

Año 2019 (Primer año de Reiwa)

**Proyecto de estudio de viabilidad para el desarrollo en el extranjero
de infraestructura energética de alta calidad**

**Informe del estudio sobre el Plan Maestro de Transporte Urbano en
Medellín, Colombia**

**Febrero de 2020
Ministerio de Economía, Comercio e Industria**

Contratista: Pacific Consultants Co., Ltd.

Fotos de referencia

Centro de la ciudad de Medellín, la situación del transporte y sistema de transporte

	
Foto-1 Ciudad de Medellín (Ciudad extendida en el fondo del valle)	Foto-2 Centro de la ciudad de Medellín
	
Foto-3 Transporte en el centro de la ciudad	Foto-4 Estado de uso del Metro de Medellín
	
Foto-5 Metro de Medellín	Foto-6 Metrocable
	
Foto-7 Metroplús (BRT)	Foto-8 Tranvía

Estado de la ruta de AGT (ruta de San Juan)

	
Foto-9 Cerca del punto de partida de la AGT (área de retorno de autobús)	Foto-10 Campo deportivo candidato a ser depósito de trenes
	
Foto-11 Intersección con Tranvía	Foto-12 Ruta de Tranvía
	
Foto-13 Separador central en el carril de bicicletas	Foto-14 Paso a desnivel en la ruta (puente atirantado)
	
Foto-15 Línea A del Metro	Foto-16 Estación Alpujarra de la Línea A del Metro

Tabla de abreviaturas

Tipo de cambio		
1 USD	=	YEN
1 USD	=	COP
1 YEN	=	COP
※		

Índice

1. Introducción	1-1
1.1 Antecedentes y propósito de la investigación	1-1
1.1.1 Antecedentes del Estudio	1-1
1.1.2 Propósito de la investigación	1-1
1.2 Contenido de la investigación	1-2
1.3 Sistema de implementación del estudio	1-3
2. Recopilar, investigar y analizar la información necesaria para la propuesta	2-1
2.1 Descripción general de Colombia	2-1
2.2 Comprensión de la situación actual de la ciudad de Medellín	2-2
2.2.1 Descripción general de la ciudad de Medellín	2-2
2.2.2 Información general del transporte público en Medellín	2-8
2.2.3 Información general del tráfico rodado de la ciudad de Medellín	2-13
2.3 Plan de nivel superior de Medellín	2-17
2.3.1 Plan Maestro urbano (POT)	2-17
2.3.2 Plan de trabajo para estructurar una ciudad ambiental para 2030 (BIO 2030 Plan Director Medellín)	2-19
2.3.3 Plan de Desarrollo 2016-2019 (Medellín Comprehensive Plan 2016-2019)	2-19
2.4 Comprensión de las necesidades y desafíos del país receptor	2-22
2.4.1 Fortalecimiento de la red de transporte público	2-22
2.4.2 Activación y mejoramiento del nivel de seguridad ciudadana en las comunidades de clase pobre	2-23
2.5 Plan maestro de transporte urbano de Medellín	2-24
2.5.1 Concepto del análisis	2-24
2.5.2 Necesidad de introducir un nuevo sistema de transporte (AGT) en el municipio de Medellín	2-26
2.5.3 Análisis del Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana del municipio de Medellín	2-28
2.5.4 Posibilidad de la introducción de AGT y determinación de las rutas con mayor necesidad	2-30
2.6 Pronóstico de demanda	2-33
2.6.1 Estimación del volumen de tráfico según el medio de transporte en 2030	2-33
3. Diseño básico del sistema de infraestructura	3-1
3.1 Planificación de ruta	3-1
3.1.1 Política básica	3-1
3.1.2 Ubicación de las estaciones	3-2
3.1.3 Puntos de control para estudio de alineación	3-3
3.1.4 Condición de alineación	3-5

3.1.5 Diseño plano y longitudinal	3-5
3.2 Planificación de la estructura	3-8
3.2.1 Planificación de la estructura del viaducto	3-8
3.2.2 Plan de estructura de la estación	3-12
3.3 Estudio del sistema AGT (electricidad, señal, comunicación, conducción, vagones) 3-	17
3.3.1 Equipo de potencia	3-17
3.3.2 Instalaciones de señal	3-20
3.3.3 Equipo de comunicación	3-21
3.3.4 Sistemas de gestión de operaciones y otros sistemas de gestión	3-23
3.3.5 Plan de operación	3-25
3.3.6 Planificación de vagones	3-28
3.3.7 Plan de depósito de trenes	3-28
3.4 Futuros temas pendientes e ítems sujetos a análisis del sistema de infraestructura 3-	30
3.4.1 Plan de rutas	3-30
3.4.2 Plan de estructuras	3-30
3.4.3 Análisis del sistema AGT	3-30
3.4.4 Plan de operación	3-30
4. Magnitud del proyecto: cálculo del costo del proyecto (costo de operación, mantenimiento e inicial)	4-1
4.1 Cálculo del costo de operación y mantenimiento	4-1
4.1.1 Sistema de organización operativa	4-1
4.1.2 Plan de dotación de personal de estación	4-2
4.1.3 Plan de dotación de personal de mantenimiento y administración	4-3
4.1.4 Costo de recursos humanos para la operación, mantenimiento y administración	4-3
4.1.5 Gastos de operación, mantenimiento y administración	4-4
4.2 Cálculo de costo del Proyecto	4-6
4.2.1 Condiciones y método de estimación	4-6
4.2.2 Cálculo del costo estimado del Proyecto	4-7
5. Sistema de implementación del Proyecto (Esquema del Proyecto) 5-1	
5.1 Gestión de recursos financieros – Préstamo AOD de Japón	5-1
5.1.1 Uso de fondos privados	5-1
5.1.2 En caso de implementación como obras públicas - aprovechamiento de Préstamo AOD de Japón	5-2
5.1.3 Uso de otros fondos	5-3
5.2 Condiciones de Préstamo AOD de Japón	5-5
5.2.1 Situación económica y financiera de Colombia	5-5
5.2.2 Condiciones de préstamo	5-5

5.2.3 Acuerdo general.....	5-6
5.3 Conclusión	5-6
6. Análisis y propuestas financieras (análisis financiero y plan de financiación) y evaluación económica	6-1
6.1 Análisis financiero y plan de financiación	6-1
6.1.1 Establecimiento de condiciones para el análisis financiero.....	6-1
6.1.2 Análisis financiero y de rentabilidad del Proyecto	6-3
6.1.3 Conclusión de análisis financiero y de rentabilidad del Proyecto	6-6
6.2 Evaluación económica.....	6-6
6.2.1 Costo económico	6-6
6.2.2 Beneficios económicos y tasa interna de rentabilidad económica	6-7
6.2.3 Análisis coste-beneficio	6-9
7. Calendario del Proyecto (incluyendo la adjudicación y formulación del Proyecto)	7-1
8. Consideraciones sociales y ambientales	8-1
8.1 Resumen del impacto social y ambiental por la introducción de AGT	8-1
8.1.1 Comprensión de las características de las áreas locales.....	8-1
8.1.2 Sistema de evaluación de impacto ambiental en Colombia y sus trámites	8-1
8.1.3 Supuesto impacto social y ambiental por la introducción de AGT	8-2
8.2 Evaluación del volumen de reducción de CO2 prevista con la introducción de AGT.....	8-5
9. Conclusión y tareas pendientes para el futuro	9-1
9.1 Conclusión	9-1
9.2 Tareas pendientes en el futuro	9-2
 Figura 1-1 Estructura general del proyecto	 1-2
Figura 1-2 Organigrama (diagrama del sistema) y contenido de la operación del implementador	1-3
Figura 2-1 Características topográficas de la ciudad de Medellín	2-2
Figura 2-2 Ciudades del departamento de Antioquia, Ubicación de Comuna/Corregimiento.....	2-3
Figura 2-3 Distribución de la población de cada Comuna en Medellín	2-5
Figura 2-4 Distribución de la densidad de población de cada comuna en Medellín	2-5
Figura 2-5 Cambios secular de la población de Medellín.....	2-5
Figura 2-6 Proporción de composición jerárquica de cada comuna.....	2-6
Figura 2-7 Proporción de composición jerárquica de cada Corregimiento.....	2-6
Figura 2-8 Cambios en la participación de los medios de transporte del 2000 al 2017	2-7
Figura 2-9 Tasa de viaje por propósito de viaje de la ciudad Medellín (año 2017).....	2-7
Figura 2-10 Mapa de ruta del transporte público de la ciudad de Medellín.....	2-8
Figura 2-11 Descripción general de cada transporte público de Medellín.....	2-9
Figura 2-12 Red alimentadora de autobuses del Metro de Medellín y ubicaciones de paradas ...	2-10
Figura 2-13 Red de autobuses de AMVA y ubicación de la estación	2-11

Figura 2-14 Ubicación de la terminal del autobús de larga distancia en Medellín	2-11
Figura 2-15 Tarifas integradas para cada patrón de combinación de transporte público (al 2019) .2-	
12	
Figura 2-16 Las 6 avenidas principales con congestión severa.....	2-13
Figura 2-17 Velocidad del automóvil [km/h] en Comuna durante las horas pico y no pico	2-14
Figura 2-18 Volumen de tráfico por hora en Comuna durante las horas pico y no pico [vehículos/h/carril]	2-14
Figura 2-19 Número de accidentes por cada Comuna	2-16
Figura 2-20 Lugares donde ocurrieron accidentes fatales en 2018.....	2-16
Figura 2-21 Estructura urbana y visión del desarrollo de Medellín	2-17
Figura 2-22 Plan de ordenamiento territorial de Medellín (ajustado en 2019)	2-18
Figura 2-23 Futuros desafíos del municipio de Medellín	2-22
Figura 2-24 Comunidades pobres en el municipio de Medellín	2-23
Figura 2-25 Procedimiento de análisis concreto.....	2-24
Figura 2-26 Plan Director de Metro de Medellín.....	2-25
Figura 2-27 Muchísimos pasajeros de Metroplús (en una estación).....	2-26
Figura 2-28 Necesidad de un medio de transporte público elevado.....	2-27
Figura 2-29 Gráfico de áreas de movilidad (relación entre la demanda en horas pico y la distancia de transporte).....	2-28
Figura 2-30 Referencia : Ejes de tráfico por orden de prioridad desde el punto de vista de formación de ejes urbanos	2-32
Figura 2-31 Suposición de cambio de medios de transporte existente a AGT	2-33
Figura 2-32 Tasa de crecimiento de la poblacional de Medellín [/año]	2-35
Figura 3-1 Relación entre el Plan maestro (versión revisada en 2016) y la sección objetivo de diseño	3-1
Figura 3-2 Estructuras y proyectos relacionados que existen sobre la ruta de San Juan	3-3
Figura 3-3 Área candidato para el depósito de trenes	3-4
Figura 3-4 Rotonda ubicada en la intersección con Tranvía	3-4
Figura 3-5 Situación de los alrededores de la estación de Alpujarra.....	3-5
Figura 3-6 Plano de planta	3-6
Figura 3-7 Plano de perfil longitudinal	3-6
Figura 3-8 Límite de construcción y límite de plataforma	3-9
Figura 3-9 Distribución del peso de los ejes.....	3-10
Figura 3-10 Situación geológica de la ciudad de Medellín	3-10
Figura 3-11 Mapa de riesgo sísmico y espectro de respuesta de la ciudad de Medellín	3-11
Figura 3-12 Sección transversal y vista lateral (cuando se puede levantar el pilar en el separador central)	3-11
Figura 3-13 Sección transversal (cuando justo debajo de la viga es carretera y no se puede levantar el pilar).....	3-11

Figura 3-14 Sección transversal de una estación (con mediana)	3-13
Figura 3-15 Sección transversal de una estación (sin mediana)	3-13
Figura 3-16 Plano de una estación de conexión (con mediana).....	3-14
Figura 3-17 Plano de una estación de conexión (sin franja mediana)	3-14
Figura 3-18 Plano de la estación de conexión con la Est. Alpujarra de la línea A del Metro	3-15
Figura 3-19 Enfoque en accesibilidad en las instalaciones de la estación	3-16
Figura 3-20 Parte general de la catenaria.....	3-19
Figura 3-21 Instalaciones de línea eléctrica de la parte de desvío	3-19
Figura 3-22 Terminal de enclavamiento	3-21
Figura 3-23 Dispositivo de enclavamiento electrónico.....	3-21
Figura 3-24 CCTV (tipo omnidireccional).....	3-22
Figura 3-25 Dispositivo de vigilancia CCTV	3-22
Figura 3-26 Sistema de gestión de operaciones	3-23
Figura 3-27 Sistema de gestión de equipos	3-23
Figura 3-28 Panel de control de enclavamiento de depósito de trenes.....	3-24
Figura 3-29 Monitor de depósito de trenes.....	3-24
Figura 3-30 Urbanismo18.....	3-26
Figura 3-31 Línea de estacionamiento de trenes (Yurikamome)	3-29
Figura 3-32 Línea de entrada y salida (el fondo es el punto de encuentro con la línea principal: Yurikamome)	3-29
Figura 3-33 Línea de lavado (atrás de la acera de inspección: Yurikamome).....	3-29
Figura 3-34 Puesto de inspección (Línea Seibu Yamaguchi)	3-29
Figura 4-1 Organigrama operativo	4-1
Figura 5-1 Esquema de financiación para la construcción de AGT.....	5-4
Figura 5-2 Pronóstico de deudas externas en el sector público en los principales países latinoamericanos en relación con el PIB	5-5
Figura 6-1 Evolución de las tarifas básicas de Metro de Medellín.....	6-2
Figura 6-2 Tasa de cambio de medios de viaje y concepto de ingreso de tarifas.....	6-3
Figura 6-3 Balance durante el período del Proyecto	6-3
Figura 6-4 Flujo de caja en el período del Proyecto (las partes juntas)	6-4
Figura 6-5 Flujo de caja en el período del Proyecto (las partes separadas)	6-4
Figura 6-6 Flujo de caja económico (Caso 1)	6-10
Figura 6-7 Flujo de caja económico (Caso 2)	6-10
Figura 9-1 Necesidad de desarrollo urbano tipo TOD	9-3
Figura 9-2 Efectos de construcción de ferrocarril como AGT	9-4
Tabla 2-1 Cambio de población de cada Comuna del 2016 al 2020.....	2-4
Tabla 2-2 Velocidades y volumen de tráfico de automóviles en las horas pico y no pico por vía	2-15
Tabla 2-3 Resumen del Plan de Desarrollo de Medellín 2016-2019.....	2-20

Tabla 2-4 Resumen de medios de transporte elevado de capacidad media.....	2-27
Tabla 2-5 Resultados del diagnóstico de movilidad	2-29
Tabla 2-6 Indicadores de evaluación y sus resultados	2-31
Tabla 2-7 Resultados del pronóstico de demanda de este estudio y del Metro de Medellín.....	2-34
Tabla 2-8 Número anual de usuarios de AGT del 2030 a 2059 en la ruta de estudio	2-35
Tabla 3-1 Lista de estaciones.	3-2
Tabla 3-2 Área del depósito de trenes de AGT y número de trenes estacionados en Japón.....	3-3
Tabla 3-3 Condiciones de alineación del sistema AGT	3-5
Tabla 3-4 Tabla de análisis de alineación de planta	3-6
Tabla 3-5 Tabla de análisis de gradiente	3-7
Tabla 3-6 Tabla de alineación	3-7
Tabla 3-7 Comparación del tipo estructuras del viaducto	3-8
Tabla 3-8 Comparación de la estructura de viga	3-8
Tabla 3-9 Condiciones básicas del diseño.....	3-9
Tabla 3-10 Perspectiva de la facilitación del transbordo	3-12
Tabla 3-11 Tipo de estaciones de conexión de transbordo.....	3-12
Tabla 3-12 Funciones de la facilidad de transbordo	3-15
Tabla 3-13 Descripción general de las funciones de los equipos de subestación	3-17
Tabla 3-14 Cantidad y capacidad de la subestación de tracción, cuarto eléctrico y estación de conmutación, etc.....	3-18
Tabla 3-15 Resumen de la estructura de las instalaciones del circuito eléctrico	3-18
Tabla 3-16 Funciones del sistema de gestión de energía.....	3-19
Tabla 3-17 Descripción general de la estructura del equipo de comunicación	3-21
Tabla 3-18 Velocidad programada del operador del nuevo sistema de transporte en Japón.....	3-25
Tabla 3-19 Plan de operación por Urbanismo18.....	3-26
Tabla 3-20 Especificaciones básicas de los vagones de AGT para Medellín	3-28
Tabla 4-1 Plan de dotación de personal de estación.....	4-2
Tabla 4-2 Plan de dotación de personal de mantenimiento y administración	4-3
Tabla 4-3 Costo de recursos humanos para la operación, mantenimiento y administración	4-3
Tabla 4-4 Gastos de operación, mantenimiento y administración.....	4-4
Tabla 4-5 Detalles de los gastos de operación, mantenimiento y administración.....	4-5
Tabla 4-6 Detalles de las partidas del costo estimado del proyecto	4-6
Tabla 4-7 Tipo de cambio	4-6
Tabla 4-8 Costo estimado del Proyecto (especificaciones completas).....	4-7
Tabla 4-9 Costo estimado del Proyecto (especificaciones simples)	4-8
Tabla 5-1 Tabla de comparación de fuentes de financiación.....	5-3
Tabla 6-1 Costo social de CO2 2015-2050	6-9
Tabla 7-1 Programa del Proyecto	7-1
Tabla 8-1 Supuesto impacto social y ambiental por la introducción de AGT y medidas de mitigación	

.....	8-3
Tabla 8-2 Supuesto impacto social y ambiental por la introducción de AGT y medidas de mitigación (continuación)	8-4
Tabla 8-3 Condiciones previas	8-5
Tabla 8-4 Resultados del cálculo preliminar (reducción de las emisiones de CO2 por la disminución del flujo de tráfico entre las zonas)	8-7
Tabla 8-5 Resultados del cálculo preliminar (reducción de las emisiones de CO2 por el mejoramiento de la velocidad programada como consecuencia de la disminución del flujo de tráfico entre las zonas)	8-7
Tabla 8-6 Resultados del cálculo preliminar (emisiones de CO2 en la operación de trenes y estaciones).....	8-8

1. Introducción

1.1 Antecedentes y propósito de la investigación

1.1.1 Antecedentes del Estudio

El municipio de Medellín es la segunda ciudad más grande (con una población de 2,5 millones de habitantes) en la Colombia, ubicado en la región noroeste del país y se asienta a 1.500 m de altitud en el Valle de Aburrá en la Cordillera Central de los Andes y tiene su casco urbano en una topografía en forma cónica.

La seguridad pública y la pobreza que constituían antes grandes problemas urbanos vienen siendo resueltos progresivamente gracias a las políticas urbanas estratégicas y en 2013 fue nombrado como “la ciudad más innovadora del mundo” en la revista “*The Wall Street Journal*”.

Por otra parte, debido a un acelerado aumento poblacional y una progresiva motorización han provocado nuevos problemas urbanos tales como un atasco de tráfico crónico y una contaminación atmosférica crítica, impidiendo un crecimiento urbano sostenible.

1.1.2 Propósito de la investigación

Para los propósitos de esta investigación, Medellín tiene dos problemas urbanos: congestión crónica del tráfico y severa contaminación del aire, y la situación empeora a cada momento. Por lo tanto, es necesario mejorar y ampliar inmediatamente el transporte público utilizando los espacios viales y otros existentes. Para que el transporte público funcione de manera efectiva, es necesario considerar un sistema de introducción apropiado que responda a las características urbanas, las características topográficas, la demanda de tráfico, etc. Sin embargo, el fSistema de transporte de mediana capacidad tipo elevado (AGT, monorriel, etc.), que hasta el momento no se habían introducido, también se consideran como una de las opciones. Por lo tanto, este proyecto examinará la viabilidad para posicionar al sistema de transporte urbano japonés (AGT, etc.) internacionalmente competitivo como uno de los principales sistemas de transporte público, al construir un nuevo sistema integral de transporte en la ciudad de Medellín.

1.2 Contenido de la investigación

A continuación se muestra el estudio y el contenido de la propuesta de este trabajo.

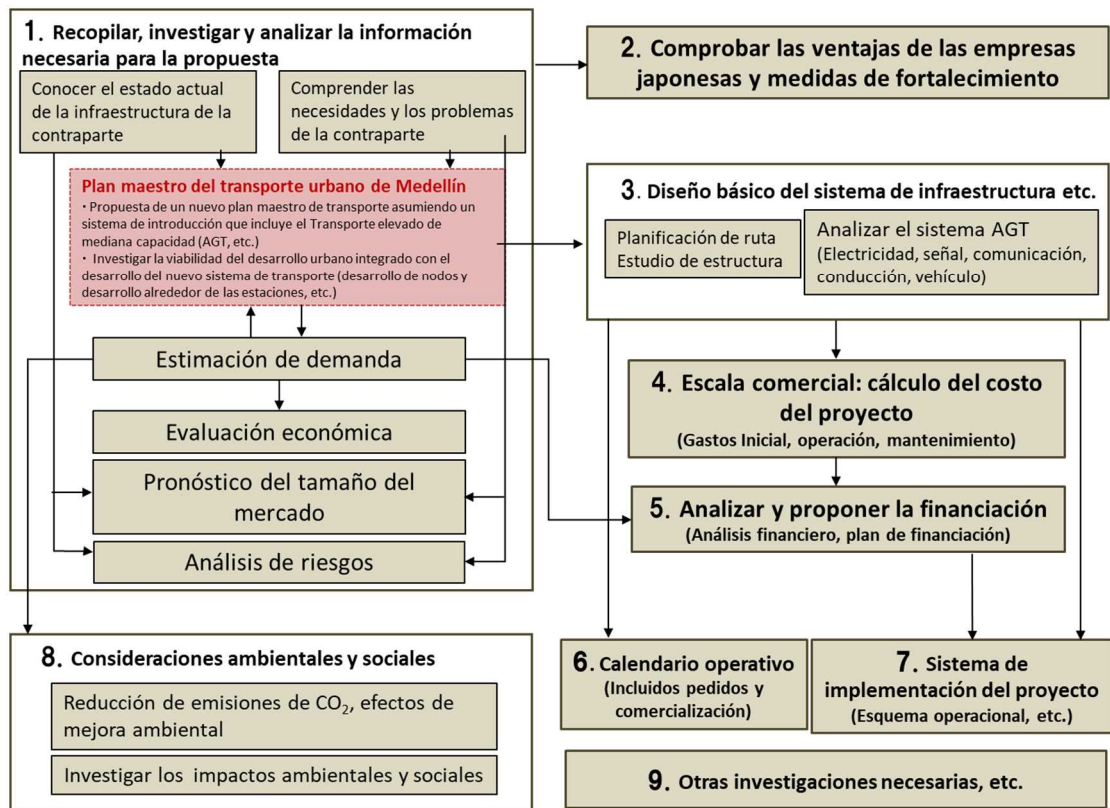


Figura 1-1 Estructura general del proyecto

1.3 Sistema de implementación del estudio

A continuación se muestra el sistema de implementación de este trabajo.

A continuación se muestra el sistema de implementación de este trabajo.

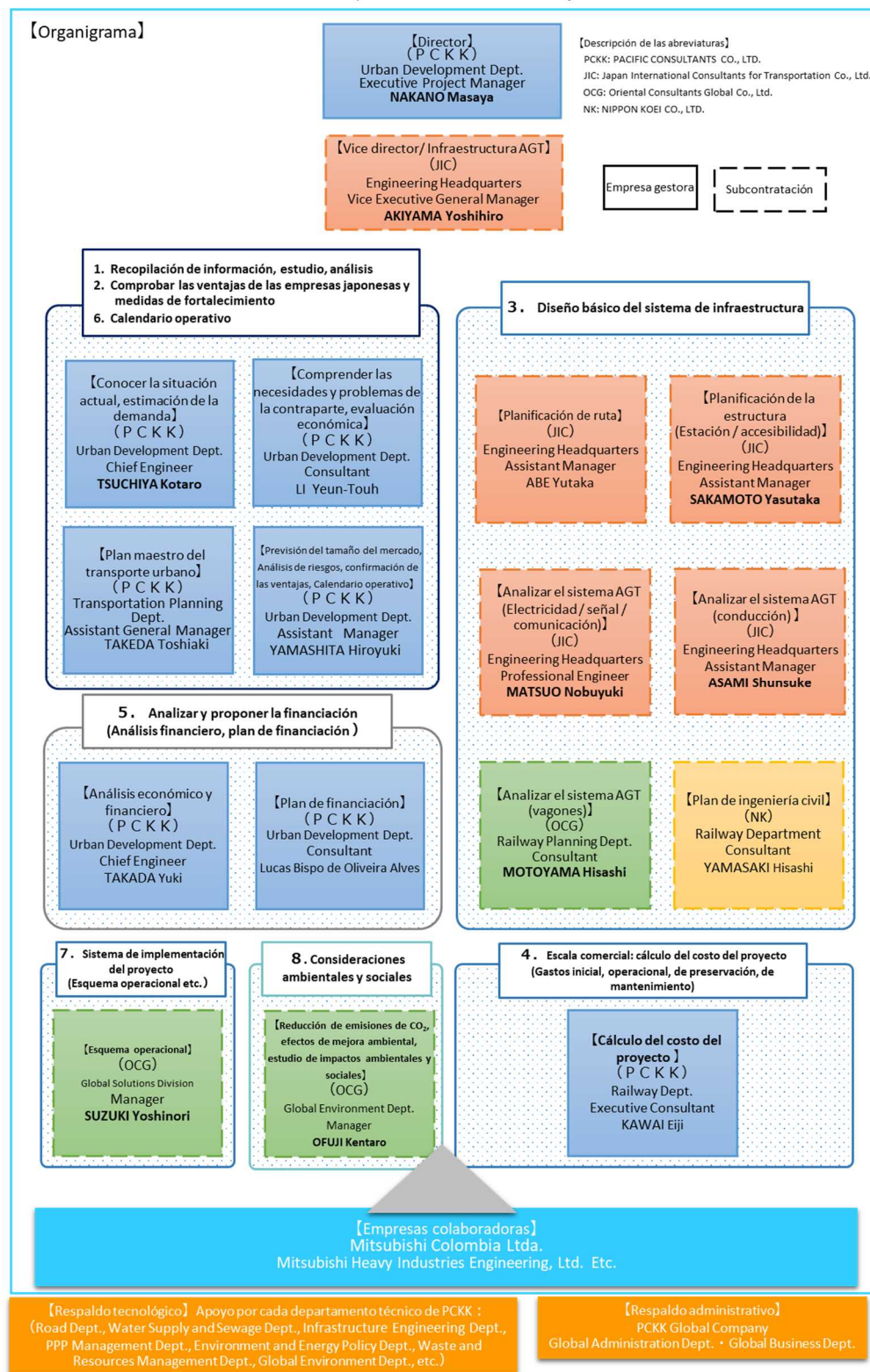


Figura 1-2 Organigrama (diagrama del sistema) y contenido de la operación del implementador

2. Recopilar, investigar y analizar la información necesaria para la propuesta

Organizar el posicionamiento de la ciudad de Medellín en el Plan Nacional del gobierno de Colombia, planes relacionados de alto nivel, tales como los planes maestros para el desarrollo urbano y el transporte urbano en la ciudad de Medellín, el mapa de ruta de construcción de la ciudad ambiental, etc., y organizar las tendencias políticas de Medellín, Colombia.

2.1 Descripción general de Colombia

La República de Colombia se encuentra en la región norte de América del Sur, en el norte tiene costas en el Mar Caribe y al oeste al Océano Pacífico. Bogotá es su capital y el gobierno consta de 32 provincias. En el 2017, la población fue de aproximadamente 49 millones y la moneda utilizada es el peso colombiano (COP).

1. Superficie: 1.139.000 km² (aproximadamente tres veces más que Japón)

2. Población: aprox. 49,07 millones (Banco Mundial 2017)

3. Capital: Bogotá

4. Raza: mixta 75%, europeo 20%, africano 4%, indígena 1%

5. Idioma: español

6. Religión: católica

7. Industrias principales: Agricultura (café, banana, caña de azúcar, papa, arroz, frutas tropicales, etc.), minería (petróleo, carbón, oro, esmeralda, etc.)

8. PIB 333,1 mil millones de dólares (FMI, 2018)

9. PNB 6.684 USD por persona (FMI, 2018)

10. Tasa de crecimiento económico 2,6% (Oficina Nacional de Estadística de Colombia, 2018)

11. Tasa de inflación de precios 3,18% (Oficina Nacional de Estadística de Colombia, 2018)

12. Tasa de desempleo del 9,7% (Oficina Nacional de Estadística de Colombia, 2018)

13. Valor comercial total (Oficina Nacional de Estadística de Colombia, 2018)

(1) Exportación USD 41,838 mil millones

(2) Importación: USD 51,23 mil millones

14. Los principales artículos comerciales

(1) Exportación: petróleo, café, carbón, ferroníquel, banana, esmeralda, flores cortadas

(2) Importación: Productos químicos, automóviles y piezas, maquinarias, equipos de comunicación, alimentos

15. Principales socios comerciales (Oficina Nacional de Estadística de Colombia, 2018)

(1) Exportación: Estados Unidos, China, Panamá, Ecuador, Turquía, México

(2) Importación: Estados Unidos, China, México, Brasil, Alemania, Japón

16. Moneda: Peso (Peso Colombiano)



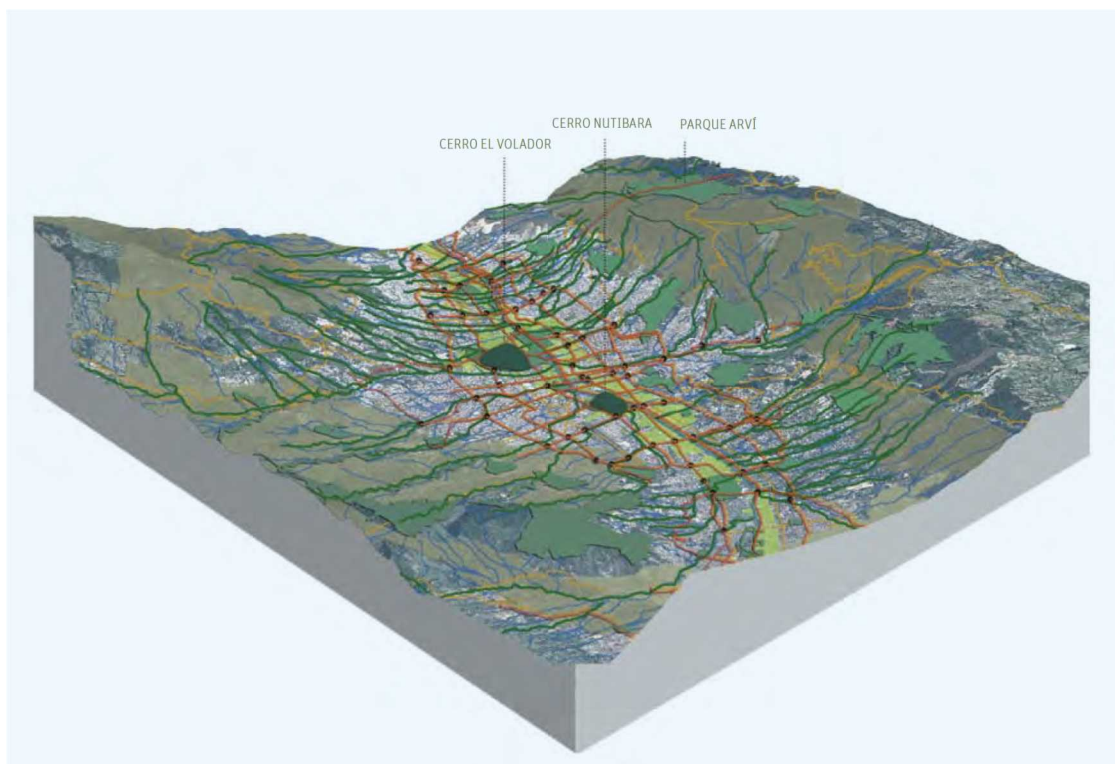
Mapa de Colombia

Extraído del sitio web del Ministerio de Relaciones Exteriores

2.2 Comprensión de la situación actual de la ciudad de Medellín

2.2.1 Descripción general de la ciudad de Medellín

Medellín es la segunda ciudad más grande después de Bogotá, la capital de la República de Colombia. Es la ciudad capital de Antioquía, con el río Medellín que corre de norte a sur, y los ferrocarriles corren en paralelo al río Medellín. La altitud aumenta hacia el este y oeste del río Medellín. La altitud es de 3.500 m, la población de 2.508.000 habitantes (al 2017) y el área de 380 km².



Fuente: Alcaldía de Medellín, Catalogo de Mapas

Figura 2-1 Características topográficas de la ciudad de Medellín

(1) Distrito administrativo de la ciudad de Medellín

La ciudad de Medellín consta de 16 comunas y 5 corregimientos, cada comuna está compuesta por varios barrios.



Figura 2-2 Ciudades del departamento de Antioquia, Ubicación de Comuna/Corregimiento

(2) Población de la ciudad de Medellín

El cambio de población de cada Comuna se muestra en la “Tabla 2-1 Cambio de población de cada Comuna del 2016 al 2020”. Aproximadamente el 88% de la población de Medellín pertenece a la Comuna y el 12% restante pertenece al Corregimiento. Comparando las tasas de crecimiento anual de las poblaciones de cada comuna, las poblaciones de cada comuna están aumentando cada año, pero al enfocarnos en la tasa de crecimiento, están disminuyendo. La Comuna 7 y Comuna 14 tienen un crecimiento demográfico relativamente alto.

