, sino que se vuelve un efecto mariposa que replica el represamiento en el resto de sistemas, por lo tanto, se hace necesario un modo de transporte complementario que ayude al Tranvía con las cargas y sirva como plan B en caso de alguna eventualidad en vía.

### **7.3. Evaluación de la capacidad transportadora asignada al concesionario de servicio masivo de la cuenca 6 (SAO6) para la alimentación en la zona**

De acuerdo con el Contrato de Consecion CN2012-0201 (2012) actualmente la compañía cuenta con una autorización para operar en la zona del tranvía con 19 unidades vehiculares, cabe aclarar que con la demanda actual de la zona, de acuerdo al proceso de racionalización y con los remanentes que dejaría el Tranvía, esta demanda sería imposible de satisfacer con esta cantidad de vehículos.

Luego de una revisión en conjunto con el AMVA, en donde se les planteo la situación problema, estos como autoridad, por medio de la Resolución 1259 de 2015, decidieron incrementar la capacidad autorizada de 19 unidades a 34, sin incluir la reserva operacional, que variaría entre el 5 y el 10%.

Estos 34 vehículos en operación, entregarían una oferta máxima en hora pico de 1.360 usuarios, es decir, únicamente el 18,41% de la capacidad necesaria para atender la demanda generada.



### **7.3.1.1. Análisis sectorial**

El transporte se ha estado convirtiendo en el eje estructural de la competitividad del país, el gobierno por medio del plan de vías 4 G, busca que el transporte, tanto de carga como de pasajeros sea más eficiente, de manera que el sector se ha convertido en una materia crítica en cuanto a las políticas gubernamentales.

En Bogotá nos encontramos con la constante polémica en materia de transporte, en primer lugar, la propuesta de creación de un Metro demuestra que el un alto grado de inversión se está realizando desde el sector público para optimizar la movilidad en la ciudad; en segundo lugar, vemos los constantes esfuerzos de la ciudad por optimizar el sistema masivo BRT con el que cuentan (Transmilenio).

En cuanto a las dinámicas en Medellín, nos vemos con la constante inversión por parte de la ciudad en optimizar no solo su infraestructura vial, sino en crear sistemas de transporte masivos, amigables con el medio ambiente y que integren varios corredores y medios de transporte.

Es así como desde cada una de las secretarías, surgen propuestas encaminadas a la mejora en la movilidad de la ciudad, nos encontramos por ejemplo con el proyecto de TPM, propuesto por la secretaria de movilidad de Medellín, así como la propuesta de la alcaldía de un corredor verde con un Tranvía por la avenida 80, por lo tanto, el sector privado no se puede quedar retrasado en este tipo de propuestas y debe buscar la manera de apoyarlas por medio de Alianzas Publico Privadas que hagan que se optimicen las inversiones del Estado, buscando un porcentaje de aporte adicional que haga los proyectos mucho más viables.

En un estudio realizado por la subdirección de movilidad del AMVA en 2014, por medio del software especializado EMME y con la consultoría de Steer Davies Gleer, se encuentran conclusiones interesantes como el hecho de que para mantener y mejorar la operación del transporte público en la ciudad, se hace obligatorio continuar con medidas restrictivas para el uso de transporte privado, políticas que no son de buen ver para el ciudadano del común, pero que son necesarias para crear ciudades eficientes. (AMVA, 2012)

Por otro lado, de acuerdo a un estudio realizado por la contraloría de Bogotá en 2005, nos encontramos con que de los viajes generados en las grandes ciudades del país, el 70% se realizan en transporte público, lo que hace que los países como Colombia, en vía de desarrollo, estén obligados a implementar políticas de apoyo y generación de transportes públicos eficientes y a la desestimulación del transporte particular. (Morales, 2005)

Los expertos como el ingeniero Rodrigo Salazar Pineda, indican que el punto de movilidad crítico, y de mayor atracción de viajes, tanto para Medellín como para el área metropolitana del Valle de burrá, es el centro de Medellín, e indica que se hace necesario, en una ciudad como Medellín, implementar un modelo de transporte de cuencas cruzadas, con modos de transporte masivo que crucen el centro de la ciudad, de manera que se facilite la movilidad de todos los ciudadanos (Salazar Pineda, 2016), argumento que coincide con el del Doctor Jorge Mario Cardona, que indica que se hace necesario crear empresas de transporte eficientes que hagan que el impacto ambiental, social y económico de la ciudad sea positivo por parte del transporte público, y no negativo como lo es actualmente. (Cardona Ramirez, 2016)

#### **7.3.1.2. Estudio de mercado**

Como en todo proyecto, el producto o servicio es aquel que genera un valor agregado y que es la razón de ser del mismo, en este caso, al ser un proyecto de transporte público masivo, la razón de ser es la movilización de usuarios basándonos en los principios de transporte masivo consagrados en la ley 86 de 1989 y en los principios del transporte público consagrados en la ley 336 de 1996, garantizándole a los ciudadanos una movilización eficiente, continua, ininterrumpida y segura, por lo tanto, en el análisis de mercado que se realiza, nos basamos en estos principios, calculando los usuarios movilizados y de esta manera determinando la demanda actual de la zona, así como la oferta que están realizando los vehículos de transporte colectivo tradicional, que serían chatarrizados en el proceso de implementación de este proyecto.

Una vez se cuenta con la oferta y la demanda, es posible analizar otros factores, como el tamaño del mercado y por consiguiente del proyecto, el precio y otros factores que influyen en el mercado del transporte.

#### **7.3.1.3. Definición de mercado**

Un mercado puede ser entendido como "(...) un grupo de compradores y vendedores de un determinado bien o servicio. Los compradores determinan conjuntamente la demanda del producto o servicio, y los vendedores, la oferta" (Mankiw, 2012, pág. 47). De acuerdo con esto, para el mercado de transporte la oferta es el servicio de movilización de pasajeros y la demanda la constituyen los usuarios de una zona determinada.

Según las condiciones de mercado definidas por Adam Smith (Smith, 1776), este debe contar con cinco elementos fundamentales para que se materialice: (i) Un comprador como mínimo, en este caso serían los usuarios de servicio público; (ii) Un vendedor como mínimo, constituidos aquí por las empresas prestadoras del servicio de transporte público; (iii) Oferta, que es el servicio de transporte en sí mismo; (iv) Retribución lógica a cambio de la oferta, que en el sector del transporte es conocida como tarifa, la cual se paga por utilizar el servicio y, por último, (v) Un ambiente que permita la interacción positiva entre los elementos, en este caso, las zonas de pago y de compra de los pasajes.

#### **7.3.1.4. Grado de amplitud del mercado**

En vista del alto volumen de compradores y que los vendedores son pocos y están controlados y regulados por las autoridades en transporte, en cuanto al grado de amplitud del mercado en el transporte público, puede decirse que en la ciudad de Medellín existe un oligopolio de oferta controlado, pues los prestadores de transporte público proponen servicios que son analizados, verificados y costeados por las autoridades, para posteriormente ser implementados (Arboleda Vélez, 2013).

Cabe anotar, que el contrato suscrito entre la compañía que propone el servicio y el concedente tiene como objeto la “[c]oncesión para la operación preferencial y no exclusiva del servicio público de transporte masivo de pasajeros en la modalidad de servicio alimentadores al SIT-VA

cuenca 6” (Contrato de Concesion CN2012-0201, 2012), ante lo cual el proponente del proyecto cuenta con cierta ventaja frente a los competidores que ingresan a su zona de operación.

#### **7.3.1.5. El servicio**

El servicio público se cataloga como un producto de consumo por su carácter personal; como subcategoría, se definiría como de conveniencia, ya que es barato, su compra exige un esfuerzo mínimo y no es necesaria una búsqueda exhaustiva en el mercado para adquirirlo.

De acuerdo a la Ley 105 de 1993, el transporte público deberá garantizar la libre movilidad de los ciudadanos por el territorio nacional, con unas condiciones básicas de accesibilidad, seguridad, calidad y comodidad. Por otro lado, la misma normatividad afirma que las autoridades deben ejecutar políticas que fomenten el uso del transporte público, la racionalización de equipos de acuerdo a la demanda y el fomento del uso de medios masivos, lo cual favorece en gran medida los proyectos de esta índole.

#### **7.3.1.6. Características del servicio**

A través del anexo 1 del Contrato de Concesión CN2012-0201 de 2012 se categorizaron las características mínimas que debía ofrecer el servicio de transporte masivo en la cuenca 6 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, las cuales también serían requeridas para la nueva oferta de servicio que se hará en la zona del tranvía de Ayacucho. Estas son:

1. Los vehículos nuevos que operarán en la zona deben contar con accesibilidad y servicio preferente a usuarios discapacitados.
2. Los vehículos nuevos deben cumplir la norma NTC5206, relativa a los requisitos mínimos de seguridad y comodidad para vehículos destinados al transporte terrestre masivo de pasajeros.
3. Los vehículos deben utilizar como combustible gas natural comprimido, ello en cumplimiento de la norma NTC 4830.
4. Los vehículos deben cumplir con los límites de ruido y temperatura referenciados en las normativas ambientales nacionales.
5. Los vehículos deben contar con todos los sistemas de seguridad para ventanas en caso de emergencia, ello en cumplimiento de la norma NTC 1467.
6. El servicio se debe prestar de acuerdo a las normativas vigentes respecto al intervalo máximo en horas pico, que es de 6 minutos.
7. Se debe habilitar el pago del servicio por medio de la tarjeta Cívica con el fin de mantener las tarifas integradoras que tiene actualmente el SIT-VA.
8. La calidad del servicio debe estar constantemente monitoreada por las autoridades competentes, en este caso, por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y por el Metro de Medellín.

### 7.3.2. La demanda

La demanda en el transporte público se entiende como la cantidad de pasajeros que debe movilizar un medio de transporte, en este caso se estudiará la que está actualmente cubierta por los buses de transporte público colectivo, a la cual se le realizará el descuento de la capacidad transportadora máxima del tranvía y sus dos cables; de esta manera se conocerá la demanda residual de transporte público en la zona, luego del proceso de racionalización.

El análisis de la demanda se hizo con base al análisis realizado por IDOM y por el estudio de la ingeniera Miriam Giraldo, realizado en el 2009 para la Secretaría de Movilidad de la Alcaldía de Medellín con el objetivo de evidenciar la movilización de pasajeros en la zona (Giraldo, Sube y Baja de Transporte Publico en Medellín, 2009).

Adicionalmente, se hicieron levantamientos en campo con el objetivo de conocer la movilización real de pasajeros en la zona para la actualidad y crear los escenarios más precisos posibles.

### 7.3.3. Demanda Actual

Posterior a la tabulación de los datos de la información de cada una de las rutas y de cómo se le trasladaría dicha demanda a los sistemas proyectados, se extrajo la misma información de demanda máxima por franja horaria del estudio de la ingeniera Miriam Giraldo (Giraldo, Sube y Baja de Transporte Publico en Medellín, 2009), este fue el documento en que se basaron para realizar la estructuración del modelo operacional del tranvía.

*Tabla 5 Comparación de Demandas Máximas entre la información levantada en campo y el estudio realizado por Miriam Giraldo en 2009*

Comparación Demandas Máximas			Campo	2009
Sistema	Ruta	Empresa	Tramo más Cargado	Tramo más Cargado
C6-005	97	Flota la V	982	869
	99	Coopcerquin	725	857
	C6-005		182	0
	C6-005A		130	0
C6-006	103	Cootransi	816	755
	93	Copatra	787	662
	C6-006	SAO6	240	0
C6-007	110B	Flota la Milagrosa	316	441
	111B	Flota la Milagrosa	741	779
	113B	Flota la Milagrosa	490	387
	113M	Flota la Milagrosa	317	428
	C6-007	SAO6	180	0
C6-008	90	Copatra	1127	1001
	C6-008	SAO6	349	0

	C6-009	SAO6	355	0
	95	Coopatra	873	752
	107	Cootransvi	425	488
C6-010	C6-010	SAO6	362	0
C6-023	96	Flota la V	1580	1431
C6-024	94	Copatra	1096	1273
<b>Total</b>			<b>12073</b>	<b>10123</b>

*Fuente: Elaboración propia con datos de (Giraldo, Sube y Baja de Transporte Publico en Medellin, 2009)*

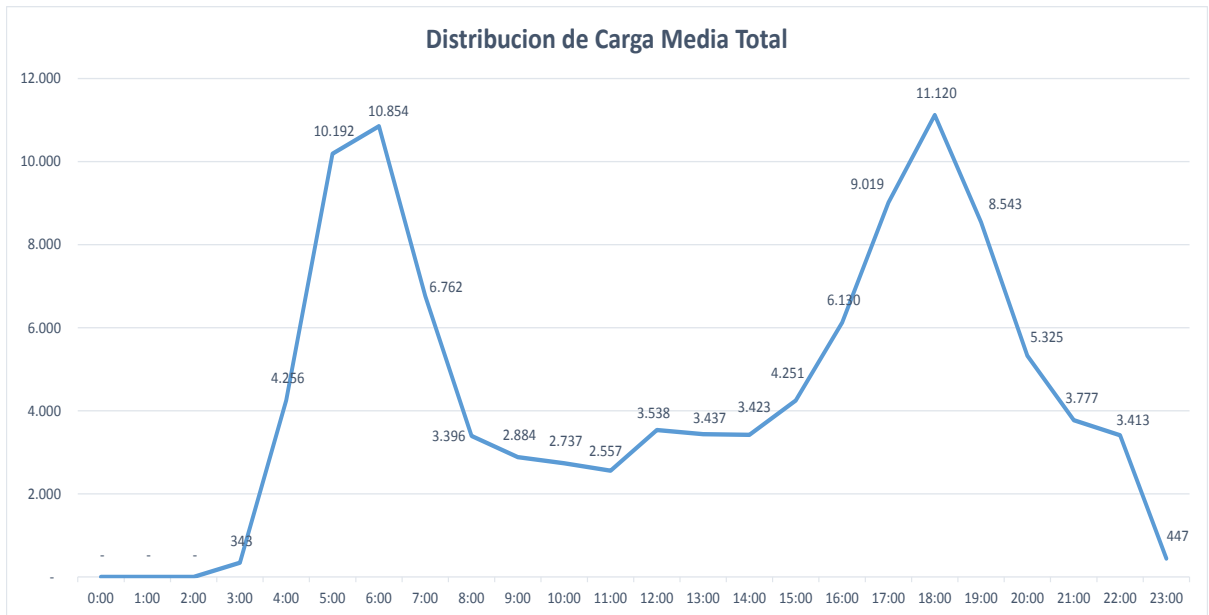
La Tabla 5 muestra que los análisis levantados en campo no están alejados de la realidad reflejada en los estudios llevados a cabo por las autoridades a la hora de definir el modelo operacional del Tranvía, sus cables y sus servicios alimentadores.

La diferencia de 1.950 pasajeros que se refleja en la hora de mayor carga, obedece en cierto modo al crecimiento demográfico de la ciudad y al aumento natural de la demanda del servicio, especialmente con la entrada en operación de los servicios alimentadores en la zona, pues estos no se cuantificaron en el estudio.

Es importante anotar que cada una de las rutas, debido a que tienen comportamientos independientes, tiene horas de carga máxima que pueden variar, por lo tanto, el polígono de carga que se muestra a continuación (Gráfico 1), indica la distribución en cada una de las franjas horarias, lo que permite conocer el movimiento o flujo de pasajeros en la zona en general.

Esta absorción conlleva el traslado de la demanda de cada una de las rutas a cada uno de los sistemas, pero se restan los pasajeros que absorberían el tranvía o sus dos cables; así las cosas, luego de la tabulación de los datos de las cargas y el levantamiento de información, la demanda proyectada para la zona en general, discriminada por franja horaria, sería la siguiente:

Grafico 1 Distribución de la demanda



Fuente: Elaboración propia, Detalle Anexo 1

El Gráfico 1 muestra el comportamiento de la demanda durante el día, por lo que se pueden observar las horas pico y valle del movimiento, no solo del transporte público, sino también de la ciudad en general.

Esto permite evidenciar los delicados problemas que hay a nivel ciudad con las horas pico, pues casi todos los ciudadanos se movilizan entre 6 de las 24 horas del día, colapsando las vías, haciendo casi que inviábiles los modelos de transporte público y generando caos y congestión.

#### 7.3.4. Absorción de demanda por el Tranvía de Ayacucho y sus cables

Luego de levantar la información de las demandas, se realizó el proceso de absorción de pasajeros por el Tranvía, para ello se le descargó a este la demanda de cada ruta que sea recogida por lo menos a 500 metros de una estación, ya sea del mismo sistema o de alguno de los cables.

En ese entendido, se observa que el tranvía absorberá la demanda que se señala en la Tabla 6 lo que dejaría una demanda residual, que sería la que atendería el nuevo servicio de alimentadores para la zona.

Tabla 6 Absorción de Demanda del Tranvía

Sistema	Demanda Total	Absorción Tranvía	Residual
Sistema C6-005	20.320	-	20.320
Sistema C6-006	16.608	6.692	9.916
Sistema C6-007	16.534	-	16.534
Sistema C6-008	14.779	9.388	5.391
Sistema C6-010	13.406	6.430	6.976
Sistema C6-023	15.322	7.814	7.508
Sistema C6-024	9.433	4.999	4.434
<b>Total</b>	<b>106.402</b>	<b>35.323</b>	<b>71.079</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Demandas Máximas por hora

Máximos por Sistema por Franja Horaria	
Sistema C6-005	2077
Sistema C6-006	1189
Sistema C6-007	2031
Sistema C6-008	800
Sistema C6-010	798
Sistema C6-023	774
Sistema C6-024	515

Fuente: Elaboración Propia

Siendo así, la evaluación de las cargas máximas de cada uno de los sistemas deriva en que la demanda pico, de acuerdo a los polígonos de carga ajustados a la distribución, por franja horaria, sería la que se refleja en la Tabla 7.

Esta sería la demanda máxima por hora a cubrir con los servicios una vez extraídos los pasajeros que absorbería el sistema tranviario.

### 7.3.5. Entorno socio-económico

Las comunas 8 y 9 son de tipo habitacional, pues sus barrios cuentan en su mayoría con hogares y casas de familia; por eso para el sistema de transporte estas zonas se definirían como cabeceras o zonas de tránsito, lugares en donde los vehículos recogen a los usuarios para llevarlos a sus destinos. Mientras tanto, la comuna 10, a pesar contener una buena porción de habitaciones, también tiene una parte importante de territorio destinado a la actividad comercial e industrial. Con una tasa promedio de desempleo de 8.32% (Planeación, 2015). Entre las tres comunas se evidencia una población trabajadora, que requiere diariamente de los desplazamientos para transportarse a las áreas industriales, comerciales o financieras de la ciudad, las cuales se encuentran fuera de esta zona, por lo tanto el transporte es necesario.

Por otro lado, también se observó que el 37,4% de los viajes surgidos en la zona se realizan en medios de transporte público o masivo, los cuales incluyen: Bus, microbus, Metro o Metroplus

(Subdirección de Movilidad, 2012). Dicha cantidad de viajes, para una población de 359.810 habitantes (DANE, 2015) en estas tres comunas, representa una cantidad importante de viajes para los sistemas.

Por otro lado, en las comunas habitacionales, Villa Hermosa y Buenos Aires, predominan los estratos 2 y 3 respectivamente (Dirección de Planeación, Municipio de Medellín, 2010); es bien sabido que los ingresos de las comunidades de estratos medio-bajos podrían no ser suficientes para costear un vehículo propio, lo cual daría una explicación al alto porcentaje de viajes que se realizan en la zona y la alta carga a la que está sometida el sistema de transporte en estas comunas.

#### **7.3.6. La oferta**

Como se explicó anteriormente, de acuerdo con datos extraídos desde las mismas empresas de transporte y por medio del estudio realizado en 2009 por la ingeniera Miriam Giraldo, puede realizarse un análisis preciso de la oferta de servicio de transporte público que existe actualmente en la zona.

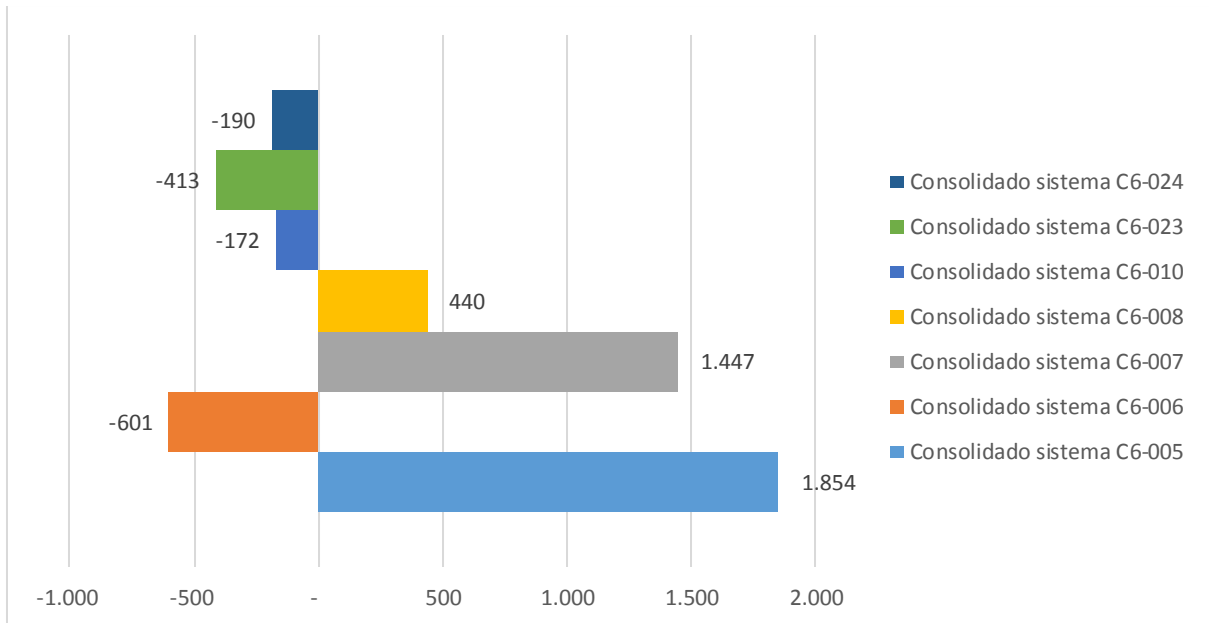
Hoy en día, el sistema completo cuenta con 470 buses, con un promedio de asientos de 30 por vehículo, para una oferta total de 14.100 asientos ofrecidos. Ello si se tiene en cuenta que el 10% de la capacidad de la flota estaría en reserva.

#### **7.3.7. Comparación oferta actual vs demanda actual por sistema.**

Cuando se realiza la revisión de la oferta se deben tener en cuenta tres variables: (i) Las unidades vehiculares; (ii) La cantidad de asientos que tiene autorizado cada vehículo (tipología) y, (iii) El tiempo de recorrido, con el fin de conocer, en una hora determinada, cuántos asientos puede ofrecer el servicio y así saber si es suficiente para satisfacer la demanda. Como anteriormente se explicó, se trabajará con un 10% de flota de reserva para efectos de los cálculos.



Grafico 2 Consolidado de SobreOfertas y SobreDemandas del sistema de transporte en las comunas 8, 9 y 10 de Medellín



Fuente: Elaboración Propia Detalle Anexo 2

En el Grafico 2 aparece la distribución de la oferta de acuerdo con la demanda que hay en cada sistema, en donde los negativos implican un exceso de demanda en pasajeros por hora pico, mientras que los positivos demuestran una sobreoferta de asientos por hora en hora pico.

Se pueden observar unas amplias sobreofertas en algunas zonas, mientras que otros sistemas tienen un exceso de demanda que derivan en un mal servicio o en problemas de seguridad en la ruta debido al sobrecupo en los vehículos.

Es importante apuntar que debido al modelo tradicional de las empresas colectivas o cooperativas de transporte, que utilizan rutas exclusivas, la distribución de las unidades vehiculares entre estas, puede, en muchos casos ser errónea y se presta para sobreofertar algunos servicios, mientras que otros requieren inyección de vehículos y no se da. Con un sistema integrado para todas, la distribución permite equilibrar las cargas y presentar ofertas mucho más ajustadas a la realidad del comportamiento de la demanda.

Lo ideal es proponer un modelo en el cual la oferta sea tan dinámica como lo es la demanda, de manera que un mismo operador tenga la capacidad de reubicar la flota de acuerdo a como fluctúe la demanda, ya sea por cuestiones horarias o zonales. De esta manera los desfases por necesidad de asientos o por demanda insatisfecha se cubren sin necesidad de grandes trámites burocráticos y se brinda el mejor servicio posible.

### 7.3.8. Análisis de la oferta del Tranvía de Ayacucho y sus cables

Con el objetivo de revisar la demanda residual, producto del proceso de racionalización y de la entrada en operación del Tranvía y sus dos cables, se debe analizar el modelo operacional del

Primero a través de la revisión de la oferta máxima que entregaría y, bajo el supuesto que de esta oferta se cumpla al 100%, se deberían reestudiar las ofertas necesarias para cubrir la demanda que quedaría insatisfecha.

Así las cosas, el análisis del modelo operacional propuesto por el Metro de Medellín y la Alcaldía, específicamente en cuanto a recorridos propuestos, cantidad de cabinas y vagones, así como sus capacidades, y basado en una absorción del 100% de la demanda, se observa, como lo refleja la Tabla 8, la siguiente absorción de pasajeros por cuenta de cada uno de los modos de transporte.

*Tabla 8 Demanda a Absorber por el sistema tranviario y sus cables*

<b>Cable pan de azúcar</b>				
Longitud	2112	Mts	Una cabina cada	45
Estaciones	3		Cabinas por minuto	2
Cabinas	47		Pasajeros por minuto	15
Velocidad comercial	5	km/h	<b>Capacidad por hora</b>	<b>887</b>
	83	Mts/min		
Capacidad por Cabina	8		<b>Diferencia Of-Dem</b>	<b>18</b>

<b>Cable La Sierra</b>				
Longitud	2804	Mts	Una cabina cada	70
Estaciones	3		Cabinas por minuto	1
Cabinas	40		Pasajeros por minuto	9
Velocidad comercial	5	km/h	<b>Capacidad por hora</b>	<b>568</b>
	83	Mts/min		
Capacidad por Cabina	8		<b>Diferencia Of-Dem</b>	<b>-313</b>

<b>Tranvía</b>				
Longitud	8600	Mts	Tiempo de viaje	39,7
Velocidad comercial	13	km/h	Intervalo	4,0
Vehículos	10		Tranvías por hora	15,1
Capacidad por Tranvía	300		<b>Capacidad</b>	<b>4535</b>
<b>Diferencia Of-Dem</b>				<b>19</b>

*Fuente: Elaboración propia con datos del modelo operacional del tranvía*

Es importante anotar, que en vista de que los cables integrarían directamente con el tranvía en las estaciones Alejandro Echavarría y Molinos, toda la demanda recibida por los mismos debe ser descargada en el sistema tranviario.

Determinada la demanda, se debe realizar la respectiva comparación contra la oferta del sistema, dando como resultado las posibles sobreofertas o sobredemandas, resultado de la

implementación del sistema de operación propuesto, de la manera como se muestra en la Tabla 8.

De ello que tanto el cable de Pan de Azúcar como el Tranvía, tienen sus capacidades máximas medidas correctamente, pues cuentan con holgura suficiente, aunque no muy amplia: Entre 18 y 19 pasajeros en hora pico. Por otro lado, la comparación entre la oferta del cable de La Sierra y la demanda que el mismo absorbería, revela que el sistema no es suficiente para cubrir la demanda generada del proceso de racionalización, por lo tanto se haría necesario: (i) Aumentar la cantidad de cabinas del sistema; (ii) Aumentar su velocidad de operación, lo cual no es recomendable por seguridad o, (iii) Implementar un sistema paralelo que ayude a absorber la demanda.

Para este estudio, se entiende que el cable es el responsable de absorber esa demanda insatisfecha y la misma no se le cargará al sistema alimentador propuesto.

*Tabla 9 Demanda a absorber por hora*

<b>Cable Pan de Azúcar</b>	<b>Demanda a absorber por hora</b>
Sistema C6-006	743
Ruta 102M	45
Ruta 102MA	81
<b>Máximo a Movilizar</b>	<b>869</b>

<b>Cable La Sierra</b>	<b>Demanda a Absorber por hora</b>
Sistema C6-024	581
Ruta 087M	156
Ruta 088M	144
<b>Máximo a Movilizar</b>	<b>881</b>

<b>Tranvía</b>	<b>Demanda a Absorber por hora</b>
Sistema C6-008	1.164
Sistema C6-010	797
Sistema C6-023	806
Cable La Sierra	881
Cable Pan de Azúcar	869
<b>Máximo a Movilizar</b>	<b>4.516</b>

*Fuente: Elaboración propia Detalle Anexo 1*

#### **7.4. El precio**

En cuanto al precio se refiere, hay dos precios que son importantes para este tipo de sistemas. Por un lado está el precio que se le cobra al usuario, denominado tarifa, la cual está compuesta por todos los ítems que componen los costos de la movilización más un plus para el operador de transporte o dueño del vehículo, de donde se obtiene el beneficio. La tarifa es señalada por

la autoridad, en este caso, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, quien por medio de estudios externos y con base en los precios de los insumos, entre los cuales están los combustibles, lubricantes y repuestos, así como los salarios de los empleados administrativos y operativos necesarios para la prestación del servicio incluidos, realizan un cálculo del valor a cobrar al usuario.

Por otro lado, está la tarifa que cobra el concesionario, en este caso la empresa a la administración pública por la prestación del servicio; esta contiene también todos los costos mencionados anteriormente, pero no es pagada por el pasajero, sino por kilómetro comercial recorrido, teniendo como base un Índice de Pasajeros por Kilómetros (IPK) determinado.

Es importante anotar que la tarifa del pasaje, multiplicado por el IPK, nunca puede ser menor que la tarifa que se paga por kilómetro al operador, de lo contrario, habría un déficit tarifario y el Estado tendría que subsidiar esta diferencia para que el sistema no entrara en quiebra.

Actualmente, las tarifas están estructuradas de la siguiente forma: \$1.810 (AMVA, 2015) como tarifa de pasajero normal (con descuentos en caso de que sea adulto mayor, estudiante, persona con movilidad reducida, etc.), y para la remuneración variable de los operadores, la tarifa es de \$4.156/kilometro. (Contrato de Consecion CN2012-0201, 2012)

Es importante anotar que esta tarifa es la que se utiliza actualmente en la concesión que está en curso, la cual cuenta con un componente interno de racionalización que va a costo del sistema. En este proyecto, la racionalización va a cargo del municipio de Medellín, por lo tanto la tarifa no lo cargaría y se trabajaría sin el componente de racionalización que representa el 9.1% del valor, por lo tanto, la tarifa base para el 2015 y con la cual se harían todas las proyecciones financieras del proyecto, sería de \$3.775/kilometro.

La tarifa por kilómetro está estructurada de la siguiente manera: (Contrato de Consecion CN2012-0201, 2012)

$$CTOV= Vkm*(0.89*km+0.11*IPK), \text{ en donde:}$$

- ❖ CTOV: Remuneración variable del concesionario.
- ❖ Vkm: Valor por kilómetro recorrido.
- ❖ Km: Kilómetros comerciales recorridos.
- ❖ IPK: Índice de pasajeros por kilómetro (Psx/km).

Y el mecanismo de ajuste de la tarifa por kilómetro de acuerdo a las variaciones de los precios del mercado, está estructurado de la siguiente manera: (Contrato de Consecion CN2012-0201, 2012)

- ❖ IPC anual: 25%
- ❖ Mano de obra: 34,7%
- ❖ Combustibles: 22%

- ❖ Mantenimiento: 10,3%
- ❖ Neumáticos: 6%
- ❖ Lubricantes: 6%.

Estas variaciones se revisan cada 3 meses y se aplican de acuerdo a los indicadores.

Como último ítem dentro de los precios, se debe tener en cuenta el precio de los vehículos. Al ser propiedad del estado, pero comprados por un tercero, el Estado debe pagarlos a la empresa operadora que los adquirió diferidos al tiempo de la concesión. Para el Contrato de Concesión CN2012-0207, está definido un precio de \$208.800.000 por unidad vehicular, diferida a 15 años.

Esta remuneración variable está estructurada de acuerdo con el contrato, específicamente en la cláusula 44 denominada “Remuneración del concesionario” de la siguiente manera:

$CTOF_t: CTOF_{t-1} \cdot (1 + IPC_n)$ , en donde:

- ❖  $CTOF_t$ : Valor de la remuneración anual en t para cada vehículo nuevo o usado.
- ❖  $CTOF_{t-1}$ : Valor de la cuota de remuneración anual en t-1 para cada vehículo nuevo o usado.
- ❖  $IPC_n$ : Valor del IPC anual publicado por el DANE para los últimos 12 meses.

El valor de la primera cuota de la remuneración fija, que se vería afectada para el resto del contrato por la fórmula anteriormente mencionada, es la siguiente:

$CTOF_1 = V \cdot (i - g / (1 + g / (1 + i)^T))^{1/24}$ , en donde:

- ❖ V: Valor del vehículo a remunerar, que serían \$208'800.000
- ❖ I: Tasa de descuento efectivo anual, siendo i: 14%
- ❖ G: Factor de ajuste anual del valor fijo de la remuneración por vehículo establecido como el IPC anual publicado por el DANE el mes anterior a la entrada en operación del vehículo
- ❖ T: Vida útil contractual del vehículo en años, en este caso 15 años.

## **7.5. Estudio técnico**

### **7.5.1. Modelo de Operación complementario al Tranvía**

Luego de realizar el análisis de las ofertas y las demandas presentes en la zona, así como la que absorbería el tranvía, se puede estudiar la capacidad transportadora necesaria para movilizar la demanda generada por del proceso de racionalización.

En los proyectos de transporte público, la oferta debe estar siempre entre un 10% y un 15% sobre la demanda, pues la demanda en este mercado es variable, y cambia al ritmo de la ciudad, por lo tanto, el urbanismo en algunas áreas, así como el aumento de la densidad poblacional en otros sectores debido a la creación de propiedades horizontales o urbanizaciones de viviendas unifamiliares, hace que constantemente fluctúe la demanda y que muchas veces la oferta tenga que estar ajustándose.

De igual forma, la oferta debe ser repartida entre cada una de las rutas de acuerdo a su pico máximo de movilización de pasajeros en una franja horaria, para lo cual se tiene en cuenta la velocidad comercial y la capacidad transportadora de los vehículos que van a prestar el servicio.