Tabla 2-1 Cambio de población de cada Comuna del 2016 al 2020

Comuna	Descripción	2016	2017	2018	2019	2020	Ratio[%]
Comuna 01	Popular	130.914	131.445	131.968	132.482	132.991	87,7
Comuna 02	Santa Cruz	111.992	112.514	113.024	113.520	114.007	
Comuna 03	Manrique	160.378	161.070	161.735	162.374	162.990	
Comuna 04	Aranjuez	162.596	162.915	163.213	163.489	163.748	
Comuna 05	Castilla	150.347	150.881	151.361	151.785	152.158	
Comuna 06	Doce de octubre	194.239	194.787	195.308	195.800	196.267	
Comuna 07	Robledo	173.075	174.406	175.652	176.810	177.874	
Comuna 08	Villa Hermosa	138.045	138.542	139.025	139.493	139.950	
Comuna 09	Buenos Aires	137.049	137.255	137.402	137.494	137.533	
Comuna 10	La Candelaria	85.587	85.658	85.724	85.783	85.841	
Comuna 11	Laureles Estadio	122.503	122.744	122.972	123.185	123.389	
Comuna 12	La América	96.613	96.918	97.199	97.457	97.698	
Comuna 13	San Javier	138.625	139.175	139.716	140.243	140.758	
Comuna 14	Poblado	130.206	131.486	132.688	133.814	134.873	
Comuna 15	Guayabal	94.960	95.397	95.790	96.142	96.462	
Comuna 16	Belén	197.123	197.399	197.493	197.593	197.625	
Corregimiento 50	San Sebastián de Palmitas	6.687	7.661	7.438	7.819	8.194	12,3
Corregimiento 60	San Cristóbal	86.315	93.072	99.662	105.977	112.088	
Corregimiento 70	Altavista	37.478	38.574	39.725	40.911	42.158	
Corregimiento 80	San Antonio de Prado	113.202	117.594	121.980	126.285	130.575	
Corregimiento 90	Santa Elena	18.789	19.559	20.328	21.081	21.828	
Total		2.486.723	2.509.052	2.529.403	2.549.537	2.569.007	

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio en base al Perfil Demográfico 2016 - 2020 Comuna 01_Popular - Perfil Demográfico 2016 - 2020 Corregimiento 90_Santa Elena, Alcaldía de Medellín

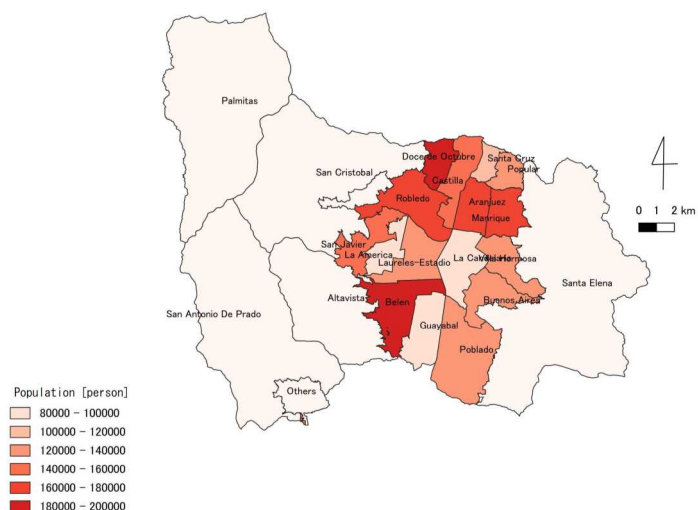


Figura 2-3 Distribución de la población de cada Comuna en Medellín

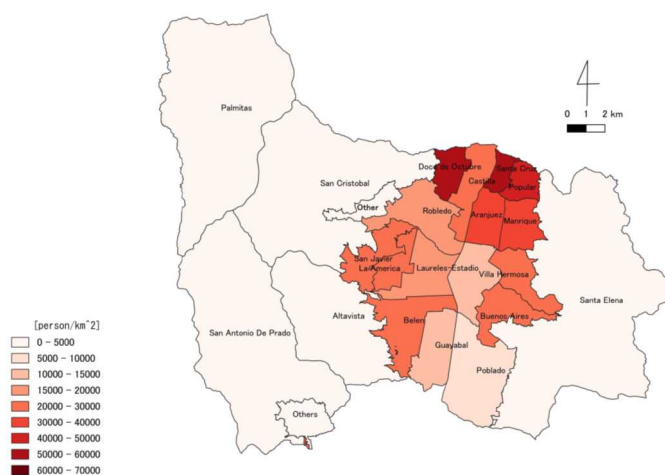
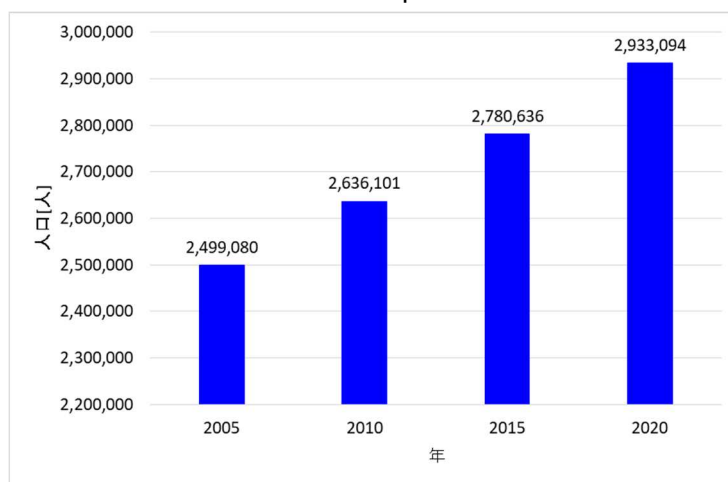


Figura 2-4 Distribución de la densidad de población de cada comuna en Medellín



Fuente: Alcaldía de Medellín, Primera Parte: Generalidades Medellín y su Población, 2006

Figura 2-5 Cambios secular de la población de Medellín

(3) Indicadores socioeconómicos de Medellín

Medellín se clasifica en seis niveles según el área residencial (Sistema Estrato), y el monto de los impuestos varía debido a que la calidad de la infraestructura difiere de acuerdo al nivel. Este sistema también se considera como un mecanismo para que las personas de alto ingreso soporten la carga de las personas de bajo ingreso. El Nivel 1 es el más pobre y el Nivel 6 es el más rico. La siguiente figura muestra la composición jerárquica de cada Comuna y Corregimiento.

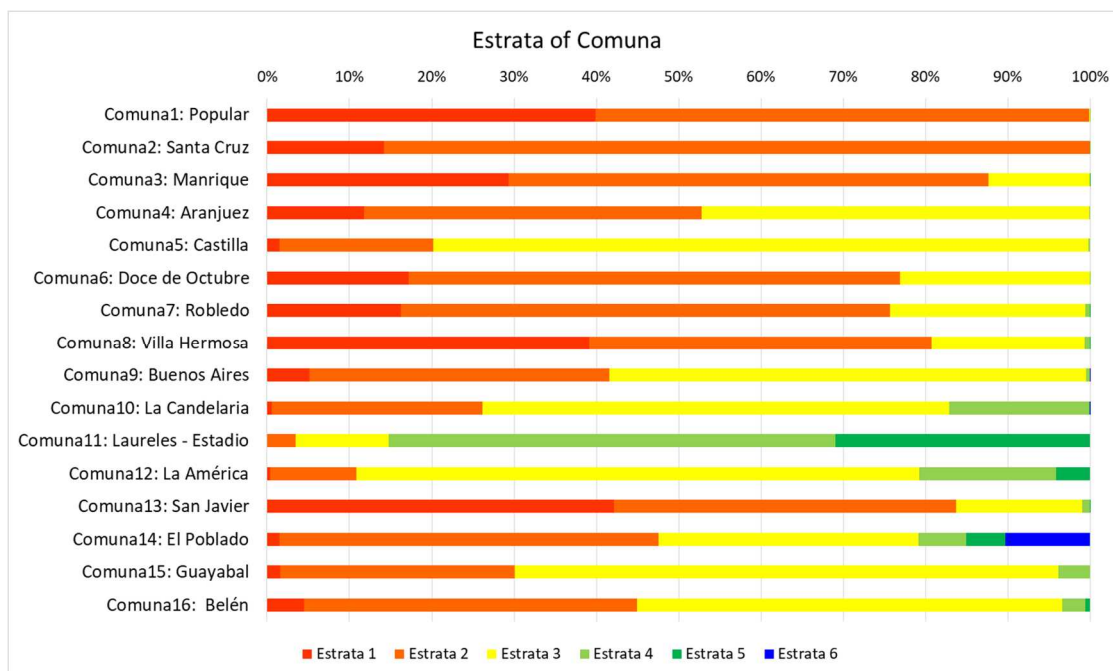


Figura 2-6 Proporción de composición jerárquica de cada comuna

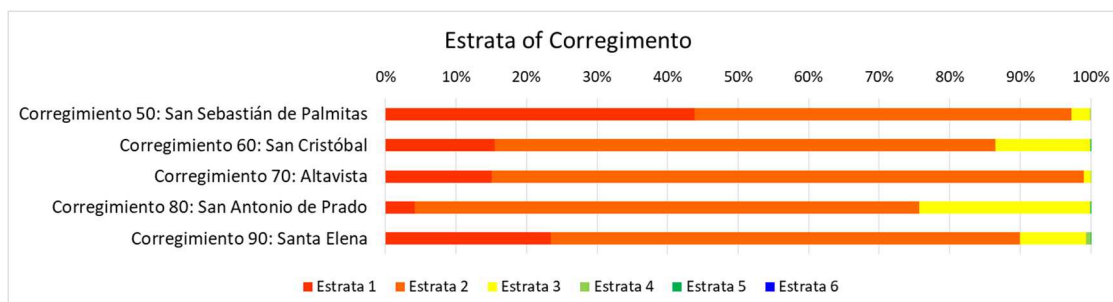


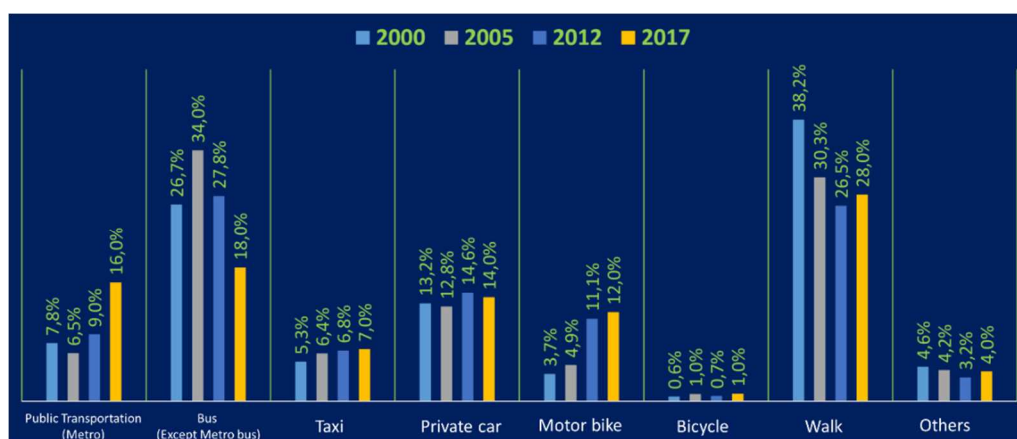
Figura 2-7 Proporción de composición jerárquica de cada Corregimiento

Fuente : VIVIENDAS ENCUESTADAS Y CLASIFICADAS EN EL SISBÉN SEGÚN ESTRATO DE LA UNIDAD DE VIVIENDA Y COMUNA O CORREGIMIENTO BASE DE DATOS CERTIFICADA POR EL D.N.P - CORTE DICIEMBRE DE 2015, MUNICIPIO DE MEDELLÍN

(4) Comportamiento del tráfico

a) Participación de los medios de transporte

Con respecto a la participación de medios de transporte, hay resultados recopilados por el Metro de Medellín a partir de la encuesta O-D realizada en el año fiscal 2017. (Figura 2-8). Observando los cambios de los medios de transporte a lo largo del tiempo, no hay un aumento o disminución significativo en el uso de automóviles privados. Sin embargo, en proporción a la disminución del uso de autobús, se puede estimar que el uso del Metro y motocicletas están aumentando. Especialmente, del 2005 al 2012, hay mucha transición a motocicletas, y del 2012 al 2017, hay mucha transición al transporte público.

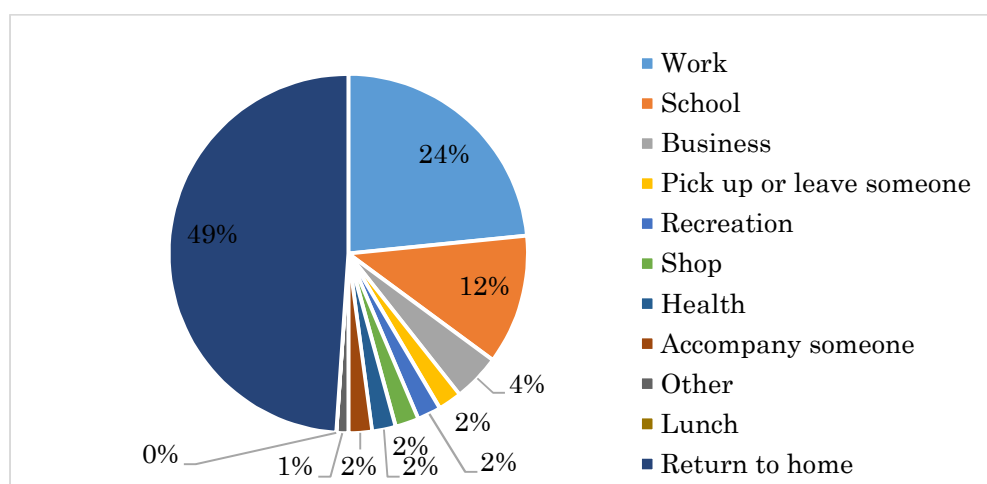


Fuente: Sesión estratégica Junta Directiva, Metro de Medellín, Mayo 2019

Figura 2-8 Cambios en la participación de los medios de transporte del 2000 al 2017

b) Propósito del viaje

Se muestra la tasa de viaje por propósito de viaje en 2017



Fuente: https://www.metropol.gov.co/encuesta_od2017_v2/index.html#/

Figura 2-9 Tasa de viaje por propósito de viaje de la ciudad Medellín (año 2017)

2.2.2 Información general del transporte público en Medellín

(1) Información del Metro

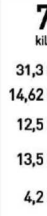
En la ciudad de Medellín, hay dos líneas ferroviarias (Línea A, B) y cuatro líneas de góndola (Línea H, J, K, L) y actualmente se están construyendo dos nuevas líneas (Línea P y Línea M), una línea de tren ligero <LRT> (Línea T-A), dos líneas de Autobús de tránsito rápido <BRT> (Línea 1, 2), y actualmente una línea en construcción (Línea 3). Las vías del tren corren de norte a sur, y en lugares con altas pendientes operan los teleféricos. A continuación, se muestra el esquema de cada medio de transporte.



Fuente: Metro de Medellín Ltda.

Figura 2-10 Mapa de ruta del transporte público de la ciudad de Medellín

Datos del Sistema / METRO facts

Líneas	A	B	K	J	L	H	M	P	1 BUS	2 BUS	T-A	TOTAL
Tipo de Sistema	Férreo	Férreo	Cable aéreo	Cable aéreo	Cable aéreo	Cable aéreo	Cable aéreo	Cable aéreo	BRT	Padrones	Férreo	3 Modos 11 Líneas
Capacidad	Coche / car 300 usuarios / users	Coche / car 300 usuarios / users	Telecabinas 10 8 sentados, 2 de pie 8 sitting - 2 standing	Telecabinas 10 8 sentados, 2 de pie 8 sitting - 2 standing	Telecabinas 10 8 sentados, 2 de pie 8 sitting - 2 standing	Telecabinas 10 8 sentados, 2 de pie 8 sitting - 2 standing	Telecabinas 10 8 sentados, 2 de pie 8 sitting - 2 standing	Telecabinas 12 10 sentados, 2 de pie 10 sitting - 2 standing	Bus articulado 154 usuarios / users	Bus padrón 90 usuarios / users	Tranvía 300 usuarios / users	N/A
Longitud de las líneas	 31,3 Km 0 km	 31,3 Km 0 km	 14,62 Km 0 km	 14,62 Km 0 km	 14,62 Km 0 km	 14,62 Km 0 km	 14,62 Km 0 km	 14,62 Km 0 km	 12,5 Km 0 km	 13,5 Km 0 km	 4,2 Km 0 km	76,12 kilómetros así: 31,3 km Metro 14,62 km Cable aéreo 12,5 km Troncal BRT 13,5 km Pretronal padrones 4,2 km Tranvía
Estaciones	21 (8 elevadas) 8 sig. stations	6 (5 elevadas) 5 sig. stations	3	3	2	2	2	3	20	8 (paraderos) 8 stops	3 Estaciones 6 Paraderos 3 stations 6 stops	79 (14 paraderos) 14 stops
Vehículos	80 trenes de 3 coches direcc. car. trains  240 coches 240 cars	93 telecabinas gondolas	119 telecabinas gondolas	55 telecabinas gondolas	44 telecabinas gondolas	49 telecabinas gondolas	138 telecabinas gondolas	30 a gas 1 eléctrico electric	47 bus padrones a gas gas feeding vehicles	12 vehículos tranvianos tramway cars	240 coches de tren 240 cars 498 telecabinas gondolas 31 buses articulados articulated buses 47 buses padrones feeding buses 12 vehículos tranvianos tramway cars	
Nº de Píneas	N/A	20	31	23	10	11	29	N/A	N/A	N/A	124	
Tiempo de recorrido	 42 minutos minutes	 10,5 minutos minutes	 9 minutos minutes	 12 minutos minutes	 15 minutos minutes	 5 minutos minutes	 4 minutos minutes	 10 minutos minutes	 45 minutos minutes	 52 minutos minutes	 19 minutos minutes	
Velocidad comercial	 40 (Máx. 80 km/h)	 18 (km/h)	 18 (km/h)	 18 (km/h)	 18 (km/h)	 18 (km/h)	 18 (km/h)	 19 (km/h)	 16 (Máx. 60 km/h)	 13 (Máx. 60 km/h)	 16 (Máx. 70 km/h)	
Frecuencia máxima	Minutos Segundos 3:00	Minutos Segundos 3:50	Minutos Segundos 0:12	Minutos Segundos 0:12	Minutos Segundos 0:14	Minutos Segundos 0:13	Minutos Segundos 0:09	Minutos Segundos 0:11	Minutos Segundos 2:45	Minutos Segundos 4:17	Minutos Segundos 4:44	
Capacidad	41.480	16.231	3.000	3.000	1.200	1.800	2.500	4.000	3.270	1.417	3.807	81.705
Estación de transferencia	• Acevedo • San Antonio • Hospital • Industriales	• San Antonio • San Javier	• Acevedo • Santo Domingo	• San Javier	• Santo Domingo	• Oriente	• Miraflores	• Acevedo	• Hospital • Cisneros • Industriales	• Industriales	• San Antonio • Miraflores • Oriente	
Inicio operación	30/11/1995	29/02/1996	7/08/2004	3/03/2008	9/02/2010	17/12/2016	1er trimestre 2019 1Q2019	En construcción	22/12/2011	22/04/2013	31/03/2016	

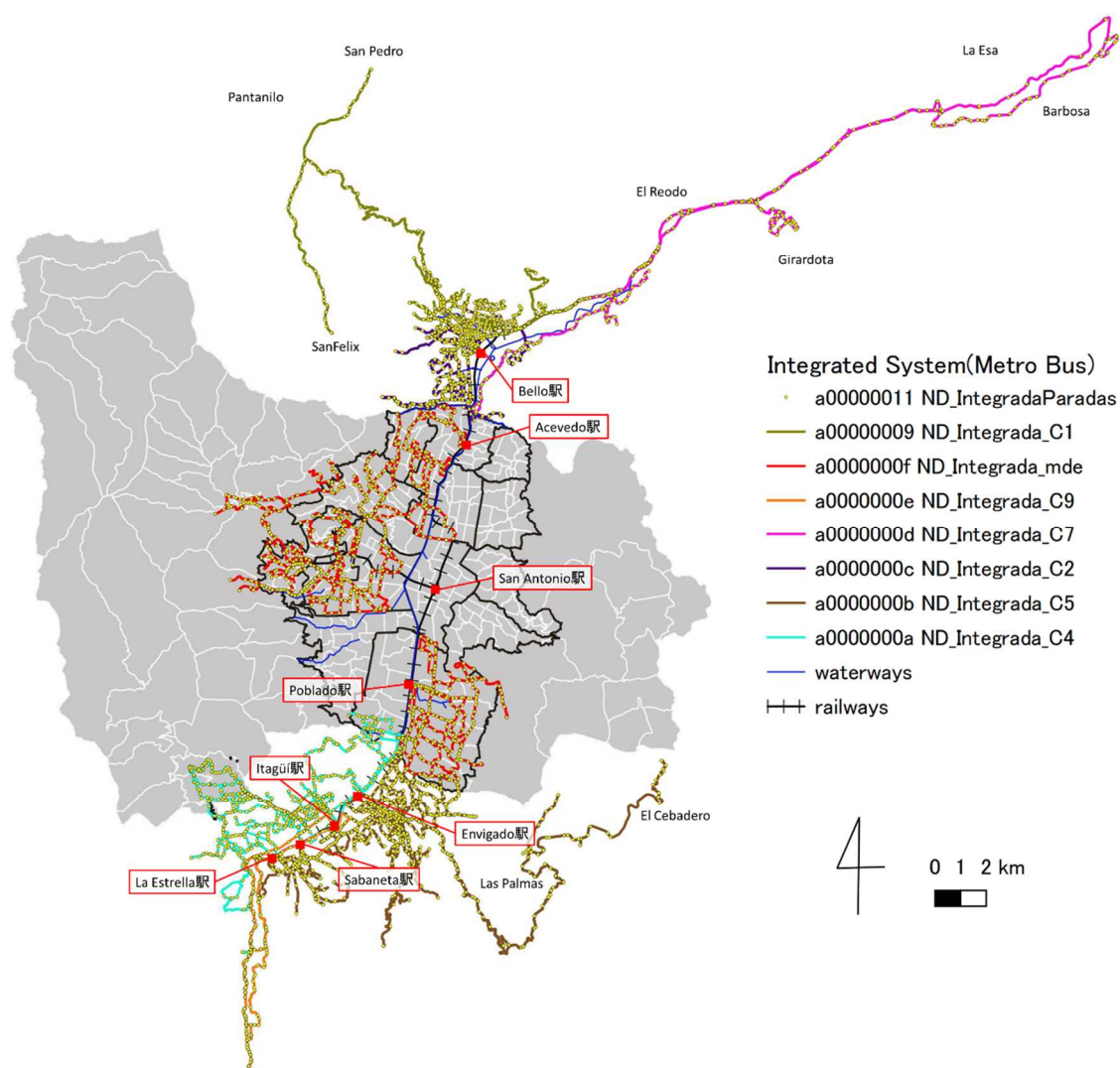
Fuente : Metro de Medellín Ltda.

Figura 2-11 Descripción general de cada transporte público de Medellín

(2) Información general de autobuses de Medellín

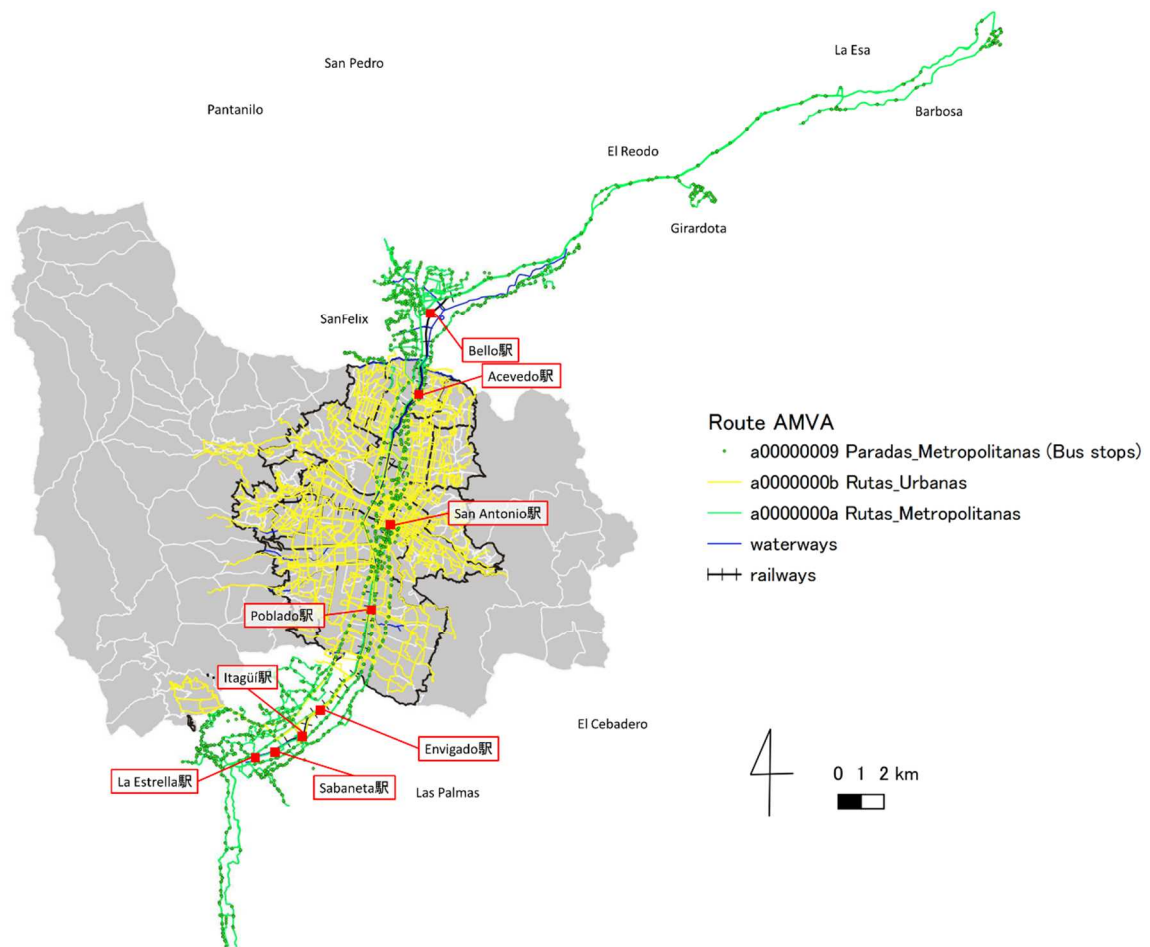
La ciudad de Medellín se puede dividir ampliamente en: (1) Autobuses operados por el Metro para el transporte público y (2) Autobuses operados por otros que no son el Metro (AMVA: Área Metropolitana del Valle de Aburrá) que operan fuera y dentro de la ciudad de Medellín. El primero tiene 35 rutas en total, 302 autobuses con capacidad para 40 personas cada uno y 65 autobuses con capacidad para 19 personas cada uno. En cuanto al número de paradas de autobús, (1) tiene 6.231 [paradas de autobuses] y (2) tiene 1.267 [paradas de autobuses], con un total de 7.498 [paradas de autobuses], lo que indica que la red de autobuses está completa. La siguiente figura muestra las rutas operadas por Metro y las rutas de autobuses operadas por AMVA.

Hay dos terminales principales de autobuses a larga distancia, una al norte y otra al sur. Tres cuartas partes de los autobuses en Medellín salen de la Terminal Norte y un cuarto de la Terminal Sur.



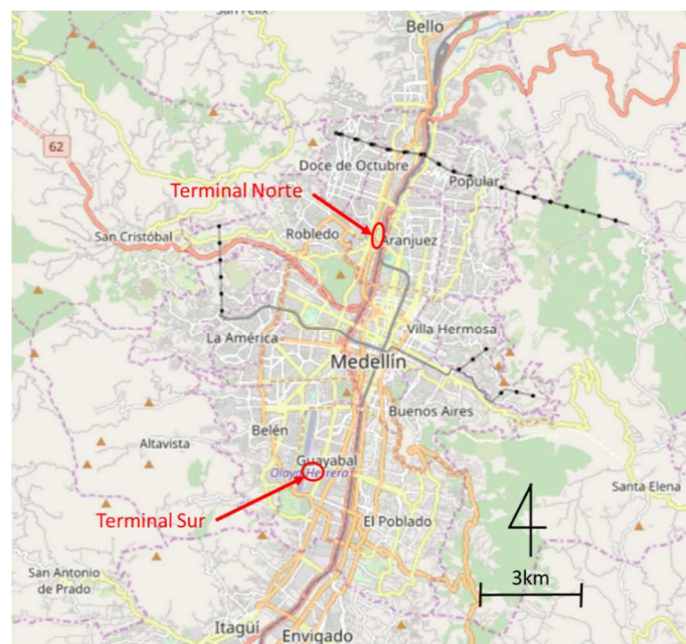
Fuente: Metro de Medellín

Figura 2-12 Red alimentadora de autobuses del Metro de Medellín y ubicaciones de paradas



Fuente: Metro de Medellín

Figura 2-13 Red de autobuses de AMVA y ubicación de la estación



Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio a partir de Open Street Map

Figura 2-14 Ubicación de la terminal del autobús de larga distancia en Medellín

(3) Sistema de tarifas de transporte público de Medellín

En Medellín, el transporte público operado por el Metro de Medellín está disponible bajo el sistema de tarifas integrado. Se ofrecen nueve combinaciones de transporte público, que constan de cuatro sistemas de tarifas. Por ejemplo, en el método (1) en la figura siguiente, en el caso de un solo uso de BRT / autobús alimentador / LRT / Metro y Góndola, un usuario habitual (Frecuente) puede usarlo por 2.255 [COP]. En el método (5) en la figura siguiente, cuando se usa un autobús alimentador, metro y góndola, los estudiantes (Estudiantil) pueden usarlo por 1.560 [COP]. Además, el metro de Medellín ha estado introduciendo las tarjetas IC desde 2007, y 5.600.000 (en mayo de 2019) tarjetas IC (Cívica) ya están en uso generalizado. (Se requiere preinscripción)



Tarifas Cable Arví



Perfil	Ingreso por transferencia desde el METRO	Ingreso directo por Cable Arví
Con tarjeta Cívica Personal y con Sisbén 1, 2 ó 3	\$350	\$850 cada trayecto
Sin Cívica Personal y con Sisbén 1, 2 ó 3	\$850 cada trayecto	\$850 cada trayecto
Sin Sisbén	\$6.000 cada trayecto	\$6.000 cada trayecto

Importante: Estas tarifas solo aplican para cable Arví, si usted sale de las estaciones debe comprar un nuevo viaje.
La tarifa del Sisbén solo aplica para residentes en el área metropolitana.

Fuente: Sesión estratégica Junta Directiva, Metro de Medellín, 2019

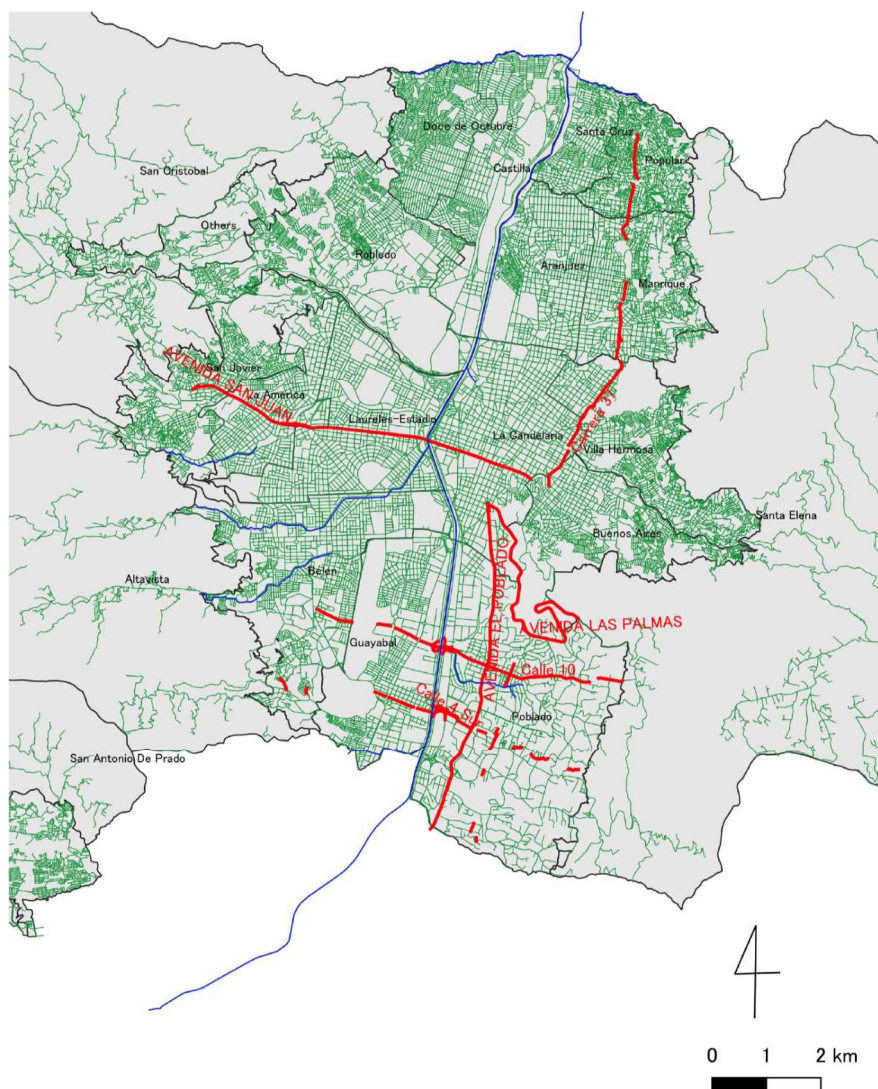
Figura 2-15 Tarifas integradas para cada patrón de combinación de transporte público (al 2019)

2.2.3 Información general del tráfico rodado de la ciudad de Medellín

(1) Volumen de tráfico y velocidad de desplazamiento en las carreteras vías principales.

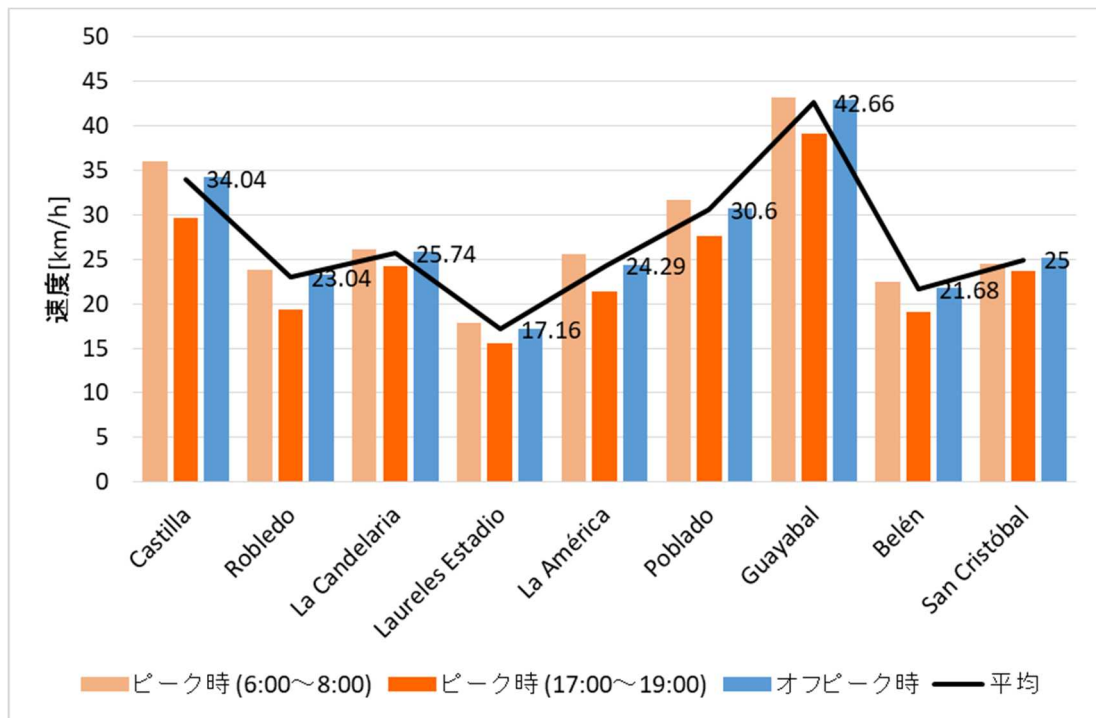
La Alcaldía de Medellín ha estado monitoreando la velocidad promedio y el volumen de tráfico de automóvil en varias comunas y caminos, desde abril de 2017. Hay dos horas pico, de 6:00 a 8:00 y de 17:00 a 19:00, pero se puede observar que el volumen de tráfico de automóviles en los puntos de observación es mayor por la tarde. En cuanto a la velocidad en cada avenida, casi todas las vías tienen velocidades diferentes entre la hora pico y fuera de la hora de pico. Entre ellas, “Calle 3 Sur”, “Calle 71” y “Calle 4 Sur” tienen una diferencia de 5 a 10 [km/h]. Para los tramos de las vías incluidos en esta ruta a considerar, los nombres de las calles se muestran en rojo.

En el Plan Maestro DE MOVILIDAD, se señala que hay un gran volumen de tráfico de automóviles en la ciudad. Especialmente, se ha informado de una congestión y contaminación atmosférica severa en las calles paralelas al río Medellín.