Adicionalmente, en vista de que las antiguas rutas que prestan el servicio en la zona serán reemplazadas por los nuevos servicios y sus recorridos y las vías serán las mismas, la velocidad comercial no debe variar, por lo tanto, a fin de conocer las velocidades de cada sistema, se utilizarán las que tienen actualmente las rutas operadas por SAO6, que cuentan con la misma tipología de vehículo y cuyos recorridos son similares a los que se retirarían del transporte colectivo.

Los picos de demanda, así como las velocidades de cada sistema, exigirían las ofertas que se señalan en la Tabla 10.

*Tabla 10 Tamaño del Proyecto y reducción de flota*

<b>Sistema</b>	<b>Alimentación</b>	<b>Actual</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Sistema C6-005</b>	55	125	70
<b>Sistema C6-006</b>	26	56	30
<b>Sistema C6-007</b>	39	107	68
<b>Sistema C6-008</b>	15	58	43
<b>Sistema C6-010</b>	31	59	28
<b>Sistema C6-023</b>	20	31	11
<b>Sistema C6-024</b>	17	31	14
<b>Total</b>	203	467	264

*Fuente: Elaboración Propia, Detalle Anexo 3*

Gracias a la redistribución de la flota, de acuerdo a la demanda, se obtendrían gran cantidad de beneficios. En primer lugar, las rutas sobreofertadas se ajustarían a la demanda real, lo que deriva en una reducción de flota importante y en una mejoría de la calidad del aire, debido a que van a haber menos emisiones por parte de los vehículos que salen de circulación. En segundo lugar, la congestión en muchas zonas de la ciudad mejoraría considerablemente, ya que habría menos parque automotor en las vías de la ciudad y, por último, el modelo de operación sería mucho más flexible, y en caso de que se presentara alguna necesidad de movilizar flota, no existiría ningún impedimento jurídico o administrativo para hacerlo, flexibilidad que ahora no es posible dado que no hay homogeneidad de flota y a que cada ruta pertenece a empresas diferentes.

Tabla 11 Despachos y Kilómetros por sistema

Sistema	Alimentación	Despachos	Distancia	Total kms
Sistema C6-005	55	715	9	6.578
Sistema C6-006	26	312	10	2.983
Sistema C6-007	39	624	8	4.805
Sistema C6-008	15	180	9	1.667
Sistema C6-010	31	310	12	3.779
Sistema C6-023	20	180	17	3.114
Sistema C6-024	17	153	17	2.632
<b>Total</b>	<b>203</b>	<b>2.474</b>	<b>12</b>	<b>25.557</b>

Fuente: Elaboración Propia Detalle Anexo 3

El total de vehículos que saldría de circulación debido a esta optimización, junto con la oferta absorbida por el Tranvía de Ayacucho, sería de 264 unidades vehiculares.

Otro punto importante del tamaño del proyecto es la cantidad de despachos que se realizarían en cada sistema, ya que con esto se podría revisar la oferta real de despachos con la cual se prestaría el servicio y, por consiguiente, la cantidad de kilómetros que recorrerían los vehículos, que a fin de cuentas, es el principal indicador de operación del sistema.

## 7.6. Impacto ambiental

Desde el mismo contrato de concesión está determinado el tema ambiental para el proyecto. En primer lugar, la empresa está obligada a contar con un plan de manejo ambiental (PMA), algo que las compañías que van a ser racionalizadas no tienen, por lo tanto se contaría como el primer PMA que tendría un proyecto como este en la ciudad.

Dicho plan desde el contrato tiene establecidos los programas ambientales que se detallarán a continuación.

1. Programa de Manejo de Aguas: Tradicionalmente, el parque automotor es lavado en las calles o lavaderos informales de la ciudad, está es una problemática que persiste. Ahora, con todas las unidades vehiculares concentradas en una sola empresa, este procedimiento se puede hacer de manera más eficiente y en un espacio físico que garantice el ahorro de agua por medio de mecanismos más efectivos que los tradicionales, entre ellos hidro lavadoras económicas y túneles de lavado, que junto a un proceso lineal, al momento de realizar el alistamiento de las unidades, hace que se economice el recurso. En segundo lugar, gracias al programa, se establecen ciertos límites de consumo y se le da un trato al agua utilizada en el proceso de lavado para que pueda ser recirculada por

medio de pozos, trampas de lodo y filtros, lo cual ayudaría con el manejo del recurso hídrico.

2. Programa de Control de Emisiones Atmosféricas (fuentes fijas y móviles): Según el contrato, adicionalmente a la revisión técnico mecánica anual que se le hace a cada vehículo donde se revisan sus niveles de emisiones, es obligatorio realizar anualmente un estudio en cada unidad vehicular que mida los niveles de emisiones de gas contaminante, dicho estudio debe ser realizado por una entidad certificada y los resultados deben ser revisados y avalados por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, con el objetivo de darle transparencia al proceso.

Por otro lado, se deben realizar revisiones anuales programadas por el personal del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, quien se encargará de revisar las posibles emisiones atmosféricas que se generen en los patios de la empresa.

3. Programa de control de ruido (fuentes fijas y móviles): Se deben realizar estudios anuales de cada una de las unidades vehiculares por medio de una entidad certificada, en los cual ninguno de los vehículos en operación supere los 85Db externos, de acuerdo con la Resolución 8321 de 1983.

Adicionalmente, cada año se debe realizar una medición desde el exterior de los patios en donde se mida la cantidad de ruido generado por los procesos de mantenimiento, ello con el objetivo de regularlo y que no sobrepase la normativa establecida para el tipo de terreno descrito dentro del Plan de Ordenamiento Territorial.

4. Programa de manejo y disposición final de residuos: Los vehículos manejan todo tipo de fluidos para su correcto funcionamiento, desde aceite hasta refrigerante, líquidos que son altamente contaminantes para el agua y que requieren un tratamiento especial.

Anteriormente las reparaciones y mantenimientos se realizaban en todo tipo de talleres externos que no contaban con ningún procedimiento o programa para deshacerse de estos desechos. Gracias a la homogeneización de la flota y a que está toda centralizada, este programa logra que los vertimientos se controlen al máximo.

Por otro lado, los repuestos también son piezas de desgaste y deben tener una disposición controlada que se manejaría con este programa.

Adicionalmente a estos programas, la empresa debe contar, por exigencia contractual, con un plan de emergencia ambiental en el cual se establecen contingencias y procedimientos ante posibles incidentes y situaciones de emergencia.

### **7.6.1. Reducción en las emisiones móviles**

En primer lugar, gracias al proceso de racionalización que se llevaría a cabo, luego de proyectar el reemplazo de las otras unidades antiguas con unidades vehiculares impulsadas por gas natural, se calculó la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> durante los 15 años que dura la concesión en 204.478 toneladas, lo cual es un nivel muy representativo de emisiones a la atmósfera para ese periodo de tiempo. Es importante apuntar, que esta disminución en gran medida se debe a que



se están cambiando unidades vehiculares con tecnología Euro I, que emiten 4.500 ppm de azufre.

De acuerdo a la Ley 1083 de 2006, “por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones”; a partir del 1° de enero del año 2010, toda habilitación que se otorgue a las empresas para la prestación del servicio público de transporte de pasajeros con radio de acción metropolitana, distrital o municipal, se hará bajo el entendido de que la totalidad de vehículos vinculados a las mismas funcionará con combustibles limpios<sup>2</sup>; estos últimos, de acuerdo a la Resolución 2604 de 2009 de los Ministerios de Minas y Energía, de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, son: hidrogeno, gas natural (GN), gas licuado de petróleo (GLP), diésel hasta de 50 ppm de azufre, mezclas de diésel con biodiesel (la mezcla no debe superar 50 ppm de azufre), gasolina hasta de 50 ppm de azufre y mezclas de gasolina con alcohol carburante o etanol anhidro desnaturalizado (siempre la mezcla no debe superar 50 ppm de azufre).

Según la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, en su informe de asesoría para la utilización de MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) en proyectos de reducción de GEI (Gases de Efecto Invernadero) en el sector energético colombiano, presentado a la Unidad de Planeación Minero Energética, el cálculo de la reducción de emisiones depende fundamentalmente de la línea base, que constituye es el escenario de emisiones de CO<sub>2</sub> que ocurrirían en ausencia del proyecto.

Para emitir el presente concepto técnico de reducción de emisiones se siguieron los lineamientos del mencionado informe, a partir de información secundaria se calculó de manera teórica la reducción de emisiones derivadas de la implantación el proyecto.

Las emisiones vehiculares pueden ser estimadas de forma más o menos aproximada a través de la multiplicación de un factor de emisión vehicular, que es una relación entre una cantidad emitida de determinado contaminante por longitud, usualmente expresada en gramos por kilómetro (g/Km).

Para calcular un dato más real sería necesario contar con información más detallada de la flota vehicular (distribución de uso de combustibles, tecnología del motor, tamaño y edad del vehículo, sistemas de control y patrones de manejo) y la operación del automóvil (velocidad de manejo, aceleración, frenado y frecuencia de encendido), datos con los cuales no se cuenta en el momento y cuya obtención demandaría una inversión de tiempo considerable

Según la Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales (ACCEFYN), en su documento Línea Base Para Proyectos de Transporte Masivo, para el caso colombiano, dada la similitud de los sistemas actuales de transporte, es posible la estandarización de la metodología para el desarrollo de una línea base aplicable a proyectos de sistemas de transporte masivo. Sin embargo, hay tres desafíos en el desarrollo de la línea base:

---

2 L. 1083/2006, art. 5.

- ❖ Deficiencias en la información histórica y actual.
- ❖ Incertidumbre de la información.
- ❖ Incertidumbre en la predicción.

Las emisiones de las fuentes móviles son muy difíciles de seguir y cuantificar, a no ser que se evalúen de acuerdo al consumo de los combustibles. Estimar las futuras puede llegar a ser extraordinariamente complejo, pues la actividad del transporte está ligada a la actividad en otros sectores de la economía y a decisiones políticas tradicionalmente coyunturales.

La estimación de emisiones requiere información muy específica, relacionada con el tránsito vehicular, malla vial y características de la flota vehicular como: La edad del parque automotor, conformación del parque, su caracterización por modelos, marcas, edades, capacidad, recorrido promedio de los viajes, ocupación promedio de los vehículos por tipo de vehículo y promedio de los km anuales recorridos por persona. Sin embargo, dadas las dificultades ya mencionadas, se debe trabajar bajo múltiples supuestos, para luego aplicar cualquiera de las dos fórmulas que se presentan a continuación dependiendo de los datos que se tengan:

1. Cantidad de cada tipo de combustible consumido por cada modo de transporte y tipo de vehículo en una región y periodo de tiempo específico:
  - ❖  $\text{Emisiones (Ton CO}_2\text{)} = \text{Consumo (gal Combustible)} * \text{Coeficiente de emisiones (ton CO}_2\text{/gal combustible)}$
2. Consumo de combustible por modo de transporte y tipo de vehículo y el kilometraje que los vehículos recorren en un periodo de tiempo, para cada modo de transporte.
  - ❖  $\text{Emisiones (Ton CO}_2\text{)} = \text{Recorrido (Kilómetros recorridos)} * \text{Consumo específico (gal combustible/km)} * \text{Coeficiente de emisiones (ton CO}_2\text{/gal combustible)}$ .

Los supuestos bajo los cuales se trabajará en este caso son:

1. El cálculo del beneficio se realizara únicamente para la zona comprendida entre las comunas 8, 9 y 10 de la ciudad de Medellín, zonas donde circularían los buses alimentadores.
2. La línea base y las emisiones futuras son únicas para el escenario de transporte público descrito en el estudio de mercado y no contienen los demás vehículos que circulan en la zona.
3. Para la línea base se tendrán en cuenta 467 unidades vehiculares, de las cuales 203 serán reemplazadas por unidades nuevas y 264 sacadas de circulación.
4. Se asumen condiciones normales de operación con pendiente velocidad y varga constante.
5. Se estimarán las emisiones para un día ordinario de operación y se replicará a los 15 años de operación de la concesión
6. En los cambios de unidad se tendrá en cuenta que todos se cambiarán de combustible ACPM a gas natural.

Los factores de emisión son herramientas que permiten estimar la cantidad de emisiones para un determinado contaminante dentro de un proceso o tecnología determinada; estos no solo varían con el tipo de combustible sino con la actividad en la que se aplique su proceso de combustión (por ejemplo: generación de energía, procesos industriales o aplicaciones residenciales) y la tecnología utilizada para tal fin (por ejemplo calderas, hornos, estufas). En este sentido, existen factores de emisión por combustible, proceso y tecnología, de tal manera que en la medida en que se avanza en la información disponible, el factor de emisión resulta más exacto. Generalmente se expresan como el peso de contaminante emitido por unidad de peso, volumen, energía o actividad, en razón al nivel escogido.

La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) cuenta con un software que permite determinar los factores de emisión para los diferentes combustibles empleados en Colombia; para utilizarlos solamente exige que el usuario escoja el combustible a analizar y el lambda requerido (exceso de aire).

El contenido de carbón de un combustible fósil varía en función de sus propiedades físicas y químicas. En el caso del gas natural, el factor de emisión depende de la composición del gas, pues además del metano puede incluir pequeñas cantidades de etano, propano, butano e hidrocarburos pesados. Así, los factores de emisión serán diferentes según la proporción de cada uno de estos gases en la mezcla total.

*Tabla 12 Poderes caloríficos y factores de emisión determinados por la UPME para los combustibles más empleados en Colombia*

Tipo	Combustible	Poder Calorífico			Factor de Emisión de Co2	
		LHV (MJ/UN D)	HHV (MJ/UN D)	Unidad	(Kg Co2/T J)	(Kg Co2/TJ )
Sólidos	Carbón Antioquia Base Seca	26,7	27,94	Kg	91456	2,4419
	Carbón Cerrejón Central - Base Seca	27,84	29,06		91456	2,5461
	Carbón Cerrejón Norte - Base Seca	27,07	28,35		91408	2,4744
	Carbón Cheuca - Base Seca	28,77	29,88		91972	2,646
	Carbón Tunja - Base Seca	22,42	23,7		89756	2,0123
Líquidos	ACPM	42,37	45,3	74869	3,1722	
	Gasolina	39,28	41,42	80570	3,1648	
	Diésel Genérico	42,67	45,71	73920	3,1542	
Gases	Gas Natural Guajira	35,51	39,4	M3	55341	1,9652
	Gas Natural Cusiana	41,66	45,9		60229	2,5091
	GLP Genérico	108,55	117,6		65528	7,1131

Fuente: (Ecothermia, 2011)

Para efectos del proyecto, las unidades vehiculares nuevas trabajarán con gas natural de Guajira y Cusiana; sin embargo se calculará con el factor de emisión más alto, en este caso Cusiana. Por otro lado, los vehículos a racionalizar trabajan con ACPM.

Para la obtención de datos de consumo de combustible se consultó el Estudio para la Obtención del Rendimiento de Combustible Promedio Asociado a los Vehículos de Transporte Público Colectivo en la Ciudad de Medellín, realizado por la Secretaria de Transporte y Tránsito en el año 2008.

Según la entidad, en la base de datos de vehículos un 98,8% funcionan con ACPM y el resto con gasolina; debido al bajo porcentaje que funciona a gasolina se definió como preponderante el funcionamiento con ACPM (combustible de interés) y no se tuvieron en cuenta los vehículos con motores a gasolina. Esto redujo la población de estudio a 4.462 vehículos. Los resultados obtenidos en el estudio son aceptables, si además se considera que los coeficientes de varianza (C.V.) obtenidos son menores a los esperados, tal como se muestra a continuación:

- ❖ Buses promedio: 9,2km/g C.V. 17.4 % 38 vehículos.
- ❖ Busetas promedio: 11,5km/g C.V. 12.5 % 24 vehículo.
- ❖ Microbuses promedio: 14,6km/g C.V. 13.1 % 27 vehículos.

Por lo tanto, para los fines de este concepto técnico, el cálculo de emisiones de la flota actual se realizará con base en el consumo promedio para buses obtenido en el estudio anterior, el cual fue de 9.2 m/gal. Se asume además una densidad de 850 kg/m<sup>3</sup> en condiciones ambientales normales, dato tomado de la investigación denominada Oligomerización De Olefinas Livianas Para La Producción De Diésel Usando Catalizadores Tipo Zeolita, patrocinada por el Instituto Colombiano del Petróleo y llevada a cabo por Ana María Arango.

Para el caso del rendimiento de combustible de los vehículos que van a entrar a operar con gas natural, el fabricante, dado su conocimiento previo de la cromatografía de gases para el gas que llega a la ciudad de Medellín<sup>3</sup>, se compromete a garantizar un rendimiento de combustible de 2 km/m<sup>3</sup>.

Si se tiene en cuenta la información de la oferta actual y la futura de ambos sistemas, se realizó el cálculo de las emisiones que aparecen en la Tabla 12.

*Tabla 13 Diferencias en parque automotor y kilómetros entre los modelos de operación*

<b>Modelo</b>	<b>Buses</b>	<b>Kilómetros Recorridos</b>	<b>Tiempo de Operación</b>
<b>Alimentación</b>	203	25557	365
<b>Tradicional</b>	467	58793	365

*Fuente: Elaboración Propia*

Si se aplica la fórmula anteriormente mencionada, en donde Emisiones (tonCo<sub>2</sub>) = Kms Recorridos\*Consumo\*coeficiente de emisiones; las emisiones de CO<sub>2</sub> del modelo tradicional,

---

<sup>3</sup> La densidad relativa o gravedad específica del gas natural de Cusiana según la cromatografía gaseosa es 0.56440 Kg/m<sup>3</sup>.

serían: 357.123 Toneladas, mientras que con el modelo de alimentación, sería de 152.645 Toneladas, lo cual implicaría una reducción de 204.478 toneladas emitidas al ambiente durante los 15 años de concesión.