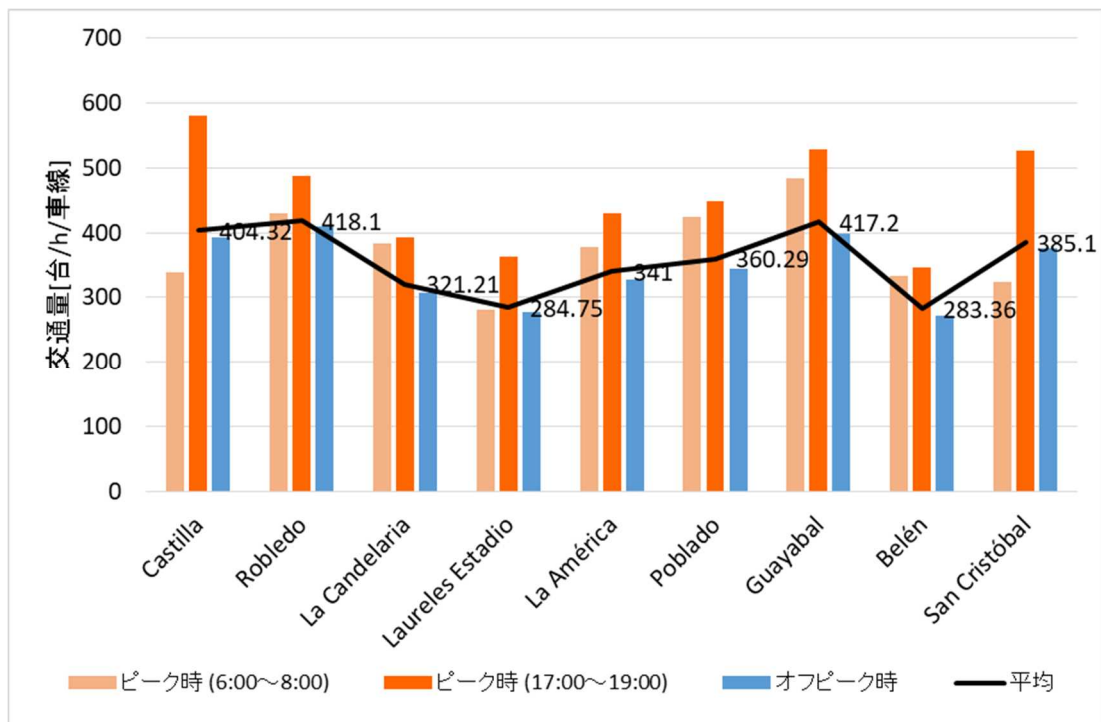
Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio a partir de la Alcaldía de Medellín Open Data

Figura 2-16 Las 6 avenidas principales con congestión severa



Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio a partir de <https://www.medellin.gov.co/movilidad/observatorio/indicadores#2-incidentes-vialesAccidentalidad> georreferenciada 2018

Figura 2-17 Velocidad del automóvil [km/h] en Comuna durante las horas pico y no pico



Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio a partir de <https://www.medellin.gov.co/movilidad/observatorio/indicadores#2-incidentes-vialesAccidentalidad> georreferenciada 2018

Figura 2-18 Volumen de tráfico por hora en Comuna durante las horas pico y no pico [vehículos/h/carril]

Tabla 2-2 Velocidades y volumen de tráfico de automóviles en las horas pico y no pico por vía

[illegible]

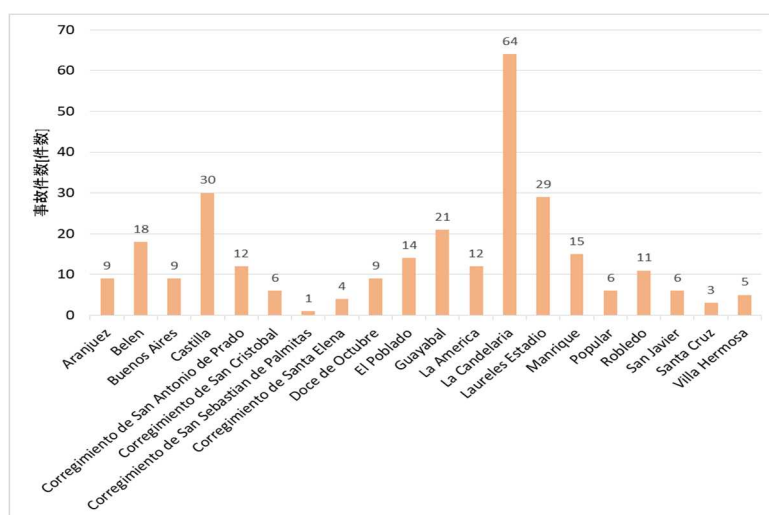
Fuente: Elaborado por el equipo de estudio a partir de

<https://www.medellin.gov.co/movilidad/observatorio/indicadores#2-incidentes-vialesAccidentalidad>

georreferenciada 2018

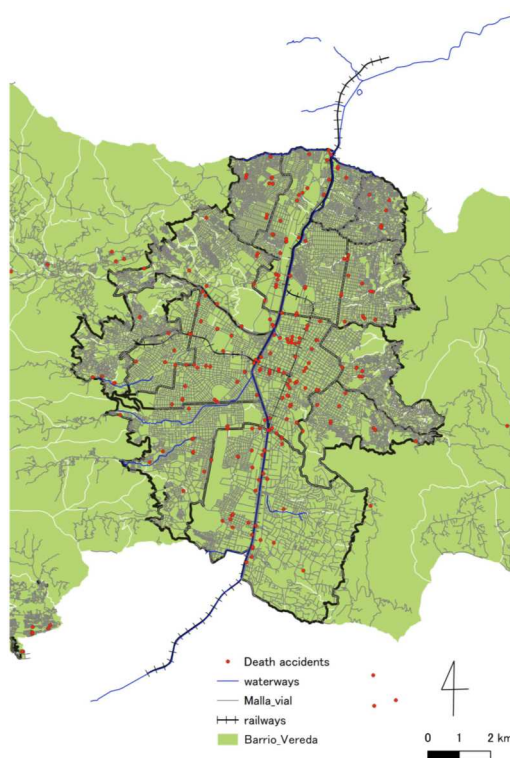
(2) Accidentes (número de víctimas)

Según el informe “Accidentalidad georreferenciada 2018”, publicado por la Alcaldía de Medellín, se hizo un resumen de los puntos donde ocurrieron accidentes, los detalles de los accidentes, heridos y víctimas fatales por causa de ello. Principalmente, hubo muchos accidentes en las intersecciones, y se observaron tendencias similares para los accidentes fatales. La siguiente figura muestra el número de accidentes de cada Comuna y los lugares donde ocurrieron. El número total de accidentes fatales en 2018 fue de 285 casos (en uno de ellos, se desconoce el lugar).



Fuente: Accidentalidad georreferenciada 2018

Figura 2-19 Número de accidentes por cada Comuna



Fuente: Accidentalidad georreferenciada 2018

Figura 2-20 Lugares donde ocurrieron accidentes fatales en 2018

2.3 Plan de nivel superior de Medellín

2.3.1 Plan Maestro urbano (POT)

El concepto del desarrollo del municipio de Medellín tiene dos áreas bien definidas que forman 2 ejes. El área que sirve de eje del este al oeste construye un corredor principal que une el municipio de Medellín con las demás áreas. El área que sirve del eje del norte al sur corresponde a las zonas destinadas al desarrollo urbanístico que aprovecha la llanura del Valle de Aburrá. Las zonas urbanas que requieren ser renovadas son las comunidades de barrios pobres existentes en gran parte de la zona de colinas.

El desarrollo urbano en Medellín está concentrado en la zona más plana en el área del Valle de Aburrá a lo largo del río (corresponde a la parte en color azul del mapa de abajo). Dicha zona está aprovechada con alta intensidad y tiene una capacidad racional para ofrecer diversas funciones urbanas, uso del suelo y servicios públicos.

Según el plan de ordenamiento territorial (POT), el área del proyecto urbano tiene una extensión de 11,161 ha y la superficie del área fuera del proyecto es de 26,304 ha. Dependiendo de la clasificación del suelo, se le aplica un control para el uso de suelo específico.

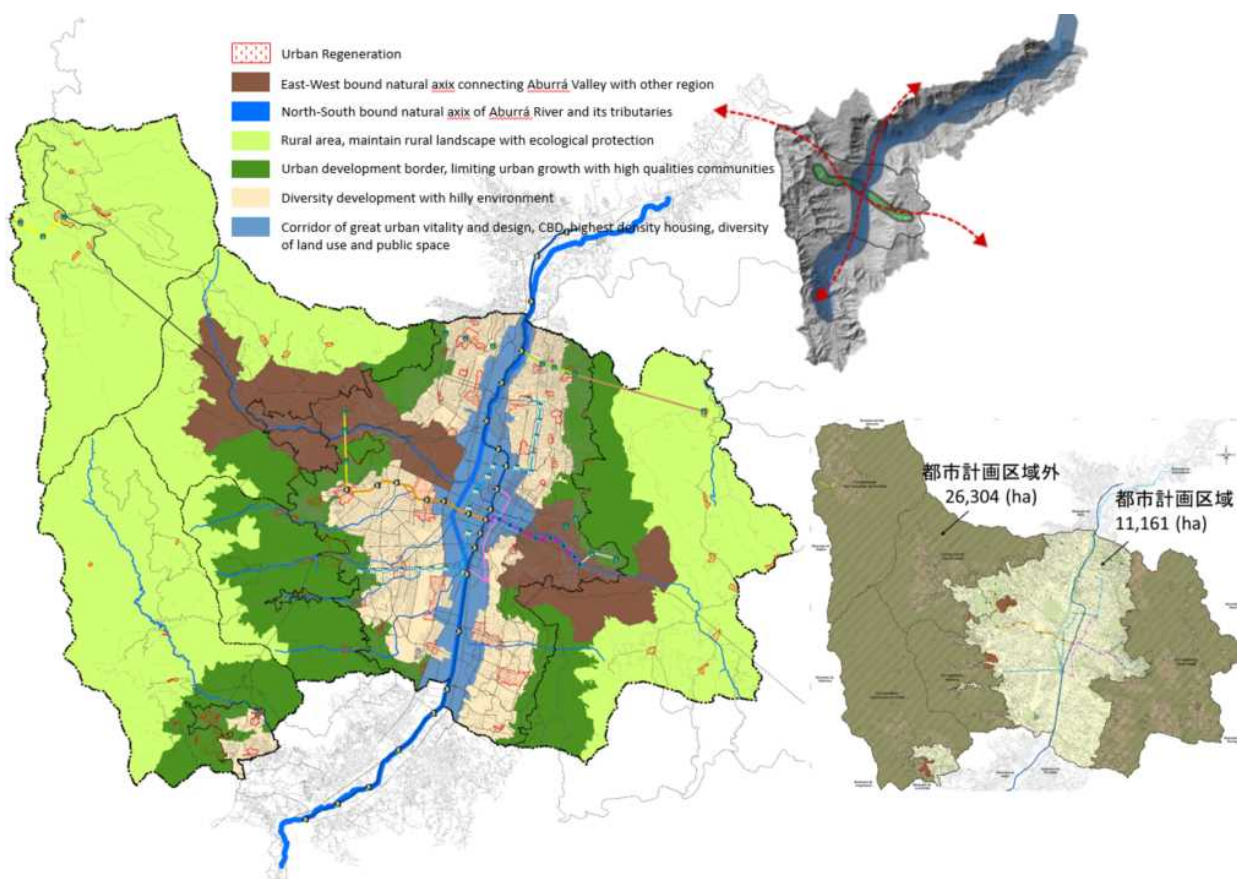
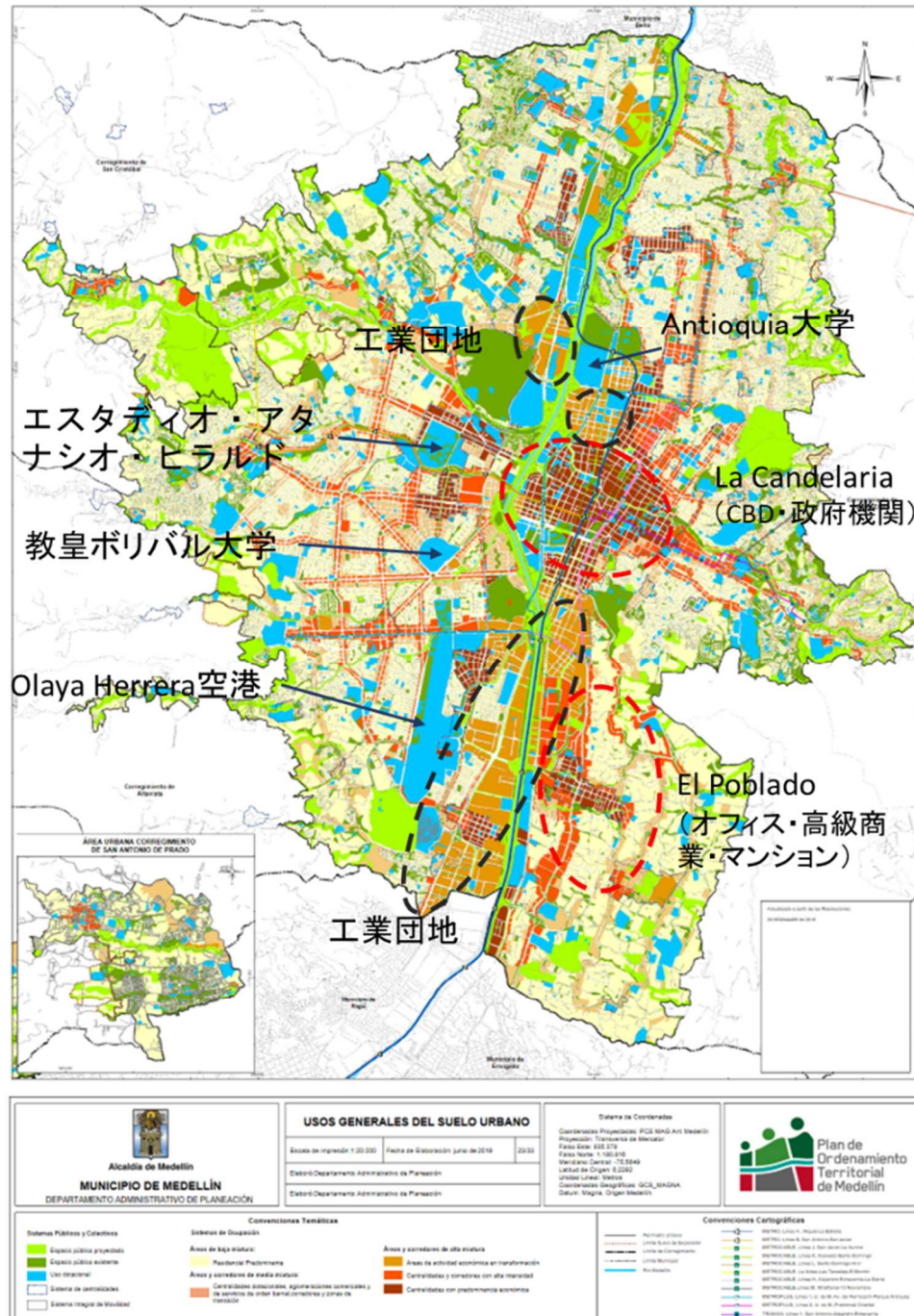


Figura 2-21 Estructura urbana y visión del desarrollo de Medellín

La comuna 10: La Candelaria es el distrito central de Medellín y viene desarrollándose de manera singular en la historia de Medellín. En la Candelaria existen casi todos los servicios e instituciones públicos incluyendo la Alcaldía de Medellín, Empresas Públicas de Medellín (EPM), Gobernación de Antioquia, Agencia de Cooperación e Inversión de Medellín (ACI), Plaza Mayor de Medellín, entre otros. Al sur del

distrito central, en la comuna 14: En el Poblado se ubican casi todos los centros comerciales de lujo, oficinas de negocios y zonas residenciales de clase alta, considerado como uno de los distritos con mayor nivel de seguridad en Medellín.



Fuente: POT Medellín

Figura 2-22 Plan de ordenamiento territorial de Medellín (ajustado en 2019)

2.3.2 Plan de trabajo para estructurar una ciudad ambiental para 2030 (BIO 2030 Plan Director Medellín)

El propósito propuesto en el BIO 2030 Plan Director Medellín es reajustar el equilibrio entre la integración social, el desarrollo local y el acceso al empleo (trabajo) y a los servicios urbanos. El BIO 2030 plantea como tarea apremiante el mejoramiento de la red vial para poder atender a las necesidades de los medios de transporte público que cubren una mayor área y al aumento acelerado de los vehículos matriculados en Medellín. En comparación con las obras de infraestructura realizadas, será igualmente importante mitigar el desequilibrio social con el mejoramiento de la calidad del servicio de medios de transporte público y con los mismos servicios.

2.3.3 Plan de Desarrollo 2016-2019 (Medellín Comprehensive Plan 2016-2019)

El Plan de Desarrollo de Medellín 2016-2019 tiene elaborado un plan de activación integral dirigido a la ciudadanía en los sectores representativos del municipio de Medellín. En dicho plan han participado los comités del municipio, organizaciones sociales de cada comuna y corregimiento, los funcionarios municipales de Medellín y nuevo Gabinete formado en 2015. El documento del plan describe como esencia las propuestas para el desarrollo urbano de 2016 a 2019, teniendo en cuenta los emprendimientos del municipio para el desarrollo integral y el ambiente mundial (Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2011). El plan de desarrollo ha sido planeado y elaborado por el Departamento Administrativo de Planeación.

Las tres palabras clave que representan los problemas que enfrenta hoy el municipio de Medellín son: legalidad, seguridad y equidad. Razón por la cual, el plan describe soluciones que corresponden a estos 3 problemas.

Se han propuesto 7 ítems de los aspectos estratégicos en relación con las 3 palabras clave. Cada uno de los aspectos está dividido en 4 fases. La 1ª fase corresponde a “Aspecto estratégico” que tiene como objeto las funciones fundamentales urbanas que afectan funciones del gobierno. La 2ª fase corresponde a “Desafíos” que significan tareas pendientes sobre cada tema y problema y la 3ª fase

corresponde a “Programas” que se refieren a los grupos de proyectos destinados a solucionar un mismo problema. Finalmente, la 4ª fase son “Proyectos” elaborados por la institución planificadora DNP y que son unidades básicas con descripción de una serie de medidas para cumplir necesidades sociales concretas y controladas oficialmente.

Los desafíos del desarrollo urbano en Medellín se resumen a continuación.



Tabla 2-3 Resumen del Plan de Desarrollo de Medellín 2016-2019

	Aspectos estratégicos	Temas globales y metas
1	Cultura de “creemos en la ciudadanía”	• Promoción de la participación ciudadana • Acciones referentes a la salud ciudadana, consideraciones al ambiente de la vida, valores morales, participación, coexistencia y la vida cotidiana en general • Actividades que se desarrollan por el cambio de la cultura ciudadana
2	Seguridad y convivencia ciudadana	• Ciudad resistente • Inversiones en la infraestructura de seguridad • Iniciativas generales destinadas a infraestructura física y técnica relacionada con las actividades de los sectores planeados y la seguridad de la ciudad y la convivencia ciudadana. • Reconstrucción de la confianza y la estructura social de Medellín
3	Nuevo modelo para una equidad social	• Inclusividad social • Mejoramiento del sistema social • Propósitos en las comunas con baja calidad de la vida (Popular, Santa Cruz y Palmitas) • Análisis desde el punto de vista de la imparcialidad: género, curso de la vida, visibilización de los grupos étnicos* y salud
4	Educación de alta calidad para el desarrollo y la competitividad	• Enfatizar que es indispensable la responsabilidad entre el Estado, los gobiernos regionales, las empresas y las familias para estimular los proyectos productivos y sociales que permitan la creación de incentivos para las innovaciones.
5	Movilidad sostenible	• Integración de los medios de transporte de pasajeros y carga de manera estratificada con dependencia mutua, combinando las carreteras y los espacios públicos con el fin de que los ciudadanos, las comunidades y las empresas puedan tener acceso a los variados servicios, instalaciones y oportunidades ofrecidos por el municipio. • Desarrollo continuo, seguro y ambientalmente sostenible • Estratificación de una red vial inclusiva y un sistema de transporte público (para garantizar a los ciudadanos los derechos al acceso y un traslado sin aislamiento social)
6	Desarrollo urbano integral y regeneración del distrito central	• Temas identificados : ➤ Congestión de tráfico ➤ Falta de recursos financieros para ofrecer servicios básicos ➤ Falta de viviendas dignas ➤ Deterioro de infraestructura

		• Principales medidas de solución : ➤ Tratar de mejorar la calidad de los espacios públicos mediante las estrategias planeadas del Plan de Desarrollo ➤ Restablecer las principales comunidades que sufren la violencia y crímenes. ➤ Mejoramiento ambiental de los suburbios ➤ Reforzar la presencia del gobierno
7	Compromiso con la sensibilización ambiental	• Prestación de servicios públicos de alta calidad y promoción del acceso • Reforzar la prevención y control de los factores de amenazas y riesgos y tratar de mejorar la conciencia respecto a una construcción ambiental (combinación de diseño urbano con regeneración)

Una de las estrategias innovadoras propuestas por el municipio de Medellín es la gestión de movilidad. Desde el punto de vista de una movilidad sostenible, se trata de solucionar problemas en la gestión de movilidad y al mismo tiempo, se reconoce la importancia del sistema de transporte público. Para lograr su promoción, es necesario que el gobierno intervenga no sólo para rectificar el desequilibrio social que consiste en que cuanto más bajo el ingreso de la gente, más le cuesta el uso de medios de transporte público, sino también para considerarla desde el aspecto ambiental (incluyendo la calidad del aire).

Aquí, el desarrollo de medios de transporte público se considera como una solución para mitigar la pobreza y también como una articulación para ofrecer oportunidades a las comunidades que se encuentran en estado crítico con crímenes, abuso de drogas, conflictos armados, etc.

En resumen, la inestabilidad y la convivencia siguen siendo desafíos para Medellín y bajo la presencia de estas, se ven impedidos el crecimiento poblacional y el desarrollo urbano. No se puede pasar por alto que siguen presentes los crímenes contra ciudadanos y sus bienes, incumplimiento de la ley y problemas de convivencia y conflictos entre los ciudadanos.

2.4 Comprensión de las necesidades y desafíos del país receptor

Los desafíos del desarrollo descritos en el Plan de Desarrollo de Medellín son la congestión de tráfico, falta de recursos financieros para ofrecer servicios públicos, falta de viviendas públicas dignas, deterioro de la infraestructura y un mejor ambiente de la vida de los asentamientos informales y sus habitantes, que es lo más importante.

2.4.1 Fortalecimiento de la red de transporte público

El municipio de Medellín está dedicando sus esfuerzos llevando a cabo proyectos de carreteras y transporte público descritos en el Plan de Desarrollo de Medellín, para mejorar el nivel de seguridad y la movilidad de la ciudadanía. Debido a las características geográficas del Valle de Aburrá que presenta andenes anchos, se da una red vial cuadriculada de 1 km de ancho y 15-20 km de largo, con 4 carreteras troncales paralelas con alta congestión vehicular.

Hasta la fecha, en el municipio de Medellín no se ha visto un gran crecimiento en la tasa de posesión de vehículos, pero sí que ha aumentado notablemente el uso de la motocicleta. Además, a medida que avance la disponibilidad de medios de transporte público, tiende a aumentar la frecuencia de viaje. Pero, el tiempo promedio de viaje en todo el municipio de Medellín presenta una tendencia creciente cada año y se teme la ampliación de dicha tendencia en la parte urbana.

La tasa de posesión de vehículos varía según la clase social, y a medida que avance el desarrollo económico en el futuro, posiblemente aumentará drásticamente el uso del vehículo propio. En la comuna 10: La Candelaria, donde cruza la avenida San Juan, una de las carreteras paralelas al río Medellín, una congestión grave y la contaminación atmosférica están constituyendo problemas y será necesario sustituirlo por un medio de transporte más ecológico.

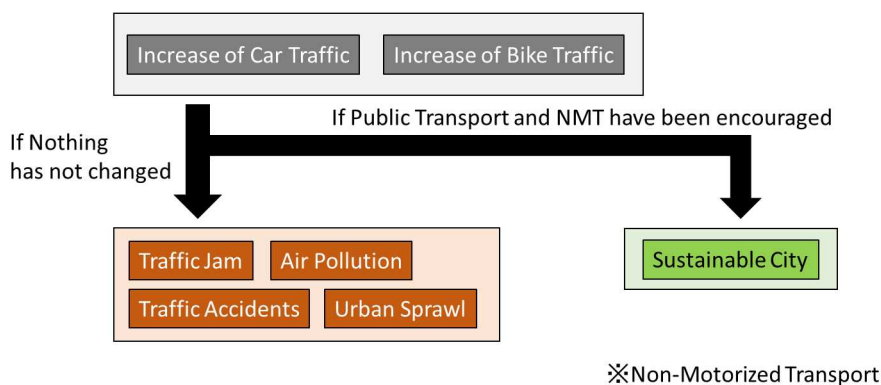


Figura 2-23 Futuros desafíos del municipio de Medellín

2.4.2 Activación y mejoramiento del nivel de seguridad ciudadana en las comunidades de clase pobre

Medellín había sido la base de actividades de la organización criminal: Cartel de Medellín, y sufría narcotráfico y crímenes. Además, llegaban a Medellín mucha gente de clase pobre incluyendo los refugiados de la guerra civil y se asentaron u ocuparon partes montañosas del Valle de Aburrá, lo que provocó un desarrollo de viviendas no controlado y la falta de obras y servicios públicos. En dichas partes montañosas, debido a la alta concentración de asentamientos informales, por lo general es deficiente el acceso a los centros de trabajo, el distrito central y los servicios públicos.

Para el municipio de Medellín, uno de los problemas generalmente reconocidos es la pobreza y la falta de equidad social. En la zona de colinas, existen varios barrios pobres. Para solucionar este problema, como medidas políticas del municipio de Medellín será necesario planificar y desarrollar proyectos urbanos. Con esta iniciativa, mientras se reforme el ambiente físico, se fomenta en grande un cambio social y cultural en estas comunidades.

En la parte urbana del municipio de Medellín, en los últimos 10 años se ha reducido considerablemente la tasa de pobreza, sin embargo, en los distritos y comunidades vecinas sigue siendo alta la tasa de criminalidad en comparación con la tasa de pobreza. La comunidad más pobre El Poblado (al sudeste del municipio de Medellín) se ubica en el extremo de la zona de colinas y se registra efectivamente cero casos de asesinato. La Figura 2-24 indica la situación económica promedio de las familias de cada comunidad. Los habitantes del norte del municipio de Medellín dependen de los medios de transporte público.

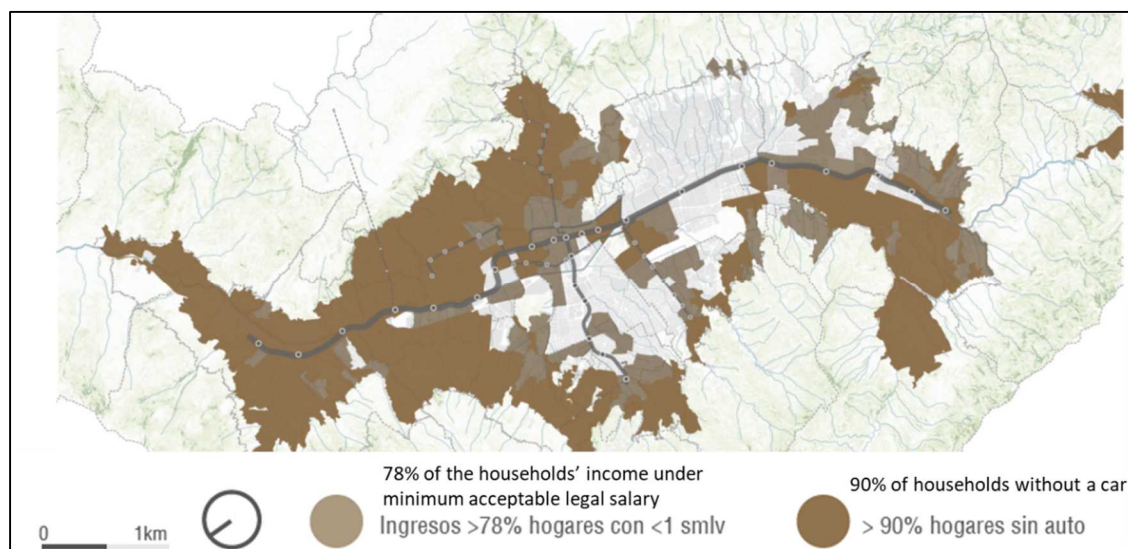


Figura 2-24 Comunidades pobres en el municipio de Medellín

2.5 Plan maestro de transporte urbano de Medellín

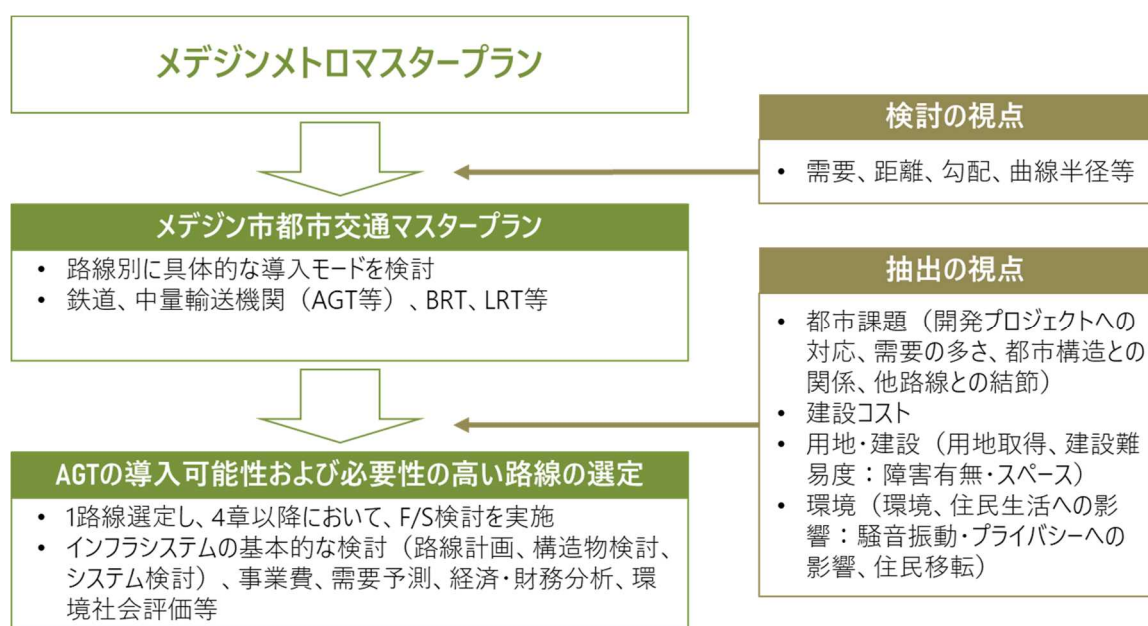
2.5.1 Concepto del análisis

Para las rutas objeto de análisis en el Plan Director proporcionadas por el Metro de Medellín, se determinará un medio de transporte adecuado para cada una.

Las rutas objeto de análisis son 13 rutas de ④ a ⑯, correspondientes a la Fase 0, entre las indicadas en la página siguiente.

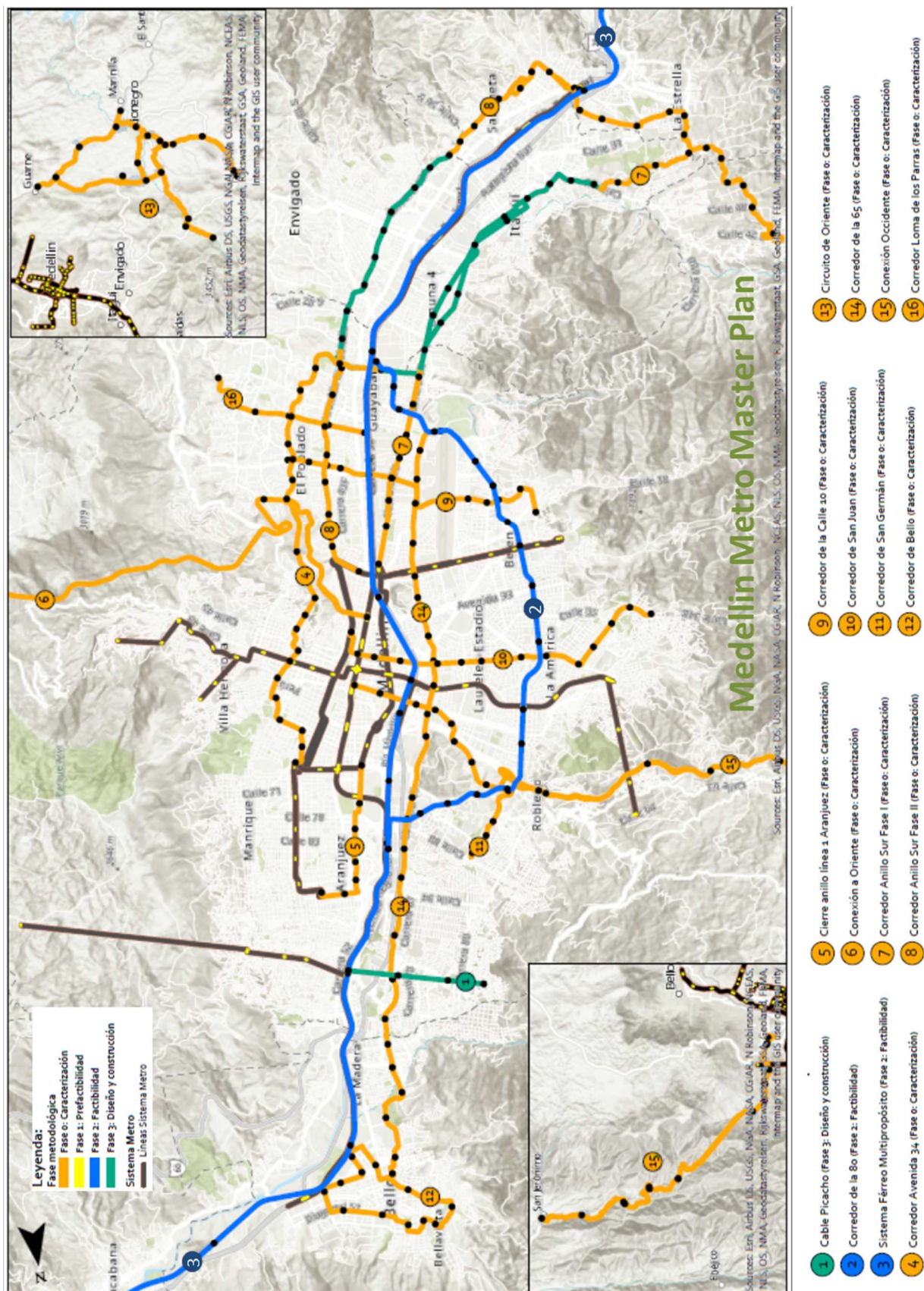
Los supuestos medios de transporte serán el ferrocarril (Metro de Medellín), BRT (Metroplús), LRT (tranvía), que son actualmente introducidos, y un medio de transporte de capacidad media que no está introducido todavía. Sobre un medio de transporte de capacidad media adecuado para el municipio de Medellín se describirá en la siguiente sección.

Además, de las rutas candidatos consideradas como apropiada la introducción de AGT en esta fase, se determinará una ruta donde se llevará a cabo un estudio de factibilidad concreto de acuerdo con los indicadores de valoración establecidos en el Estudio.



Fuente: Equipo del Estudio

Figura 2-25 Procedimiento de análisis concreto



Fuente: Elaborado de documentos de Metro de Medellín
 Figura 2-26 Plan Director de Metro de Medellín

2.5.2 Necesidad de introducir un nuevo sistema de transporte (AGT) en el municipio de Medellín

(1) Necesidad de un medio de transporte con capacidad media

Actualmente en el municipio no está introducido un medio de transporte de capacidad media, pero, por ejemplo, en Metroplús (BRT) los buses suelen ir completos no solamente por las mañanas y tardes, sino también al mediodía.

Será necesario analizar la introducción de un medio de transporte de capacidad media que atienda debidamente a la futura demanda de tráfico (un medio de transporte: AGT o monorraíl, que cubra la capacidad de transporte intermedia entre “Metro” y “Metroplús, Tranvía y Metrocable”).



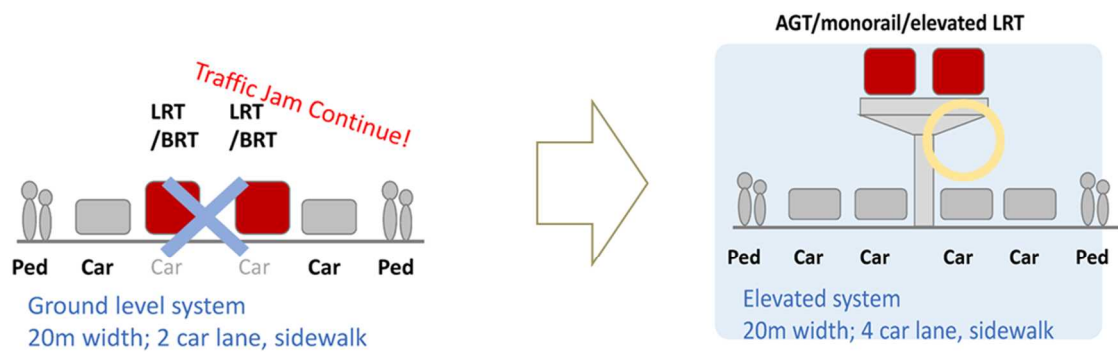
Fuente: Equipo del Estudio

Figura 2-27 Muchísimos pasajeros de Metroplús (en una estación)

(2) Necesidad de un medio de transporte elevado de capacidad media

Debido a que el municipio de Medellín tiene concentrado su casco urbano en las laderas y el fondo del valle, lo que conlleva a limitaciones espaciales ante la introducción de nuevo sistema de transporte urbano. El municipio lleva adelante el planeamiento de una ciclovía desde el punto de vista de una urbanización ecológica y de ahora en adelante, se hará necesario disponer los espacios donde recorrer vehículos, medios de transporte público y bicicletas en una extensión vial limitada. A este efecto, como una de las opciones, será necesario analizar la introducción de un medio de transporte público elevado que permita aprovechar eficientemente el espacio vial.

En comparación con los medios de transporte que recorren sobre la calle, un medio de transporte público elevado es excelente desde los puntos de vista de la velocidad programada y la seguridad vial.