### **7.6.2. Aporte al sector Salud**

De acuerdo a (Mena-Carrasco, Oliva, Spak, & De La Maza, 2012), analizando el cambio de combustible de vehículos Diésel a Gas, en una relación 1:1, la mejora en la calidad del aire debido a la disminución de contaminantes en el aire, deja beneficios al sector salud por tratamientos de enfermedades respiratorias de 9.130 USD al año, al ser un cambio de vehículos, de 2,8:1, y al ser 203 vehículos, nos encontramos que los beneficios para el sector salud con la entrada en operación del proyecto serían de 5'189.492 USD/año.

## **7.7. Viabilidad económica**

### **7.7.1. El Fondo de Estabilización Tarifario (FET)**

Por medio de la Resolución Metropolitana número 918 de 2011 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se establecieron los medios de pago para los concesionarios que operen sistemas de transporte masivo, tanto en modelo de operación de troncales como en alimentación.

Así las cosas, se entiende el FET como un sistema integrado, el cual tiene como fuente principal de ingresos el recaudo diario de la tarifa pagada por los usuarios al momento de movilizarse según la tarifa definida por la autoridad en movilidad.

Esta tarifa será integrada con cobros diferenciales de acuerdo al tipo de servicio o de transbordo que se realice en medio del uso del servicio, lo que permite que la tarifa por el uso del sistema se articule y se acople a la necesidad real de transporte del usuario.

Cada quincena la entidad concedente y los concesionarios concilian los kilómetros y pasajeros movilizados de acuerdo a la tarifa anteriormente negociada y, bajo los parámetros establecidos en el contrato, por medio del FET, se realiza el pago respectivo por el servicio prestado.

En caso que el FET presente un déficit, la Alcaldía de Medellín deberá subsidiar el pago al concesionario. Este concepto es asumido como riesgo de la demanda, es decir, que el municipio corre con el riesgo de que la remuneración a los concesionarios por el servicio prestado sea igual o inferior a lo recaudado por concepto de utilización del servicio, caso en el cual, subsidia el sistema.

En caso de que el FET genere recursos, estos se mantendrán allí para utilizarse como subsidio de temporadas de baja movilización de pasajeros o para la tarifa.

### **7.7.2. Principios básicos del marco económico del proyecto.**

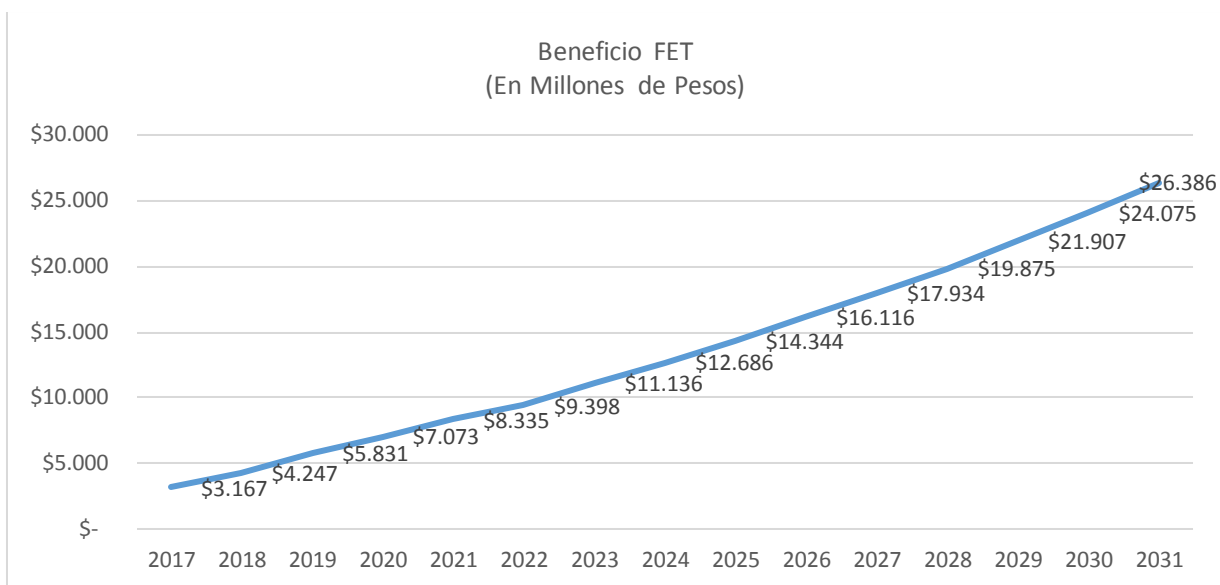
El proyecto, así como el contrato que existe actualmente con el concedente, se basa en el cumplimiento de los siguientes principios económicos:

1. Costeo: El modelo que se implemente para calcular la tarifa y la tarifa de integración del usuario considerará en primer lugar la capacidad de pago promedio de los usuarios.
2. Equilibrio: La tarifa que pagaran los usuarios se reflejará permanentemente en la cantidad que se requiera para pagar el costo de la operación.
3. Sostenibilidad: El diseño de las tarifas deberá garantizar la sostenibilidad financiera del sistema en el tiempo, de forma tal que permita el pago de todos los costos operacionales y administrativos.
4. Integración: Las tarifas deben integrar todos los servicios vinculados al SITVA.
5. Tarifas para poblaciones específicas: El diseño tarifario debe ser abierto a implementar modelos diferenciales para grupos poblacionales específicos sin afectar el servicio, la sostenibilidad del sistema y la economía del usuario.

### **7.7.3. Modelo Económico del Sistema y Aporte al FET**

Realizando un análisis independiente de este sistema, aparte de los otros que componen el FET, se evalúa su impacto positivo o negativo en el modelo económico tarifario del fondo. Dicho análisis se realiza teniendo en cuenta, la cantidad de pasajeros que va a movilizar este nuevo sistema, multiplicado por la tarifa de acuerdo al año en ejecución. A dicho ingreso, se le restan los gastos operativos del sistema, es decir, la remuneración fija por el pago de los buses más la remuneración variable por la operación. Con esto, se obtiene o un beneficio para el sistema o un déficit que debe ser subsidiado por el gobierno, quien administra el FET.

Grafico 3 Beneficio del FET en Millones de Pesos



Fuente: Elaboración Propia, Detalle Anexo4

Este beneficio proyectado al FET, se puede traducir a un Valor Presente Neto. Para este caso, se utilizara el mismo interés que se utilizó para el modelo financiero de la operación, que es del 10,43%. El valor presente neto del beneficio del FET, sería en este caso, de \$78.898'307.175. Este valor sería utilizado, en primer lugar, para el proceso de racionalización de los vehículos que actualmente operan en la zona, el margen que quede, se utilizaría como reserva en caso de un déficit en las finanzas a causa de que ocurra alguno de los riesgos que se mencionan más adelante y que pueden afectar el sistema.

#### 7.7.4. Racionalización a cargo del Sistema

Teniendo como base de precios el anexo 8 del pliego de condiciones de la licitación para la alimentación a la cuenca 6, y teniendo como base que los vehículos a racionalizar están entre modelos 1997 y 2010, se utilizaron precios promedio indexados a 2016 para calcular el costo total de racionalizar los vehículos para la entrada en operación del nuevo sistema y del Tranvía de Ayacucho con sus dos cables. De esta manera, se utilizó, para un Bus, un valor medio de: \$189'655.000 y para un Microbús, un valor medio de \$123'308.000, cabe aclarar que este precio varía de acuerdo al modelo del vehículo y que dichos valores están en el Anexo 8.

La compra de los 426 vehículos, tendría un costo total de \$ 71.504'450.000, que comparado con la VPN del modelo económico, que es de \$78.898'307.175, daría un margen aun de utilidad para mejoras en la malla vial, campañas de socialización, adaptación de paraderos, o reserva en caso de calamidades al sistema. En segundo lugar, cabe aclarar que se está tomando como responsable del proceso de racionalización, únicamente el sistema complementario de

alimentadores, por lo tanto a la tarifa por el uso del tranvía y sus cables no se les ha cargado ningún tipo de proceso de racionalización, lo cual sería un amplio beneficio a la hora de pagar la construcción e implementación de estos dos sistemas.

### **7.8. Impacto Social**

Para realizar la respectiva evaluación del impacto social que tendrá el sistema, se realizó un análisis de los beneficios para cada uno de los grupos poblacionales afectados por la implementación del proyecto.

#### **7.8.1. Conductores**

1. Los conductores tradicionales de bus pasarán de cumplir horarios de 17 y 18 horas, sin descansos a la semana, a laborar de acuerdo a lo establecido en la normatividad laboral vigente, con 8 horas de jornada y descansos semanales; esto mejora las condiciones y calidad de vida de una población de más de 500 operadores.
2. Por medio de la vinculación a la empresa, a través de un contrato de trabajo a término indefinido, se formalizará el sector en la zona, pues se elimina la informalidad de más de 500 conductores.
3. Al ser el recaudo por medio de la tarjeta Cívica, el conductor dejará de manejar dinero en efectivo, lo que lo protege de atracos, agresiones o extorsiones por dichos dineros, algo que mejora la seguridad y los niveles de estrés en la labor.
4. El conductor no se responsabilizará de un solo vehículo y su ingreso no dependerá de la producción de dicha unidad.
5. El conductor tendrá capacitación y educación constante. En caso que no tengan estudios de primaria y bachillerato, la empresa tiene implementado un proceso educacional por medio del cual todos validan estos niveles.
6. El pago se realizará por salario y no por pasajero movilizad, lo que termina con la conocida guerra del centavo y aumenta la seguridad en las vías y la calidad en el trabajo para los conductores.

#### **7.8.2. Usuarios**

1. La integración tarifaria le permitirá a los usuarios utilizar varios sistemas de transporte a bajo costo, permitiéndoles realizar recorridos más largos por menos dinero.
2. Los nuevos vehículos cuentan con todos los estándares de seguridad exigidos por el contrato y por la normativa colombiana.



3. El continuo monitoreo y supervisión por parte del centro de control garantiza que el servicio sea el mejor posible, con unas frecuencias menores y más oportunidad de abordaje.
4. La integración con otros medios de transporte le permitirá al usuario alcanzar distintas zonas de la ciudad con menores tiempos de desplazamiento.

### 7.8.3. Ciudad

1. La disminución en el parque automotor hará que hayan menos buses en circulación, por lo tanto las vías estarán más libres y se descongestionaran.
2. La disminución en el parque automotor y el uso de gas natural como combustible hará que la calidad del aire en la zona mejor considerablemente.
3. Al centralizar el proceso de lavado y mecánica en un patio logístico, se acabarán los buses lavando en vía, reparando en vía o estacionados en las calles de los barrios.
4. Se termina una fuente de financiación a la criminalidad por las vacunas.
5. Se formalizará el trabajo de lavadores y mecánicos, vinculados directamente con la empresa.
6. Se añadirán las comunidades a Comunidades Metro, beneficiadas con los programas sociales que hacen parte del SITVA.

## 7.9. Viabilidad legal y jurídica del proyecto

El presente aparte contiene la evaluación de viabilidad jurídica del proyecto. La premisa básica para esta será el marco constitucional y legal en el que se encuentra inmerso el servicio público de transporte masivo, específicamente en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y el municipio de Medellín; a partir de allí se determinará si tiene cabida en el orden normativo vigente la implementación del sistema propuesto.

Para esto se utilizará como metodología el descenso escalonado a través de los diferentes niveles que componen el universo jurídico colombiano, de manera que se determine si a la luz del derecho internacional y constitucional es viable, luego se pase a las provisiones de rango legal que cobijan el asunto y, finalmente, se verifique la adecuación en el nivel ejecutivo, es decir, de las normas infra legales que regulan el asunto, especialmente las metropolitanas y municipales

### 7.9.1. De la viabilidad convencional y constitucional del proyecto

El orden normativo colombiano está cimentado en una premisa básica, la prevalencia de la Constitución Política de Colombia sobre todas las demás disposiciones, algo que se encuentra plasmado de forma directa en el texto constitucional a través de la siguiente fórmula: “La Constitución es norma de normas. En todo caso de incompatibilidad entre la Constitución y la ley u otra norma jurídica, se aplicarán las disposiciones constitucionales” (Constitucion Política

de Colombia, 1991); así las cosas, todo análisis sobre la viabilidad de un proyecto desde el punto de vista jurídico debe partir de allí. Con esto claro, lo que ahora se debe determinar es el marco en el que la Constitución encuadra al servicio público de transporte de pasajeros.

En principio, toda persona es titular del derecho a la libre circulación. Esta prerrogativa está consagrada en el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos artículo 12 y en la Convención Americana sobre Derechos Humanos artículo 22 y, lógicamente, dentro de la Constitución Política de Colombia artículo 24. Este ha sido entendido como

(...) el derecho de toda persona a trasladarse libremente de un lugar a otro y a establecerse libremente en el lugar de su elección. El disfrute de este derecho no debe depender de ningún objetivo o motivo en particular de la persona que desea circular o permanecer en un lugar. Se trata de una condición indispensable para el libre desarrollo de la persona. (Corte Interamericana de Derechos Humanos, 2004)

Y en el mismo sentido la Corte Constitucional ha considerado que “(...) consiste en el derecho que tienen todos los colombianos de circular libremente por el territorio nacional, de entrar y salir de él, y de permanecer y residenciarse en Colombia” (Corte Constitucional, 2013)

Ahora, el papel del Estado como garante y protector de los derechos fundamentales de los habitantes del territorio nacional tiene gran incidencia en la libertad de locomoción, pues este depende en gran medida de la existencia de una infraestructura adecuada para la movilización y circulación cuando se trata de distancias considerables o que las personas tienen que cubrir en poco tiempo.

Debido a esto, la Constitución Política de Colombia consagra la obligación del Estado de intervenir en la economía para garantizar la correcta prestación de los servicios públicos (Constitucion Política de Colombia, 1991) Art 365, entendidos como actividades organizadas que tienden a satisfacer necesidad de interés general regular y continuamente (Corte Constitucional, 1998), en este caso, el de moverse dentro de los perímetros urbanos a partir de una infraestructura común.

Con estas precisiones, resulta claro que el Estado no solo está en la posibilidad de utilizar el servicio público de transporte masivo de pasajeros para garantizar el derecho a la libertad de circulación de las ciudades, sino que está obligado a ello, sea a través de la gestión de los sistemas por cuenta propia o mediante su prestación por particulares (Constitucion Política de Colombia, 1991).

Todo esto conlleva una cuestión adicional, la de la regulación de estas actividades, pues a pesar de que pueden estar insertas en el modelo económico eminentemente liberal que impera en Colombia, están fuertemente reguladas, dado el carácter de interés público que ostentan. Esto es confirmado por la Constitución Política de la siguiente manera: “Los servicios públicos estarán sometidos al régimen jurídico que fije la ley” (Constitucion Política de Colombia, 1991), así que el siguiente paso en el análisis de viabilidad jurídica del proyecto será el de la ley como norma que desarrolla los mandatos constitucionales ya mencionados.

### 7.9.2. De la viabilidad legal del proyecto

Inicialmente es necesario explicar que el carácter de servicio público de cierta actividad está determinado por las características del mismo, pero la ley tiene la virtualidad de consolidar dicha calificación, por ello la Ley 105 de 1993 estableció que

La operación del transporte público en Colombia es un servicio público bajo la regulación del Estado, quien ejercerá el control y la vigilancia necesarios para su adecuada prestación en condiciones de calidad, oportunidad y seguridad.

Excepcionalmente la Nación, las Entidades Territoriales, los Establecimientos Públicos y las Empresas Industriales y Comerciales del Estado de cualquier orden, podrán prestar el servicio público de transporte, cuando este no sea prestado por los particulares, o se presenten prácticas monopolísticas u oligopolísticas que afecten los intereses de los usuarios. En todo caso el servicio prestado por las entidades públicas estará sometido a las mismas condiciones y regulaciones de los particulares. (Ley 105 de 1993 "Política nacional del transporte urbano")

Así las cosas, resulta claro que el legislador decidió otorgar la calidad de servicio público al transporte público de pasajeros, por lo que su nueva labor sería la de regular la actividad de manera específica.

Para ello, en principio aparece la Ley 336 de 1996 como la que adopta el Estatuto Nacional de Transporte, cuyo objeto es el de "(...) unificar los principios y los criterios que servirán de fundamento para la regulación y reglamentación del transporte público aéreo, marítimo, fluvial, férreo, masivo y terrestre y su operación en el territorio nacional" (Ley 336 de 1996 "Por la cual se adopta el estatuto nacional de transporte"); además se establecen normas específicas relativas al transporte masivo, pero solo en caso que la Nación y sus entidades descentralizadas participen con aportes de capital, en dinero o en especie para la solución de sistemas de transporte masivo de pasajeros<sup>4</sup>, las cuales no son aplicables para el caso del proyecto aquí estudiado, pues como se vio anteriormente, la financiación del mismo provendrá de recursos de SAO-6 y créditos de la banca privada.

Entonces, a partir de las normas pertinentes de la Ley 336 de 1996 resulta posible la determinación de las características de servicio público de transporte, que en palabras de la Corte Constitucional son:

- Su objeto consiste en movilizar personas o cosas de un lugar a otro, a cambio de una contraprestación pactada normalmente en dinero.
- Cumple la función de satisfacer la necesidad de transporte de la comunidad, mediante el ofrecimiento público en el contexto de la libre competencia.
- El carácter de servicio público esencial implica la prevalencia del interés público sobre el interés particular; especialmente en relación con la garantía de su prestación –la cual debe ser óptima, eficiente, continua e ininterrumpida–, y la seguridad de los usuarios –que constituye

---

4 Vid. L. 336/1996, arts. 85 y 86.

prioridad esencial en la actividad del sector y del sistema de transporte (Ley 336 de 1996 "Por la cual se adopta el estatuto nacional de transporte").

- Constituye una actividad económica sujeta a un alto grado de intervención del Estado.
- El servicio público se presta a través de empresas organizadas para ese fin y habilitadas por el Estado.
- Todas las empresas operadoras deben contar con una capacidad transportadora específica, autorizada para la prestación del servicio, ya sea con vehículos propios o de terceros, para lo cual la ley difiere al reglamento la determinación de la forma de vinculación de los equipos a las empresas (Ley 336 de 1996 "Por la cual se adopta el estatuto nacional de transporte").
- Su prestación sólo puede hacerse con equipos matriculados o registrados para dicho servicio.
- Implica necesariamente la celebración de un contrato de transporte entre la empresa y el usuario.
- Cuando los equipos de transporte no son de propiedad de la empresa, deben incorporarse a su parque automotor; a través de una forma contractual válida (Corte Constitucional, 2014).

Del estudio que se ha presentado anteriormente se puede observar que el proyecto aquí planteado cumple con todos estos requisitos, así:

- El objeto del servicio es transportar personas dentro del área de influencia del Tranvía de Ayacucho y hacia los puntos de interés que determine la autoridad en la materia.
- Busca satisfacer la necesidad de los ciudadanos que se transportan dentro del área de influencia del Tranvía de Ayacucho para complementar, a partir del modelo de alimentadores, la oferta derivada de este sistema. Ello sin la necesidad de impedir el ingreso de otros actores a la oferta, pero con una ventaja comparativa derivada de la experiencia y la vinculación del proponente con el sector y el contratante.
- Propone la implementación de un modelo que garantiza la concurrencia de todos los parámetros técnicos, especialmente en cuanto a que el servicio se preste de forma óptima, eficiente, continua e ininterrumpida, siempre bajo los lineamientos que la norma técnica sobre seguridad establece.
- Se desarrolla bajo la estricta supervisión y vigilancia del Estado, en este caso de las autoridades municipales y metropolitanas de tránsito y transporte, específicamente el municipio de Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- El proyecto señala la capacidad transportadora que el proponente está en capacidad de ofrecer, así como la forma en que se adquirirán los vehículos que prestarán el servicio, todos ellos a nombre de la compañía.
- El servicio se desarrollará de acuerdo a un contrato de transporte ordinario entre la empresa oferente y el usuario.

Efectivamente se está en presencia de un proyecto para la prestación del servicio público de transporte terrestre, en este caso de forma urbana y masiva y, por lo tanto, deberá ser cuidadoso de observar la normatividad vigente al respecto.

En principio, luego de esta introducción, es necesario indicar que la Ley 86 de 1989 establece las normas relativas al servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros y consagra los principios básicos que deben orientar su diseño; estos son: (i) El desestimulo del uso superfluo del automóvil particular; (ii) El mejoramiento en la eficiencia de la infraestructura vial actual y, (iii) La promoción de la masificación del transporte público (Ley 86 de 1989 "Normas para el transporte Masivo"). Salta a la vista que un modelo como el que aquí se presenta está en línea con estos objetivos.

Posterior a esto y superados todos los requerimientos arriba mencionados en cuanto a la clasificación del servicio a prestar como público de transporte masivo de pasajeros por la vía terrestre, ahora solo resta precisar el régimen de contratación al que deberán ceñirse, tanto el proponente como la contratante.

En principio debe quedar claro que cualquier operación para un servicio de transporte público debe estar sujeta a la obtención de un permiso, la celebración de un contrato de concesión, operación o convenio interadministrativo, implica un acto que demuestre el interés de la administración en permitir que un tercero, particular o no, desarrolle la actividad.

En el presente caso, SAO6 ya cuenta con un contrato de concesión firmado con la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá (Metro de Medellín), cuyo objeto es la prestación del servicio público de transporte masivo de pasajeros en la modalidad de alimentadores, dentro de la cuenca 6 de la ciudad, la cual cubre el área de influencia del Tranvía de Ayacucho y por lo tanto al proyecto aquí propuesto.

Así las cosas, el marco legal en que descansa el servicio se encuentran cumplido para dar viabilidad al proyecto y ahora será necesario estudiar si desde el punto de vista ejecutivo o administrativo se cumplen los requisitos o es necesario realizar actuaciones adicionales.

### **7.9.3. De la viabilidad administrativa del proyecto**

En el nivel ejecutivo las normas y regulaciones frente al transporte público masivo de pasajeros son: (i) El Decreto 3109 de 1997, (ii) el Decreto 170 de 2001 y, (iii) la Resolución 1371 de 2008; a partir de allí es que se debe buscar la solución jurídica necesaria para que el proyecto se pueda llevar a cabo, pues, como se vio, el ordenamiento constitucional y legal es bastante amplio en estas materias.

Inicialmente es necesario establecer cuál es la autoridad competente en materia de transporte público masivo de pasajeros, de conformidad con lo que establece el Decreto 3109 de 1997. Así las cosas, para el caso del Sistema Integrado de Transporte Masivo del Valle de Aburrá, en virtud de lo dispuesto por la Resolución 1371 de 2008 del Ministerio de Transporte, la autoridad de transporte para la administración del SIT-VA en todos sus componentes es el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (con inclusión de los buses alimentadores), tanto dentro del perímetro urbano de Medellín como de los municipios de Envigado, Bello, Itagüí, Girardota, Barbosa, Copacabana, Sabaneta, La Estrella y Caldas (Resolución 1371 de 2008).

De esta manera, cualquier modificación en el esquema del SIT-VA debe contar con la aprobación del AMVA, lo que en principio implicaría acudir a esta para la aprobación de los modelos de sistema, especialmente en cuanto a las rutas a utilizar.

No obstante ello, se debe tener en cuenta que la sociedad que pretende prestar el servicio, es decir, SAO6, ya cuenta con un contrato de concesión para la operación preferencial y no exclusiva del servicio público de transporte masivo de pasajeros en la modalidad de servicios alimentadores al SIT-VA en las cuencas 3 y 6 del área de influencia del sistema, el cual tiene un plazo de quince años y fue firmado con la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada.

Allí se establece la posibilidad de agregar servicios a los contratados inicialmente, para lo cual la empresa debe presentar a la entidad contratante un estudio técnico en el que soporte la necesidad de este, así como un plan de flota a adquirir para el mismo. Esto no significa que sea la entidad concedente la que autorice la operación, específicamente las rutas y los servicios, sino que la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada deberá acudir a la autoridad de transporte para solicitar todas las autorizaciones correspondientes.

Así las cosas, desde el punto de vista administrativo, la viabilidad del proyecto depende de la decisión de la empresa concedente en cuanto a la necesidad o no del mismo, que con este estudio se pretende demostrar, al igual que su viabilidad técnica y financiera; pero además de esto, se requiere de las autorizaciones que la autoridad de tránsito, es decir, el AMVA, emita para el efecto, así como las condiciones que en las mismas se establezcan.

Al respecto de la modificación del plano de operación para los servicios alimentadores de las cuencas 3 y 6, la Resolución 348 de 2012 del AMVA establece los principios o parámetros técnicos que se deben considerar, entre los que están: (i) Manejo adecuado de la demanda estimada, de manera que se priorice la comodidad de usuario y el uso eficiente de la flota; (ii) el intervalo entre vehículos de un mismo servicio debe ser el más conveniente; (iii) no se podrá superar la velocidad máxima que la normativa establece para el tránsito de vehículos; (iv) se debe garantizar la fluidez de la operación; (v) se deben establecer horarios de cobertura adecuados y suficientes; (vi) la oferta diaria debe corresponder a la demanda diaria y, (vii) se usará eficientemente la infraestructura disponible. Estas serán las cuestiones que la autoridad de tránsito tendrá en cuenta al momento de realizar la solicitud.

Como conclusión, desde todos los niveles del ordenamiento jurídico el presente proyecto es viable, pues no vulnera ninguna norma imperativa ni afecta derechos o prerrogativas fundamentales, más aún, las amplía y desarrolla. No obstante lo cual no es correcto establecer un cien por ciento de probabilidades de éxito, pues las decisiones en cuanto a la necesidad del nuevo servicio dependen de la voluntad, no solo de la empresa que entregó la concesión a SAO6, sino del AMVA, quien debe establecer si este encaja dentro del modelo de transporte masivo de pasajeros que se proyecta para la ciudad.

## **8. Viabilidad Organizacional**

En vista de que la compañía que realizara el proyecto, cuenta actualmente con una estructura administrativa plenamente constituida y en funcionamiento, y, de que el proyecto sería una

adición a los procesos misionales actuales de la compañía sin nuevos core de negocio o aspectos diferenciales con las funciones actuales que cumple la compañía, se adoptaría la estructura actual con un incremento en la cantidad de personal a cargo de cada uno de los procesos que se requieren para llevar a cabo dicha operación.

De esta manera, el personal necesario a incrementar en la compañía, se ve reflejado en la tabla que se muestra a continuación, con sus respectivas remuneraciones ya establecidas por los salarios actuales de la empresa

*Tabla 14 Nomina a incrementar*

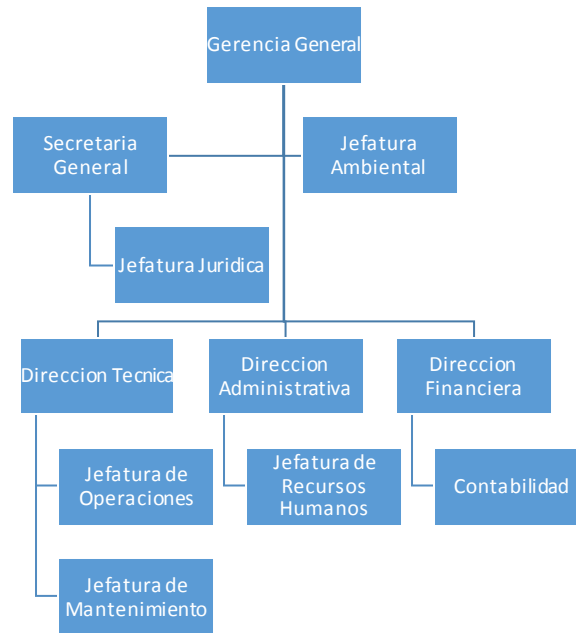
<b>Área</b>	<b>Cargo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Salario</b>
Mantenimiento	Lavadores	20	\$ 664.350
Mantenimiento	Alistador	15	\$ 664.350
Mantenimiento	Pintor	10	\$ 664.350
Mantenimiento	Líder de Pintura	1	\$ 1.000.000
Mantenimiento	Mecánico C	16	\$ 732.200
Mantenimiento	Mecánico B	12	\$ 941.400
Mantenimiento	Mecánico A	8	\$ 1.150.600
Mantenimiento	Supervisor de Patio	3	\$ 1.300.000
Mantenimiento	Jefe de Mantenimiento	1	\$ 2.500.000
Mantenimiento	Programador de Mantenimiento	1	\$ 2.000.000
Operaciones	Controlador CMO	6	\$ 950.000
Operaciones	Programador	2	\$ 2.000.000
Operaciones	Supervisor de CMO	2	\$ 2.000.000
Operaciones	Programador	2	\$ 2.000.000
Operaciones	Auxiliar de Operaciones	10	\$ 664.350
Operaciones	Profesionales de estadística	2	\$ 1.500.000
Operaciones	Jefe de Operaciones	2	\$ 2.500.000
Administrativa	Auxiliar de Nomina	2	\$ 950.000
Administrativa	Capacitadores	2	\$ 1.000.000
Administrativa	Psicóloga	1	\$ 2.000.000
Administrativa	Jefe de Talento Humano	1	\$ 2.500.000
Administrativa	Trabajadora Social	1	\$ 2.000.000
Administrativa	Secretaria	3	\$ 850.000
Financiera	Contadora	1	\$ 2.000.000
Financiera	Auxiliar de Contabilidad	2	\$ 1.200.000
Financiera	Jefe Financiero	1	\$ 2.500.000
Jurídica	Abogado	3	\$ 1.500.000
Jurídica	Secretario General	1	\$ 4.500.000
<b>Total</b>		<b>131</b>	<b>\$ 44.231.600</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Cabe aclarar que la nómina expuesta en la Tabla 14, representa únicamente el personal a incrementar, hay personal que actualmente está en la nómina de la empresa, y que no es necesario incrementar con el ingreso del proyecto, y que sin embargo, harían su aporte al correcto funcionamiento del mismo, disminuyendo así los costos. De igual manera en estos gastos de nómina no está incluido el incremento necesario de operadores, ya que esto se llevó dentro del análisis financiero como un costo operativo.

En vista de que toda la estructura de la compañía absorbería el proyecto integrándolo como un incremento en la operación actual de la empresa, se presenta una síntesis de la estructura organizacional, mostrando el modo de funcionamiento de la empresa como se presenta actualmente sin detallar cada uno de los procesos de los departamentos respectivos.

*Grafico 4 Estructura Organizacional*



*Fuente: Elaboración propia*

### **8.1. Procesos de la Dirección Financiera en el proyecto**

La dirección financiera, en primer lugar tiene como funciones llevar toda la contabilidad de la compañía, así como gestionar los pagos y cobros tanto a proveedores como a acreedores, pero al interior del proyecto tendrían una función crítica y muy importante que consiste en conseguir la financiación requerida para la puesta en marcha del proyecto. La inversión necesaria para adquirir los vehículos nuevos, así como las inversiones en planta física y personal, requieren un apalancamiento financiero, por ello, por medio de las herramientas e informes con que cuenta la compañía, se buscarían los recursos por parte del proyecto desde esta dirección.



De igual manera, en el transcurso de la ejecución del proyecto, las funciones del departamento deben continuar ejecutándose.

### **8.2. Procesos de la Dirección administrativa en el proyecto.**

Un proyecto de esta magnitud requiere una amplia mano de obra, por lo tanto el principal aporte que realizara la dirección administrativa, sería el proceso de formalizar el empleo de los conductores que actualmente operan en la zona con las empresas tradicionales de buses. Se haría necesario revisar los perfiles de cada uno de los conductores y comenzar con esto a realizar el proceso de vinculación. Es importante anotar que el proyecto tiene como condición garantizar que estas personas no van a quedar sin empleo.

También se hace necesaria la contratación del personal extra que necesita la compañía para la entrada en operación de este proyecto, por lo tanto sería otro importante aporte de la dirección administrativa buscar y atraer el talento humano necesario para que el proyecto salga adelante.

### **8.3. Procesos de la Dirección técnica en el proyecto**

Al ser la dirección encargada del mantenimiento y las operaciones de la empresa, y al tener a cargo todos los procesos misionales de la misma, la mayor parte del proyecto recaería sobre ella.

En primer lugar, la presentación de los estudios respectivos, así como la creación del modelo operacional con las condiciones pactadas en el contrato y reguladas por la ley, serian responsabilidad de esta dirección, implementar las rutas, capacitar los operadores, informar a la comunidad y relacionarse con otros entes externos como las secretarías de la Alcaldía o la autoridad de transporte masivo.

De igual manera, durante el proceso de ejecución del proyecto, todo el proceso misional del mismo queda a cargo de la dirección técnica, por lo tanto la ejecución del presupuesto para inversiones en el taller de mantenimiento, así como la puesta en marcha del proyecto queda a cargo de esta dirección

### **8.4. Procesos de la Gerencia General en el Proyecto**

Como encargado de representar a la compañía frente a los entes externos, y como ente administrador y articulador de las direcciones, el papel de la Gerencia general es crítico en el proyecto. En primer lugar debe realizar todo el trabajo de poner en marcha la propuesta, presentarla ante las autoridades competentes y conseguir que se avale el proyecto. Posteriormente mantener el funcionamiento del proyecto y velar por que este se integre de manera óptima con los demás procesos que tiene la compañía actualmente, sin que vaya a afectar de manera negativa la actualidad de la empresa.

Por último, en medio de la puesta en marcha, por medio de la gerencia, se deben articular todos los procesos de las direcciones para que den como resultado un funcionamiento óptimo de la implementación del proyecto y un beneficio para la compañía.

## 9. Identificación y Análisis de riesgos

Para efectos de este análisis, se tomará como base el catálogo interno y los riesgos definidos en el documento CONPES 3714, adicionalmente se le realizará el análisis particular a cada riesgo y su posible contención.

### 9.1. Calificación de los riesgos

De acuerdo con lo expuesto por Arboleda & Vélez (2013), para este análisis, se calificarán los riesgos en dos factores fundamentales que los tipificarán y los clasificarán.