4車線の道路を2車線削減すると、道路交通容量は約1/4に。交通渋滞がより一層悪化する可能性が高い

中央分離帯等のスペースを活用して高架式交通システムを導入すれば、道路交通と公共交通の両立が可能

Fuente: Equipo del Estudio

Figura 2-28 Necesidad de un medio de transporte público elevado

(3) Características de AGT – Comparación con otros medios de transporte elevado de capacidad media -

AGT (Automated Guideway Transit = transporte público guiado) es excelente en el radio de curvatura mínimo y el gradiente máximo en relación con otros medios de transporte elevado de capacidad media, por lo que puede ser uno de los medios de transporte más recomendados en el municipio de Medellín que cuenta con muchas laderas y terreno limitado.

En delante, como medio de transporte de capacidad media en este municipio se supone “AGT”, que es uno de los medios de transporte elevado de capacidad media.

Tabla 2-4 Resumen de medios de transporte elevado de capacidad media

項目	AGT	高架式LRT	モノレール
写真			
導入都市 (アジア諸都市) ★建設中	東京、横浜、大阪、神戸、広島、マカオ★、釜山、議政府、シンガポール、広州等	マニラ、長春、バンコク、クアラルンプール、ドバイ、ジャカルタ★等	東京、大阪、北九州、沖縄、重慶、クアラルンプール、シンガポール、ドバイ等
最小曲線半径	30m	50m	50m
最急勾配	10%	6%	8%
走行方式	粘着式ゴムタイヤ走行	粘着式鉄車輪走行	粘着式ゴムタイヤ走行
イニシャルコスト	約75億円/km	約75億円/km	約90億円/km
非常時対応	中央通路より避難	側方通路より避難	シューターにより避難
メーカー	三菱重工業、新潟トランス、ボンバルディア、シーメンス、宇進産電等	近畿車輛、日本車輛、カフ、アルストム、現代ロテム等	日立、ボンバルディア、スコミ等

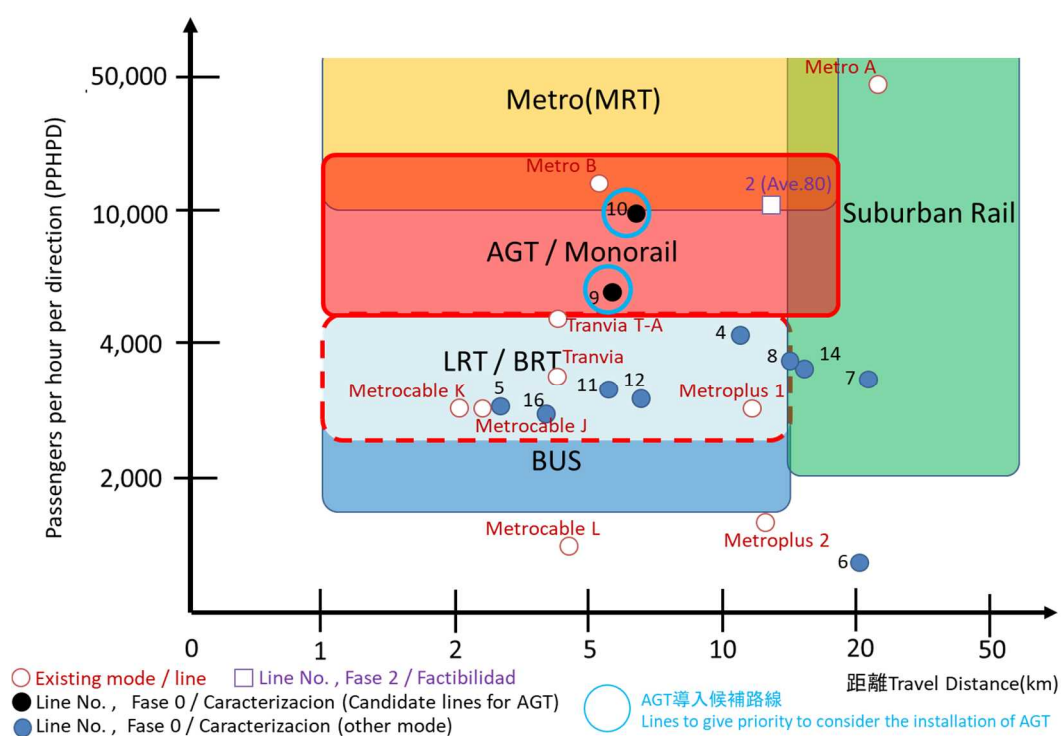
Fuente: Equipo del Estudio

2.5.3 Análisis del Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana del municipio de Medellín

Aplicando la demanda de horas pico (PPHPD) y la longitud de las rutas objeto del análisis, obtenidas de Metro de Medellín, en un gráfico de áreas de movilidad (relación entre la demanda en horas pico y la distancia de transporte), determinamos un medio de transporte adecuado.

Según el plano, las dos rutas de Calle 10 y de San Juan han sido consideradas como áreas de AGT. Ante la introducción, dichas rutas no presentan grandes problemas en cuanto al gradiente, el radio de curvatura y el ancho de la vía.

De lo anterior, analizaremos las dos rutas para determinar cuál tiene mayor factibilidad y necesidad de introducción.



Fuente: Equipo del Estudio

Figura 2-29 Gráfico de áreas de movilidad (relación entre la demanda en horas pico y la distancia de transporte)

Tabla 2-5 Resultados del diagnóstico de movilidad

路線番号 Line No.	路線名称 Line Name	距離 (km) Distance (km)	ピーク時需要 (PPHPD:人/時/方向) Peak Hourly Demand (Persons/hour/direction)	交通モード Transportation Mode
4	Av.34	11.5	4,491	LRT/BRT
5	Cierre anillo line 1 Aranjuez	3.3	3,269	LRT/BRT
6	Conexion Oriente	21.6	470	Bus
7	Corredor Anillo Sur Fase 1	24	3,457	Sub Urban Rail
8	Corredor Anillo Sur Fase 2	15.2	3,822	LRT/BRT
9	Calle10	5.9	7,314	AGT
10	San Juan	7	9,590	AGT
11	San German	5.8	2,858	LRT/BRT
12	Bello	7.8	2,678	LRT/BRT
13	Circuito de Oriente	84.5	-	-
14	de la 65	15.7	3,744	LRT/BRT
15	Conexion Occidente	32.4	-	-
16	Corredor Loma de los Parras	3.9	2,547	LRT/BRT

Fuente: Equipo del Estudio

2.5.4 Posibilidad de la introducción de AGT y determinación de las rutas con mayor necesidad

En esta sección evaluamos las dos rutas (Calle 10 y San Juan) consideradas aptas para la introducción de AGT en el Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana, mencionado en la sección anterior, para determinar cuál tiene mayor factibilidad y necesidad de introducción. La ruta más calificada será analizada y valorada concretamente en las secciones subsiguientes.

(1) Establecimiento de los indicadores de evaluación

Hemos establecido los indicadores de evaluación, clasificándolos en 3 niveles: grande, mediano y pequeño, teniendo en cuenta los objetivos del Estudio y tomando como referencia el concepto de la evaluación de Metro de Medellín. (Los indicadores grandes son 4: “atención a los problemas urbanos”, “costo de construcción”, “terreno y construcción” y “medio ambiente”).

Ante la evaluación, hemos establecido pesos para cada uno de indicadores grandes (para que la suma de los pesos sea 100). Respecto a los pesos, aunque tomamos como referencia ejemplos de estudios similares donde fueron establecidos pesos, teniendo en cuenta que el Estudio considera como uno de los objetivos de la introducción de AGT la mitigación de la congestión de tráfico (cantidad de demanda y nivel de cobertura de la red de transporte público) y que es indispensable el establecimiento de un sistema de transporte unificado con el desarrollo urbano, hemos dado mayor valor al peso referente a la atención a problemas urbanos.

(2) Evaluación

A cada uno de los indicadores lo evaluamos con escalas de calificación de 1 a 5 puntos; 5 puntos (la mejor calificación) → 4 puntos → 3 puntos → 2 puntos → 1 punto (la peor calificación). Tratamos de evaluarlos en lo posible de acuerdo con los indicadores cuantitativos.

Puesto que los pesos están establecidos para cada indicador grande, hemos calculado la media de los puntajes correspondiente a cada indicador grande. La suma de esta media y el peso establecido es la puntuación total.

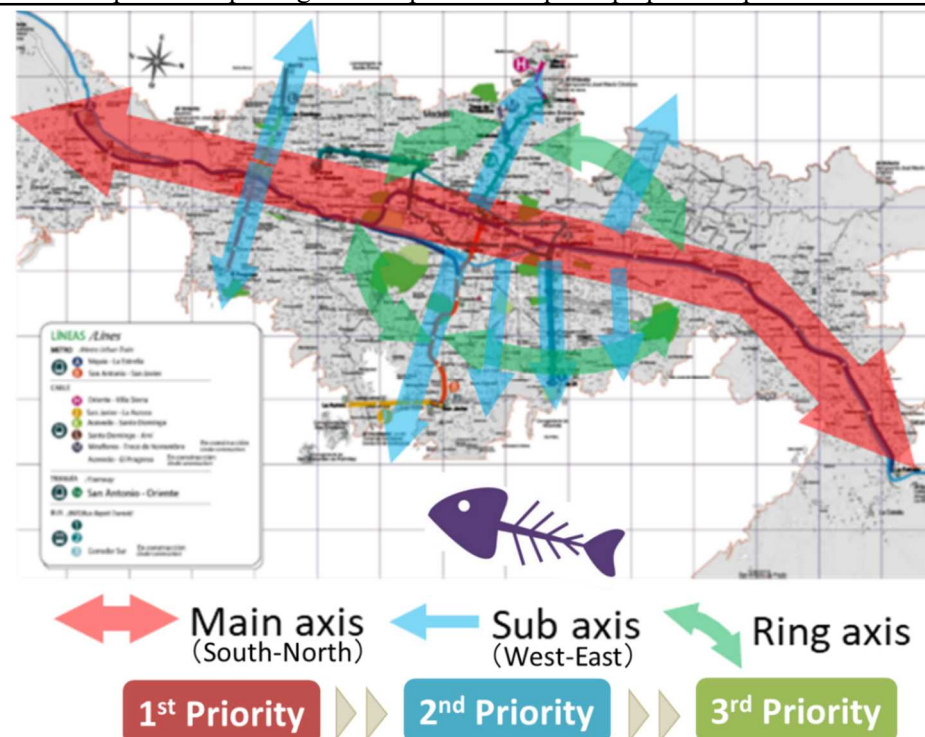
Como resultado, San Juan presenta la mayor puntuación total, y en la calle San Juan la posibilidad y la necesidad de introducción son altas, por tanto, de aquí en adelante emprendemos análisis y evaluación concreta para introducir AGT en dicho tramo.

Tabla 2-6 Indicadores de evaluación y sus resultados

Indicador grande	Indicador mediano		Indicador pequeño	Calle 10	San Juan	Peso
Atención a problemas urbanos	Atención al proyecto de desarrollo...(a)			3	5	35
	Cantidad de demanda...(b)			2	3	
	Relación con la estructura urbana...(c)			3	4	
	Articulación con otras rutas ...(d)			2	2	
Costo de construcción	Puntaje medio			2.50	3.50	25
	Costo de construcción por km ...(e)			3	4	
	Puntaje medio			3.00	4.00	
	Obtención de terreno...(f)			2	4	
Terreno y construcción	Facilidad de construcción	Presencia de obstáculos...(g)		3	3	25
		Disponibilidad de espacio...(h)		4	5	
	Puntaje medio			3.00	4.00	
	Paisaje...(i)			2	3	
Medio ambiente	Impacto a la vida de habitantes	Ruido y vibraciones ...(i)		2	3	15
		Impacto sobre la privacidad...(i)		2	3	
	Reubicación de habitantes...(i)			2	4	
	Puntaje medio			2.00	3.25	
	Puntuación total			267.5	371.3	

(Referencia) Método de evaluación

- (a) Calcular la longitud de extensión del área urbana renovada y el área de transferencia de la capacidad de construcción en la ruta, cuanto más alta su proporción, mejor puntuación se obtendrá.
- (b) Cuanto más alta la demanda diaria, mejor puntuación se obtendrá.
- (c) A los ejes del tráfico correspondientes a las rutas en cuestión, se les darán los siguientes puntos.
 - 5 puntos : Rutas troncales que forman ejes urbanos (dirección norte-sur)
 - 4 puntos : De las rutas secundarias (dirección este-oeste), las rutas paralelas a las troncales que conectan con el centro de la ciudad o forman ejes urbanos
 - 3 puntos: De las rutas secundarias, las que conectan con las áreas marginales
 - 2 puntos : Circunvalación (exterior)
 - 1 punto : Rutas auxiliares (suburbio)
- (d) Se cuenta el número de cruces y se les dan pesos según las características de las rutas que cruzan.
- (e) Cuanto menos costosa la construcción, más puntos se le darán.
- (f) Se calcula la superficie del terreno de depósito por km y cuanto menos sea el valor, más puntos se obtendrán. Asimismo, se tendrá en cuenta la facilidad de adquisición.
- (g) Se tiene en cuenta el número de pasos a desnivel que cruzan y cuanto menos sea el valor, más puntos se obtendrán.
- (h) Una obra en las calles angostas requiere ampliar el ancho vial, por tanto, se calcula la longitud de esta extensión. Cuanto menos resulte la longitud por km, más puntos se obtendrán.
- (i) Evaluación de impactos: impacto grande: 1 punto → impacto pequeño: 5 puntos



Fuente: Equipo del Estudio

Figura 2-30 Referencia: Ejes de tráfico por orden de prioridad desde el punto de vista de formación de ejes urbanos

2.6 Pronóstico de demanda

2.6.1 Estimación del volumen de tráfico según el medio de transporte en 2030

(1) Tasa de participación de medio de transporte por Origen-Destino actuales

a) Método de estimación de la tasa de participación de medio de transporte por Origen-Destino

Se elaboró una tabla de Origen-Destino por medio de transporte del 2030, multiplicando la proporción de los medios de transporte actualmente representativos, a la “Tabla de Origen-Destino en los alrededores de las rutas estudiadas del 2030”. El transporte público (Metro), los autobuses (que no sean Metro), Metro y Autobús, Automóviles y motocicletas se establecieron como medios de transporte representativos.

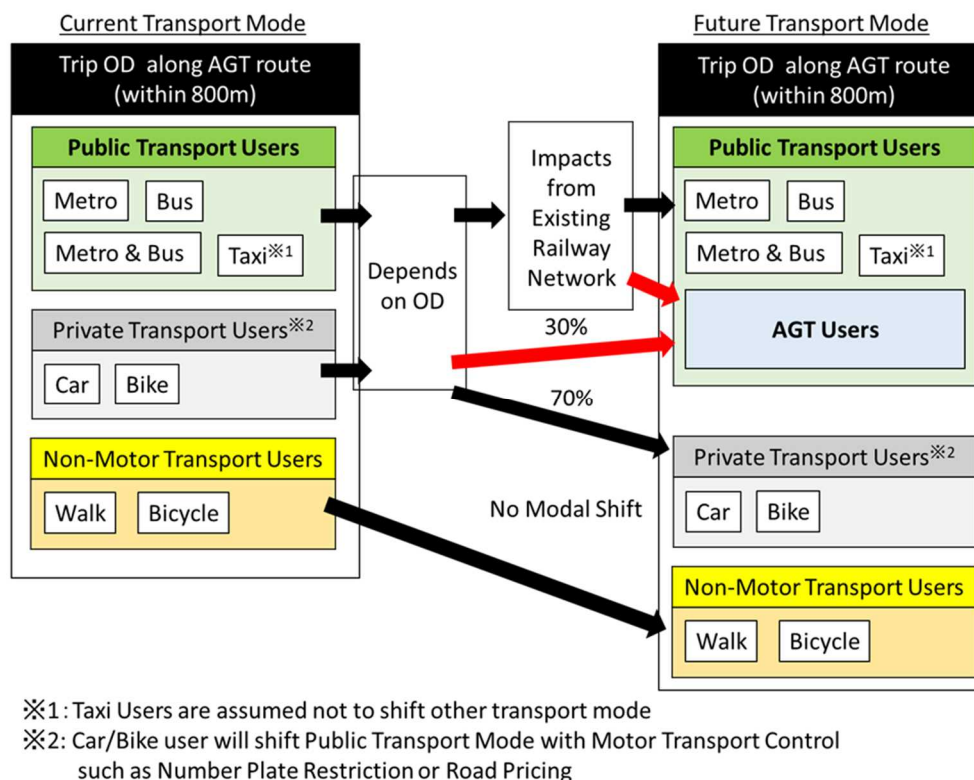


Figura 2-31 Suposición de cambio de medios de transporte existente a AGT

b) Número de usuarios de AGT en la ruta de estudio

Se estimó la cantidad de personas que cambiarán de los cinco medios de transporte mencionados anteriormente a AGT. Al comparar los resultados del pronóstico de la demanda estimados por el Metro de Medellín con los resultados del pronóstico de la demanda en este estudio, se puede entender que los resultados del pronóstico de la demanda en este estudio son menores. Dado que la estimación de 4 pasos también es utilizada por el Metro de Medellín, se puede considerar como principales causas de la diferencia: 1) la diferencia en la evaluación del impacto de las rutas existentes de Metro, y 2) la suposición de cambio a AGT de otros modos.

Tabla 2-7 Resultados del pronóstico de demanda de este estudio y del Metro de Medellín

Pronóstico del número de personas que cambiarán de los medios de transporte actuales a AGT		Este estudio	Metro de Medellín
Medios de transporte utilizados actualmente	Metro [persona/día]	56.790	No disponible
	Autobús [persona/día]	87.970	No disponible
	Metro y Autobús [persona/día]	14.010	No disponible
	Bicicleta [persona/día]	17.710	No disponible
	Motocicleta [persona/día]	9.610	No disponible
Total [persona/día]		186.090	191.170

(2) Número anual de usuarios de AGT del 2030 a 2059

Se estima un periodo de 30 años para la operación de este proyecto. Al estimar el número de usuarios anual de AGT desde 2030, tuvimos en cuenta el establecimiento y la tasa de crecimiento de la demanda. Establecimiento de la demanda, significa que ésta no será estable durante varios años después de la apertura, debido a que el servicio de transporte para nuevas rutas se sobreestima o subestima por la falta de información y costumbres pasadas. Según Niikura y otros (2004), se dice que la demanda generalmente se estabiliza entre cuatro a cinco años después de la apertura. Sobre la tasa de establecimiento de la demanda, desde inmediatamente después de la apertura, los resultados estimados de demanda van a 80%, 85%, 90% y 95%, y se estableció de manera que coincidan con los resultados estimados de demanda a cinco años de la apertura. La tasa de crecimiento de la demanda es la misma que la tasa de crecimiento de la población de Medellín.

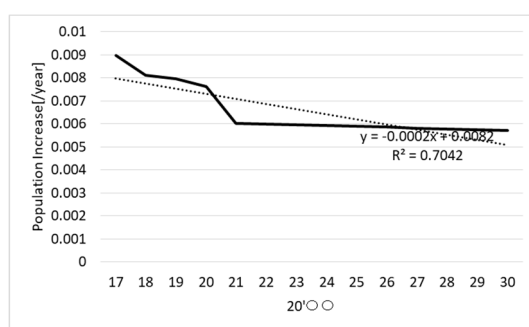


Figura 2-32 Tasa de crecimiento de la poblacional de Medellín [/año]

Tabla 2-8 Número anual de usuarios de AGT del 2030 a 2059 en la ruta de estudio

	Número de usuarios de AGT [mil/año]		Número de usuarios de AGT [mil/año]
Año	San Juan	Año	San Juan
2030	54.330	2045	71.673
2031	58.014	2046	71.817
2032	61.722	2047	71.946
2033	65.450	2048	72.061
2034	69.198	2049	72.162
2035	69.489	2050	72.248
2036	69.767	2051	72.321
2037	70.032	2052	72.379
2038	70.284	2053	72.422
2039	70.523	2054	72.451
2040	70.749	2055	72.465
2041	70.961	2056	72.465
2042	71.160	2057	72.451
2043	71.345	2058	72.422
2044	71.516	2059	72.379

3. Diseño básico del sistema de infraestructura

3.1 Planificación de ruta

3.1.1 Política básica

En esta sección, se examinará la ruta de San Juan desde el área de Betania ubicada al oeste de la ciudad de Medellín hasta la estación de Alpujarra del centro de la ciudad (línea de Metro A) a través de la calle No. 92 a la calle San Juan. Aunque esta ruta básicamente sigue la ruta del plan maestro revisado por la ciudad de Medellín en 2016, la ruta entre la estación Alpujarra (línea Metro A) ubicada en el extremo este y la estación Barrio Colón (Figura 3-1) se decidió no ser incluida en esta ruta, como resultado de la reunión con el Metro de Medellín.



Fuente: Metro de Medellín

Figura 3-1 Relación entre el Plan maestro (versión revisada en 2016) y la sección objetivo de diseño

3.1.2 Ubicación de las estaciones

Las ubicaciones de las estaciones básicamente se encuentran cerca de las intersecciones de calles donde los pasajeros están relativamente concentrados, y la distancia entre las estaciones se consideró una distancia caminable. Hay muchas calles que se deben cruzar a lo largo de la calle San Juan, y en especial, se prevé construir una estación cerca de la intersección de las calles principales que conectan el norte y el sur, que es una ubicación que puede garantizar la comodidad y el confort al caminar por la zona de estación y en el trasbordo desde otros medios de transporte. Si el diámetro de la rotonda en la intersección de circulación giratoria es de 50 m o más, se establecerá la ubicación evitando sobre la rotonda.

Tabla 3-1 Lista de estaciones.

No.	Nombre de la estación (nombre provisorio)	Distancia aproximada	Observaciones
DP	Depósito de trenes		Es necesario adquirir terrenos del campo deportivo y terrenos sin desarrollar
ST-01	Estación A	0k058m	
ST-02	Estación B	0k845m	
ST-03	Estación C	1k614m	
ST-04	Estación D	2k876m	Estación de conexión con Tranvía a construir
ST-05	Estación E	4k252m	En la calle 70 anterior (Refleja comentarios del Metro de Medellín)
ST-06	Estación F	4k913m	Se requiere reubicar la ciclovía
ST-07	Estación G	5k733m	Estación de conexión con la estación BRT de la Línea 1
ST-08	Estación H	6k359m	Estación de conexión con la estación Alpujarra del Metro A

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

3.1.3 Puntos de control para estudio de alineación

Sobre la ruta de San Juan, hay varios proyectos y estructuras relacionadas como se muestra en la Figura 3-2. A continuación, se muestran tres de esos puntos de control, que serán condiciones de restricción en el estudio de alineación.



- コメント
- ・ 起点から2kmは平均で約40%勾配。特にDepot候補地（予備）の手前は最急勾配約125%となり望ましくない。
 - ・ 最小曲線半径は40m。
 - ・ 全体で立体交差が3箇所あり内1箇所は斜張橋のため迂回する必要がある。
 - ・ Depot候補地（予備）のバスの転回場を利用するためには多額の補償金（約1,000万円/台）が必要。
 - ・ メトロB線と並行しているため他路線への影響あり。
 - ・ 樹木の移植が必要。1本抜く毎に周辺へ2本植える。

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio utilizando OpenStreetMap

Figura 3-2 Estructuras y proyectos relacionados que existen sobre la ruta de San Juan

(1) Sitio candidato para el depósito de trenes

La infraestructura requerida para el depósito de trenes de AGT, incluyen un taller, un puesto de inspección, líneas de estacionamiento de tren, líneas para para puesta en marcha, líneas de lavado de trenes, líneas de entrada y salida y los garajes para vehículos de mantenimiento. En el caso de la ruta de San Juan, es necesario asegurar aproximadamente 5,0 ha como terreno del depósito de trenes. La Tabla 3-2 muestra el área del depósito de trenes de AGT y el número de trenes estacionados en Japón como referencia.

Tabla 3-2 Área del depósito de trenes de AGT y número de trenes estacionados en Japón

Entidad operativa	Yurikamome (Depósito de Ariake)	Nippori-Toneri Liner (Depósito de Toneri)	Saitama New Urban Transportation (Depósito de Maruyama)
Superficie	56.650 m ²	40.240 m ²	28.318 m ²
Número estacionado	6 vagones x 30 composición (180 vagones)	5 vagones x 17 composición (85 vagones)	6 vagones x 14 composición (84 vagones)

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Como sitio candidato para el depósito de trenes, se prevé establecer el terreno de playa de autobús, ubicado en el lado oeste de la estación A de partida, y el campo deportivo y el baldío sin desarrollar, ubicados en el lado este de la estación A. Los ingenieros del Metro de Medellín han confirmado que la adquisición de tierras y la nivelación del suelo son factibles.

Dado que el depósito de trenes será construido a nivel del suelo, la alineación del depósito en el lado oeste de la estación de partida debe ajustarse al nivel del suelo del depósito candidato y como la pendiente más pronunciada hacia el área de retorno de autobús es del 12,5%, el campo deportivo es un excelente sitio candidato para el depósito de trenes.



Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-3 Área candidato para el depósito de trenes

(2) Intersección con Tranvía

Para mejorar la conveniencia del AGT, es necesario asegurar la practicidad para transbordo en las líneas relacionadas con esta ruta en estudio. En esta ruta, se prevé crear conexiones con el Tranvía que se planea construir en Tranvía (Av. 80) y la rotonda que se muestra a continuación. Así, la estación ST-04 D requiere ser establecida en una ubicación considerando el transbordo con el Tranvía.



Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-4 Rotonda ubicada en la intersección con Tranvía

(3) Transbordo al Metro A en la estación terminal

En la estación H que se encuentra al final, es necesario adecuar la conexión de manera que el transbordo a la estación Alpujarra de la línea de Metro A se pueda realizar sin dificultad. Si el transbordo implica un traslado vertical, la practicidad del transbordo se disminuirá. Por lo que, es necesario hacer coincidir el nivel de vestíbulo de la estación de Alpujarra de la línea del Metro A con el nivel del AGT.



Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-5 Situación de los alrededores de la estación de Alpujarra

3.1.4 Condición de alineación

La siguiente tabla muestra las condiciones de alineación del sistema AGT utilizadas para estudiar el plano y la alineación longitudinal.

Tabla 3-3 Condiciones de alineación del sistema AGT

Concepto	Valor referencial
Velocidad máxima	60 km/h (velocidad máxima de diseño 80 km/h)
Número de líneas entre estaciones principales	2 líneas (doble vía)
Intervalo central de la línea principal	3,45 m
Ancho de vía	1.700 mm (distancia entre las líneas centrales de las ruedas)
El radio mínimo de curvatura	Línea principal R=40 m Depósito de trenes y otros R=30 m
Pendiente máxima	Línea principal a excepción de la sección de parada 60%, si es inevitable debido a la condición del terreno 100% Dentro de la sección de parada 3% (en principio Level), Depósito de trenes y otros Level

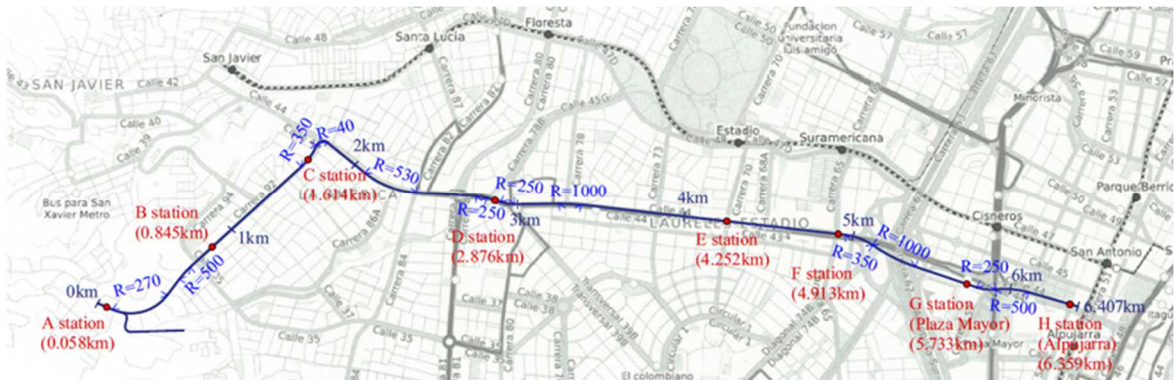
Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

3.1.5 Diseño plano y longitudinal

En base a los parámetros resumidos del 3.1.1 al 3.1.4, se realizó el diseño plano y la alineación vertical de la ruta de San Juan.

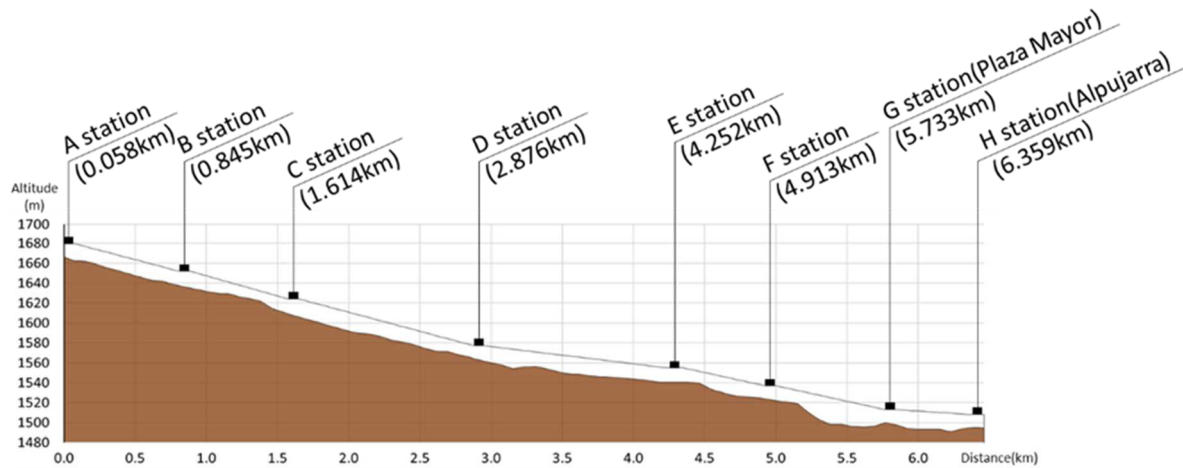
El plano de planta y de perfil longitudinal se muestran en las Figura 3-6 y Figura 3-7. Las Tabla 3-4 y

Tabla 3-5 muestran el análisis de alineación horizontal y el análisis de gradiente respectivamente, y la Tabla 3-6 muestra la tabla de alineación.



Fuente: Elaborado por el equipo de estudio utilizando OpenStreetMap

Figura 3-6 Plano de planta



Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-7 Plano de perfil longitudinal

Tabla 3-4 Tabla de análisis de alineación de planta

曲線半径 (m)	Number	距離 (m)	割合 (%)
straight	10	4346.3	67.8
R=40	1	74.3	1.2
100<R≤200	0	0.0	0.0
200<R≤300	4	616.4	9.6
300<R≤530	4	957.5	14.9
R≥1,000	2	412.1	6.4

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Tabla 3-5 Tabla de análisis de gradiente

勾配 (%)	Number	距離 (m)	割合 (%)
Level	8	790.4	12.3
$0 < G < 10$	1	540.7	8.4
$10 \leq G < 20$	1	1276.4	19.9
$20 \leq G < 30$	0	0.0	0.0
$30 \leq G < 40$	2	1281.0	20.0
$40 \leq G < 50$	3	2518.2	39.3
$50 \leq G$	0	0.0	0.0

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Tabla 3-6 Tabla de alineación

Station Name	Chainage (m)	Curve		Gradient		Altitude	
		Radius (m)	Distance (m)	(%)	Distance (m)	AGT Level	Ground Level
Start Point	0.0000		96.3127	0.000	107.5153	1679.500	1666.340
1 A station	57.5153						
	96.3127 L	270	361.0218				
	107.5153			-40.010	687.3303	1679.500	1662.500
	457.3345		115.2975				
	572.6320 R	500	96.3566				
	668.9886		887.2447				
	794.8456			0.000	100.0000	1652.000	1637.505
2 B station	844.8456						
	894.8456			-41.873	668.6935	1652.000	1635.100
	1556.2333 L	350	158.6289				
	1563.5391			0.000	100.0000	1624.000	1609.145
3 C station	1613.5391						
	1663.5391			-40.443	1162.1312	1624.000	1605.780
	1714.8622 R	40	74.3035				
	1789.1657		285.7492				
	2074.9149 L	530	332.5148				
	2407.4297		352.5132				
	2759.9429 R	250	63.6704				
	2823.6133		88.4272				
	2825.6703			0.000	100.0000	1577.000	1564.205
3 D station	2875.6703						
	2912.0405 L	250	81.7309				
	2925.6703			-17.236	1276.4296	1577.000	1561.320
	2993.7714		262.7807				
	3256.5521 R	1000	128.2059				
	3384.7580		1573.0512				
	4202.0999			0.000	100.0000	1555.000	1545.700
4 E station	4252.0999						
	4302.0999			-32.074	561.210	1555.000	1544.740
	4863.3098			0.000	100.0000	1537.000	1524.070
5 F station	4913.3098						
	4957.8092 R	350	172.1679				
	4963.3098			-33.345	719.7535	1537.000	1522.150
	5129.9771 L	1000	283.8987				
	5413.8758		380.8554				
	5683.0633			0.000	100.0000	1513.000	1500.040
6 G station	5733.0633						
	5783.0633			-9.248	540.6857	1513.000	1497.630
	5794.7312 L	250	109.9562				
	5904.6874 R	500	197.8303				
	6102.5177		304.0933				
	6323.7490			0.000	82.862	1508.000	1495.230
7 H station	6358.7490						
Ending Post	6406.6110					1508.000	1494.750

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

3.2 Planificación de la estructura

3.2.1 Planificación de la estructura del viaducto

a) Selección del tipo de estructura

i) Selección de la estructura del viaducto

En general, los viaductos ferroviarios son del tipo con viga o de marco rígido. Los resultados comparativos de los mismos se muestran en la tabla siguiente. De acuerdo al resultado de la comparación, se confirmó la ventaja del viaducto tipo con viga, por lo que se propone adoptar un viaducto con viga (viga de hormigón pretensado + pilar de hormigón armado).

En cuanto al espacio bajo el viaducto, cuando se realizó la entrevista en la ciudad de Medellín, al encargado del Metro de Medellín le preocupaba que esto pudiera acarrear inseguridad, por lo que se considera que un viaducto de viga es más deseable en términos de seguridad.

Tabla 3-7 Comparación del tipo estructuras del viaducto

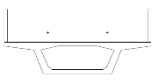
Concepto	Viaducto de viga	Viaducto de marco rígido	Resultados de la comparación
Eficiencia económica	△	○	El viaducto de marco rígido se puede construir más barato.
Facilidad de construcción	○	×	El viaducto de marco rígido requiere un espacio de construcción más ancho.
Tiempo de construcción	○	×	El viaducto de viga requiere un tiempo de construcción más corto.
Paisaje	○	×	El viaducto de viga es más simple y mejor.
Impacto ambiental	○	×	El ancho requerido para la construcción es amplio y provocará la congestión de tráfico.

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

ii) Selección de la estructura de viga

La siguiente tabla muestra las posibles estructuras de vigas para secciones elevadas y sus resultados de comparación. En particular, se confirmó la superioridad de la viga de caja de hormigón pretensado, por lo que proponemos una estructura de viga tipo viga de caja.

Tabla 3-8 Comparación de la estructura de viga

Tipo de viga	Aspecto económico	Facilidad de construcción	Tiempo de construcción	Paisaje	Impacto ambiental	Características
Viga de caja hormigón pretensado 	○	○	○	○	○	Ocupa poco espacio en la calle durante la construcción. El período de construcción es corto. Buen paisaje. Menos impacto ambiental.
Viga en U hormigón pretensado 	△	×	○	○	○	No puede manejar curvas muy cerradas. El tiempo de construcción es corto. Buen paisaje. Menos impacto ambiental.
Viga en I hormigón pretensado 	○	△	△	△	○	Costo relativamente bajo. Ocupa mucho espacio en la calle durante la construcción.
Viga de caja de acero sintético 	×	△	△	△	△	Costo muy alto. Genera mucho ruido durante la operación.