1. Probabilidad.
2. Severidad.

*Tabla 15 Calificación de los riesgos*

Probabilidad	
Escala	Descripción
Baja	Se prevé que el riesgo no va a ocurrir o es muy difícil que ocurra
Media	Es probable que el riesgo se materialice solo en circunstancias especiales
Alta	Se espera que el riesgo se materialice o es muy probable que ocurra

Severidad	
Escala	Descripción
Leve	Daños materiales o pérdidas económicas pequeñas que no afecten en gran manera el proyecto o a los interesados
Moderada	Daños o pérdidas que afecten de gran manera el proyecto, pero que no pongan en riesgo la ejecución del mismo
Grave	Daños muy graves que afectan el proyecto o los interesados y que ponen en riesgo la continuidad del proyecto.

*Fuente: Elaboración propia basado en (Arboleda Vélez, 2013)*

La probabilidad será la contingencia de que el riesgo presente se materialice, de manera que produzca algún desgaste administrativo, financiero o técnico para el proyecto.

Por medio de la severidad se medirá el impacto de la materialización de este riesgo en el proyecto o para los grupos interesados.

Es importante anotar que la calificación de los riesgos se hará de manera cualitativa y no incluye una modelación financiera y cuantitativa de los mismos.

## 9.2. Estimación cualitativa y clasificación de los riesgos

Tabla 16 Clasificación de los Riesgos

Tipo	Riesgo	Probabilidad	Severidad
Económico	Riesgo de la Demanda del sistema	Media	Moderada
	Egresos superiores durante la operación	Media	Moderada
	Pérdida o daño de los bienes	Alta	Moderada
	Riesgo de evasión de pasajeros	Baja	Leve
Sociales	Manifestaciones que interrumpan la operación	Baja	Baja
	Paros del personal de la empresa	Baja	Moderada
	Cobro de vacunas	Baja	Moderada
	Situaciones de orden publico	Media	Moderada
Operacionales	Velocidad comercial menor a la proyectada	Alta	Moderada
Financieras	Dificultades para asumir las obligaciones financieras	Baja	Moderada

Fuente: Elaboración propia basado en (Arboleda Vélez, 2013)

Tabla 17 Estimación de los Riesgos

Estimación del riesgo				
		Severidad		
		Leve	Moderada	Grave
Probabilidad	Baja	Trivial	Tolerable	Moderado
	Media	Tolerable	Moderado	Importante
	Alta	Moderado	Importante	Intolerable

Fuente: (Arboleda Vélez, 2013)

## 9.3. Matriz de Riesgos

Grupo	Riesgo	Mitigación	Acciones
Económico	Riesgo de la demanda del sistema	Se debe mantener una tarifa que sea asequible para todos los usuarios del sistema	La integración física y tarifaria del sistema alimentador permite que haya una ventaja competitiva con el sistema tradicional
		Evaluación constante del estado del servicio, con verificación de los tiempos de recorrido, velocidades comerciales y frecuencias	Hay una plataforma tecnológica que provee el contratista, desde donde se le hace seguimiento constante a la operación, lo cual ayuda en gran medida a mantener un buen nivel de servicio

		Se debe tarjetizar a todos los usuarios actuales del sistema tradicional para que puedan usar el servicio	El concedente cuenta con un programa que visita las comunidades para tarjetizar a los usuarios a domicilio
--	--	---	--

Grupo	Riesgo	Mitigación	Acciones
Económico	Egresos superiores durante operación	Se deben disminuir al máximo los precios de los productos que se adquieren para la operación de las unidades al utilizar la ventaja de un parque automotor homogéneo	Negociar por volumen los artículos de alto consumo, especialmente: Combustible, lubricantes, llantas, repostería
		Mantener al día la información de ajuste de tarifa para que los incrementos en los precios no afecten la operación	La empresa cuenta con software de análisis de información de precios para la entrega de esta a las autoridades

Grupo	Riesgo	Mitigación	Acciones
Económico	Pérdida o daño de los bienes	Se deben mantener un estricto control sobre los vehículos para evitar su robo	Se cuenta con un software denominado SAE, que lleva un botón de pánico y seguimiento de cada uno de los vehículos en tiempo real satelitalmente
		Evitar el maltrato durante la operación por parte de los operadores a las unidades vehiculares, (Sobrerrevoluciones, excesos de velocidad, temperaturas fuera del rango de operación)	Se cuenta con un software que lee en tiempo real las variables de motor y alerta en caso de algún abuso o daño en el mismo
		Evitar que se sustraigan repuestos o materiales de los patios logísticos	En cada patio se cuenta con equipos de vigilancia 24 horas, así como con cámaras de seguridad y contacto directo con la policía del cuadrante

Grupo	Riesgo	Mitigación	Acciones
Económico	Riesgo de evasión de pasajeros	Se debe evitar que los pasajeros ingresen al sistema sin realizar el pago del respectivo pasaje	Se cuenta dentro de la nómina con supervisores, ubicados 24 horas en la vía y encargados de vigilar que estos eventos no ocurran, además las cámaras al interior del vehículo registran estas novedades en caso de que sea necesaria una verificación visual
		Evitar que el operador cobre el pasaje en efectivo y permita el ingreso de pasajeros al sistema.	En el reglamento interno está contemplado el despido en caso de que esto ocurra, adicionalmente se tienen cámaras en los vehículos y supervisores en la vía por 24 horas.

Grupo	Riesgo	Mitigación	Acciones
Social	Manifestaciones que interrumpen la operación	Al no ser un sistema de carril exclusivo como un BRT, Metro o Tranvía, existe la posibilidad de desviar las rutas en caso de manifestaciones públicas	Mantener planes de contingencia y trazados de rutas alternas en caso de interrupciones en las vías

Grupo	Riesgo	Mitigación	Acciones
Social	Paros del personal de la empresa	Por ley, al ser un servicio esencial, los paros por personal de la empresa no están permitidos	Mantener el personal informado de la regulación que prohíbe este tipo de acciones
		Tener líderes positivos dentro del personal	Designar líderes por cada para que transmitan descontentos o problemas en la operación
		Mantener comunicación continua con el personal	Por medio de los supervisores de ruta así como el centro de control, se mantiene un contacto con los operadores, adicionalmente se le hará una reunión mensual para tratar dudas, inquietudes o solucionar problemas que tengan

Grupo	Riesgo	Mitigación	Acciones
Social	Cobro de vacunas	Evitar el manejo de efectivo	El pago del pasaje se realiza por medio de tarjeta Cívica, por lo tanto los conductores no manejan efectivo
		Evitar el cobro externo por lavado y alistamiento	Vincular al personal de lavado y alistamiento
		Evitar el cobro externo por seguridad	Se implementará vigilancia en los patios y sus alrededores por medio de una empresa de seguridad privada que cumpla con todos los requisitos legales
		Mantener informadas a las autoridades	Se tiene un plan de choque para cobro de vacunas con comunicación directa con el GAULA de la Policía, la policía del metro y la MEVAL

Grupo	Riesgo	Mitigación	Acciones
Social	Situaciones de orden público	Al no ser un sistema de carril exclusivo como BRT, Metro o Tranvía, existe la posibilidad de desviar las rutas en caso de manifestaciones publicas	Mantener planes de contingencia y trazados de rutas alternas en caso de interrupciones en las vías
		Evitar el ingreso a zonas en conflicto armado	Mantener la instrucción desde el centro de control de que en caso de que haya un enfrentamiento armado en una zona, se evite el tránsito por la misma hasta que se reestablezca el orden
		Mantener informadas a las autoridades	Se tiene un plan de choque para cobro de vacunas con comunicación directa con el GAULA de la Policía, la policía del metro y la MEVAL

Grupo	Riesgo	Mitigación	Acciones
-------	--------	------------	----------

Operativa	Velocidad comercial menor a la proyectada	Detectar e informar vehículos mal estacionados en la vía pública que impidan el libre tránsito	Se tiene comunicación directa con los patios del tránsito y se realizan los respectivos levantamientos a los vehículos mal estacionados
		Mantener rutas óptimas	Por medio del software de control de flota, se pueden optimizar los recorridos basándose en datos históricos de las velocidades promedio de cada vía
		Aplicar medidas operativas en tiempo real	Tomar decisiones en tiempo real desde el Centro de Mando para incrementar la velocidad comercial de una ruta, específicamente a través de la aplicación de bucles, desvíos de ruta o con la anulación de determinados paraderos a ciertas horas del día

Grupo	Riesgo	Mitigación	Acciones
Operativa	Dificultades para asumir las obligaciones financieras	Implementación de una fuente de pago	El banco creará una fiducia por medio de la cual se realizará el pago de la remuneración fija y variable, retirará lo que le corresponda y luego transferirá el restante a la empresa
		Pólizas de cumplimiento	Compra de seguros y pólizas que cubran posibles detrimentos o demoras en los pagos por parte de la administración municipal

### 10. Viabilidad financiera del proyecto

A partir de los cálculos financieros macro y microeconómicos, después de considerar todos los factores técnicos y sociales expuestos anteriormente, se realizará la estructura financiera del proyecto en cuestión.

En primer lugar, es importante anotar que este proyecto se lleva a cabo bajo la metodología Project Finance, creada para emprendimientos de gran envergadura y en donde, a pesar de que el costo financiero es muy alto y el apalancamiento abarca gran parte del capital del mismo, los

beneficios son altos para los inversionistas También cabe aclarar que los flujos de caja garantizarían de alguna forma el ingreso, tanto para el banco, como para el inversionista.

Inicialmente se requiere la compra de 203 unidades vehiculares. Por tratarse de una extensión de un proyecto que existe actualmente, se utilizaría el mismo vehículo con el que se trabaja hoy, ya que cumple con las especificaciones técnicas que exige el contrato dentro de sus anexos. Por lo tanto, se deben comprar vehículos marca DINA, modelo Runner8G, los cuales tienen un costo de USD85.000 DAP (Delivery at Point) y que están exentos del pago del IVA por funcionar únicamente con gas natural; por lo tanto, este valor sería el total a pagar por unidad comprada, lo cual indicaría una inversión de USD 17'255.000 por las 203 unidades vehiculares.

*Tabla 18 Inversiones en Taller de Mantenimiento*

<b>Adecuaciones del Taller</b>	
Herramienta Básica	\$ 18.000.000
Herramienta Especializada	\$ 45.000.000
Elevadores	\$ 40.000.000
Surtidores de Lubricantes	\$ 12.500.000
Cabina de Pintura	\$ 50.000.000
Adecuaciones Oficinas	\$ 250.000.000

*Fuente: Elaboración Propia Detalle Anexo 5*

Adicionalmente, se requieren algunas adecuaciones para poder iniciar la operación con estas unidades. Esas inversiones se detallan en la Tabla 18.

Estas inversiones sumadas a la compra de los vehículos, reflejan un monto a invertir, a la tasa de cambio actual (Enero 4 de 2016), que es de COP\$3.120 por USD\$1, de COP\$54.251.100.000. Esta ya ha sido negociada con el banco Sudameris y se tomarán las mismas condiciones del crédito del proyecto que está actualmente en curso con 194 vehículos. Este implica una tasa efectiva anual de 10.43%, desembolsados en diciembre de 2016, con un periodo de gracia de 1 año sin intereses y otro periodo de gracia con intereses de 1 año.

La participación en el proyecto sería un 65% financiado y un 35% de *equity*, lo cual indicaría una inversión inicial de \$18.987'885.000, mientras que el restante sería financiado por la entidad anteriormente mencionada, bajo las condiciones ya descritas, lo cual dejaría una tasa de pago mensual, durante los 13 años restantes de la operación, de \$403'937.317 mensual, afectado anualmente por el incremento en el IPC.

### **10.1.Ingresos**

Los ingresos del proyecto constan de dos partes: en primer lugar, está el pago de los vehículos por parte del concedente, dicho pago se hace con la división de \$208'000.000 a 15 años por cuotas mensuales afectadas por el IPC. Es un valor plano, por lo tanto no se le realizara mayor análisis, lo que sí cabe apuntar, es que el valor definido por el contrato es fijo, por lo tanto el valor real de la adquisición de los vehículos depende de la empresa, quien tiene una libertad

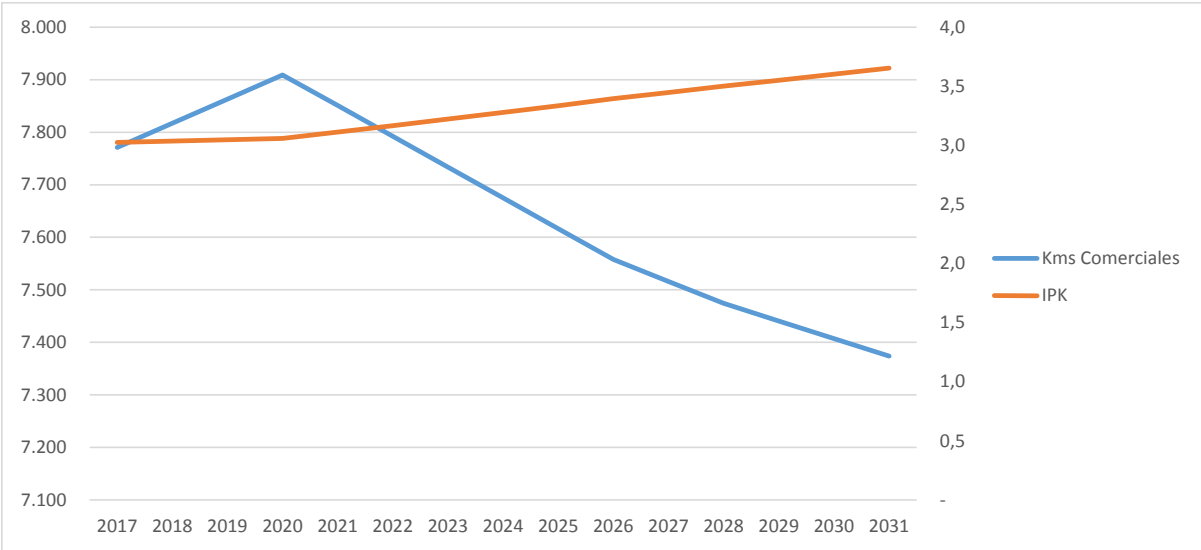


limitada para elegir el tipo de vehículo, modelo y marca, siempre que cumpla con las condiciones del contrato.

Los vehículos que se gestionaron y que cuentan con aprobación por parte del concedente, tienen un costo de USD 73.500, lo cual, a la tasa de cambio de hoy (4 de Enero de 2015), implica un total de COP\$231'525.000, lo que comporta un margen de pérdida de \$23'525.000 por unidad en la adquisición de vehículos que debe ser asumido por el proyecto.

Por otro lado está la remuneración variable, que se compone en un 89% de los kilómetros comerciales recorridos por las unidades, y en un 11% por el IPK total del proyecto. Luego de analizar las demandas, las fluctuaciones de las mismas durante el año, así como la capacidad de los vehículos para laborar durante cada periodo del año y durante cada anualidad del contrato, se obtienen los datos que refleja el Gráfico 4.

Grafico 5 Kilómetros Comerciales vs IPK



Fuente: Elaboración Propia Detalle Anexo 3

Resulta entonces que durante los primeros 4 años, con inclusión de los 2 que dura la garantía de los vehículos y los 2 de la pos garantía, hay un excelente desempeño en la generación de kilómetros para la empresa; pero luego del cuarto año, debido al desgaste natural de los mismos, estos kilómetros se comienzan a ver diezmos por cuenta de las detenciones que hay que hacerle a las unidades para realizar reparaciones o mantenimiento.

Por otro lado y como es natural, al comenzar a disminuir el indicador de kilómetros, el IPK comienza a aumentar, pues los pasajeros se movilizan con una menor cantidad de kilómetros, lo cual, en cierta medida, compensaría la pérdida. Gracias a la fórmula que se planteó anteriormente, en donde la remuneración variable se acomoda a los precios del mercado de los principales insumos para la prestación del servicio, la remuneración variable es un poco más estable y se mantendría en niveles positivos.

## 10.2. Costos operativos

Los costos operativos están constituidos por el costo de producción (insumos y materias primas para producir el bien o servicio y la mano de obra) y los gastos operativos (Comunicación, servicios, repuestos, suministros, etc.) (Arboleda Vélez, 2013)

Dentro de los costos operativos, se tienen en cuenta 3 factores: (i) El gasto de combustible, (ii) El salario del operador del bus y (iii) El costo de las piezas con las que se realizan las reparaciones o el mantenimiento de los vehículos.

Para el cálculo del gasto de combustible (i) se tiene en cuenta que los motores B-Gas Plus que tienen las unidades marca DINA, modelo Runner 8G, poseen un consumo de  $2\text{km}/\text{m}^3$ , el cálculo del costo del combustible de acuerdo a los kilómetros recorridos por los vehículos, con un kilometraje muerto (kilómetros que los vehículos realizan durante la operación y en los cuales no están prestando servicio comercial y que no es pagado por el concedente del contrato) del 10%, y con el ajuste de los precios del gas a los incrementos del IPC y a la fluctuación de los precios del dólar. Para la cantidad calculada de operadores que se necesitan (ii), se tiene en cuenta que cada unidad funciona 19 horas al día y que se cuenta con turnos por operario de 8 horas, de acuerdo a lo dispuesto para la jornada laboral máxima en Colombia<sup>5</sup>, se tendría un factor de 2,375 operadores por vehículo. Adicional esto, es necesario sumar otros factores que causan un incremento en este valor: (a) Descanso, dado que es 1 a la semana, incrementaría en 0.142 el factor; (b) Vacacional, en donde se cuentan aproximadamente 18 días (15 por ley, pero sin tener en cuenta dominicales que afectarían al factor, lo cual aproxima a 18), sumaría un 0.0493 al factor y, por último, (c) Incapacidad, que basados en la experiencia, se entiende que los operadores se incapacitan en promedio 20 días al año, por lo que se suma 0.0547 al factor.