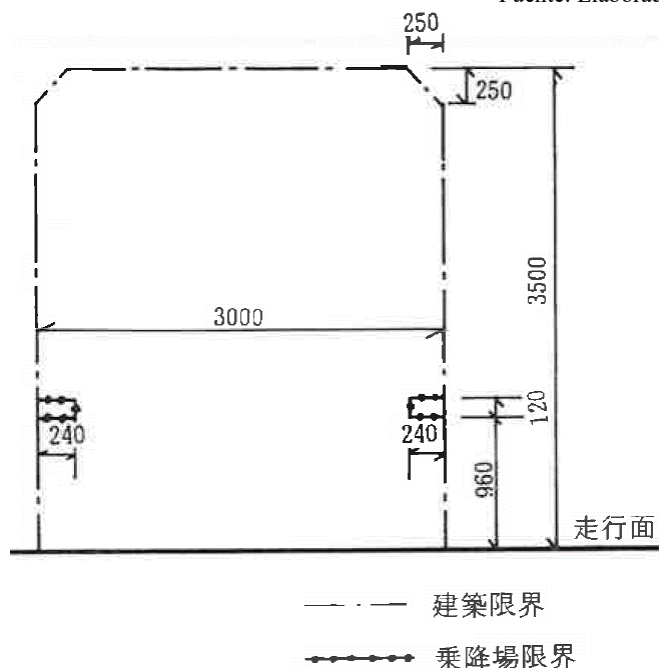
b) Condiciones de diseño

Se consideraron las siguientes condiciones para el diseño de la sección transversal estándar.

Tabla 3-9 Condiciones básicas del diseño

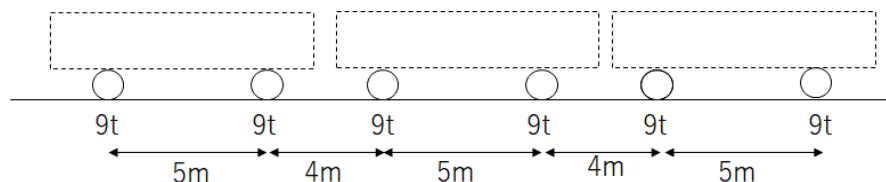
No.	Concepto	Descripción
1	Sistema	AGT
2	Tipo de vagón	Tipo mediano de dos puertas (JTPA Tipo B)
3	Composición	Conformado con 8 vagones
4	Límite de construcción, límite de la plataforma	Consulte la Figura 3-8.
5	Carga máxima por eje	9t (peso del vagón a plena capacidad 18 t) Ver Figura 3-9
6	Peso por eje en estado vacío	5,25 t (peso del vagón 10,5 t)
7	Entre las líneas superior e inferior	3.450 mm
8	Distancia entre ejes	1.700 mm
9	Pasarela de inspección	No está contemplado
10	Ruta de evacuación de emergencia	Usar la vía
11	Límite de construcción encima de carretera	4.800 mm

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio



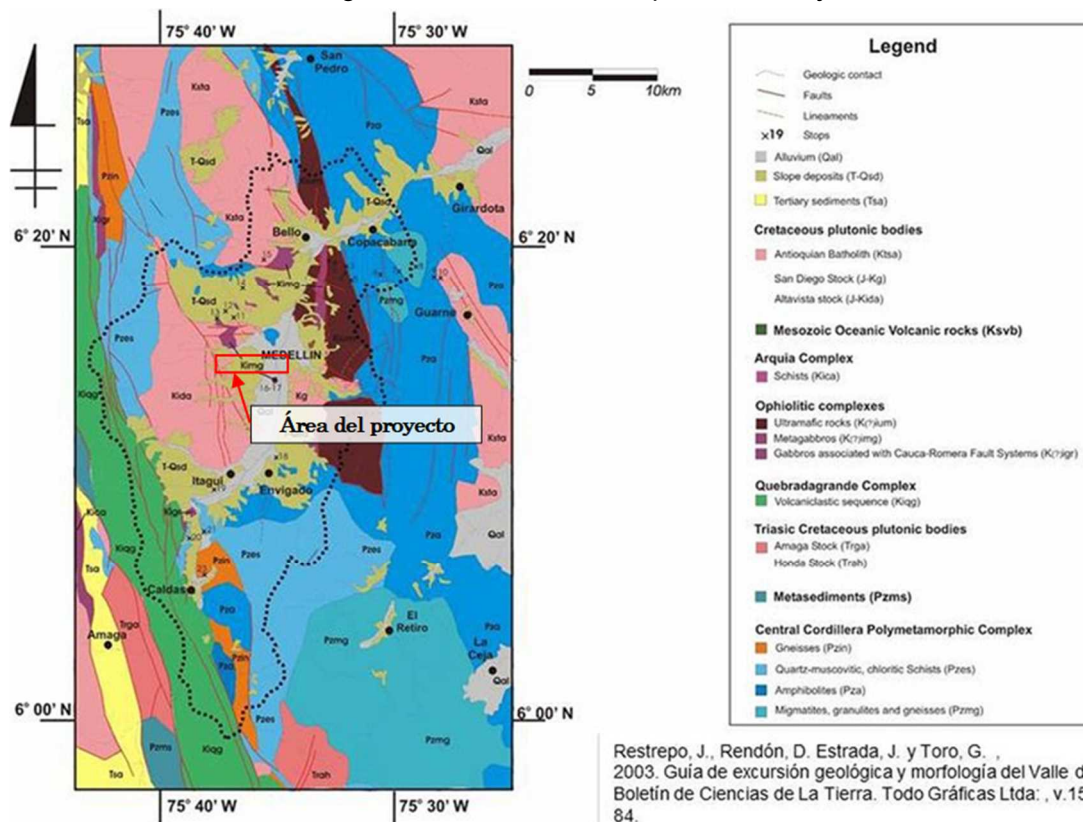
Fuente: Normalización del nuevo sistema de transporte y sus especificaciones básicas, Japan Transportation Planning Association, marzo de 1983.

Figura 3-8 Límite de construcción y límite de plataforma



Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-9 Distribución del peso de los ejes



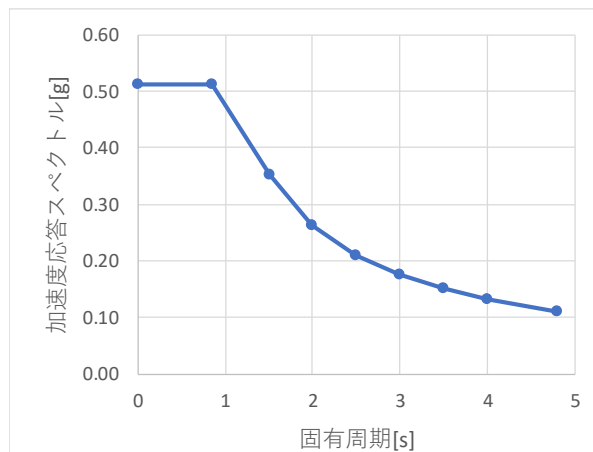
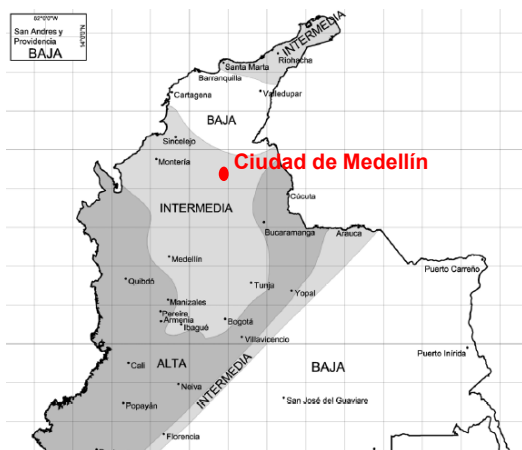
Restrepo, J., Rendón, D. Estrada, J. y Toro, G., 2003. Guía de excursión geológica y morfología del Valle de Aburra. Boletín de Ciencias de La Tierra. Todo Gráficas Ltda., v.15, p. 73 - 84.

Fuente: Restrepo, J., Rendón, D. Estrada, J. y Toro, G., 2003. Guía de excursión geológica y morfología del Valle de Aburra Boletín de Ciencias de La Tierra. Todo Gráficas Ltda., V.15, p. 73-84

Figura 3-10 Situación geológica de la ciudad de Medellín

En cuanto a las condiciones geológicas, se puede ver en la Figura 3-10 que el área alrededor de la estación H en el este es aluvial, a lo largo de la calle San Juan en el centro se encuentra el sedimento de ladera, y alrededor del depósito de trenes en el lado oeste con el suelo Batolito Antioqueño. Dado que en este estudio no se realizaron estudios de suelo con perforación, no fue posible determinar con precisión la longitud del pilote requerido hasta la capa de soporte. Sin embargo, como resultado de la entrevista a la empresa local CONCONCRETO, se obtuvo el comentario que la longitud del pilote es entre 20 m a 30 m. Por lo tanto, se propondrá un pilote puntual clavado de una longitud de 25 m como el tipo estándar a considerar en este estudio.

En cuanto a las condiciones sísmicas, éstas se describen en NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica), que es el estándar de diseño sísmico en Colombia. La ciudad de Medellín se clasifica como Intermedia entre las tres categorías de riesgo sísmico. Como referencia, se muestra un espectro de respuesta calculado suponiendo que la clasificación de las condiciones del terreno es D (valor promedio de N de 15 a 50).

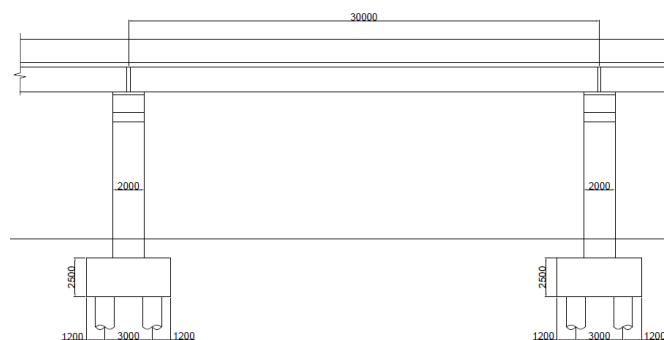


Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10

Figura 3-11 Mapa de riesgo sísmico y espectro de respuesta de la ciudad de Medellín

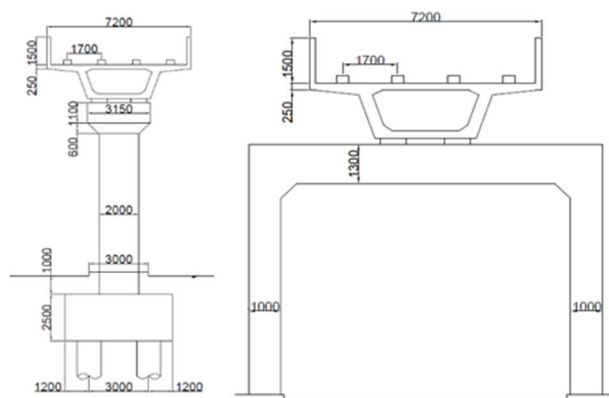
c) Sección estándar

En la siguiente figura se muestra la sección estándar examinada. Además, para el espacio de la calle bajo la viga sin separador central (mediana), se propone el tipo de pilar en forma de portal como se muestra en la Figura 3-13. En cuanto al ancho de la base de construcción, el valor de referencia será de 7,16 m y el ancho total del viaducto de 7,20 m.



Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-12 Sección transversal y vista lateral (cuando se puede levantar el pilar en el separador central)



Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-13 Sección transversal (cuando justo debajo de la viga es carretera y no se puede levantar el pilar)

3.2.2 Plan de estructura de la estación

(1) Consideración de política para facilitar el transbordo

Para facilitar el movimiento de transbordo en la estación, considerar poniendo importancia en la “optimización del tamaño de las instalaciones” y “conveniencia de las instalaciones”. En la Tabla 3-10, se resumen los puntos a considerar a los que se debe poner importancia para facilitar el transbordo.

Tabla 3-10 Perspectiva de la facilitación del transbordo

	Optimización del tamaño de las instalaciones	Conveniencia de las instalaciones
Puntos a considerar	Asegurar la capacidad de la instalación Optimizar la ubicación de las instalaciones	Reducir la resistencia de transbordo Reducir el cruce de tráfico de pasajeros
Puntos a considerar	Debido a que la estación se construye en un espacio limitado sobre la carretera calle, puede haber casos en los que la escala de construcción no se pueda asegurar lo suficiente, por lo que considerar las medidas para asegurar la capacidad durante las horas pico y los métodos de asignación apropiada de las instalaciones.	Considerar las medidas para reducir la resistencia a la distancia, la curvatura de los pasajes y el desplazamiento hacia arriba y abajo, al realizar el transbordo.
Usuario relacionado	Personas que van al trabajo, escuela (Usuarios de hora pico)	Todos los usuarios

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

(2) Clasificación por tipo de las estaciones de conexión de transbordo

La forma de las estaciones de conexión de transbordo, está restringida por la forma de intersección de la estación, y se considera que generará una diferencia en la distancia entre el movimiento horizontal y movimiento vertical, etc. La Tabla 3-11 muestra la clasificación por tipo y las características de la resistencia al transbordo, de las estaciones de transbordo entre sí.

Tabla 3-11 Tipo de estaciones de conexión de transbordo

Forma de intersección		Imagen ilustrativa	Movimiento horizontal (característica)	Movimiento vertical (característica)
Tipo cruzado	Intersección en forma de cruz (Las estaciones se superponen entre sí)		Es necesario moverse en la plataforma, el vestíbulo y los pasillos de conexión, pero son pequeños traslados.	En el caso de una combinación de la plataforma dividida y de la isla, el movimiento es generalmente pequeña.
	Intersección en forma de T (Las estaciones están cerca una de la otra)		La cantidad de movimiento en la plataforma, es necesario moverse hasta el extremo de la plataforma en una de las líneas, pero el movimiento en la otra plataforma es pequeño.	
	Intersección en forma de L (Las estaciones están cerca una de la otra)		El movimiento entre ambas líneas hacen necesario moverse hasta el fondo de las plataformas. Eso la convierte en la más grande.	
Tipo separado	Hay una estación de transbordo cerca, pero las estaciones no están cruzadas y están conectadas por pasillos de conexión.		Es necesario moverse en la plataforma, el vestíbulo y los pasillos de conexión, y el movimiento por los pasillos de conexión ocupa la mayor parte, y el movimiento horizontal es el más grande.	Las estaciones que están separadas generalmente tienen un gran movimiento vertical también.

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio en base al material de Japan Railway Engineers' Association

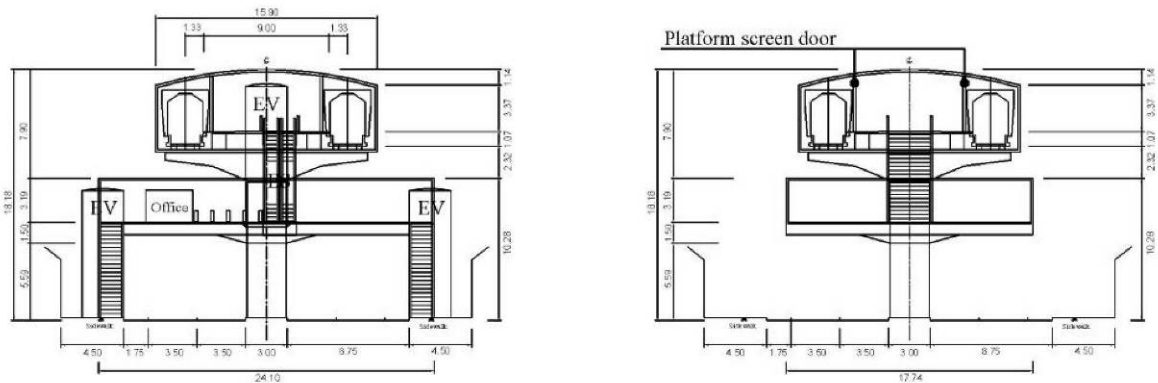
(3) Estudio de la sección transversal estándar

El balasto deberá tener una estructura elevada para evitar la separación de ambos lados de la calle, teniendo como condición que pase por el centro de la calle. Si no hay suficiente espacio para asegurar el balasto en el centro, considerar un muelle tipo puerta.

Esta vía es un transporte urbano, y no es necesario considerar las líneas de tránsito o las líneas de evacuación requeridas para una operación rápida. Por lo tanto, el tipo de estación es de 2 líneas por superficie (plataforma de la isla), y el ancho de la plataforma será de 9 m, considerando las cercas de la plataforma. La extensión de la plataforma será de 80 m, ya que la longitud de un tren es de aproximadamente 72 m.

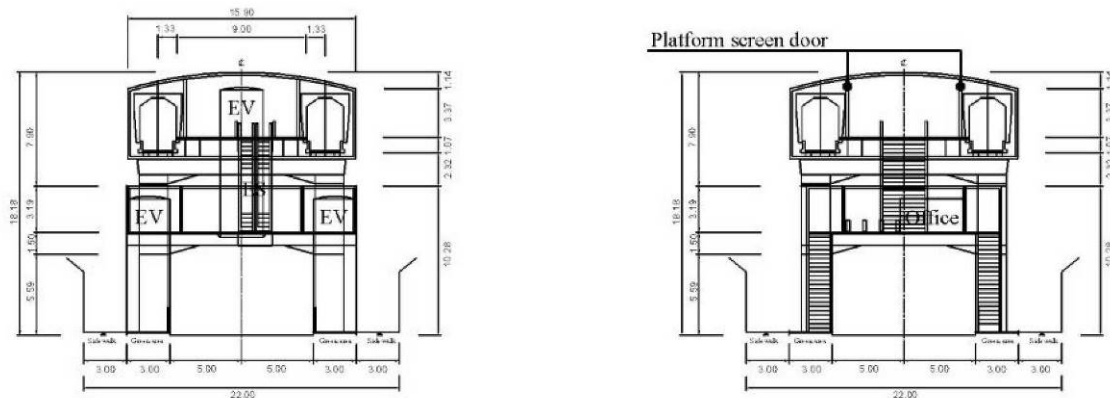
Para el acceso a las instalaciones dentro de la estación, asegurar un pasillo que accede a la estación, sobrepasando la parte de la calzada desde el espacio peatonal de ambos lados de la calle.

Las Figura 3-14 al Figura 3-18 muestran la vista seccional de la parte central de la estación y los planos de las principales estaciones.



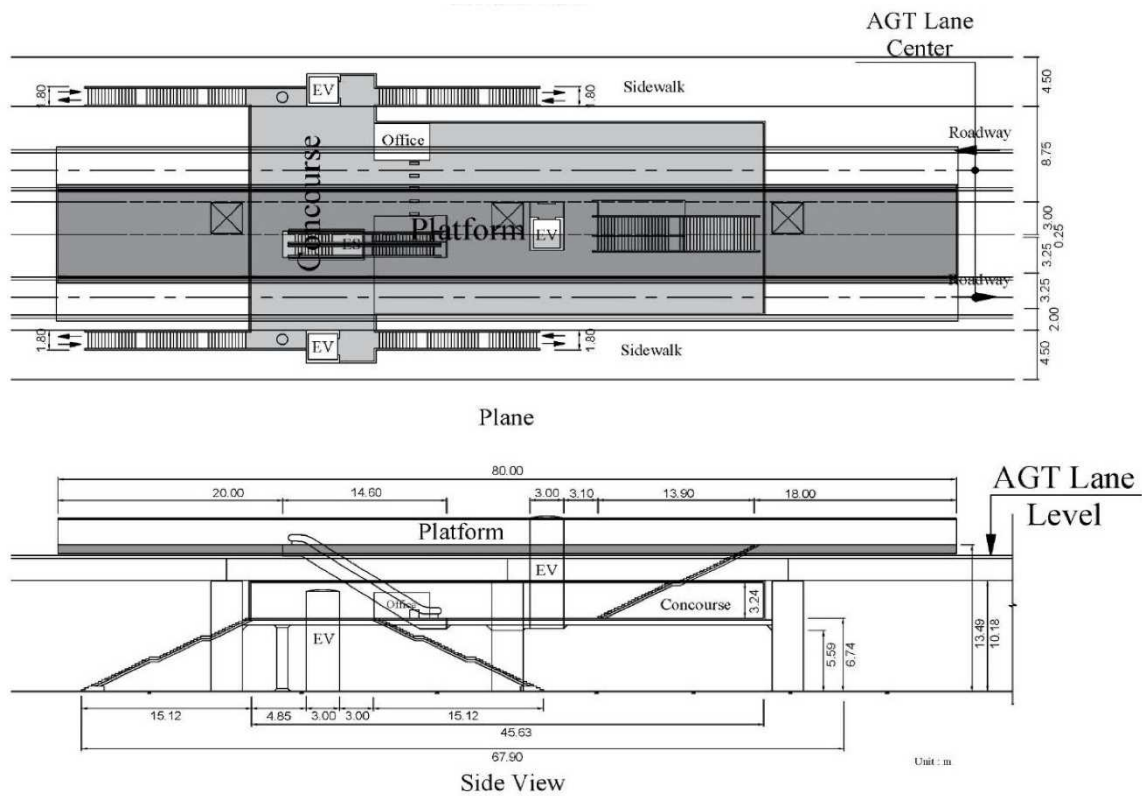
Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-14 Sección transversal de una estación (con mediana)



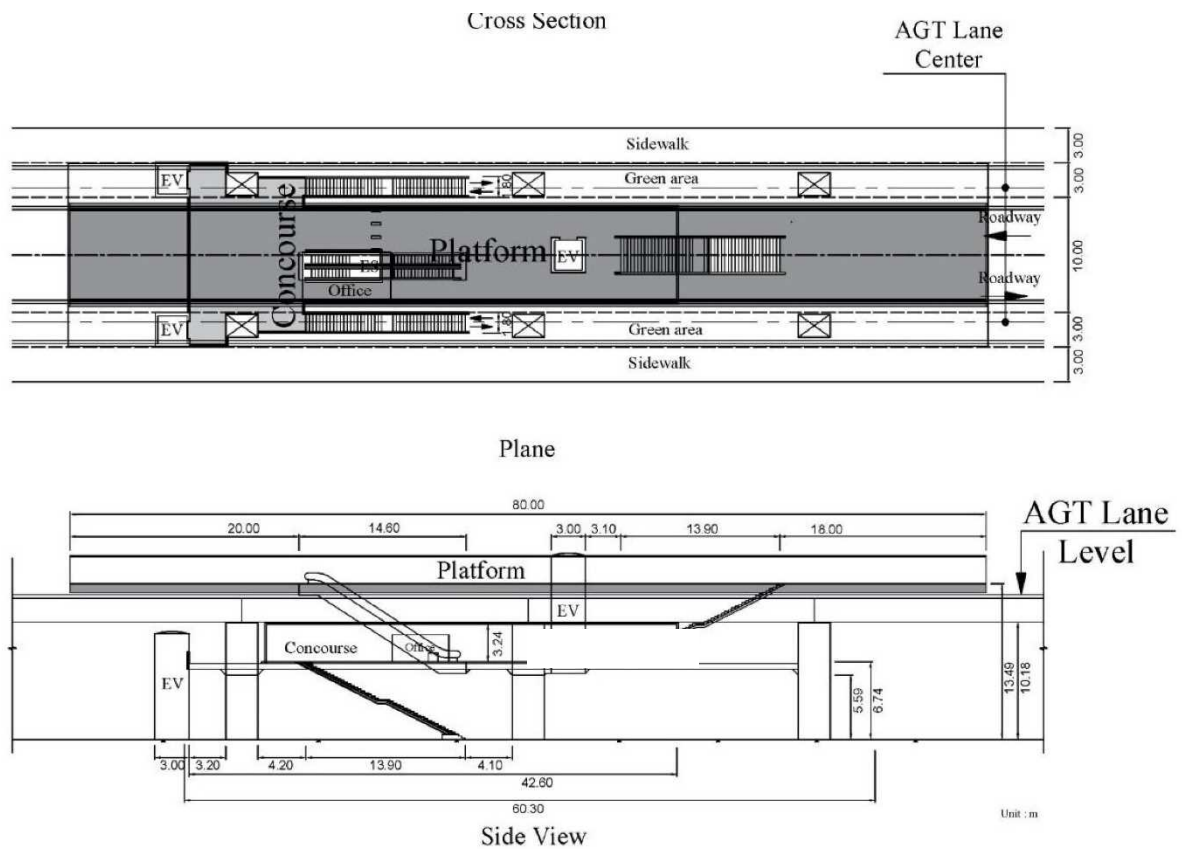
Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-15 Sección transversal de una estación (sin mediana)



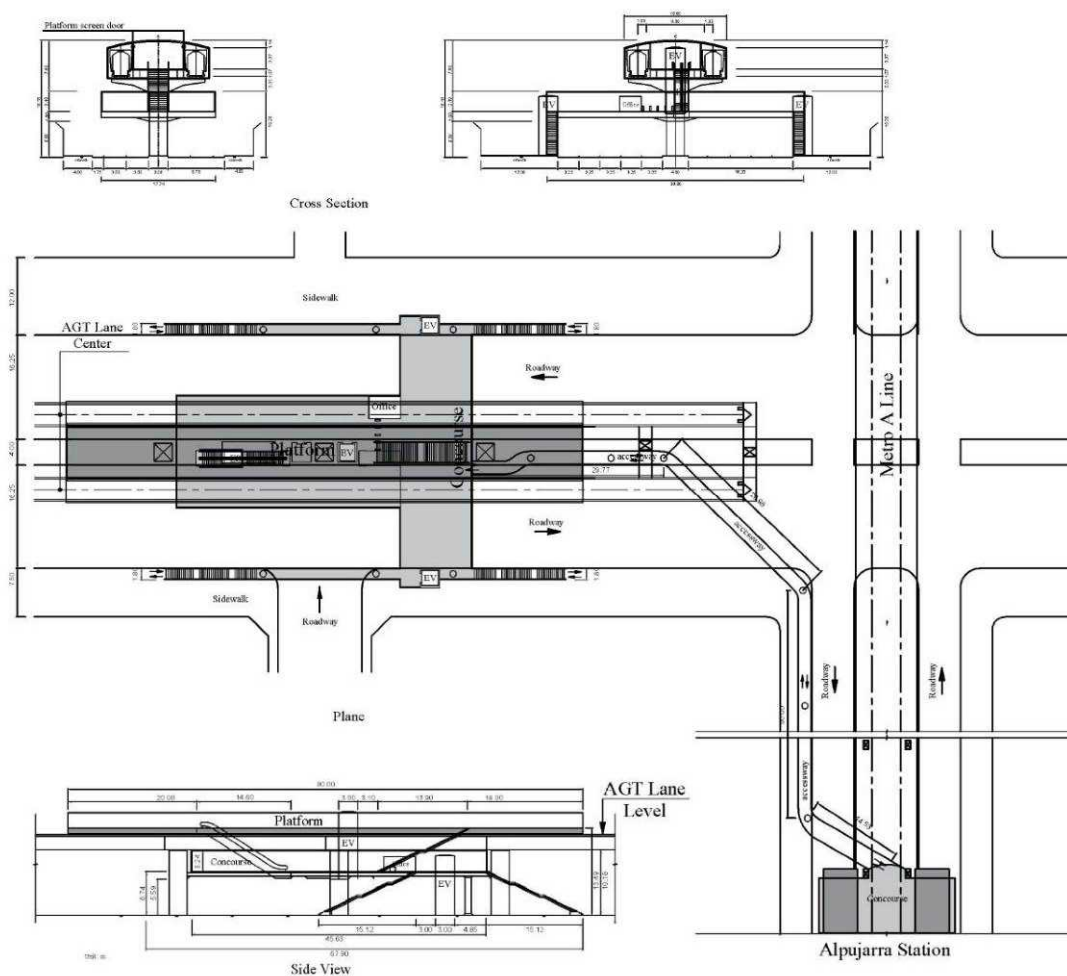
Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-16 Plano de una estación de conexión (con mediana)



Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-17 Plano de una estación de conexión (sin franja mediana)



Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-18 Plano de la estación de conexión con la Est. Alpujarra de la línea A del Metro

(4) Accesibilidad de la estación

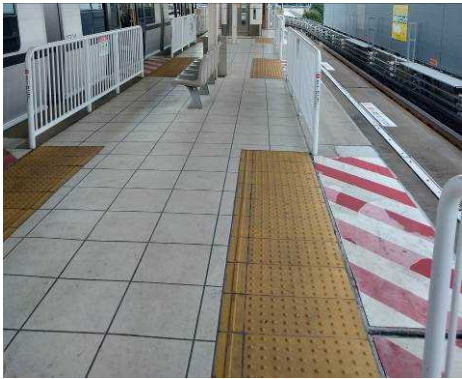
Se requiere un diseño que aplica la accesibilidad y la accesibilidad universal, para facilitar las subidas y bajadas en la estación y por seguridad. Teniendo en consideración a las personas mayores, personas con discapacidad, usuarios de carritos para bebé, etc., es importante que se puedan mover solos desde la entrada de la estación hasta la plataforma, como también subirse y bajarse.

Tabla 3-12 Funciones de la facilidad de transbordo

	Elemento	Dentro de la estación	Pasillo libre de la estación y alrededor de la estación.
Funciones de accesibilidad	Escalera mecánica	☐	
	Elevador	☐	
	Puertas de andén	☐	
	Pasamanos de la escalera	☐	
	Bloques Braille	☐	☐
	Guía de voz	☐	☐
	Eliminación de desniveles en pasillos	☐	☐
	Baños para personas discapacitadas	☐	

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Como medidas de accesibilidad para las instalaciones de las estaciones, se puede mencionar la instalación de ascensores, escaleras mecánicas y puertas de andén. Además, es necesario asegurar un ancho de los pasillos, y eliminar los desniveles para que las sillas de ruedas pasen por los pasillos en las plataformas.

	Ascensor	Escalera mecánica
Foto		
Descripción	La entrada del elevador es de 90 cm o más para que usuarios de sillas de ruedas puedan pasar, y una estructura con la amplitud (profundidad) que no impida la rotación de la silla.	La plataforma de subida y bajada debe tener escalones horizontales (tres o más), y el ancho efectivo debe ser de 80 cm o más. Acabado antideslizante.
	Tipo puerta de andén (versión completa)	Tipo barrera de andén movable (versión media)
Foto		
Descripción	Una instalación en forma de pared instalada en la plataforma, con una estructura que no permita que el cuerpo salga por el lado de la pista.	Una estructura en forma de barrera con una altura de aproximadamente 1.3 m, instalado en la plataforma.
	Asegurar un pasillo para usuarios de sillas de ruedas	Bloques Braille
Foto		
Descripción	Una estructura que puede asegurar un espacio de 150 cm de diámetro (silla de ruedas eléctrica: 180 cm), en el que se pueda girar 360 grados con una silla de ruedas.	Al instalar, usar materiales de piso que son fáciles de captar y aclarar los puntos de guía, estableciendo líneas de guía.

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Figura 3-19 Enfoque en accesibilidad en las instalaciones de la estación

3.3 Estudio del sistema AGT (electricidad, señal, comunicación, conducción, vagones)

3.3.1 Equipo de potencia

(1) Equipo de subestación

Según las entrevistas con el departamento de energía Empresas Públicas de Medellín (EPM), hay suficiente energía para construir y operar el Transporte Público Guiado (AGT, en inglés). Se considerará comprar la energía eléctrica y respecto a los siguientes equipos de subestación, se analizará en base a AC, 60 Hz, 600 V, que a menudo se usa en Japón; sin embargo, planificar como una instalación sin grandes cambios en su conjunto, aunque se determine favorable que sea 750 V DC después de un estudio detallado. La Tabla 3-13 muestra una descripción general de las funciones relacionadas con los equipos de subestación.

Tabla 3-13 Descripción general de las funciones de los equipos de subestación

Clasificación de la instalación	Descripción general de funciones
Subestación receptora	Reduce la tensión de la energía recibida desde la subestación central de EPM y distribuye energía a las salas de subestación de tracción.
Subestación de tracción	Reduce la tensión de la energía recibida desde la subestación receptora y suministra energía para alimentador a la línea principal y bases.
Cuarto eléctrico	Reduce la tensión de la energía recibida desde la subestación receptora y suministra energía a las instalaciones de la estación, etc.
Estación de conmutación	Recibe energía de la sala de subestación del depósito de trenes y controla el suministro de energía al interior de la base y la línea de entrada / salida

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

a) Subestación Receptora (Receiving Substation: RSS)

Las subestaciones receptoras reciben energía de dos o más líneas regulares y de reserva desde las subestaciones de diferentes sistemas que posee las Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (EPM), y proporcionan energía a varios equipos: las instalaciones de alimentación como energía para vagones instalaciones de comunicación de señales y depósito de trenes en las estaciones, etc. Se instalará un generador de emergencia en la subestación receptora para suministrar energía a las instalaciones de carga importantes en cada estación durante un corte de energía.

El sitio candidato para dicha subestación estará dentro del sitio candidato del depósito de trenes (cerca del campo de fútbol actual), y si hay poco espacio, estará cerca del garaje de autobuses.

b) Subestación de tracción (Traction Substation: TSS)

La subestación de tracción recibe energía de alto voltaje en dos líneas desde la subestación receptora y suministra la energía para el alimentador después de descender a 600 V AC trifásico con un transformador del alimentador (uno regular y otro de reserva). Además, en el interior del cuarto se instalarán los disyuntores para protección del circuito del alimentador (600 V AC trifásico) y seccionadores.

c) Cuarto eléctrico

El cuarto eléctrico recibe energía de alto voltaje en dos líneas desde la subestación receptora, y suministra energía a las instalaciones interiores y de la estación con un transformador interno (uno regular y otro de reserva).

d) Estación de conmutación

La estación de conmutación recibe 600 V AC trifásico desde la sala de subestación del depósito de trenes y alimenta dentro del depósito y las líneas de entrada y salida.

Tabla 3-14 Cantidad y capacidad de la subestación de tracción, cuarto eléctrico y estación de conmutación, etc.

Clasificación de instalación	Cantidad
Subestación de tracción	4 estaciones (+ base)
Cuarto eléctrico	8 estaciones (+ base)
Estación de conmutación	1 estación

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

(2) Instalaciones de circuito eléctrico

La Tabla 3-15 muestra un resumen de la estructura de las instalaciones del circuito eléctrico.

Tabla 3-15 Resumen de la estructura de las instalaciones del circuito eléctrico

Clasificación de instalación	Contenido
Líneas de transmisión	Instalaciones para transmitir y distribuir energía desde las subestaciones receptoras a las subestaciones de tracción, cuartos eléctricos y estaciones de conmutación.
Catenaria, Línea alimentadora	Instalaciones para suministrar la energía para los vagones (incluido la línea alimentadora auxiliar)
Línea de control de potencia	Líneas de transmisión relacionadas con la protección del circuito de alimentación.
Dispositivo de puesta a tierra y pararrayos	Instalaciones relacionadas con la prevención de descargas eléctricas y daños por rayos y protección de la instalación.
Otros	Instalaciones relacionadas a trabajos de mantenimiento como iluminación, comunicación, etc.

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

a) Líneas de transmisión

Se utilizará el sistema en el que los cables de transmisión y distribución de energía se colocarán desde la subestación receptora hasta cada subestación de tracción y cuarto eléctrico. Además, las dos líneas de cable de alto voltaje se almacenan separando en canales de cables en cada línea.

b) Línea alimentadora

Las líneas alimentadoras se colocarán desde la subestación de tracción, el cuarto eléctrico o la estación de conmutación hasta el punto de conexión del alimentador de la catenaria. Además, la línea alimentadora auxiliar se coloca en paralelo con la catenaria y se conecta a la catenaria a intervalos apropiados, para compensar la caída de voltaje de la catenaria.

c) Catenaria

La estructura será de sistema de catenaria doble rígido, y el método de contacto aplicará el tipo de contacto de línea lateral. El voltaje estándar será 600 V AC trifásico a tres hilos. La Figura 3-20 muestra la parte general de la catenaria, y la Figura 3-21 muestra las instalaciones de la línea eléctrica en la parte de desvío.



Figura 3-20 Parte general de la catenaria



Figura 3-21 Instalaciones de línea eléctrica de la parte de desvío

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

d) Sistema de gestión de energía

El sistema de gestión de energía realiza el monitoreo y control remoto de las subestaciones no tripuladas, sala de subestaciones, cuartos eléctricos y estaciones de conmutación, para mejorar la eficiencia y la seguridad del mantenimiento y operación relacionados con las instalaciones de energía eléctrica. En caso de anomalía, el sistema está diseñado para que los despachadores de trenes puedan realizar el tratamiento adecuado.

Este sistema está constituido de una unidad central de procesamiento, dispositivo remoto de monitoreo y control, panel de visualización del sistema y consola, y tiene las funciones principales que se muestran en la Tabla 3-16.