Estos factores juntos componen una necesidad para la operación comercial de 2.621 operadores por unidad vehicular. Basados en esta cifra, multiplicándola por los carros que entrarían a operar se determinó la cantidad de personas a contratar: 532 operadores.

Estos operadores cuentan con un salario equivalente a 1,5 salarios mínimos legales mensuales vigentes, los cuales aumentarían por varios factores. En primer lugar, por los recargos, que calculados como nocturnos y dominicales, incrementarían este salario en un 17%; adicionalmente, se deben aplicar estos recargos a las cotizaciones del Sistema General de Seguridad Social Integral, los cuales aumentarían el costo operativo por los operadores vehiculares en un 36%. Aparte, se tuvo en cuenta dentro de estos costos la dotación anual de los operadores, y una reserva para viáticos necesarios para la operación.

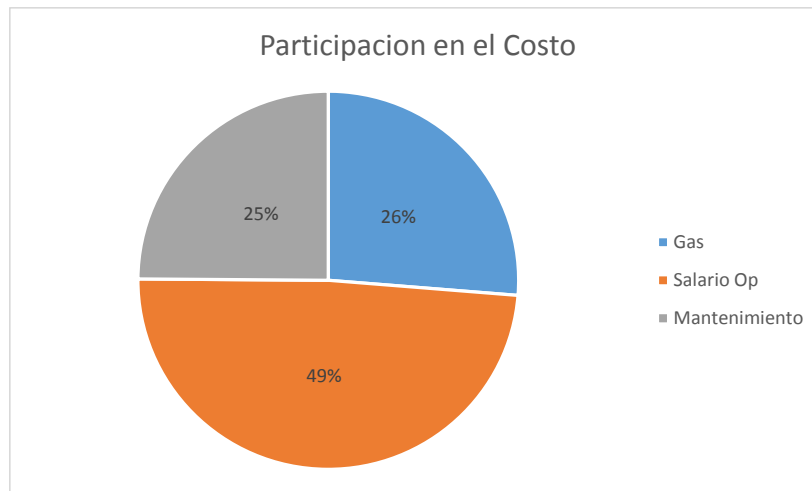
Dentro de los costos de repuestos y mantenimiento (iii), se tuvo en cuenta, en primer lugar, los mantenimientos preventivos, que ya están costeados en precio de los repuestos y periodicidad de los mismos; mientras que, basados en la experiencia en la operación, se costearon los mantenimientos correctivos, provisionándolos mensualmente y asignándole a los mismos unas

---

5 Vid. Código Sustantivo del Trabajo.

periodicidades. Adicionalmente se tuvieron en cuenta los gastos de lavado y alistamiento interno.

*Grafico 6 Participación en el Costo*



*Fuente: Elaboración Propia, Detalle Anexo 5*

La Gráfica 3 refleja la importancia que tienen los salarios operativos en el costo, por lo tanto se hace necesario mantener al día la cantidad de personal, pues su insuficiencia derivaría en la generación de horas extra que incrementarían el costo de la horas laboradas o, peor aún, la falta de generación de kilómetros y por consiguiente la pérdida de ingresos para la empresa. Por lo tanto, este es el factor más importante a gestionar y gerencia.

Por otro lado, el consumo de gas y el mantenimiento de los vehículos, a pesar de estar un poco holgados y no tener tanto peso en el costo, deben ser igualmente gerenciados, ya que una mala conservación de las unidades derivaría en un desgaste prematuro, que reduce su vida útil o aumenta los costos para otros periodos. Mientras que el combustible es un factor que depende de un tercero, pues es el Estado quien vende, evalúa, extrae, comprime, procesa y determina el precio al mismo.

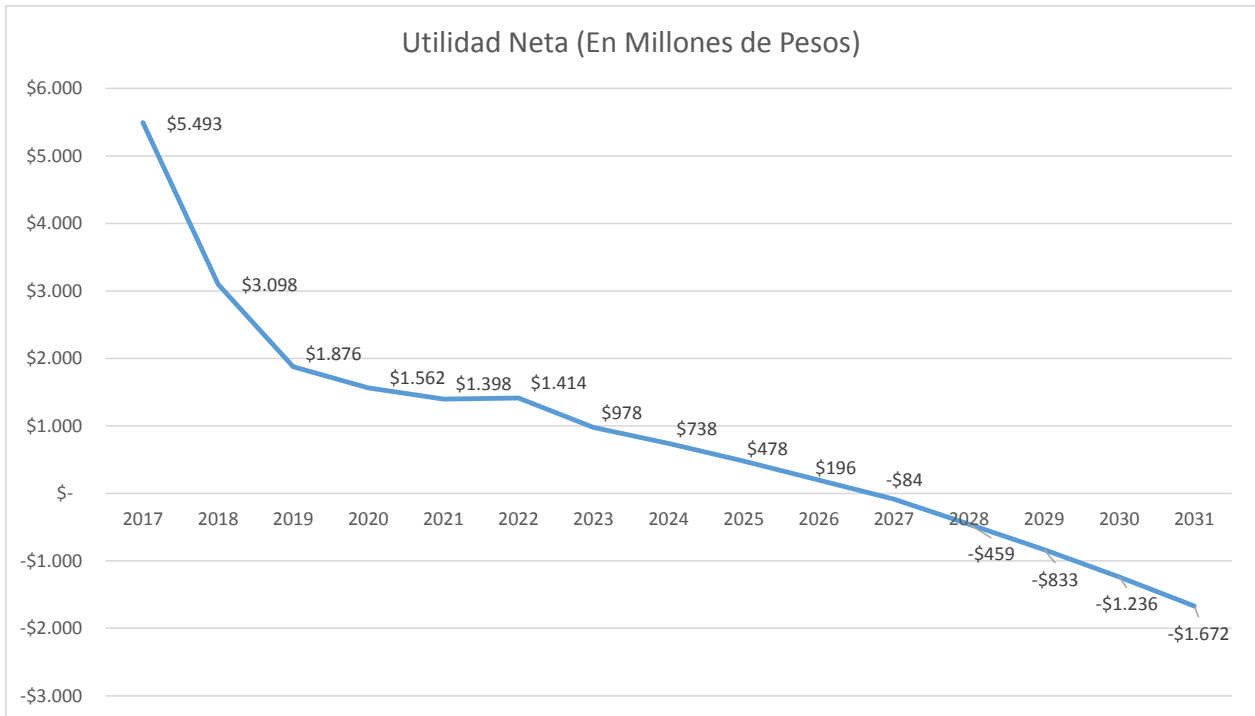
### **10.3.Utilidad, VAN y TIR**

Luego de analizar los costos y gastos, así como los ingresos<sup>6</sup>, se puede determinar la utilidad que generaría el proyecto durante cada uno de los años de operación.

---

6 Vid. anexo costos-financiero.

Grafico 7 Utilidad Neta durante la concesión



Fuente: Elaboración Propia, Detalle Anexo 5

En el Gráfico 7 se puede observar que en el primer año la utilidad es muy grande, debido al año de gracia que otorga el banco al iniciar la operación, seguido de otro año de gracia en donde solo se cobran los intereses; a partir de ahí el pago de la cuota normal del crédito hace que la utilidad disminuya drásticamente; esto, sumado a la depreciación de los vehículos, hace que el proyecto contablemente parezca poco viable.

El flujo de caja, se construyó siguiendo el siguiente esquema:

Tabla 19 Estructura del Flujo de Caja

<b>Estructura del Flujo de Caja</b>
Ingresos
- Salarios
- Combustibles
- Repuestos y Mantenimiento
- Pago de Impuestos
<b>= Flujo Neto Económico</b>
- Servicio de la Deuda
<b>= Flujo Neto Financiero</b>

Fuente: Elaboración propia con base en (Gomez Salazar & Diez Benjumea, 2015)

Cuando se estudian los flujos de caja respectivos, como aparece en el Gráfico 8, al devolver la depreciación de las unidades vehiculares, se produce un fenómeno que hace que los flujos crezcan, lo que vuelve el proyecto atractivo para inversores.

*Gráfico 8 Flujo de Caja del proyecto*

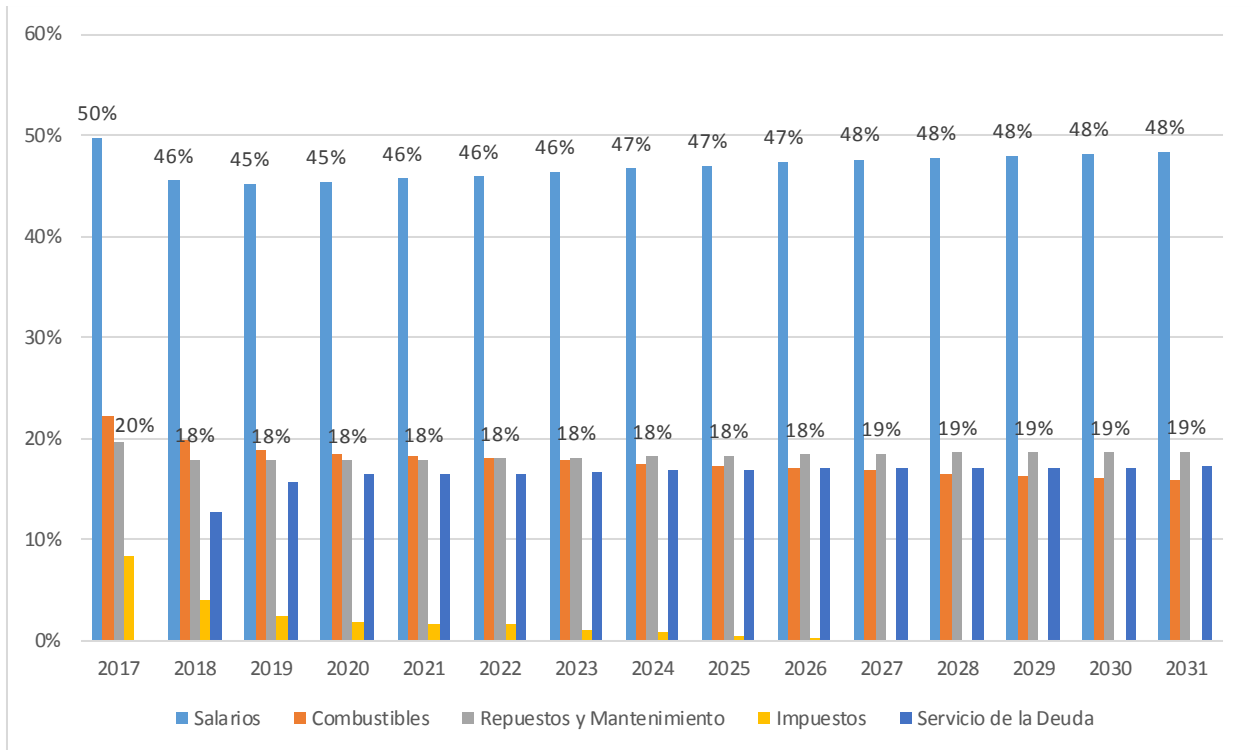


*Fuente: Elaboración Propia, Detalle Anexo 5*

Si se analiza esta curva, se observa que tiene la misma tendencia de la curva de utilidad, con la diferencia de la depreciación, que hace que los valores no lleguen a negativos.

Si se toman los flujos anteriormente mostrados y se toma en cuenta una TIO de 10.43%, igual a la que el banco cobra por financiar el proyecto, resulta un VNA de \$34.634'425.264 contra una inversión inicial de \$16.438'611.000, lo que hace el proyecto atractivo para inversores; más aún si se tiene en cuenta que el mismo genera una TIR de 35%.

Grafico 9 Costos en el Flujo de Caja



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en el grafico 9, como el salario de los empleados es el costo más influyente dentro del proyecto.

#### 10.4. Relación Beneficio-Costo

Este indicador resulta del cociente entre los valores presentes de todos los ingresos y todos los egresos descontados con la tasa de interés de oportunidad del inversionista. (Gomez Salazar & Diez Benjumea, 2015)

**VP Ingresos:** \$257.919 (En millones de Pesos)

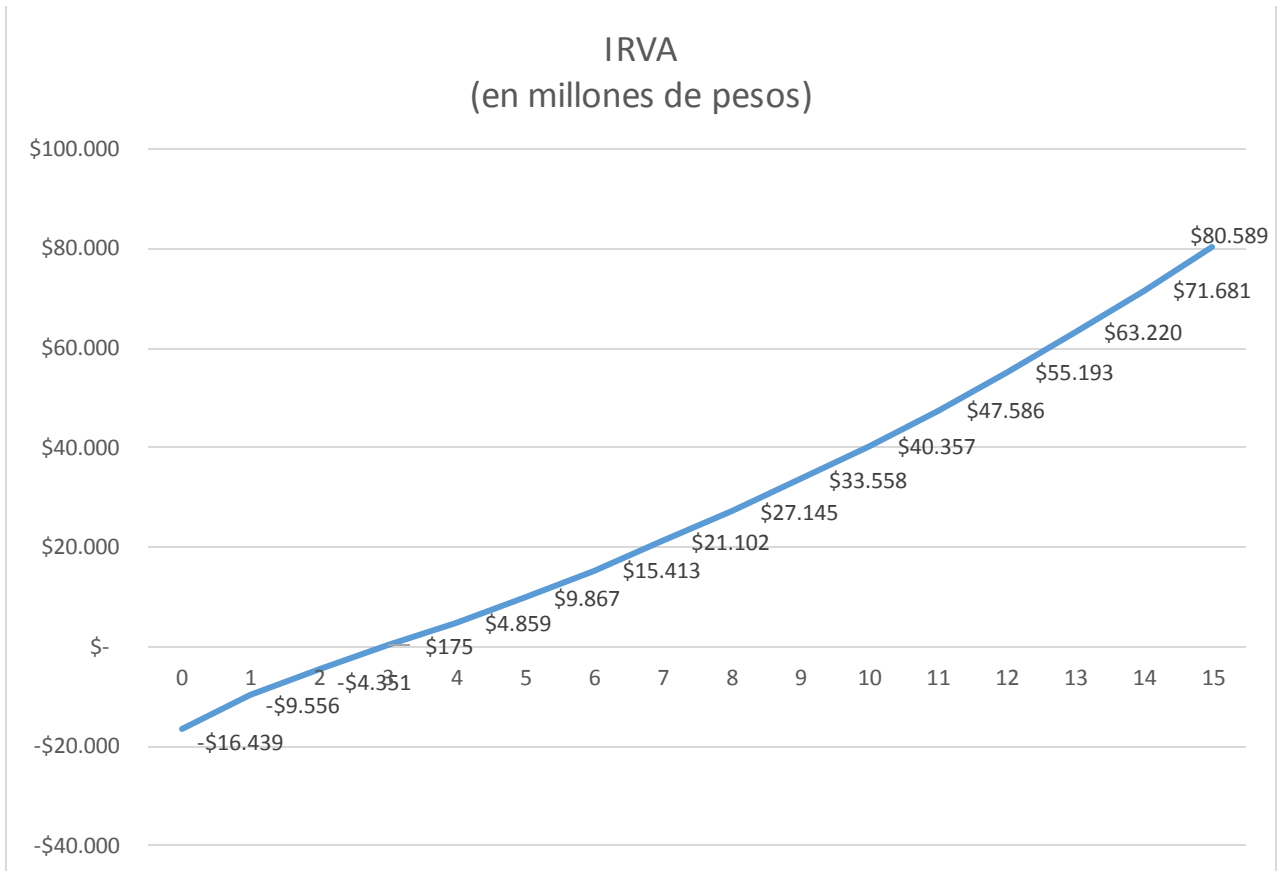
**VP Egresos:** \$223.285 (En millones de Pesos)

Esta relación tiene un coeficiente de **1,16**, de acuerdo a (Gomez Salazar & Diez Benjumea, 2015, pág. 34), “Cuando la relación costo-beneficio es mayor a 1, quiere decir que, en valor presente, los ingresos son mayores que los egresos, y en consecuencia el proyecto resulta atractivo para el inversionista.”

#### 10.5. Análisis IRVA

El valor que toma el IRVA nos va a servir para medir la labor de dirección y saber si se ha creado o destruido valor. Cuando la inversión se recupere en su totalidad, se estará creando valor si el IRVA es positivo. (Gomez Salazar & Diez Benjumea, 2015)

Grafico 10 IRVA



Fuente: Elaboración propia

Podemos encontrar una recuperación de la inversión pasado el Año 4.

## 11. Conclusiones

El presente proyecto está diseñado para impactar a una ciudad completa, pero no solo en sus dinámicas de movilidad y transporte, sino también a través de estrategias de incidencia en modelos sociales, económicos y culturales a partir de la prestación eficiente de un servicio público.

La implementación de un servicio de transporte masivo de pasajeros en el modelo de alimentadores para servir al área de influencia del Tranvía de Ayacucho y sus cables en la ciudad de Medellín es un asunto de interés público, pues busca suplir una necesidad vigente de la población del sector oriental y nororiental de la ciudad de apropiarse del sistema tranviario como un medio accesible y eficiente.