Tabla 3-16 Funciones del sistema de gestión de energía

Función	Contenido
Monitoreo y Control de equipos	Visualización del estado de los equipos de potencia y control de encendido y apagado individual
Control de programación	Control automático por programación de equipos de potencia
Visualización del sistema y medición	Visualización del estado de operación del sistema, recepción de energía, voltaje / cantidad de energía del sistema de alimentación
Control de recierre automático	Control de recierre de la sala de subestación de tracción en respuesta a accidentes, etc.
Control de emergencia / Control de corte de energía	Apertura automática del disyuntor por alerta de emergencia y desconexión de la carga en caso de emergencia

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

3.3.2 Instalaciones de señal

En el Transporte Público Guiado (AGT, en inglés) de Japón, se han introducido varias instalaciones de señalización. Las instalaciones principales se muestran a continuación.

a) Detención Automática de Trenes (Automatic Train Stop: ATS)

Este equipo es una instalación para detener automáticamente los trenes con el fin de evitar colisiones y choques con otros trenes, cuando el conductor no conduce de acuerdo con la indicación de señalización, y tiene un mecanismo en el que los frenos se aplican automáticamente. Está compuesto por equipos en el tren como un captador montado en el vagón y el receptor, y la baliza instalada entre las vías.

b) Control Automático de Trenes (Automatic Train Control: ATC)

Este dispositivo controla automáticamente la velocidad del tren, y en lugar de mostrar la señal en el semáforo en tierra, la señal se muestra en la cabina del conductor mediante un dispositivo de detección de trenes (Train Detection: TD) y aplica el freno si es necesario. Fue introducido con el objetivo de garantizar la visibilidad de los semáforos y mejorar la seguridad en los tramos con intervalos cortos entre trenes.

c) Control Automático de Ruta (Automatic Route Control: ARC)

Este dispositivo realiza el control de la señal en rutas prerregistradas, sin administrar el orden de los trenes. Éste a menudo se usa en el Transporte Público Guiado (AGT, en inglés) tripulado. En las líneas ferroviarias convencionales, se usa el Control Programado de Ruta (Programmed Route Control: PRC), un sistema similar que opera automáticamente las señales y desvíos.

d) Operación Automática de Trenes (Automatic Train Operation: ATO)

Este dispositivo es una instalación que puede seleccionar la operación automática según sea necesario para todas las líneas principales y líneas de entrada/salida de un depósito de trenes. Este dispositivo está compuesto por un dispositivo a bordo y un dispositivo en tierra.

En medio de la estación, el dispositivo de tierra transmite la información de punto de parada, información de límite de velocidad y similares al dispositivo a bordo. El dispositivo a bordo recibe esta información, crea un patrón de velocidad de operación del tren y, con base en ello, realiza una operación automática. Al mismo tiempo, transmite la información de posición del tren al equipo de tierra, a intervalos regulares.

Dentro de la estación, el dispositivo a bordo recibe información cada vez que el tren pasa por la baliza de ATO y hace llegar el tren a una posición fija. Luego, este dispositivo abre automáticamente la puerta vinculando el vagón y la puerta de andén, y después de cierto tiempo, cierra automáticamente la puerta y hace partir el tren automáticamente.

e) Protección Automática de Trenes (Automatic Train Protection: ATP)

Este dispositivo evita la colisión de trenes controlando el intervalo entre trenes y asegura los límites de velocidad por condiciones de ruta y de trabajo.

f) Enclavamiento Electrónico (Electronic Interlocking: EI)

El enclavamiento es un dispositivo que compone la ruta deseada cambiando la aguja de cambio, y no permite cambiar la ruta a la mitad hasta que el tren termine de pasar. Además, éste no permite que se forme ninguna otra ruta que impida esta ruta. Se trata de un dispositivo de enclavamiento que incorpora tecnología electrónica, mejorando la seguridad y la función.

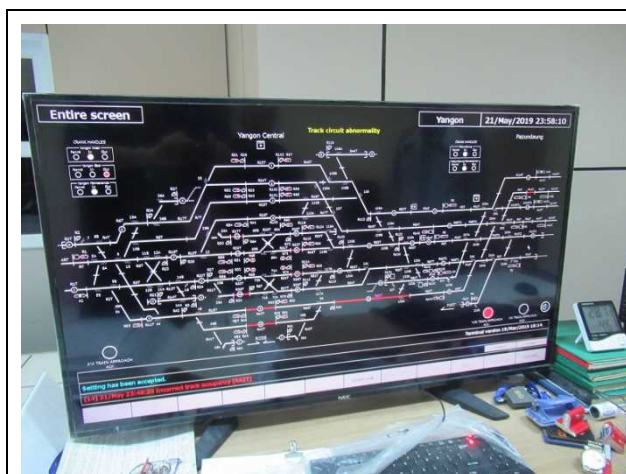


Figura 3-22 Terminal de enclavamiento



Figura 3-23 Dispositivo de enclavamiento electrónico

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

3.3.3 Equipo de comunicación

El equipo de comunicación es un medio para garantizar la operación de los trenes y el trabajo de mantenimiento de manera fluida y eficiente. También contribuye a la recuperación de las perturbaciones en la operación de los trenes durante situaciones anormales. La Tabla 3-17 muestra una descripción general de la estructura de esta instalación.

Tabla 3-17 Descripción general de la estructura del equipo de comunicación

Nombre de sección	Contenido de estructura
Dispositivos de comunicación inalámbrica	Intercomunicador inalámbrico del tren, comunicación inalámbrica de mantenimiento, alerta de emergencia
Dispositivos de comunicación por cable	Teléfono de comando, teléfono de intercambio de trabajo, teléfono de vía
Circuito cerrado de televisión (CCTV)	Video vigilancia
Equipos de transmisión óptica, etc.	Transmisión óptica, reloj, fuente de alimentación de comunicación
Visualización de guía del pasajero/Dispositivo de anuncio en las estaciones	Guías visuales de la operación, anuncios de audio en las estaciones.

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

a) Intercomunicador inalámbrico del tren

Este dispositivo realiza la comunicación entre la Oficina Central de Comando, los trenes en la línea principal y los vagones en el depósito de trenes, para mejorar la seguridad de la operación del tren y lograr la facilitación del trabajo. Además, el dispositivo de alerta de emergencia tiene una función de alerta de emergencia y parada de emergencia del tren, como respuesta en caso de emergencia.

b) Equipo de transmisión óptica

Este dispositivo, para la operación de trenes y trabajos de mantenimiento, será una línea de transmisión que proporciona información de manera eficiente y de alta calidad relacionada con las comunicaciones entre la Oficina Central de Comando y las instituciones en el sitio. También realiza el monitoreo y control remoto desde la Oficina Central de Comando, incluso en entornos donde existe el riesgo de daños por rayos o ruido.

c) CCTV (Closed Circuit Television)

Convencionalmente, se utilizaba el ITV (Televisión Industrial) como una instalación para monitorear lugares importantes del interior de un edificio usando una cámara de monitoreo. En los últimos años, se instaló el CCTV, que conecta los cables y las cámaras, en la plataforma y en el vestíbulo de cada estación, y la situación se controla en la Oficina Central de Comando. En las cámaras recientes, se han difundido las cámaras compatibles con cámaras omnidireccionales.



Figura 3-24 CCTV (tipo omnidireccional)



Figura 3-25 Dispositivo de vigilancia CCTV

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

d) Equipos telefónicos y de intercomunicación

El dispositivo telefónico está compuesto por una línea telefónica para trabajo a través de una central telefónica y una línea telefónica de comando mediante un sistema de comunicación directa. Los dispositivos de intercomunicación se instalan en los vestíbulos (cerca de máquinas expendedoras de boletos, torniquetes automáticos, etc.) y en la plataforma de cada estación, y permiten la comunicación entre los clientes y la Oficina Central de Comando.

3.3.4 Sistemas de gestión de operaciones y otros sistemas de gestión

a) Sistemas de gestión de operaciones

Este sistema ejecuta funciones relacionadas con la gestión del horario del tren, el control de ruta, la visualización de la información de guía del pasajero, el control y monitoreo del tren dirigidas a las líneas principales y las líneas de entrada y salida, combinando equipos de comunicación de señal, equipos de energía y sistema de información de prevención de desastres, para asegurar la operación de los trenes.

En la función de monitoreo y control del tren, la información de la comunicación entre el equipo a bordo y el equipo de tierra, además de comprender la posición y el estado de todos los trenes, también permite el uso de la información del horario y los comandos de control necesarios de la tabla de comandos OCC (Centro de Control de Operaciones), a través del equipo de transmisión óptica.

b) Equipo y sistema de gestión de información de prevención de desastres

Este sistema monitorea el estado del equipo en un comando central a través de una línea de transmisión óptica. Además, notifica la alerta en caso de incendio en estaciones y la ocurrencia de anomalías en las instalaciones centrales e instalaciones de la estación.



Figura 3-26 Sistema de gestión de operaciones



Figura 3-27 Sistema de gestión de equipos

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

c) Sistema de gestión de depósito de trenes

A fin de optimizar el trabajo de entrada y salida y trabajo de cambio de vía, este sistema permite la operación automática desde la línea principal hasta la línea de llegada y salida, a través de la línea de entrada y desde la línea de llegada y salida hasta la línea principal, a través de la línea de salida. Esto se logra al combinar el CBTC (Control de Trenes Basado en Comunicaciones) y dispositivo de enclavamiento de depósito (CIS). Además, el CIS establece automáticamente una ruta de cambio de vía desde la línea de llegada y salida hasta la línea de estacionamiento y desde la línea de estacionamiento hasta la línea de llegada y salida.



Figura 3-28 Panel de control de enclavamiento de depósito de trenes



Figura 3-29 Monitor de depósito de trenes

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

d) Sistema de gestión de servicios de la estación

Este sistema monitorea y controla las máquinas de recolección de boletos, máquinas de pago, máquinas expendedoras de boletos, etc., de cada estación desde la mesa de servicios de la estación de la Oficina Central de Comando, para lograr el ahorro de mano de obra en los servicios de la estación, como pago de tarifas, etc., y la automatización.

La mesa de servicios de la estación de la Oficina Central de Comando, monitorea la información de operación sobre cada equipo de servicio de la estación y las anomalías del equipo. También, controla el inicio y suspensión de uso del equipo, y la apertura y cierre de las puertas. Además, el procesador de datos de la Oficina Central de Comando prepara los asientos y libros contables relacionado con las ventas de las máquinas expendedoras de boletos en cada estación, las personas que pasan por cada máquina de recolección de boletos, los datos de subida y bajada de los usuarios, y similares.

3.3.5 Plan de operación

a) Intervalo de operación y método de cálculo del número total de vagones

A continuación se muestra el método para calcular el intervalo de operación y el número total de vagones.

A partir del valor máximo de PPHPD y la capacidad de un tren, la siguiente fórmula calcula el intervalo de operación en una hora pico.

$$\begin{aligned} \text{(Número de trenes durante una hora pico)} &= (\text{Valor máximo de PPHPD}) \div (\text{Capacidad de un tren}) \\ \text{(Intervalo de operación durante una hora pico)} &= 60 \div (\text{Número de trenes durante una hora pico}) \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

Luego, el tiempo de operación para un viaje de ida y vuelta se calcula a partir de la siguiente fórmula en función de la extensión de la ruta, la velocidad programada y el tiempo de retorno.

$$\begin{aligned} \text{(Tiempo de operación unidireccional)} &= (\text{Extensión de ruta}) \div (\text{Velocidad programada}) \\ \text{(Tiempo de operación ida y vuelta)} &= (\text{Tiempo de operación unidireccional} + \text{tiempo de retorno}) \times 2 \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

A partir de (1) y (2), el número requerido de trenes se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$\text{(Número requerido de trenes)} = (\text{Tiempo de operación ida y vuelta}) \div (\text{Intervalo de operación durante una hora pico})$$

El número de composición requerida se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$\text{(Número de composición requerida)} = (\text{Número requerido de trenes}) \times (\text{Número de composición por tren})$$

Suponiendo que el número de composición de reserva es el 10% del número de composición requerida (redondeado), y el número total de composición y el número total de vagones se calculan mediante las siguientes fórmulas.

【Número total de composición】	(Número de composición requerida) + (número de composición de reserva)
【Número total de vagones】	(Número total de composición) × (Composición del tren)

b) Condiciones de cálculo

La Tabla 3-18 muestra la velocidad programada calculada a partir de la extensión de la ruta y el tiempo requerido del operador del nuevo sistema de transporte en Japón. Dado que la velocidad programada está establecida entre 27 km/h y 29,1 km/h, la velocidad programada en este estudio se estableció a 28,0 km/h.

Tabla 3-18 Velocidad programada del operador del nuevo sistema de transporte en Japón

名称	路線延長 (km)	所要時間 (分)	表定速度 (km/h)
六甲ライナー	4.5	10	27.0
ゆりかもめ	14.7	31	28.5
日暮里・舎人ライナー	9.7	20	29.1

El tiempo de retorno en la estación terminal se fijó en 5 minutos en consideración al tiempo para que la tripulación se traslade a la sala de tripulación.

c) Tren a introducir y plan de operación

El valor máximo de PPHPD es de 13.980 (personas) en 2055 y 2056, y se calcula el intervalo de operación requerido y el número total de vagones que satisfaga esta demanda. El vagón es el “Urbanismo18” de Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (Figura 3-30), y se realizó un análisis comparativo del plan de operación con 4 tipos de trenes compuestos por 6 vagones, 8 vagones (4 vagones $\times$ 2 y 8 vagones $\times$ 1) y 10 vagones. La capacidad del vagón se calcula en función del establecimiento del número de pasajeros de pie por metro cuadrado, que se utiliza ampliamente para calcular la capacidad del vagón en el extranjero, y no en función del método de cálculo JIS. Se analizó con el supuesto de 6 personas/m².

La Tabla 3-19 muestra los resultados de cálculo de los intervalos de operación y el número total de vagones para cada tren de composición.



Figura 3-30 Urbanismo18

Fuente: Página web de Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Tabla 3-19 Plan de operación por Urbanismo18

1列車両数	1列車 構成編成数	編成両数	路線延長 (km)	PPHPD (人)	1列車定員 (人)	ピーク1時間の 片方向列車本数 (本)	ピーク1時間の 運行間隔 (分)	片方向の 運行時間 (分)	1往復の 運行時間 (分)	必要列車本数 (本)	必要編成数 (編成)	予備編成数 (編成)	総編成数 (編成)	総車両数 (両)
6	1	6	6.301	13980	474	29.5	2.0	13.5	37.0	19	19	2	21	126
8	2	4	6.301	13980	624	22.4	2.7	13.5	37.0	14	28	3	31	124
8	1	8	6.301	13980	636	22.0	2.7	13.5	37.0	14	14	2	16	128
10	1	10	6.301	13980	800	17.5	3.4	13.5	37.0	11	11	2	13	130

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

Comparando el plan de operación de cada tren de 6, 8 y 10 vagones, en el caso de 6 vagones, será un horario muy denso con ciclo de 2,0 minutos. Además, comparando la composición de 8 vagones con los de 10 vagones, aunque no hay ningún problema con el ciclo, los de 10 vagones tienen un número total de vagones mayor que los de 8 vagones. Además, el equipo de las estaciones y otros deberá ser

compatible con la composición de 10 vagones, siendo necesarios costos adicionales. Por lo tanto, este estudio propone la introducción de trenes de 8 vagones.

Además, en la composición de 8 vagones, al comparar 8 vagones x 1 y 4 vagones x 2, 4 vagones x 2 puede reducir el número total de vagones en 4 vagones, sin cambiar mucho el intervalo de operación. En base a esto, este estudio propone adoptar un tren de 8 vagones que se componga de 4 vagones x 2 como tren a introducir, operar con ciclo de 2,7 minutos, e introducir 124 vagones como número total de vagones.

3.3.6 Planificación de vagones

Como vagones para Medellín, Colombia, en este estudio, estamos considerando a un AGT de fabricación japonesa que satisfaga la seguridad y la comodidad y que permita la conducción no tripulada. En este estudio, se estableció de la siguiente manera el borrador de las especificaciones básicas de los vagones, teniendo como referencia los diseños probados de vagones que se han utilizado en las principales ciudades de Japón (Tokio, Yokohama, Osaka, Kobe e Hiroshima). Con respecto al método de operación del tren, proponemos una operación no tripulada por ATO (con asistente).

Tabla 3-20 Especificaciones básicas de los vagones de AGT para Medellín

Especificaciones		Vagones de AGT para Medellín	Observaciones
Composición		8 vagones (4 vagones x 2)	
Capacidad	Capacidad de la composición	624 personas	Capacidad de pasajeros de pie 6 persona/m ²
	Vagón de cabecera	75 personas (incluidos 20 asientos)	
	Vagón medio	81 personas (incluidos 19 asientos)	
Dimensión del vehículo	Longitud del cuerpo (vagón de cabecera)	8.550 mm	Longitud de composición 72.000 mm
	Longitud del cuerpo (vagón medio)	8.500 mm	
	Ancho del cuerpo	2.550 mm	
	Altura máxima del vagón	3.340 mm	
Peso del vagón	Vagón de cabecera	10,5 t	
	Vagón medio	10,5 t	
Rendimiento de conducción	Velocidad máxima de conducción	60 km/h	
	Máxima aceleración	3,5 km/h/s	
	Desaceleración (máxima para uso normal)	3,5 km/h/s	
	Desaceleración (máxima en caso de emergencia)	4,5 km/h/s	
Método de operación del tren	Método de conducción	Conducción automática por ATO	

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

3.3.7 Plan de depósito de trenes

El campo deportivo mencionado anteriormente se considera como un lugar candidato del depósito.

En general, las instalaciones necesarias para un depósito de trenes son el taller, el puesto de inspección, la línea de estacionamiento de tren, la línea para puesta en marcha, la línea de lavado de trenes, la línea de entrada y salida, el garaje para vehículos de mantenimiento y similares.

El taller está equipado con equipos de inspección y reparación, como grúas móviles, gatos elevadores y diversas máquinas y herramientas, para realizar revisiones generales, etc. Para realizar inspecciones legales y diversos ajustes, el puesto de inspección tiene una estructura de foso, en el que se excava el piso, permitiendo realizar trabajos desde ambos lados y desde abajo del vagón. Además, en el momento de la inspección, el trabajo se realiza suministrando energía al tren desde los troles del techo, sin instalar la catenaria en el costado.

La línea de estacionamiento de trenes ocupa una gran área incluso en el depósito de trenes. Por lo tanto, es importante tener un diseño que permita una operación eficiente junto con otras instalaciones, dentro del sitio obtenido como depósito de trenes. La línea para puesta en marcha es una línea para realizar varias pruebas de ajuste realizadas después del ingreso al garaje, y a menudo se instala fuera del depósito de trenes. La línea de lavado de trenes es una línea donde está instalada una lavadora automática, y se instala una plataforma en ambos lados de la línea para que se puedan lavar a mano. La línea de entrada y salida se establece en un lugar más cercano a la línea principal. En el garaje para vehículos de mantenimiento están almacenados los vehículos de mantenimiento para el transporte de equipos y el trabajo en el sitio, y también almacena los equipos para trabajos ligeros.

A continuación, se muestran las fotos de las instalaciones principales en el depósito de trenes.



Figura 3-31 Línea de estacionamiento de trenes
(Yurikamome)



Figura 3-32 Línea de entrada y salida (el fondo es el punto de encuentro con la línea principal: Yurikamome)



Figura 3-33 Línea de lavado (atrás de la acera de inspección: Yurikamome)



Figura 3-34 Puesto de inspección (Línea Seibu Yamaguchi)

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

3.4 Futuros temas pendientes e ítems sujetos a análisis del sistema de infraestructura

3.4.1 Plan de rutas

La programación lineal en el Estudio está basada en mediciones simples y es un diseño esquemático sin considerar las curvas de transición. Para implementar este plan será necesario llevar a cabo una medición detallada y elaborar una programación lineal basándose en esta medición.

Además, en el plan de base de estacionamiento de trenes será necesario elaborar un plan de cableado estructurado y un plan de disposición de equipos y maquinarias eléctricas, que son omitidos ahora. Asimismo, para las estaciones se hará necesario de ahora en adelante realizar un estudio detallado de nodos de estaciones para formar una red de tráfico eficaz (estudio de tráfico).

3.4.2 Plan de estructuras

En el Estudio se ha creado un plan de estructuras de acuerdo con las encuestas realizadas en empresas constructoras locales y antes de la implementación real, será necesario llevar a cabo estudios de suelo (sondeo) y determinar un sitio como depósito provisional para la construcción de las líneas y una base de estacionamiento de trenes. Además, será necesario recolectar información detallada de los proyectos relacionados con la ruta objeto del Estudio, tales como el proyecto de construcción de Tranvía planeado en la Av. 80, y el proyecto de construcción de paso elevado planeado sobre la ruta en cuestión, y garantizar la coherencia de las estructuras.

3.4.3 Análisis del sistema AGT

En AGT en Japón, los modos eléctricos prevaecientes son 600V (CA) y 750V (CD), y a diferencia del modo adoptado en las ruedas de tren, producen poca diferencia en el voltaje. Aunque el presente proyecto contempla una instalación transformadora eléctrica que pueda atender a ambos modos, será necesario estudiar detalladamente un plan de energía eléctrica incluyendo el aspecto de costo.

Debido a que la ruta del Estudio es relativamente corta, no se han considerado ni una subestación principal ni una de transmisión, pero será necesario analizar el plan futuro y las necesidades de construirlas.

El sistema AGT del Estudio adopta un sistema de operación automática con personal de tren que atienda las anomalías. Será necesario analizar las funciones del personal de tren (petición del cliente: intervención humana para cerrar las puertas) y cómo atender las operaciones normales y anormales.

3.4.4 Plan de operación

Para establecer un plan de operación real, se requieren datos lineales que incluyan los de curvas y gradientes más detallados. También serán necesarias las especificaciones de tren detalladas como la curva de fuerza de aceleración. Teniendo en cuenta estos, será necesario crear un plano de curvas de operación para calcular correctamente el tiempo requerido para la operación. Asimismo, será necesario establecer un plan de operación con diferentes horas del día (horas pico y horas normales), un plan de mantenimiento de trenes y un plan de base de estacionamiento de trenes (taller de inspección y

reparación), para determinar detalladamente el número total de trenes necesarios.

a) Estudio de impacto ambiental

Como estudios de impacto ambiental, será necesario realizar estudios de paisaje teniendo en cuenta la privacidad y la seguridad ciudadana, que son retos propios del municipio de Medellín, y analizar el trasplante de árboles (número y destino del trasplante) para el uso de una base de estacionamiento de trenes y las medianas con mucha vegetación.

Como estudio de impacto social, será necesario realizar una evaluación detallada de impactos sobre la apropiación de terreno y la reubicación de habitantes, requeridos para la construcción de base de estacionamiento de trenes.

4. Magnitud del proyecto: cálculo del costo del proyecto (costo de operación, mantenimiento e inicial)

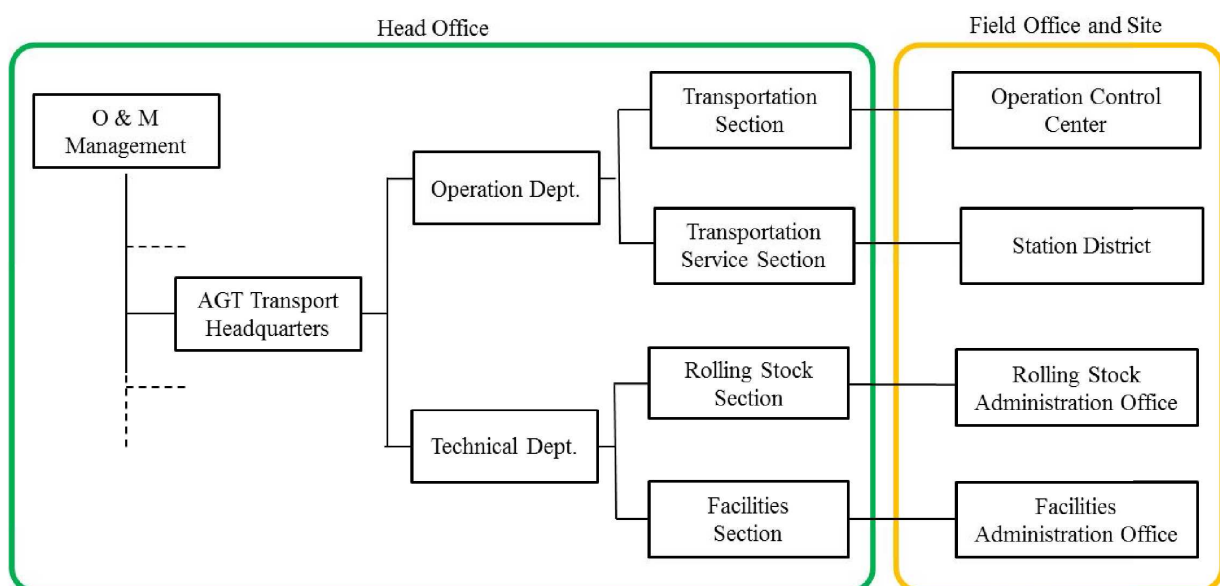
4.1 Cálculo del costo de operación y mantenimiento

4.1.1 Sistema de organización operativa

Sobre el sistema de organización operativa de AGT, según los resultados de las encuestas realizadas a Metro de Medellín, comenta que es deseable que la administre el Metro de Medellín y opina lo mismo el Equipo del Estudio, por lo que presentamos propuestas suponiendo que el Metro de Medellín dirige la operación. Tomando como referencia ejemplos de empresas administradoras de nuevo sistema de transporte en Japón, hemos establecido un sistema de organización operativa de AGT, según lo indicado abajo.

Se creará una nueva sede de operación de AGT por debajo de la gerencia de operación y mantenimiento existente de Metro de Medellín. La sede de operación de AGT está formada del departamento de transporte y el departamento técnico, aquel se dedica a las gestiones relacionadas con los trabajos de transporte como estaciones y mandos y este se dedica a los asuntos técnicos referentes a los trenes, equipos eléctricos e instalaciones de obras civiles. Como oficinas y puestos operativos dependientes del departamento de transporte y del técnico, se crean un área de operaciones de estación, un puesto de mando, una oficina de administración de material rodante y una oficina de administración de instalaciones.

Las gerencias no técnicas como la administrativa y la de recursos humanos que suelen pertenecer a la organización de la oficina principal, existen ya en la sede de Metro de Medellín, por lo que bastará con aumentar el número de personal necesario sin la necesidad de reorganización. Además, se supone una operación automática no pilotada y no se requieren conductores, por lo que no se creará un área de transporte adonde pertenecen los conductores.



Fuente: Elaborado por el Equipo del Estudio

Figura 4-1 Organigrama operativo

4.1.2 Plan de dotación de personal de estación

En los sistemas de nuevo transporte en Japón, por lo general las estaciones con muchos pasajeros son tripuladas y las de pocos pasajeros son de operación no tripulada, y la atención a pasajeros se hace en forma remota desde el puesto de mando o una estación cercana.

Por otra parte, en las estaciones de Metro de Medellín están disponibles máquinas automáticas de billetes y pasos automáticos al andén, y los empleados de las estaciones también atienden a pasajeros para revisar los pasajes e informarles de destinos y cambio de líneas.

Por consiguiente, todas las estaciones de AGT serán tripuladas permanentemente; 2 empleados en las estaciones con muchos pasajeros y 1 empleado en las de pocos pasajeros. Tendrán 3 turnos y 2 días de descanso semanal.

En caso de que trenes con operación no tripulada tengan algún problema y requieran una operación manual, los empleados con licencia de conductor se ocuparán de dichos trenes. A estos empleados se les dará periódicamente un entrenamiento de operación manual. En las estaciones que cuentan con rieles extras que permiten a los trenes volver y en las estaciones intermedias estará asignado permanentemente 1 empleado respectivamente, con 3 turnos y 2 días de descanso semanal.

Para atender a las anomalías, en las estaciones con rieles extras que permiten a los trenes volver será necesario realizar el control local de semáforos, por lo que se asignará permanentemente un empleado con licencia de manejo de semáforos. No obstante, en ST-01 (A Sta.) conectada a la base de estacionamiento de trenes, estarán asignados permanentemente 3 empleados incluyendo 2 señaleros. Trabajarán en 3 turnos con 2 días de descanso semanal.

El número total del personal de las estaciones será un total de 76 personas: 44 empleados exclusivos en las estaciones, 12 empleados que sirven también de conductores y 20 empleados exclusivos para los semáforos, comunicación y puesto de mando.

(Unidad: personas)

Tabla 4-1 Plan de dotación de personal de estación

Station		Station staff	Driving handler	Signaling handler
ST-01	A sta	4	4	12
ST-02	B sta	4		
ST-03	C sta	4		
ST-04	D sta	8	4	4
ST-05	E sta	4		
ST-06	F sta	4		
ST-07	G sta	8		
ST-08	H sta	8	4	4
Total		44	12	20
		76		

Fuente: Elaborado por la Equipo del Estudio

4.1.3 Plan de dotación de personal de mantenimiento y administración

El personal de mantenimiento y administración está clasificado en los encargados de la oficina principal, los de carriles, los de cables eléctricos y los de trenes, y se calculó el número requerido de cada cargo estableciendo las unidades básicas de cada personal a partir de la longitud en km y el número de trenes según el Informe Anual de Estadística Ferroviaria (versión 2016) publicado por el Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo. Para establecer las unidades básicas, se tomó como referencia las empresas Saitama New Urban Transportation, Yurikamome, Yokohama Seaside Line y Kobe New Transit Co., Ltd.

El número de personal de mantenimiento y administración será en total 28 personas: 6 encargados de la oficina principal, 4 de carriles, 6 de cables eléctricos y 12 de trenes.

Tabla 4-2 Plan de dotación de personal de mantenimiento y administración
(Unidad: personas)

Description	Head office staff	Civil eng staff	Electrical eng staff	Rolling stock staff
Unit	–	km	km	Vehicle
Quantity	22	6.6	6.6	72
Unit person	0.253	0.670	0.956	0.166
Number of employees	6	4	6	12
	28			

Fuente: Elaborado por la Equipo del Estudio

4.1.4 Costo de recursos humanos para la operación, mantenimiento y administración

Respecto al costo de recursos humanos para la operación, mantenimiento y administración, se han establecido sus respectivos costos unitarios a partir de los sueldos del personal y gerentes del sector no manufacturero en el municipio de Medellín, Colombia.

Según el cálculo, el costo de recursos humanos para la operación, mantenimiento y administración ascendió a 4,34 millones de USD aproximadamente.

Tabla 4-3 Costo de recursos humanos para la operación, mantenimiento y administración
(Unidad: USD)

Description	Staff	Manager	Sub total	Total
Operation staff	61	15	76	104
Maintenance staff	22	6	28	
Monthly salary	1,390	5,095	–	–
Monthly cost	115,370	106,995	–	222,365
Annual cost	2,249,715	2,086,403	–	4,336,118

Fuente: Elaborado por la Equipo del Estudio

4.1.5 Gastos de operación, mantenimiento y administración

Los gastos de operación, mantenimiento y administración están clasificados en el costo de mantenimiento de carriles, el de cables eléctricos, el de trenes, el de transporte, el de operación y los demás gastos, y se calculó cada uno de los gastos estableciendo las unidades básicas de cada partida a partir de la longitud en km, el recorrido en km y el número de trenes según el Informe Anual de Estadística Ferroviaria (versión 2016) publicado por el Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo. Para establecer las unidades básicas, se tomó como referencia las empresas Saitama New Urban Transportation, Yurikamome, Yokohama Seaside Line y Kobe New Transit Co., Ltd.

Según el cálculo, los gastos de operación, mantenimiento y administración ascendieron a 8,27 millones de USD aproximadamente.

Tabla 4-4 Gastos de operación, mantenimiento y administración

(Unidad: millón USD)

Description	Unit	Quantity	Cost (USA price)
Civil eng	km	6.6	1.326
Electrical eng	km	6.6	1.098
Rolling stock eng	Vehicle km's	5,644	2.007
Train operation *	Vehicle km's	5,644	1.091
Station service	Station	8	1.106
Other administrative expenses	km	6.6	1.643
Total	–	–	8.271

Fuente: Elaborado por la Equipo del Estudio

- ① Japón Tokio 0,140 USD/KWh
- ② Columbia Medellín 0,189 USD/KWh
- ① / ② = 1.35 *

Fuente: Costo de inversiones de JETRO, Medellín (Colombia)

Tabla 4-5 Detalles de los gastos de operación, mantenimiento y administración

Partida	Descripción
Costo de mantenimiento de carriles	Costo de trabajo (sin incluir los clasificados en el costo de instalaciones de prestaciones sociales y los gastos administrativos generales) requerido para el mantenimiento y reparación (en adelante se refiere a la inspección, mejora, limpieza y reparación) de los cables eléctricos en las instalaciones de transporte catalogadas como activos fijos tangibles (incluyendo las maquinarias de subestación y maquinarias de comunicación), trenes (excepto los trenes especiales para el mantenimiento de carriles) y todos los activos fijos que no sean maquinaria comercial como el paso automático al andén.
Costo de mantenimiento de cables eléctricos	Costo de trabajo requerido para el mantenimiento y reparación de los cables eléctricos en las instalaciones de transporte catalogadas como activos fijos tangibles, maquinarias de subestación, maquinarias de comunicación y trenes especiales para el mantenimiento de cables eléctricos.
Costo de mantenimiento de trenes	Costo de trabajo requerido para el mantenimiento y reparación de los trenes en las instalaciones de transporte catalogadas como activos fijos tangibles (excepto los trenes especiales para el mantenimiento de carriles y de cables eléctricos)
Costo de operación	Costo de trabajo requerido para la operación de los trenes
Costo de transporte	Costo de trabajo requerido para el manejo de pasajeros y carga, programación y cambio de trenes
Otros gastos	Gastos de mantenimiento preventivo, administración de transporte, información y publicidad, prestaciones sociales y gastos administrativos generales

Fuente: Reglamento de contabilidad ferroviaria

4.2 Cálculo de costo del Proyecto

4.2.1 Condiciones y método de estimación

Las partidas del costo estimado del Proyecto se clasifican en la parte de infraestructura y la parte de sistema, y se han calculado las siguientes partidas.

Tabla 4-6 Detalles de las partidas del costo estimado del proyecto

Clasificación	Partidas
Infraestructura	Estructuras de ingeniería civil (incluyendo los edificios de estación), acabado de la construcción de las estaciones, costo de cimentación del terreno para la base de estacionamiento de trenes (incluyendo el costo de adquisición del terreno)
Sistema	Carriles de guía, trenes, energía eléctrica, subestación, centro de control de semáforos, de comunicaciones y puesto de mando central, equipos de estación e instalaciones de la base de estacionamiento de trenes

Fuente: Elaborado por la Equipo del Estudio

El costo estimado del Proyecto fue calculado estableciendo los costos unitarios (longitud por km, superficie por hectárea, por estación, por tren y por juego completo) de acuerdo con las estimaciones en el lugar, las encuestas dirigidas a fabricantes japoneses y datos de introducciones realizadas en Japón y otros países, y multiplicándolos por la cantidad (longitud de las rutas, superficie, número de estaciones, número de trenes, entre otros).

Sobre todo, para las estructuras de ingeniería civil adoptaremos principalmente una estructura de hormigón armado y una estructura de hormigón pretensado, que son de costo relativamente bajo, y sólo cuando sea difícil aplicarlas en una estructura de hormigón, consideremos una estructura de acero.

Puesto que el Proyecto está calculado suponiendo que no es imposible, no se han considerado los impuestos. Para el tipo de cambio de divisas se ha utilizado un promedio de 5 años desde el 1 de enero de 2015 hasta el 31 de diciembre de 2019.

Tabla 4-7 Tipo de cambio

Tipo de cambio	Fuente
1USD : 113.30YEN	Bank de Mitsubishi UFJ
1USD : 2,996.67COP	Banco de la República - Colombia

Fuente: Elaborado por la Equipo del Estudio

4.2.2 Cálculo del costo estimado del Proyecto

Para calcular el costo estimado del Proyecto, hemos presentado 2 propuestas; “especificaciones completas” (las mismas especificaciones que las de Yurikamome) que tratan de garantizar máxima seguridad, comodidad y conveniencia, y “especificaciones simples” que se limitan a tener mínimas funciones necesarias para la operación. La tabla de abajo indica los resultados del cálculo del caso de “especificaciones completas”.

El costo de la infraestructura asciende a 190 millones de USD aproximadamente (29 millones de USD/ km) y el costo de la parte de sistema es de 228 millones de USD aproximadamente (35 millones de USD/km), en un total de 418 millones de USD aproximadamente (63 millones de USD/km).

Este costo estimado del Proyecto ha sido calculado bajo las condiciones supuestas actualmente y si se aumenta el nivel de precisión mediante futuros estudios detallados, hará cambiar las condiciones del cálculo, por consiguiente, el costo estimado del Proyecto. Asimismo, en caso de variar el contenido de la parte de sistema o las circunstancias de sus alrededores, igualmente cambiará el costo estimado del Proyecto de acuerdo dicha variación.