Este proyecto fue analizado desde diversos puntos de vista, todos los necesarios para llevarlo a cabo de forma satisfactoria, luego de analizar cada uno de las viabilidades encontramos que el proyecto es factible.

Se encontró que el tranvía cuenta con debilidades que deben ser suplidas por un modelo de transporte complementario, que lo ayudaría a movilizar la demanda, les ofrecería a los usuarios un amplio portafolio de destinos adicionales y que, le serviría al Tranvía en caso de algún percance, como complemento a la movilización.

Analizamos la oferta actual y encontramos las falencias que dicho sistema de transporte tradicional tiene, no solo en su estructura organizacional, sino también en las ofertas que entregan, sobre ofertando algunos servicios y no atendiendo la demanda de otros, todo por culpa de la poca flexibilidad que tiene el modelo de transporte público colectivo.

Por otro lado, encontramos que con el plan de racionalización que tiene el AMVA, se hace imposible suplir la demanda generada con la capacidad transportadora otorgada al concesionario SAO6 para la operación de la alimentación al Tranvía únicamente con 34 vehículos, encontrándonos con que la necesidad de oferta es mucho mayor.

Adicionalmente, se analizaron las demandas actuales de la zona por medio de un estudio de mercado, y con los datos que emergen del análisis de la oferta y la demandase planteó un modelo operacional con buses alimentadores que supliera dicha demanda, para, con este modelo, realizar los otros análisis de viabilidad necesarios para avalar el proyecto como factible, análisis que se exponen a continuación.

La revisión financiera del proyecto en su totalidad resultó en un parte de tranquilidad, pues quedó claro que la TIR resultante presentaría un atractivo suficiente para la empresa proponente y mantendría el mismo nivel de retorno que con el contrato que se encuentra en operación. Si se suma a esto que la compañía cuenta con la capacidad económica y de liquidez para embarcarse en este emprendimiento, queda claro que la implementación del sistema de alimentadores proyectado no requiere de la intervención de terceros en calidad de inversionistas y que este es absolutamente viable desde este punto de vista.



Ahora, en seguimiento de las buenas prácticas empresariales contemporáneas, también se hizo un estudio ambiental para determinar el impacto del proyecto sobre el entorno. En este se concluyó que la implementación del sistema propuesto implicaría una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con el modelo actual, lo que impacta de forma positiva en la calidad del aire y en la capacidad de carga de la atmósfera urbana, más cuando el área de influencia incluye una de las comunas más contaminadas del municipio, El Centro. Además se analizaron los procesos de control al lavado, lubricación y mantenimiento de los vehículos, que en comparación con las prácticas actuales, presenta evidentes ventajas en cuanto a la cantidad de agua utilizada y los métodos de disposición de los residuos y desechos. De esta manera, resulta que el proyecto también es viable ambientalmente.

El asunto económico o tarifario del sistema también fue objeto de análisis para determinar el impacto en el FET y los réditos derivados de la tarifa cobrada por el servicio. Desde este ángulo el proyecto también resultó viable, pues no sólo es sostenible a nivel tarifario, sino que hace aportes económicos importantes a la ciudad, específicamente en materia tributaria y en la racionalización de los servicios antiguos.

Por otra parte, desde lo social resulta que los beneficios cualitativos del sistema para conductores y trabajadores de la compañía, usuarios de los servicios y terceros impactados por el proyecto son mucho mayores que los actuales y representan una mejoría significativa en la calidad de vida en comparación con el modelo actual de transporte masivo terrestre en el área de influencia propuesta.

Mientras tanto, en cuanto al estudio jurídico de viabilidad, se determinó que desde todos los niveles del ordenamiento jurídico el proyecto puede ser llevado a cabo, pues este no vulnera ninguna norma imperativa ni afecta derechos fundamentales, es más, los amplía y desarrolla. No obstante lo cual no se puede dar por sentada la realización del proyecto, pues las decisiones sobre necesidad de un nuevo servicio dependen de la voluntad de SAO6 y el AMVA, quien es la autoridad de transporte masivo y debe decidir si el nuevo modelo encaja en la proyección que se tiene para la ciudad.

Finalmente, al estudiarse la estructura organizativa de la compañía proponente, se concluyó que esta tiene la capacidad de absorber el proyecto y los costos del mismo sin ningún tipo de traumatismo y de forma que garantice la prestación de un servicio de transporte continuo, adecuado, eficiente y efectivo.

De todo lo anterior se puede concluir que, desde el punto de vista financiero, ambiental, económico, social, jurídico y administrativo el proyecto que aquí se propone resulta viable. Esto no significa que esté exento de riesgos, pues como se presentó en la última parte de este texto, existen variables a considerar que deben ser visibilizadas con el fin de mitigarlos y reaccionar de forma adecuada en caso que se materialicen.

Por lo tanto se concluye finalmente, que un modelo operacional de buses alimentadores paralelos al tranvía, con una capacidad instalada de 203 vehículos, una movilización de pasajeros diaria de 71.079 usuarios, 2.474 despachos y 25.557 kilómetros en servicio comercial, sería factible desde todo punto de vista revisado, mejorando la calidad de vida en la ciudad de

Medellín y aportando como punto fundamental, las rutas de la zona a su dueño original, el Estado, por medio del proceso de racionalización.

## 12. Diccionario de términos<sup>7</sup>

**Alimentación:** Servicio de transporte público masivo de baja o mediana capacidad cuya función principal es transportar a los usuarios desde las zonas alejadas o periféricas de la ciudad a un eje transportador principal donde se encuentran medios de transporte de alta capacidad.

**Capacidad transportadora:** Es la cantidad autorizada por la autoridad competente de unidades vehiculares que puede tener en operación una empresa de transporte público. Está compuesta por la flota operativa y la de reserva, esta última varía entre un 4% y un 10% de la primera, dependiendo de la tecnología de la unidad vehicular.

**Carga máxima:** Es la cantidad máxima de pasajeros transportados en una unidad de tiempo por un sistema de transporte específico. Generalmente se mide en horas, por lo tanto para este caso se definirá como la cantidad máxima de pasajeros movilizados en una ruta o sistema de transporte en una hora comparado con el resto de horas del día.

**Chatarrización:** Proceso por el cual se saca un vehículo de circulación y es destruido. Para esto es necesario pasar primero por un proceso de racionalización.

**Frecuencia:** Cantidad de despachos de unidades transportadoras que se generan en una franja horaria; en el transporte público generalmente se mide en despachos/hora.

**Intervalo:** Es el espacio de tiempo comprendido entre la oportunidad de abordar un servicio para el usuario y el siguiente servicio, se mide en tiempo de viaje/frecuencia.

**Matriz Origen-Destino:** Método de planificación de transporte en donde se analiza cuántos viajes genera o atrae una zona específica, a razón de los sitios de interés dentro de este.

**PPV (puestos por vehículo):** Es la cantidad de pasajeros que puede transportar una unidad vehicular, la cual depende del modo de transporte y de la autorización para el mismo por parte de la autoridad competente.

**Polígono de carga ajustado:** Hace referencia a la distribución de la carga total de un servicio por franja horaria. De esta manera se forma un polígono que muestra las horas valle y las horas pico del día.

**Plan de servicios operacionales (PSO):** Horarios que detallan a qué hora se realizará cada uno de los despachos y que permiten que los intervalos y las frecuencias se cumplan; son la herramienta por medio de la cual se envían las unidades vehiculares a cumplir su función.

**Racionalización:** Proceso por el cual se saca de circulación un vehículo de transporte público, retirándole su tarjeta de operaciones y desafiéndolo a la empresa de transporte; luego de esto, el vehículo puede ser vendido para fines diferentes al transporte público o puede ser chatarrizado.

---

<sup>7</sup> Este diccionario fue elaborado por el autor de este trabajo, considerando su experiencia en el sector.

**Estudios de Sube/Baja:** Son levantamientos de información que se realizan en campo, por medio de los cuales se conoce, en un sistema de transporte, la hora y el lugar en que los pasajeros abordan o descienden del servicio.

**Transporte público:** Establece la ley que “[e]l transporte público es una industria encaminada a garantizar la movilización de las personas o cosas por medio de vehículos apropiados a cada una de las infraestructuras del sector, en condiciones de libertad de acceso, calidad y seguridad de los usuarios, sujeto a una contraprestación económica”<sup>8</sup>, así mismo, la Ley 336 de 1996, lo define como un servicio público esencial que debe estar siempre bajo la regulación del Estado.

**Transporte masivo:** Medios de transporte públicos que cuentan con características especiales, específicamente: Tecnología embarcada en los vehículos para el recaudo, control de flota y comunicaciones; estructura empresarial determinada, en donde una persona jurídica es la propietaria de la flota de vehículos; en algunos casos, este se da por carriles exclusivos, como lo son las líneas de Metro o Tranvía, o los carriles de BRT como el Metroplus o Transmilenio.

**Velocidad comercial:** Velocidad promedio en que se presta un servicio de transporte, se determina a través de la división entre los kilómetros recorridos en el servicio y el tiempo que tomo dicho servicio.

---

8 L. 105/1993.

### 13. Bibliografía

- Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. (2003). Línea Base para Proyectos de Transporte masivo. Obtenido de [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/documentacion/mdl/HTML/11\\_LB\\_SIT](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/documentacion/mdl/HTML/11_LB_SIT)
- AMVA. (2008). Análisis ambiental de alternativas para el sistema integrado de transporte del valle de Aburrá.
- AMVA. (2009). Plan Maestro de movilidad para la región metropolitana del valle de aburrá.
- AMVA. (2012). Modelo de Transporte del valle del aburrá.
- AMVA. (2012). Resolución Metropolitana D-000348.
- AMVA. (2013). Resolución Metropolitana 1414.
- AMVA. (2015). Resolución 1259.
- AMVA. (2015). Resolución 2954 de 2015.
- Arana, O. G. (2005). *El transporte público colectivo, individual y masivo de pasajeros, el transporte intermunicipal y las terminales satélite en Bogotá*. Contraloría de Bogotá.
- Arango, A. M. (2008). Oligomerización de Olefinas Livianas para la producción de Diesel usando catalizadores tipo zeolita. *Tesis de Maestría en Ingeniería*. UDEA.
- Arboleda Velez, G. (2005). *Formulación y evaluación de proyectos de Transporte*. Santiago de Cali: Toro Editores.
- Arboleda Vélez, G. (2013). *Identificación, Formulación, Evaluación y gerencia de Proyectos*. Alfaomega Colombiana.
- Beherens, W., & Hawranek, P. (1994). Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial.
- Cardona Ramirez, J. M. (05 de 2016). Corredor verde de Ayacucho. (D. J. Ospina, Entrevistador)
- Carrillo, G. A. (2010). Avances, retos y perspectivas en el marco de la política nacional de transporte urbano. Bogotá: Contraloría General de la Nación.
- Chain, N. S. (2011). *Proyectos de inversión: Formulación y Evaluación*. Santiago de Chile: Pearson.
- Constitución Política de Colombia. (1991).
- Contrato de Concesión CN2012-0201. (13 de 11 de 2012). Medellín.
- Convención Americana Sobre Derechos Humanos. (1969).
- Corbetta, P. (2006). *Metodología y técnicas de investigación social*. McGraw Hill.
- Correa, A. G. (2012). Plan de Desarrollo "Medellín un hogar para la vida 2012-2015".
- Corte Constitucional. (15 de Febrero de 1998). Sentencia C043/98. Bogotá.

- Corte Constitucional. (31 de Julio de 2013). Sentencia C-511/13. Bogota.
- Corte Constitucional. (29 de Enero de 2014). Sentencia C033/14. Bogota.
- Corte Interamericana de Derechos Humanos. (31 de Agosto de 2004). Caso Ricardo Canese vs Paraguay.
- DANE. (2005). Perfil demografico 2005-2015 Medellin.
- DANE. (2015). *Proyeccion de Poblacion Municipio de Medellin*. Medellin.
- Decreto 3109 de 1997 "Habilitacion y prestacion del servicio de transporte masivo". (s.f.).
- Direccion de Planeacion, Municipio de Medellin. (2010). *Viviendas Residenciales por comuna y barrio segun estrato*. Medellin.
- Ecothermia. (2011). Factores de Emision par los combustibles y la energia electrica en Colombia. Obtenido de [http://www.ecothermia.com/images/stories/doc/\\_FACTORES.pdf](http://www.ecothermia.com/images/stories/doc/_FACTORES.pdf)
- Escobar, L. F. (2013). La transformacion urbana en Medellin: El tranvia de ayacucho. *Revista Universidad de Antioquia*, 94-101.
- Geoffrey, R. (2003). *Principios de Marketing*. Thomson Editores.
- Giraldo, M. (2009). Sube y Baja de Transporte Publico en Medellin. Medellin.
- Giraldo, M. (2011). Estudio de Movilizacion de pasajeros en Medellin. Secretaria de Movilidad de Medellin.
- Gomez Salazar, E., & Diez Benjumea, J. (2015). *Evaluacion financiera de proyectos*. Medellin.
- Herman, C. (2009). *Fundamentos de la Metodologia*.
- Holman, B. C. (2006). *Proyectos Factibles o Viables*.
- Kotler, P., Bloom, P., & Hayes, T. (2004). *El Marketing de servicios profesionales*. Ediciones Paidos Iberica.
- Ley 105 de 1993 "Politica nacional del transporte urbano". (s.f.).
- Ley 336 de 1996 "Por la cual se adopta el estatuto nacional de transporte". (s.f.).
- Ley 86 de 1989 "Normas para el transporte Masivo". (s.f.).
- Magliano, F. I. (2009). *Caracteristicas de la metodologia cuantitativa*.
- Malhotra, N. K. (1997). *Investigacion de mercados en un enfoque practico*. Prentice-Hall Hispanoamericana.
- Mankiw, G. (2012). *Principios de Economia*. Mexico DF: Cengage Learning.
- Mena-Carrasco, M., Oliva, E., Spak, S., & De La Maza, C. (2012). Estimating the health benefits from natural gas use in transport and healthing. Santiago de Chile.

- Mendoza, G. d., Betancor Cruz, O., & Campos Mendez, J. (2006). *Evaluación Económica de proyectos de transporte*. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Metro de Medellín. (2006). Plan Maestro 2006-2030 "confianza en el Futuro".
- Ministerio de Transporte. (s.f.). Decreto 170 de 2001 "Reglamento del servicio público de transporte terrestre automotor colectivo, metropolitano, distrital y municipal de pasajeros".
- Miranda, J. J. (2008). *Gestión de Proyectos*. Bogotá: MM Editores.
- Moller, R. (2004). La alternativa para el transporte público colectivo en Colombia. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Moller, R. (2006). *Transporte Urbano y Desarrollo sostenible en América Latina, el Ejemplo de Santiago de Cali*. Universidad del Valle.
- Morales, A. M. (2005). El transporte público colectivo, masivo e individual en Bogotá. Contraloría de Bogotá.
- Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos. (1966).
- Planeación, D. d. (2015). *Mercado Laboral en la ciudad de Medellín y su Área Metropolitana*. Medellín.
- Resolución 1371 de 2008. (s.f.).
- Salazar Pineda, R. (05 de 2016). Corredor Verde de Ayacucho. (D. Jiménez Ospina, Entrevistador)
- Smith, A. (1776). *La Riqueza de las Naciones*. William Strahan, Thomas Cadell.
- Subdirección de Movilidad, A. M. (2012). *Encuesta Origen Destino*. Medellín.
- Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Limusa.
- Universidad Pontificia Bolivariana. (2011). Estudio de Emisión y Dispersión de contaminantes para condiciones de Cambio.
- Uribe, J. A. (2006). *Plan de Negocios para las pymes*. Bogotá: Ecoe.
- Varela, R. (2008). *Innovación Empresarial: Arte y ciencia en la creación de empresas*. Santa Fe de Bogotá: Pearson.
- Velez Pareja, I. (2002). *Herramientas para el análisis de la rentabilidad*. Bogotá: AlfaOmega.
- Velez, G. A. (2014). *Proyectos- Identificación, formulación, evaluación y gerencia*. Bogotá: Alfaomega.
- Zarur Ramos, A. L. (2004). *El Entorno Económico: Elementos teóricos y metodológicos para el análisis*.

## **Anexos**

Anexo 1: Demanda del Mercado<sup>9</sup>

Anexo 2: Oferta Actual del servicio de transporte en la cuenca<sup>10</sup>...

Anexo 3: Tamaño del proyecto<sup>11</sup>

Anexo 4: Evaluación económica<sup>12</sup>

Anexo 5: Evaluación Financiera<sup>13</sup>.

Anexo 6: Entrevista Jorge Mario Cardona Ramírez

Anexo 7: Entrevista Ing. Rodrigo Salazar Pineda

---

<sup>9</sup> Este anexo incluye: Evaluación de Demanda, Consolidado de Demandas, Comparación con estudio de Secretaria de Movilidad y Análisis de demanda del Tranvía.

<sup>10</sup> Incluye: Evaluación de Ofertas y Consolidado de Ofertas

<sup>11</sup> Incluye: Tamaño del proyecto, Plan operacional.

<sup>12</sup> Incluye: P&G Sistema FET, Variables Macroeconómicas FET, Costo de racionalización.

<sup>13</sup> Incluye: Supuestos Macroeconómicos, Costos Operativos, Gastos de Nomina, Gastos Financieros, Inversiones, Factor de Operadores, Calculo de Ingresos, P&G, Flujo de caja, Datos financieros consolidados.