Tabla 4-8 Costo estimado del Proyecto (especificaciones completas)

(Unidad: millón de USD)

Description	Project cost
Infrastructure portion	189.7
System portion	227.8
Total	417.5
Cost par km	63.3

Fuente: Elaborado por la Equipo del Estudio

Las “especificaciones simples” que cuentan con las mínimas funciones necesarias para la operación son las siguientes.

- **Infraestructura** : Las estaciones no tienen vestíbulos (cambiar de una estación con dos plantas a una de planta única)
Cambiar de una plataforma insular a una de plataforma separada, construida con un acabado sencillo
- **Sistema** : Cambiar de una operación no pilotada con ATO a una operación pilotada (solo conductor)
No hay puertas automáticas en la plataforma, escalera mecánica ni ascensor.

El costo de la infraestructura asciende a 167 millones de USD aproximadamente (25 millones aproximadamente/km) y el costo de la parte de sistema es de 204 millones de USD aproximadamente (31 millones de USD/km), en un total de 372 millones de USD (56 millones de USD/km).

Tabla 4-9 Costo estimado del Proyecto (especificaciones simples)

(Unidad: millón de USD)

Description	Project cost
Infrastructure portion	167.3
System portion	204.2
Total	371.5
Cost par km	56.3

Fuente: Elaborado por el Equipo del Estudio

5. Sistema de implementación del Proyecto (Esquema del Proyecto)

5.1 Gestión de recursos financieros – Préstamo AOD de Japón

Para conseguir el costo de construcción de esta ruta de AGT, será más práctico adquirirlo con un Préstamo AOD de Japón y no con el uso de fondos privados mediante PPP, según las siguientes razones.

5.1.1 Uso de fondos privados

Puesto que hasta la fecha Colombia no ha tenido experiencia en la implementación de un proyecto ferroviario como PPP dirigido por el sector privado y además según los resultados del estudio en la localidad, será difícil aprovechar fondos privados en este Proyecto de AGT.

(1) Proyectos PPP en Colombia

Un proyecto PPP en Colombia fue definido por la Ley 1508 de 2012. Según ProColombia, Colombia es el país con mayor número de proyectos PPP implementados en la región Latinoamérica. Sin embargo, ningún proyecto ferroviario ha sido realizado como PPP.

En caso de implementar un proyecto ferroviario en Colombia como PPP dirigido por el sector privado, está permitido que el sector público se hace cargo de CAPEX hasta el 30%, pero el 70% restante tiene que ser a cargo del sector privado. Además, los gastos operativos (OPEX) serán asumidos totalmente por el sector privado. El modelo de negocio consiste en recuperar las inversiones con el ingreso de las tarifas del servicio ferroviario. En caso de un proyecto ferroviario que incluye la construcción de estructuras, se eleva bastante CAPEX, sin embargo, en el servicio ferroviario que es un medio de transporte público dispuesto a la gente de clase media o baja, no es posible establecer tarifas altas. En Colombia, los servicios de transporte urbano como los buses y el metro tienen establecidas las tarifas entre 0,6 y 0,8 USD y las partes interesadas del metro y otras empresas que visitamos opinan que será difícil elevar más las tarifas.

Según las partes interesadas de Metro Medellín, aunque se consiga introducir un fondo privado, la operación de AGT corresponde a Metro Medellín y no se puede establecer un modelo de negocio que consista en que una empresa privada se haga cargo de la operación y recupere las inversiones con el ingreso de las tarifas. Es una de las causas que dificultan un proyecto PPP. Como referencia, citamos ejemplos de proyectos de transporte público del país.

a) Ejemplo de Metro de Bogotá

Para el proyecto de construcción y operación del metro en el municipio de Bogotá, se dio lugar una licitación en agosto de 2019 y se firmó un contrato con el adjudicatario en noviembre del mismo año donde el gobierno central paga el 70% del costo de construcción y el gobierno municipal (de Bogotá), el 30%. La operación estará a cargo de una empresa constructora, pero el ingreso de las tarifas corresponde al municipio. El pago a la empresa se hará de acuerdo con las operaciones realizadas y no con el ingreso de las tarifas. Por lo que esto se llama concesión a nivel local, pero en Japón esto corresponde al contrato de subcontratación.

b) Ejemplos de otros proyectos ferroviarios

- Regio Tram (servicio de tranvía que va del municipio de Bogotá hacia los suburbios occidentales): La licitación para la construcción tuvo lugar en 2019 y se informa que fue adjudicada una empresa china. Del costo de la construcción, el 70% corresponde al gobierno central y el 30% al gobierno municipal. No hay inversión de fondo privado. No se sabe si la empresa china se encarga de la operación, pero tendrá un esquema en que una empresa privada dirige la operación, cubre el costo de operación con el ingreso de las tarifas y produce ganancias.
- Río Negro APM (AGT que une el municipio de Río Negro y el aeropuerto de Medellín): El municipio de Río Negro se hace cargo del 100% del costo de construcción. Una empresa encargada de la operación obtendrá ganancias con el ingreso de las tarifas. En este momento se está llevando a cabo la licitación, pero se pone en duda la capacidad financiera del municipio de Río Negro para el costo de construcción.
- Ferrocarril de la Sabana y Cundinamarca (ferrocarril de carga en el Departamento de Cundinamarca): Es un proyecto dirigido por el sector privado para rehabilitar el carril existente y una empresa privada se hace cargo de todos los costos de la construcción y operación. Actualmente se está haciendo un estudio de factibilidad, pero no se sabe si es rentable sólo con el fondo privado para poder recuperar todo el fondo invertido en la construcción y operación.

5.1.2 En caso de implementación como obras públicas – aprovechamiento de Préstamo AOD de Japón

Como se ha mencionado antes, en Colombia no hay proyectos ferroviarios que aprovechen fondos privados y en un proyecto como el caso de Ferrocarril de la Sabana y Cundinamarca en que todo el costo de construcción y operación se cubre con el fondo privado, se pone en duda su factibilidad. Por consiguiente, es deseable y realista construir el presente proyecto de AGT como proyecto público de fondos públicos.

El municipio de Medellín tiene Metro de Medellín: una empresa pública que administra el sistema de transporte urbano existente y está previsto que la operación de la ruta de AGT objeto del Proyecto estará

a cargo de Metro de Medellín, por tanto, al igual que las demás rutas del municipio, será razonable que Metro de Medellín cubra el costo de operación con el ingreso de las tarifas. La siguiente tabla presenta la comparación del caso con fondo público con otro de fondo privado.

Tabla 5-1 Tabla de comparación de fuentes de financiación

	公的資金活用	民間資金活用
公的資金による、建設費の負担可能額	100%	最大30%
公的資金によるO&Mコストの負担可能額	運行事業者（メデジンメトロ）と資金提供者との契約による	0%
運行事業者の収益確保スキーム	料金収入	メデジンメトロが運行するため、民間事業者の収益確保スキームは不明
メデジン市における過去の経験	メトロ、BRT、ケーブルカー、路面電車で公的資金の調達経験有り	無し

出典：調査団作成

Por otra parte, será necesario cubrir el costo de construcción con un presupuesto del gobierno colombiano. Para poder aprovechar la tecnología japonesa, será deseable implementarlo con un Préstamo AOD de Japón. No obstante, Colombia, de acuerdo con la clasificación de los países objeto de Préstamo AOD de Japón, definida por JICA según el nivel de ingreso, está clasificada como uno de los “países medianamente desarrollados y en la fase de transición para salir de esta categoría”, por lo que se le aplicará un préstamo no vinculado. Esto significa que en la licitación habrá que competir con licitantes de otros países y será necesario que la parte japonesa debe prepararse bien para ofertar.

5.1.3 Uso de otros fondos

La EPM (Empresas Públicas de Medellín) que se dedica a los servicios de agua potable y de energía eléctrica en el municipio de Medellín, entrega sus ganancias al municipio y para 2019 tiene previsto entregar aproximadamente un trillón de pesos (aproximadamente 33.500 millones de yenes). Estos recursos quedan incluidos en la cuenta general municipal y no es posible vincularlos con ningún proyecto, según explicó un funcionario de EPM. Sin embargo, dice que se puede analizar la financiación de las partes relacionadas con la distribución de electricidad y agua, que son servicios de EPM, vinculándolas con algún proyecto específico. A través de futuros estudios de factibilidad, se recomienda analizar la posibilidad de aprovechar la utilización de estos recursos para las partes relacionadas con los servicios de electricidad y agua en la construcción de AGT.

Una fuente de financiación para complementar el Préstamo AOD de Japón puede ser JBIC (Banco Japonés de Cooperación Internacional). El esquema de financiación para la exportación de JBIC es para financiar a empresas japonesas para el costo de exportación y venta de sus maquinarias, equipos y tecnología y es posible obtener un préstamo hasta un máximo del 85% del costo en Japón y hasta un monto de costo local equivalente al 30% del costo en Japón. El resto será cubierto con una cofinanciación con instituciones financieras privadas. El proyecto de construcción de AGT puede ser dividido en dos partes; para la parte que corresponde a la infraestructura que presenta mayor porción local y da relativamente poca ventaja a empresas japonesas, puede obtenerse recursos con un Préstamo AOD de Japón, y para la parte que corresponde al sistema de AGT que puede hacer valer la tecnología

japonesa, puede aprovechar una financiación de JBIC para la exportación. En ese caso, hay necesidad de que parte de la financiación sea de una institución financiera privada, al igual que el fondo de EPM arriba mencionado, esto será un tema de análisis en futuros estudios de factibilidad.

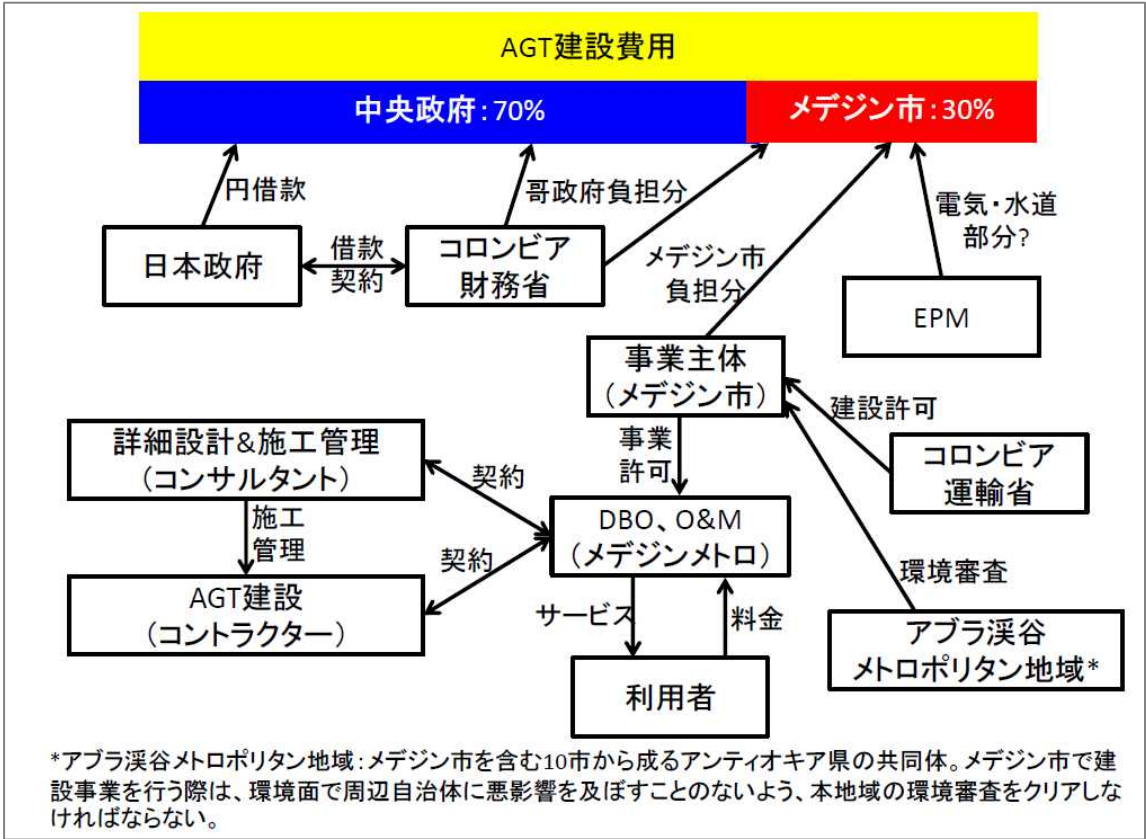


Figura 5-1 Esquema de financiación para la construcción de AGT

5.2 Condiciones de Préstamo AOD de Japón

5.2.1 Situación económica y financiera de Colombia

El costo de construcción de AGT de este Proyecto, en caso de construirlo con las especificaciones similares a las de AGT existente en Japón, se estima en 418 millones de USD (46.000 millones de yenes). Restando los préstamos de las rentas del gobierno colombiano se dan 4,9 trillones de yenes aproximadamente, por tanto, 46.000 millones de yenes equivalen aproximadamente al 0,1% de este monto y al 0,2% del PIB. Tal como se muestra en la Figura 8-2, el FMI contempla que el saldo de la deuda externa del sector público en los principales países latinoamericanos se mantendrá o aumentará en relación con el PIB, y en cuanto a Colombia, pronostica que tendrá su pico en 2018 con un 52,2% y luego irá disminuyendo hasta 41,0% en 2024. Asimismo, el FMI prevé que Colombia tendrá una tasa de crecimiento económico de un 3% en la segunda mitad y una tasa de inflación de un 3% en la primera mitad, siguiendo un curso estable.

Ante tal circunstancia, se espera que de ahora en adelante se mejore la capacidad de Colombia para la captación de préstamo.

Como se ha descrito antes, el municipio de Medellín tiene que asumir como mínimo el 30% del costo de construcción. Un Préstamo AOD de Japón puede ser otorgado también a gobiernos regionales y empresas públicas siempre que cuenten con una garantía del gobierno central, por lo que será necesario analizar en el futuro para determinar el destinatario del préstamo que sea 100% el gobierno central o parcialmente el gobierno municipal de Medellín.

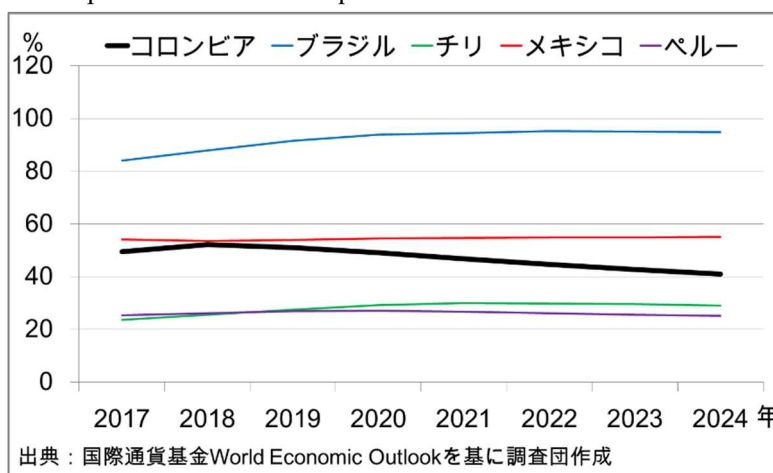


Figura 5-2 Pronóstico de deudas externas en el sector público en los principales países latinoamericanos en relación con el PIB

5.2.2 Condiciones de préstamo

En la modalidad de Préstamo AOD de Japón, existe un esquema llamado “préstamo para altas especificaciones” para los proyectos reconocidos como válidos para impulsar una infraestructura de alta calidad y se establece una tasa de interés más baja. Es posible que a este Proyecto de AGT se le aplique dicho esquema. En tal caso, el plazo de reembolso será de 30 años, incluyendo 10 años de gracia con una tasa de interés del 0,7%. No obstante, si se reduce el plazo de devolución, es posible obtener el préstamo con una tasa de interés aún más baja. En caso de conceder préstamo, las condiciones serán

fijadas teniendo en cuenta la situación financiera de Colombia de ese momento.

El municipio de Medellín, para construir el tranvía, obtuvo un préstamo de 250 millones USD de la agencia francesa AFD (Agence Française de Développement). El préstamo fue concertado en 2011 con un plazo de reembolso de 20 años con 5 años de gracia. El tipo de cambio al final de 2011 fue 1 dólar = 1.943 pesos y luego el peso se devaluó drásticamente sobrepasando 3.400 pesos en febrero de 2016 y manteniéndose entre 3.200 y 3.300 pesos en enero de 2020. El préstamo de AFD fue denominado en dólares y el municipio de Medellín, para mitigar el monto de devolución, prolongó el plazo de reembolso.

Ante tal situación, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Colombia tiene política de reducir en lo posible los préstamos denominados en moneda extranjera. El Préstamo AOD de Japón será denominado en Yen, por lo que será recomendable analizar previamente posibles medidas de salvación en caso de grandes altibajos de tipo de cambio.

5.2.3 Acuerdo general

Actualmente el gobierno colombiano y el japonés están deliberando para concertar un acuerdo general con el fin de determinar la forma de proyectos de cooperación binacionales incluyendo los préstamos AOD de Japón. Una vez definido el contenido del acuerdo, firmado y ratificado, entrará en vigor. Según comenta personal del Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia, se prevé que tardará como un año hasta la concertación y firma del acuerdo. Luego, la parte colombiana emprenderá los trámites de ratificación en el Congreso de la República y la Corte Constitucional, y en consideración de los casos del pasado, el proceso de ratificación requiere como 3 años, por lo que hasta la entrada en vigor tardará 4 años como mínimo. El otorgamiento del nuevo préstamo será luego de la entrada en vigor del acuerdo general, por tanto, se recomienda llevar adelante los preparativos como el estudio de factibilidad en estos 4 años.

5.3 Conclusión

Es recomendable construir las rutas de AGT sobre la base de un Préstamo AOD de Japón. A tal efecto, son siguientes los principales temas que analizar de ahora en adelante.

- Verificación del avance de los trámites para la concertación del acuerdo general
 - Averiguar las posibilidades del uso de otras fuentes financieras como JBIC, EPM y otros.
 - Medidas contra los riesgos cambiarios en la parte colombiana
- Determinar a quién se otorga el préstamo – gobierno central o gobierno regional

6. Análisis y propuestas financieras (análisis financiero y plan de financiación) y evaluación económica

6.1 Análisis financiero y plan de financiación

6.1.1 Establecimiento de condiciones para el análisis financiero

(1) Establecimiento de condiciones para el costo del Proyecto

El costo de construcción, tal como se ha mencionado antes, se ha calculado dividiéndolo en la obra civil y el sistema de AGT, obteniendo un total de 418 millones de USD con especificaciones completas y un total de 372 millones de USD con especificaciones simples. Asimismo, el costo de operación y mantenimiento es de 13 millones de USD/ año con especificaciones completas y 14 millones de USD con especificaciones simples. Teniendo en cuenta estos montos y de acuerdo con las condiciones abajo indicadas se ha calculado el costo total del Proyecto.

- Año base de precios: 2019
- Tipo de cambio: 1USD=113,30, 1USD=2.996,67COP¹ (Promedio de 5 años de 2015 a 2019)
- Inflación: +3,0%/año
- Costo del servicio de consultoría: 7% del costo de construcción
- Imprevistos físicos: 10% del costo de construcción (y del costo del servicio de consultoría)
- Costo de administración: 5% del costo de construcción
- Impuestos y derechos públicos: 10% del costo de construcción
- Impuesto predial: 1% del bien inmueble
- Impuesto sobre sociedades: 30% de las utilidades de ese ejercicio
- Depreciación: Adoptar el método de monto fijo

(2) Establecimiento de condiciones para el plan de Proyecto

- Año de inauguración: 2030
- Período de construcción: 5 años de 2025 a 2029
- Período objeto del análisis del Proyecto: De 2025 a 2059 (Analizar la rentabilidad del Proyecto por 30 años desde el año de la inauguración: 2030)
- Plan de inversiones: El costo necesario para la construcción y disposición de las instalaciones y equipos antes del año de inauguración será el monto de inversión inicial, y de acuerdo con el crecimiento de la demanda y la vida útil de las maquinarias, se irá invirtiendo y renovando los equipos según las necesidades.

¹ <http://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>

² <https://www.imf.org/external/datamapper/PCPIPCH@WEO/OEMDC/COL>

(3) Establecimiento de condiciones para la financiación

Como se ha descrito antes, teniendo en cuenta que en Colombia no hay casos del uso de fondos privados en los proyectos ferroviarios y que se supone un sistema ejecutor del Proyecto dirigido por Metro de Medellín, en el presente Estudio hicimos un análisis financiero suponiendo una construcción con el uso de fondo público.

Tomando como referencia casos existentes, consideramos que el 70% del costo de inversión inicial lo cubre el gobierno central y el 30% restante, el gobierno regional y a la porción correspondiente al gobierno central se otorga un Préstamo AOD de Japón. Para las porciones no cubiertas con el Préstamo AOD de Japón, se supone el desembolso del presupuesto del gobierno regional o del gobierno central, o un fondo propio de la empresa pública (Metro de Medellín y otros).

Desde el punto de vista del PIB, Colombia está clasificada como uno de los “países medianamente desarrollados y en la fase de transición para salir de esta categoría”, por lo que no se le aplicará un préstamo vinculado. Por otra parte, en la introducción del sistema de AGT se adoptará una gran cantidad de tecnologías japonesas y podrá ser un proyecto aplicable de un préstamo a proyectos de altas especificaciones, por lo que siguiendo la tabla de otorgamiento de Préstamo AOD de Japón publicada por JICA, hemos establecido las siguientes condiciones de préstamo.

- Plazo de préstamo: 30 años (incluyendo 5 años de gracia)
- Tasa de interés: 0,7%

(4) Establecimiento de tarifas e ingresos

Para el establecimiento de las tarifas, de acuerdo con el sistema tarifario existente de Metro de Medellín, hemos considerado 0,75 USD/viaje como tarifa estándar de 2019. Metro de Medellín está subiendo las tarifas mediante el ajuste anual. Teniendo en cuenta la tasa de aumento de las tarifas de 2016 a 2020, consideramos aumentarlas en un 5,0% anual. Hay que tener en cuenta que está considerada la inflación en todo el tiempo.

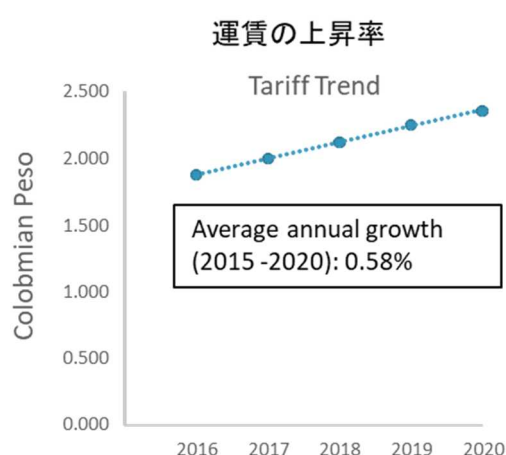


Figura 6-1 Evolución de las tarifas básicas de Metro de Medellín

La supuesta entidad ejecutora del Proyecto es Metro de Medellín. Una vez construida la línea de San Juan, se supone que los usuarios de automóvil, motocicleta o líneas existentes de metro (líneas A y B) pasarán a la nueva línea de AGT. Pero el cambio de las líneas existentes de metro a la nueva línea de

AGT no traerá un ingreso adicional a Metro de Medellín, entidad ejecutora existente. Razón por la cual, la parte correspondiente al ingreso de las tarifas de los usuarios que hayan cambiado de las líneas existentes de metro ha sido excluida de los ingresos de la entidad ejecutora en el análisis financiero. Por otra parte, se calcula que la mitad del ingreso de las tarifas de los usuarios que cambien de buses de rutas y líneas existentes de metro a la nueva línea de AGT se contabiliza como ingreso de la entidad ejecutora de la nueva línea de AGT (Metro de Medellín).

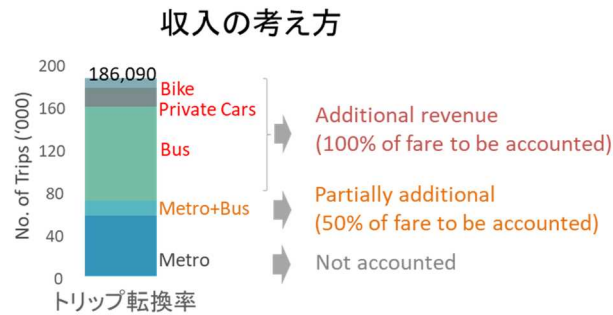


Figura 6-2 Tasa de cambio de medios de viaje y concepto de ingreso de tarifas

6.1.2 Análisis financiero y de rentabilidad del Proyecto

(1) Alcance del análisis financiero

Sobre la base de las condiciones arriba mencionadas, en el análisis financiero se han examinado principalmente el balance financiero durante el período del Proyecto y la rentabilidad de todo el Proyecto incluyendo la inversión inicial.

(2) Balance durante el período del Proyecto

Según el análisis, se prevé cubrir el costo de operación anual (gastos operativos que incluyen el costo de operación del sistema, gastos de mano de obra, depreciación, impuestos, pago de intereses, etc.) con el ingreso de las tarifas pagadas por los usuarios.

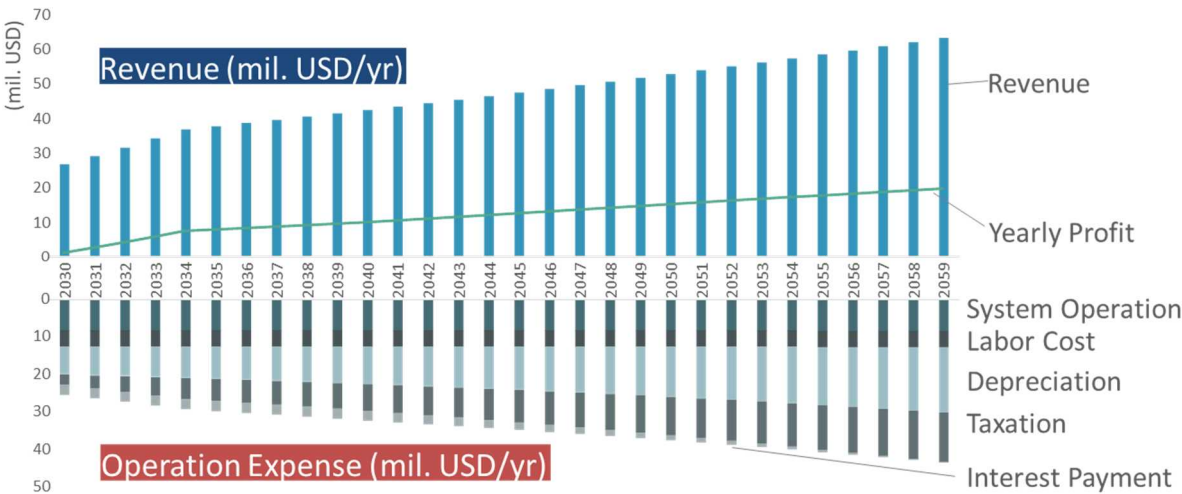


Figura 6-3 Balance durante el período del Proyecto

(3) Análisis de la rentabilidad de todo el Proyecto

Para conocer la rentabilidad de todo el Proyecto incluyendo la inversión inicial para cada una de las opciones de especificaciones completas y las simples y para estudiar las posibilidades de la carga de CAPEX (gastos de capital), se han analizado los siguientes casos dependiendo de la carga de CAPEX.

- Las partes juntas: cargar con el costo de obra civil y construcción de sistema de AGT
- Las partes separadas: cargar solo con el costo de construcción de sistema de AGT

a) Cargar con el costo de obra civil y construcción de sistema de AGT (las partes juntas)

Las inversiones en las especificaciones completas y las simples empiezan a recuperarse al 24° año y al 22° año respectivamente del iniciado el Proyecto. Se prevé recuperar las inversiones dentro del periodo del Proyecto establecido.

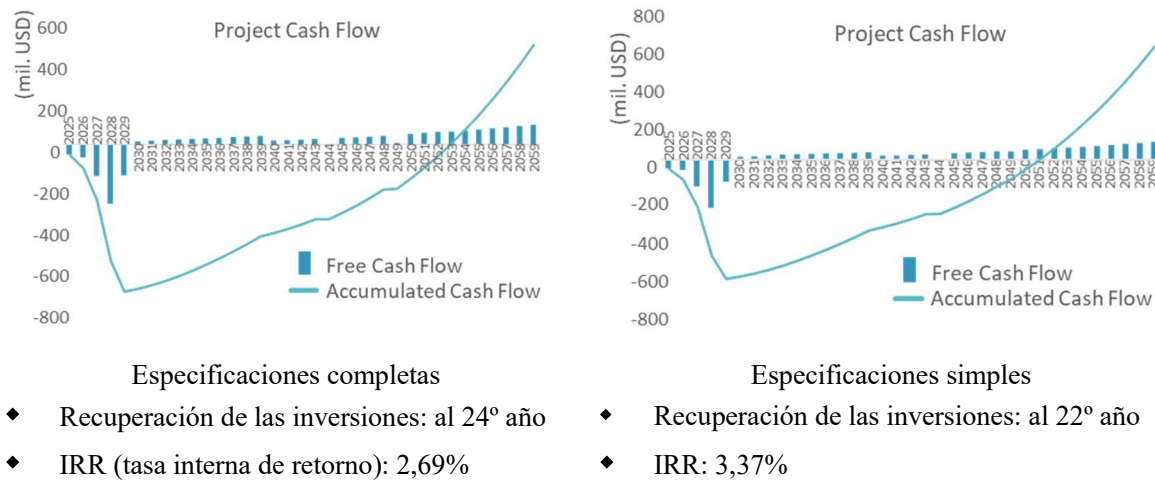


Figura 6-4 Flujo de caja en el período del Proyecto (las partes juntas)

b) Cargar sólo con el costo de construcción de sistema de AGT (las partes separadas)

Las inversiones en las especificaciones completas y las simples empiezan a recuperarse al 14° año y al 13° año respectivamente del iniciado el Proyecto. En comparación con el caso de las partes juntas, es alta la IRR.

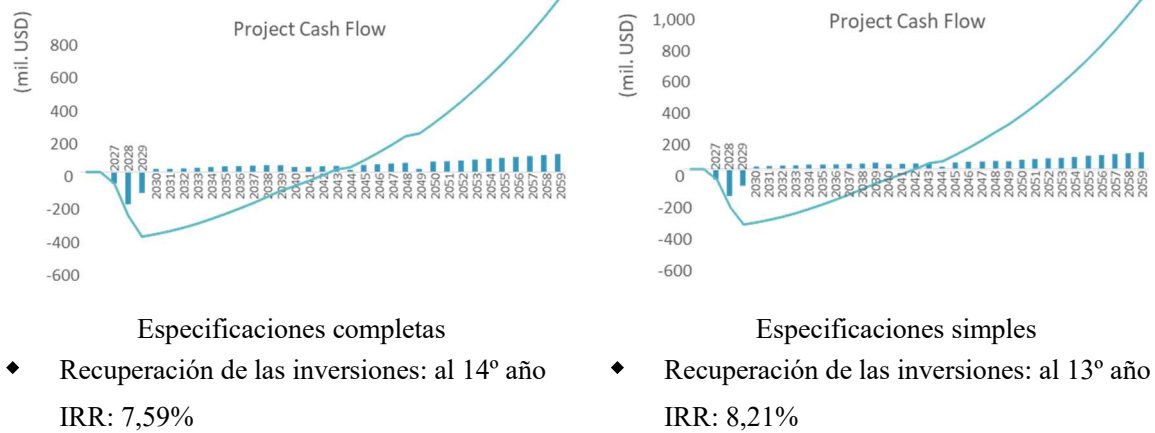


Figura 6-5 Flujo de caja en el período del Proyecto (las partes separadas)

(4) Análisis de sensibilidad

Los resultados del análisis de sensibilidad en casos de que los costos de construcción sean $\pm 20\%$ y $\pm 10\%$, y las demandas, $\pm 20\%$ y $\pm 10\%$ se presentan abajo. En las combinaciones de las fluctuaciones de demanda y de costo de construcción establecidas, se ha indicado que IRR puede variar unos $\pm 4\%$.

Tabla 6-1 Resultados del análisis de sensibilidad: las partes juntas/ especificaciones completas

IRR (%)		Costo de construcción				
		+20%	+10%	$\pm 0\%$	-10%	-20%
Demanda	-20%	-1.37%	-0.61%	0.19%	1.05%	1.98%
	-10%	0.02%	0.74%	1.50%	2.33%	3.24%
	0% (Base)	1.16%	1.86%	2.61%	3.43%	4.34%
	+10%	2.14%	2.82%	3.57%	4.39%	5.31%
	+20%	3.00%	3.68%	4.43%	5.25%	6.18%

Tabla 6-2 Resultados del análisis de sensibilidad: las partes juntas/ especificaciones simples

IRR (%)		Costo de construcción				
		+20%	+10%	$\pm 0\%$	-10%	-20%
Demanda	-20%	-0.51%	0.21%	0.97%	1.79%	2.69%
	-10%	0.84%	1.53%	2.27%	3.07%	3.97%
	0% (Base)	1.96%	2.64%	3.37%	4.17%	5.07%
	+10%	2.93%	3.60%	4.33%	5.14%	6.05%
	+20%	3.79%	4.46%	5.20%	6.02%	6.95%

Tabla 6-3 Resultados del análisis de sensibilidad: las partes separadas/ especificaciones completas

IRR (%)		Costo de construcción				
		+20%	+10%	$\pm 0\%$	-10%	-20%
Demanda	-20%	3.57%	4.27%	5.03%	5.88%	6.84%
	-10%	4.88%	5.59%	6.37%	7.24%	8.25%
	0% (Base)	6.03%	6.76%	7.56%	8.47%	9.52%
	+10%	7.07%	7.81%	8.64%	9.59%	10.68%
	+20%	8.02%	8.79%	9.65%	10.63%	11.77%

Tabla 6-4 Resultados del análisis de sensibilidad: las partes separadas/ especificaciones simples

IRR (%)		Costo de construcción				
		+20%	+10%	$\pm 0\%$	-10%	-20%
Demanda	-20%	4.16%	4.84%	5.59%	6.43%	7.39%
	-10%	5.50%	6.20%	6.97%	7.85%	8.85%
	0% (Base)	6.68%	7.40%	8.21%	9.12%	10.17%
	+10%	7.75%	8.50%	9.33%	10.28%	11.38%
	+20%	8.74%	9.51%	10.38%	11.37%	12.52%

6.1.3 Conclusión de análisis financiero y de rentabilidad del Proyecto

El análisis financiero hecho bajo las condiciones establecidas dentro del alcance analizable del Estudio indica que el costo de operación anual (OPEX que incluye el costo operativo del sistema, costo de mano de obra, depreciación, impuestos, etc.) se puede cubrir con el ingreso de las tarifas pagadas por los usuarios. Por otra parte, generalmente un sistema de transporte con carriles requiere una inversión inicial grande. En este análisis, se ha determinado que, incluyendo la inversión inicial como obras civiles, construcción de instalaciones y adquisición de maquinarias para la introducción del sistema de AGT, se prevé la recuperación de la inversión en el período del Proyecto establecido (30 años), pero no es alta la IRR.

Es evidente que las condiciones establecidas en el análisis (costo de construcción, sistema de ingreso, condiciones de financiación, etc.) dependen mucho de los factores externos como el mercado y el sistema cambiario y financiero, además de las condiciones del propio Proyecto tales como requerimientos y sistemas de implementación del Proyecto. Por consiguiente, será importante ir actualizando y estudiando detalladamente la rentabilidad del Proyecto cada vez que se hayan consolidado las condiciones del Proyecto a través de planes y análisis de diseño más detallados.

6.2 Evaluación económica

El análisis económico evalúa si la sociedad en general obtiene beneficios de sus inversiones. Se comparan los costos y beneficios en casos con y sin proyecto, y se calcula la EIRR (tasa interna de rentabilidad económica) y la relación costo-beneficio del flujo de caja económico. Los beneficios económicos fueron estimados en la sección anterior y los costos económicos convertidos de los costos financieros cubren el costo de construcción y de operación y mantenimiento. La tasa de descuento social (r) está fijada en un 6,06% con la referencia del rendimiento de interés de un bono del gobierno de 10 años en Colombia³. Los costos fueron estimados e indicados abajo en forma resumida.

Los efectos y beneficios de la implementación de AGT en Medellín tienen en cuenta los efectos de la reducción del tiempo de viaje (con el uso de AGT) y de las emisiones de CO₂.

6.2.1 Costo económico

(1) Costo inicial

El costo económico inicial fue considerado para dos escenarios: [Caso 1: especificaciones completas] y [Caso 2: especificaciones simples]. Un factor de conversión estándar (SCF) de 0,85 ha sido aplicado. La inflación y los impuestos no están considerados. Fueron estimados 354,88 millones de USD para especificaciones completas y 315,78 millones de USD para especificaciones simples respectivamente.

³ World Government Bonds: <http://www.worldgovernmentbonds.com/country/colombia/>

(2) Costo de reinversión

El costo de reemplazo durante el período de operación que corresponde a los equipos de estación en 2044 (al 15° año de la inauguración) se estima en 24,48 millones de USD. Además, fueron estimados 11,73 millones de USD para la adquisición de material rodante en 2033 para garantizar una creciente demanda.

(3) Costo de operación y mantenimiento

El costo económico para la operación y mantenimiento considera el costo de ingeniería (civil, eléctrica y material rodante), el costo de operación (servicio de trenes, servicio de estación y otros gastos administrativos) y omite el costo laboral en el modelo como costo interno, 7,03 millones de USD fueron estimados en el modelo.

6.2.2 Beneficios económicos y tasa interna de rentabilidad económica

En el Estudio, 1) la reducción del tiempo de viaje de usuarios de AGT, 2) la reducción de las emisiones de CO₂ y 3) los beneficios de la entidad operadora (ingreso por tarifas) se han tenido en cuenta en los beneficios económicos. El beneficio de la reducción del tiempo de viaje y de la reducción de las emisiones de CO₂ han sido estimados y descritos en el Capítulo 2.6. El beneficio de la entidad operadora ha sido calculado en el Capítulo 9.1. Sin embargo, tenemos que enfatizar otros beneficios económicos tales como; 1) beneficios de usuarios de AGT (cambiados de automóvil y motocicleta), 2) reducción de congestión de tráfico, 3) desarrollo de estaciones de AGT y las áreas de sus alrededores, 4) mejora de las condiciones de la vida con la mitigación del cambio climático y la reducción de ruido, 5) expansión de oportunidades de empleo y 6) accesibilidad trae el mejoramiento de la seguridad a lo largo de la ruta de AGT; estos beneficios y aspectos no fueron considerados en el análisis. Se espera recolectar más datos para cuantificar dichos beneficios adicionales para entender los efectos del Proyecto sobre la sociedad en su conjunto.

(1) Beneficios de la reducción del tiempo de viaje

Uno de los beneficios económicos clave de la implementación de AGT es la reducción del tiempo de viaje para sus futuros usuarios. Los valores de tiempo se obtienen de Andrés Gómez-Lobo (2020)⁴ que se estiman como 1,3 USD por hora en Colombia en abril de 2019. El año previsto para la puesta en marcha de AGT se menciona en el Capítulo 5 y se planea que la operación y manejo estén en servicio para 2030. De este modo el valor de tiempo se ajustó a 1,495 USD para 2030 con una tasa media de crecimiento de ingreso del 1,08% en Colombia estimada por el Banco Mundial en 2017⁵.

El ahorro del tiempo de viaje se estimó a partir del tiempo promedio de viaje actual en la ruta de AGT

⁴ Anders Gómez-Lobo, 2020. Reformas de tránsito en ciudades intermedias de Colombia: Una evaluación ex - post. Parte A de la investigación de transporte. 132, 349-364

⁵ Banco Mundial, 2017. Tasa de crecimiento promedio anual per cápita del estudio de ingreso promedio real, población total (%) <https://data.worldbank.org/?locations=CO-XT>

(San Javier-La Candelaria) y de los resultados del estudio de OD realizado en 2017⁶. Donde la distancia del viaje observada es de 9,4 km con un tiempo de viaje estimado de 41 minutos con todos los medios de viaje. Considerando la ruta de AGT propuesta sea de 6,3 km y suponiendo que la velocidad de viaje del tráfico vehicular a lo largo de la ruta no cambie significativamente en el futuro según los resultados⁷ del Capítulo 2, el tiempo promedio de viaje reducido se estima como 14 minutos⁸ por usuario de AGT. Por lo tanto, el valor del tiempo reducido puede calcularse por los usuarios de AGT proyectados con el ahorro del tiempo por persona. Se estima que los beneficios económicos del uso de AGT son de 18,8 millones de USD en 2030 y 34,4 millones en 2059 (operando por 30 años). La ecuación para la reducción del tiempo de viaje es como sigue:

(Beneficios de la reducción del tiempo de viaje con la implementación de AGT)

= (Usuario diario de AGT en el año X) x (Horas y minutos de viaje reducidos /usuario de AGT) x (valor de tiempo en el año X)

Además, el monto de los beneficios esperados arriba mencionado no considera los 3 siguientes aspectos; a) ahorro del tiempo de los usuarios de AGT que hayan dejado sus medios de transporte originales, b) tiempo de viaje por estación OD de cada viaje proyectado, y c) no se distingue la demanda según el propósito de viaje. Estos parámetros deben tenerse en cuenta con mayor precisión basada en estudios más detallados que serán examinados en la siguiente etapa/fase del Estudio.

(2) BENEFICIOS DE LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂

Los beneficios de la reducción de las emisiones de CO₂ fueron estimados (véase el Capítulo 9) y ajustados a los beneficios de la reducción del costo social en el futuro. Si AGT comienza en 2030, un total de 2.593 t-CO₂ será reducido y anualmente aumentará hasta 3.141 t-CO₂ en 2059. Debido a la falta de datos sobre el costo social de las emisiones de CO₂ en Colombia, este Estudio se refiere a las emisiones de CO₂ de 2030 a 2059 basadas en una tasa del 3 % de descuento del Documento⁹ de Apoyo Técnico sobre el Costo Social, según lo indicado en la tabla de abajo. El valor de la reducción de una tonelada de CO₂/año (t-CO₂/año) equivale a 50 USD en 2030, y alrededor de 75,4 USD en 2059. Los beneficios de la

⁶ AMVA OD estudio 2017. https://www.metropol.gov.co/encuesta_od2017_v2/index.html#/

⁷ El pronóstico de la demanda del Capítulo 2 estimó la velocidad promedio de viaje del tráfico vehicular para las horas pico de la mañana y las de la tarde y la comparó con el flujo del tráfico actual. Los resultados fueron; las horas pico de la mañana sin AGT: 23,8km/hr, con AGT: 23,8km/hr; horas pico de la tarde sin AGT: 21,2km/hr, con AGT: 23,3km/hr.

⁸ El tiempo promedio de viaje de un usuario de AGT se estima como 13,5 minutos desde la estación A (Santa Laura Montoya) a la estación H (Alpujarra), donde el tiempo promedio de viaje actual para la misma distancia es de 27,5 minutos según el estudio OD.

⁹ Agencia de Protección Ambiental, EE.UU., 2016 (enmendado). Documento de Apoyo Técnico: Actualización técnica del costo social del carbono para el Análisis de Impacto Regulatorio (RIA) bajo el Decreto 12866

reducción de las emisiones de CO2 se estima como 1,30 millones de USD en 2030, y con el tiempo ligeramente aumenta a 2,37 millones de USD en 2059.

Tabla 6-1 Costo social de CO2 2015-2050

Año	Tasa de descuento y estadística		
	Promedio 5%	Promedio 3%	Promedio 2.5%
2015	\$11	\$36	\$56
2020	\$12	\$42	\$62
2025	\$14	\$46	\$68
2030	\$16	\$50	\$73
2035	\$18	\$55	\$78
2040	\$21	\$60	\$84
2045	\$23	\$64	\$89
2050	\$26	\$69	\$95

Fuente: EPA, EE.UU. (2016)

6.2.3 Análisis coste-beneficio

Basado en los beneficios y costos económicos, se da un 16,88% de EIRR para el escenario de Caso 1 y un 17,97% para el Caso 2, ambas son más altas que la tasa de descuento social: r 6,06%. La relación costo-beneficio fue estimada en 2,75 para el Caso 1 y 2,89 para el Caso 2, ambos escenarios indican que el Proyecto en general es eficiente (los beneficios exceden los costos). El flujo de caja económico se presenta en las siguientes tablas.

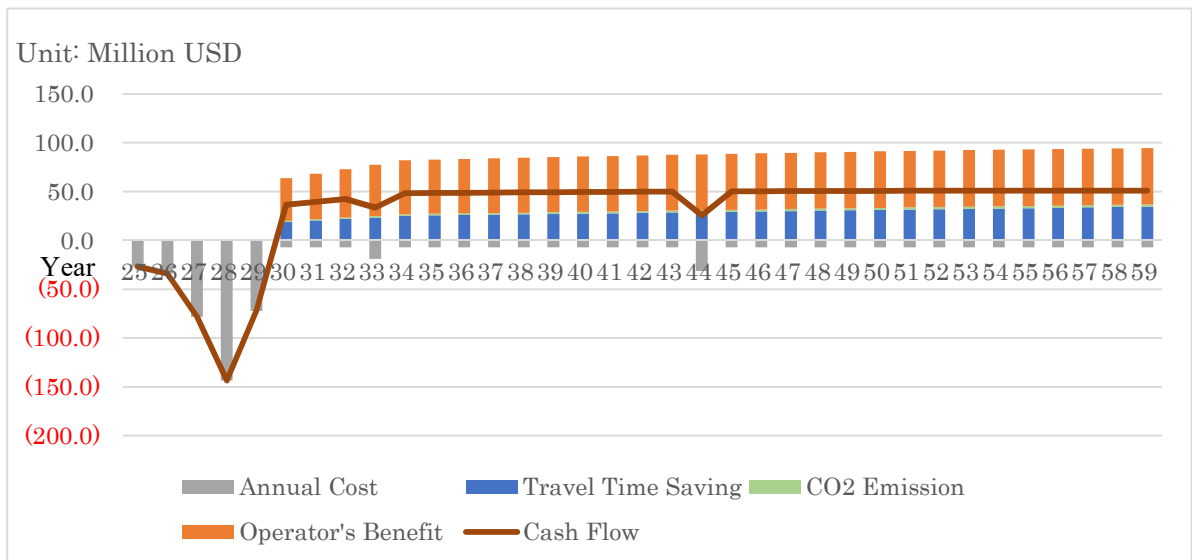


Figura 6-6 Flujo de caja económico (Caso 1)

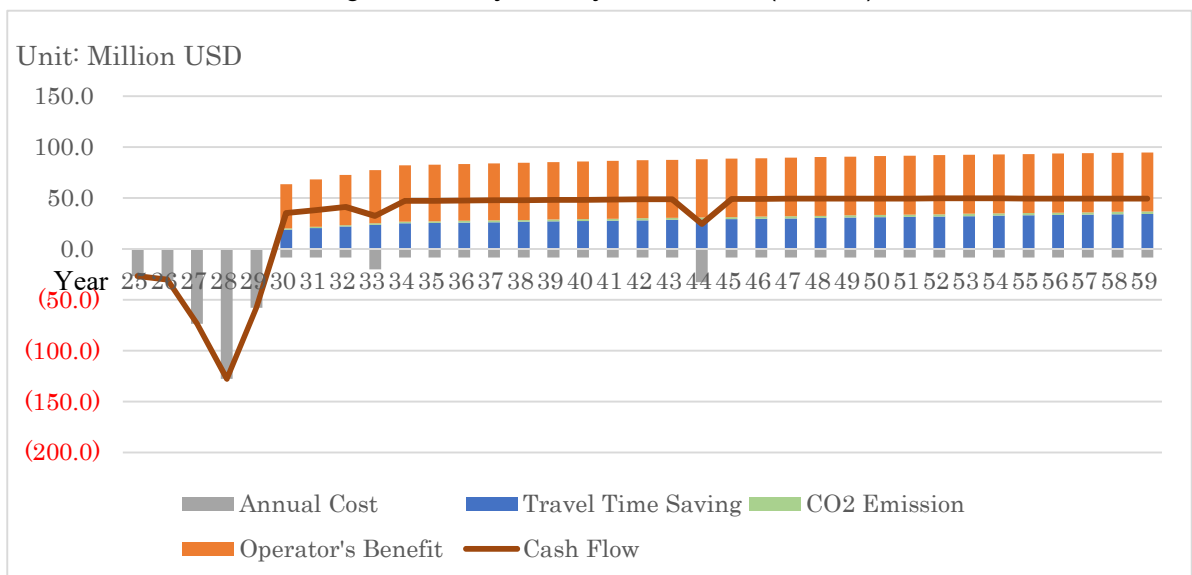


Figura 6-7 Flujo de caja económico (Caso 2)

7. Calendario del Proyecto (incluyendo la adjudicación y formulación del Proyecto)

Se supone que el Proyecto será implementado bajo un Préstamo AOD de Japón. Actualmente entre Colombia y Japón se está deliberando sobre un acuerdo general para la reanudación del Préstamo AOD de Japón. Una vez firmado el acuerdo, se hará necesario realizar los trámites de ratificación (Congreso de la República y Corte Constitucional). Luego, terminados el diseño detallado y la contratación de contratistas, la obra de construcción empezará para 2027. La obra de construcción tardará 3 años y medio y luego de inspecciones y pruebas de operación se tiene previsto inaugurar en la última mitad de 2030.

Tabla 7-1 Programa del Proyecto

Activity	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
プレF/S METI Pre Feasibility study											
F/S JICA Feasibility study											
社会環境配慮 Environmental impact assessment											
政府担当機関およびコンサル タント契約 Government agencies & consultant contracts											
詳細設計、入札 Detailed design & Bid											
コントラクター調達 Contractor procurement											
建設工事 Construction											
検査、試運転 Completion inspection & Test run											
開業 Opening											

Fuente: Equipo del Estudio

8. Consideraciones sociales y ambientales

8.1 Resumen del impacto social y ambiental por la introducción de AGT

8.1.1 Comprensión de las características de las áreas locales

El terreno sobre la calle San Juan, ruta candidata, forma un valle con una bajada moderada del oeste al este. Principalmente en la ladera occidental existen muchas viviendas con alta concentración poblacional, pero la calle tiene una anchura suficiente. La mediana cuenta con muchos árboles.

En la parte oriental de la ruta candidata atraviesa el río Medellín en el tramo entre la estación G y la estación H (ambas son nombres provisionales) y en la cuenca del río el gobierno municipal desarrolla actividades de plantación de árboles.

En áreas apartadas de la ruta candidata existen cerros con hábitat de animales, pero sobre la ruta no hay reservas naturales.

Para construir la base de estacionamiento de trenes se está analizando un terreno destinado a buses para dar media vuelta en el lado oeste de la estación A (nombre provisional), que será el punto de partida, o el campo deportivo del lado este. Ambos están ubicados al margen de las zonas de viviendas y el campo está en la colina.

8.1.2 Sistema de evaluación de impacto ambiental en Colombia y sus trámites

El sistema de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) en Colombia fue introducido en virtud de la Constitución Política de Colombia de 1991 y la Ley 99 de 1993: Ley General Ambiental. La institución competente fue inicialmente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente) y luego en 2011 con la Resolución Ministerial 0108 se independizó el Departamento de Licencias Ambientales de dicho Ministerio transfiriendo a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

Bajo el sistema EIA, la ANLA, las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) y los Departamentos Ambientales de cada municipio se encargan del examen y la emisión de las licencias ambientales. En caso de que el área objeto de implementación de un proyecto se limite en el casco urbano de un municipio y todas las instalaciones relacionadas estén en el mismo casco, CAR o el Departamento Ambiental del municipio correspondiente hará el examen y la emisión. Por otra parte, cuando el área objeto de implementación del proyecto está distribuida más allá de los límites del casco urbano del municipio en cuestión, o cuando abarca varios municipios, o cuando la CAR ubicada en el área del proyecto tenga inversiones como parte interesada, ANLA se encargará del examen y la emisión. Según los resultados de las entrevistas realizadas al Departamento Ambiental del municipio de Medellín y del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), se ha comprobado que el Departamento del municipio de Medellín no tiene facultades para examinar y emitir la licencia ambiental para proyectos de AGT.

El Reglamento 1076 de 2015 de la Ley 99 de 1993 (Ley General Ambiental) determina los proyectos objeto de obtención de licencia ambiental y concretamente se refiere a la construcción de puertos, carreteras, ferrocarriles, instalaciones marítimas, rellenos sanitarios, etc. El personal de ANLA indicó en la entrevista realizada en este Estudio que puede que AGT no corresponda al “ferrocarril” considerado en el sistema de EIA en Colombia, pero será necesario verificarlo detalladamente en el Ministerio de

Transporte colombiano y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en la etapa del análisis detallado.

ANLA tiene dispuesto un lineamiento de EIA correspondiente a cada sector y el lineamiento aplicable a los proyectos de “ferrocarril”, arriba mencionado, es “Términos de referencia para la elaboración del diagnóstico ambiental de alternativas para proyectos lineales”. A los solicitantes de licencia ambiental se les requiere tener conocimiento ambiental de la localidad, analizar y comparar las alternativas de proyecto e implementar una evaluación de análisis de riesgos, siguiendo dicho lineamiento.

Los detalles de los trámites para solicitar la licencia ambiental se establecen en los Artículos de 56 a 58 de la Ley 99 de 1993 (Ley General Ambiental) y en el “Manual de Evaluación de Estudios Ambientales - Criterios y Procedimientos” elaborado por el Ministerio del Medio Ambiente (actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en 2002.

8.1.3 Supuesto impacto social y ambiental por la introducción de AGT

Teniendo en cuenta las características locales conocidas en el Estudio y los resultados de las entrevistas realizadas al personal involucrado del gobierno municipal de Medellín y del Departamento Ambiental de AMVA, analizamos medidas para mitigar el supuesto impacto social y ambiental por la introducción de AGT.

En el momento de las entrevistas en la localidad, se mostró una preocupación sobre el impacto social y ambiental en los siguientes ítems, por lo que hemos tomado en consideración el contenido de dicha inquietud al analizar las medidas de mitigación.

- Ecosistema
 - Interrupción de las rutas de desplazamiento de la vida silvestre e interrupción de su hábitat
 - Reducción de las áreas verdes por la tala de árboles plantados en la mediana
- Hidrometeoro (impactos negativos sobre la escorrentía a causa de la construcción de puentes)
- Patrimonio cultural (en caso de encontrarlo en el momento de la obra civil sobre la ruta candidata)

Teniendo en cuenta lo arriba mencionado y el lineamiento de consideraciones sociales y ambientales de JICA, hicimos una evaluación agregando los factores de “12. Puentes” y “17. Forestería” en el listado “8. Ferrocarril” de revisión ambiental.

Los resultados de la evaluación son como siguen:

Tabla 8-1 Supuesto impacto social y ambiental por la introducción de AGT y medidas de mitigación

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
1 許 認 可 ・ 説 明	(1)EIAおよび環境許可	(a) 環境アセスメント評価報告書(EIAレポート)等は作成済みか。 (b) EIAレポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIAレポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a)～ (d)–	(a)～(d)本調査におけるコロンビア国環境及び持続可能な開発省ならびにANLAへのヒアリングの結果、本調査において検討中の内容による事業実施に際して、同国制度下における環境ライセンス(EIA)申請及びその他の環境許認可の取得は不要とのコメントを得た。詳細検討の段階において、ANLAを含むコロンビア国関係省庁へ説明を行う過程で、EIA申請等が必要となった場合は、申請に向けた資料作成・提出を行う。
	(2)現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a)N (b)N	(a)本調査結果を踏まえた詳細検討の段階において、街路樹等伐採対象地域の住民、有識者等ステークホルダーに対して適切な説明を行い、理解を得る予定である。 (b)上記説明結果に基づき、住民等コメントをプロジェクト内容に反映させる。
	(3)代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は(検討の際、環境・社会に係る項目も含めて)検討されているか。	(a)Y	(a)本調査過程において、高架式のみならず、クロスオーバー施工を伴わない地下式工法を含む代替案を検討した。
2 汚 染 対 策	(1)水質	(a) 盛土部、切土部等の表土露出部からの土壌流出によって下流水域の水質が悪化するか。 (b) 駅や車輛基地からの排水は当該国の排出基準等と整合するか。また、排出により当該国の環境基準等と整合しない水域が生じるか。	(a)N (b)N	(a) 土壌流出は生じない。 (b) コロンビア国の排出基準等を遵守し、AGT運用過程においては、排水を下水管に適正に誘導することで、環境汚染が生じないように努める。
	(2)廃棄物	(a) 駅や車輛基地からの廃棄物は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a)Y	(a)コロンビア国の規定に従って、廃棄物を適切に処理・処分する。
	(3)騒音・振動	(a) 鉄道による騒音・振動は当該国の基準等と整合するか。	(a)Y	(a)本調査において導入するAGTは粘着式ゴムタイヤ走行形式のため、運行時における静粛性が高い。軌道構造物設計に際し、騒音が少ないVPC箱桁式の桁構造とする等、コロンビア国の市街地における騒音・振動基準を満たすよう注意する。
	(4)地盤沈下	(a) 大量の地下水汲み上げ等により、地盤沈下が生じる恐れがあるか(特に地下鉄)。	(a)N	(a)地下水汲み上げを行わないため、地盤沈下は生じない。
3 自 然 環 境	(1)保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a)N	(a)サイトは保護区内に立地しない。
	(2)生態系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地(珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等)を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) 野生生物及び家畜の移動経路の遮断、生息地の分断、動物の交通事故等に対する対策はなされるか。 (e) 鉄道が出来たことによって、開発に伴う森林破壊や密猟、砂漠化、湿原の乾燥等は生じるか。外来種(従来その地域に生息していなかった)、病害虫等が移入し、生態系が乱れる恐れはあるか。これらに対する対策は用意されるか。 (f) 未開発地域に鉄道を建設する場合、新たな地域開発に伴い自然環境が大きく損なわれるか。	(a)～ (d)N (e)Y (f)N	(a)原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地を含まない。 (b)貴重種の生息地を含まない。 (c)候補ルートの中分分離帯における大規模な街路樹伐採が行われる。このため、対象地区であるAMVAの植林基金制度に基づき、伐採した樹木の価値に応じた補償植林ないし同基金向け現金支払による補償を行う。 (d)高架式による施工のため、生息地の分断や動物の交通事故は生じないと見込まれるが、本プロジェクト実施に際して、メデジン市内各地に所在する公園緑地の動物・鳥類等の移動経路が妨げられないよう、施工時に適切に配慮する。 (e)2カ所ある車両基地候補地のうち、丘陵部の候補地において基地建設を行う場合、周辺の森林を伐採する必要がある可能性はある。このため、候補地選定及び建設計画策定に当たって森林破壊が最小となるよう、最大限配慮する。なお、密漁、砂漠化、湿原の乾燥等は生じない。 (f)都市部における建設であるため、未開発地域の開発による自然環境破壊は生じない。
	(3)水象	(a) 地形の変更やトンネル等の構造物の新設が地表水、地下水の流れに悪影響を及ぼすか。 (b) 樹木の大量伐採や林道の設置等により雨水の流出量や流出特性が変化し、周辺の水象に影響が生じるか。	(a)– (b)N	(a)詳細検討の過程において、車両基地や橋脚、高架等の建設がメデジン河の水流や地下水の水流に悪影響を及ぼさないよう、適切に配慮する。 (b)雨水の流出量や流出特性変化が生じる程度に大規模な樹木伐採や林道設置は行わない。
	(4)地形・地質	(a) ルート上に土砂崩壊や地滑りが生じそうな地質の悪い場所はあるか。悪い場合は工法等で適切な処置が考慮されるか。 (b) 盛土、切土等の土木作業によって、土砂崩壊や地滑りは生じるか。土砂崩壊や地滑りを防ぐための適切な対策が考慮されるか。 (c) 盛土部、切土部、土捨て場、土砂採取場からの土壌流出は生じるか。土砂流出を防ぐための適切な対策がなされるか。	(a)～(c)–	(a)～(c) 候補ルート上に土砂崩壊や地滑りが生じるリスクがある場所は存在しない。なお、2カ所ある車両基地候補地のうち、A駅(仮称)南東の運動場(面積3.5ha)については、サッカーコート周辺部が丘陵地になっているが、本調査実施時点における土砂崩壊・地滑り発生リスクの有無は不明である。詳細検討の過程で地盤調査を行い、適切にリスクを評価する。この上で、評価結果を十分考慮してサイト選定を行う。
	(5)跡地管理	(a) 適切な跡地管理計画が考慮されるか。特に、伐採跡地からの土砂流出を防ぐために適切な対策がなされるか。 (b) 跡地管理の継続体制は確立されるか。 (c) 跡地管理に関して適切な予算措置は講じられるか。	(a)～ (c)Y	(a)～(c)高架部等建設用途による街路樹伐採後における適切な跡地管理計画や降雨時における土砂流出を防ぐため、適切な対策を講じる。このため、詳細検討段階において、予算措置を伴う継続的な跡地管理体制に係る必要な検討を行う。

Tabla 8-2 Supuesto impacto social y ambiental por la introducción de AGT y medidas de mitigación (continuación)

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
4 社 会 環 境	(1)住民移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。 (b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。 (d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。 (e) 補償方針は文書で策定されているか。 (f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民族等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。 (g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。 (h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。 (i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。 (j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。	(a)N (b)~(j)-	(a)候補ルートの中央分離帯及び歩道付近を開発するため、ルート沿線における既設住宅の移転等非自発的住民移転は生じない。ニカ所ある車両基地候補地のうち、A駅(仮称)南東の土地(面積3.5ha)については、サッカーコート周辺部に隣接する地域において非自発的住民移転が生じる可能性があるため、詳細検討の過程における候補地選定時に十分考慮する。また、当該候補地が選定された場合は、移転対象世帯が最小限となるよう、工法・設計検討時に配慮する。
	(2)生活・生計	(a) 新規開発により鉄道が設置される場合、既存の交通手段やそれに従事する住民の生活への影響はあるか。また、土地利用・生計手段の大幅な変更、失業等は生じるか。これらの影響の緩和に配慮した計画か。 (b) プロジェクトによるその他の住民の生活への悪影響はあるか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。 (c) 他の地域からの人口流入により病気の発生(HIV等の感染症を含む)の危険はあるか。必要に応じて適切な公衆衛生への配慮は行われるか。 (d) プロジェクトによって周辺地域の道路交通に悪影響はあるか(渋滞、交通事故の増加等)。 (e) 鉄道線路によって住民の移動に障害が生じるか。 (f) 鉄道構造物(陸橋等)による日照障害、電波障害は生じるか。	(a)N (b)Y (c)~ (e)N (f)Y	(a)本事業によるAGT導入によって、市内のメトロ、バスより日当たり16万人弱の手段転換が見込まれる。詳細検討の段階において、本事業でも事業を共同実施するメデジンメトロが運営するメトロ事業の減収に配慮した資金回収計画の検討を行い、同社側の合意を得る。また、バス事業者における減収については、詳細検討段階において、バス運転手の一部をAGT事業関連施設において雇用する可能性を検討する。 (b)候補ルート西部の住宅密集地において、住民プライバシーへの悪影響が想定されるため、特に影響が大きいと考えられるエリアを中心に、遮蔽壁設置の可能性を検討する。 (c)人口流入による病気発生は生じない。工事関係者の衛生管理を通じ、適切な公衆衛生への配慮を行う。 (d)プロジェクトによる周辺地域の道路交通への悪影響は生じない。 (e)鉄道線路による住民の移動への障害は生じない。 (f)候補ルート西部の住宅密集地を中心に、高架構造物による日照障害が生じる可能性が想定されるため、詳細検討の過程で日照障害が最小限となるよう、工法・設計を工夫する。
	(3)文化遺産	(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。	(a)N	(a)現状において、かかる遺産、史跡等を損なう恐れはない。しかし、工事過程において文化財等が出土した場合は、コロンビア考古・歴史学庁の定める手続・手順に沿い、出土する文化財のリスクに応じた調査や、文化財取扱及び保護申請に係る対応を適切に行う。
	(4)景 観	(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。	(a)N	(a)景観上の悪影響は生じない。
	(5)少数民族、先住民族	(a) 少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。 (b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。	(a)N (b)N	(a)(b)候補ルート一帯に少数民族、先住民族は存在しない。
	(6)労働環境	(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。 (b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されるか。 (c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育(交通安全や公衆衛生を含む)の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。 (d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。	(a)~ (d)Y	(a)コロンビア国の労働環境に関する法律を遵守する。 (b)工事実施及び事業運行に当たり、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮措置を適切に講じる。 (c)安全衛生計画策定や作業員等に対する安全教育実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応を適切に計画・実施する。 (d)プロジェクト関係者・地域住民の安全に配慮するため、プロジェクトに関する警備要員への教育等予防措置を適切に講じる。
5 そ の 他	(1)工事中の影響	(a) 工事中の汚染(騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等)に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境(生態系)に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼさないか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (d) 工事による道路渋滞は発生するか、また影響に対する緩和策が用意されるか。	(a)Y (b)N (c)N (d)Y	(a)工事中の騒音、振動、粉塵、廃棄物等による周辺住民及び環境への悪影響を最小限に止めるため、工事箇所には覆いを設置する等、適切な緩和策を講じる。 (b)工事による自然環境への悪影響は生じない。 (c)工事による社会環境への悪影響は生じない。 (d)工事による道路渋滞を緩和し、交通流への悪影響を軽減するため、主要な工事作業をピーク時間帯以外に実施したり、候補ルート上における工事区画の専有面積を最小限に止めたりする等対策を講じる。
	(2)モニタリング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等は適切なものと判断されるか。 (c) 事業者のモニタリング体制(組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性)は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a)~ (d)Y	(a)補償植林を行う場合は、植林した樹木の活着・生育状況を適切にモニタリングするための計画を策定・運用する。また、候補ルートの一部が市内を流れるメデジン川を通過するため、橋梁周辺の水質モニタリングを定期的に実施するとともに、橋梁機材設置による水流への影響をモニタリングする可能性を詳細調査段階において検討する。 (b)~(d)詳細検討の段階において、モニタリング計画の内容(実施体制やAMVA等所管官庁への報告を含む)を検討する。
6 留 意 点	他の環境チェックリストの参照	(a) 必要な場合は、林業に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること(大規模な伐採を伴う場合等)。 (b) 必要な場合には送変電・配電に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること(送変電・配電施設の建設を伴う場合等)。	(a)Y (b)-	(a)橋梁及び林業のチェックリストの該当チェック事項も追加して評価を行った。 (b)本事業では、既存のメデジンメトロ所有の送変電・配電施設を利用する可能性を検討中であり、新設は検討していない。
	環境チェックリスト使用上の注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する(廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等)。	(a)Y	(a)本プロジェクト実施により、候補ルート上における自動車利用の一部が代替されるほか、AGT運行時間帯における渋滞緩和によって自動車の表定速度が向上することにより、温室効果ガス(二酸化炭素)の排出削減に寄与する。

De acuerdo con los resultados del Estudio, será necesario un análisis detallado en el futuro para llevar a cabo las medidas de mitigación en los terrenos previstos para la construcción de rieles elevados, las estaciones y la base de estacionamiento de trenes. Según el diseño de las estaciones (edificios de estación) y los rieles elevados, analizados en el Estudio, no será necesario reubicar a los habitantes de la ruta candidata, pero en el proceso de análisis detallado se refinará el plan.

8.2 Evaluación del volumen de reducción de CO2 prevista con la introducción de AGT

Para evaluar el volumen de reducción de las emisiones de CO2 con la introducción de AGT prevista en el Estudio, tomamos como referencia la metodología de proyectos de gran escala del Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM) de la ONU y la información de valores predeterminados proporcionada por el gobierno colombiano.

En la evaluación del volumen de reducción de las emisiones de CO2 con la introducción de AGT, hemos calculado las siguientes diferencias abajo indicadas como volumen de reducción de las emisiones de CO2 en 2030 que es el año de introducción de AGT, de acuerdo con las condiciones previas presentadas en la tabla de abajo.

- Suma de la reducción de las emisiones de CO2 por la disminución del tráfico de automóviles y motocicletas para transporte de pasajeros que serán sustituidos por AGT y la reducción de las emisiones de CO2 por haber reducido el consumo de combustible producto del mejoramiento de la velocidad programada a causa de la reducción de la tasa de flujo de tráfico, como consecuencia de la introducción de AGT basada en los resultados del pronóstico de la demanda y el plan de operación, indicados en los Capítulos 2 y 4.
- Emisiones de CO2 por la operación de trenes y estaciones bajo el plan de operación indicado en el Capítulo 4.

Tabla 8-3 Condiciones previas

Condición	Descripción
1) Tasa de flujo de tráfico y distancia media de desplazamiento en la ruta candidata	• De acuerdo con la tasa de flujo de tráfico entre las zonas en los casos con y sin introducción de AGT en la ruta candidata en 2030, calculada en el pronóstico de demanda descrito en el Capítulo 2, se calcula una tasa de flujo de tráfico diaria en dicho año para cada caso. En esto, se considerará como tasa de flujo de tráfico diaria la suma total de las tasas de flujo de tráfico en las horas de trabajo, indicada en el plan de operación descrito en el Capítulo 4. • Para evaluar la disminución de la tasa de flujo de tráfico prevista con la introducción de AGT, suponemos que no habrá cambio en el medio de transporte de usuarios de buses, lo que no contribuirá a la disminución del flujo de tráfico con la introducción de AGT. • La distancia media de traslado/ persona con el uso de automóvil o motocicleta será calculada según el pronóstico de demanda.
2) Proporción actual de diversos	• Para determinar la proporción actual de diversos modos de transporte, se tomarán como referencias los valores basados en el pronóstico de demanda descrito en el Capítulo 2.

Condición	Descripción
modos de transporte en la ruta candidata y la unidad básica de emisiones de CO2 aplicable	- La unidad básica de emisiones de CO2, de acuerdo con los datos de consumo estándar de combustible por recorrido de automóvil y motocicleta en Colombia, proporcionados por el gobierno colombiano (UPME), será de 166g-CO2/km para automóviles y 149g-CO2/km para motocicletas. El factor de emisión de CO2 de la red de consumo energético para la operación de AGT será de 0,11 t-CO2/MWh, tomando como referencia el valor predeterminado proporcionado por el gobierno colombiano. - Suponemos que en caso de introducir AGT basándose en el pronóstico de demanda descrito en el Capítulo 2, de acuerdo con la actual tasa de flujo de tráfico entre las zonas sobre la ruta candidata, la disminución de la tasa de flujo de tráfico ocurrirá sólo con los automóviles y motocicletas, y los demás modos de transporte no serán sustituidos por AGT, ya que cubren la demanda de transporte de carga.
3) Disminución del flujo de tráfico en 2030	- En la evaluación de la disminución del flujo de tráfico de automóviles y motocicletas en los casos con y sin introducción de AGT, de acuerdo con la suposición anterior, se ha calculado el volumen actual por modo de transporte/día según el promedio de número de pasajeros indicado en el Capítulo 2 (2.550 buses/día, 12.833 automóviles/día y 9.610 motocicletas/día. Para las motocicletas no mencionadas en el Capítulo 2, se ha supuesto un pasajero por unidad). - De acuerdo con la proporción del volumen calculado por modo de transporte, se han calculado las partes que representan los automóviles y las motocicletas respectivamente en la disminución del flujo de tráfico obtenida según el pronóstico de demanda en casos con y sin introducción de AGT. - Para determinar el consumo energético de los trenes que conforman AGT, se establecerá el peso de vagón (lleno de pasajeros) de un 17,6 t/ vagón, el número de trenes de 8 vagones y el consumo energético por peso y longitud de la ruta de un 0,1 kWh/t•km considerando los casos de operación existentes.
4) Consumo energético en los trenes y las estaciones	- Como consumo energético/hora en cada una de las estaciones de AGT, se establecerá un 200 kW considerando los casos de operación existentes. Teniendo en cuenta la diferencia entre las horas diurnas y las nocturnas, se supone como consumo energético diario un valor obtenido multiplicando el mencionado valor por 24 horas y luego por el coeficiente 0,6. - Conforme al pronóstico de demanda, se ha supuesto que con la introducción de AGT en 2030, la velocidad programada mejorará un promedio de 0,5 km/h (mejora de la velocidad media de 22,36 km/h a 22,86 km/h con la introducción de AGT).
5) Mejoramiento de la velocidad programada con la introducción de AGT	Sobre el mejoramiento del consumo de combustible como consecuencia del mejoramiento de la velocidad programada arriba mencionado, tomando como referencias los valores de unidades básicas de factor de emisión de CO2 para 8 tipos de vehículos representativos (automóviles de gasolina de modelos a partir de 2015) medidos por el Instituto Nacional para la Gestión de la Tierra y de las Infraestructuras (NILIM-MLIT), se ha supuesto que el consumo de combustible de los automóviles de gasolina a velocidades entre 20 y 25 km/h seguirá una variación lineal. Con una división proporcional, la unidad básica de las emisiones de CO2 (consumo de combustible) mejorará aproximadamente en un 1,2% tanto para automóviles como para motocicletas.

Tabla 8-4 Resultados del cálculo preliminar (reducción de las emisiones de CO2 por la disminución del flujo de tráfico entre las zonas)

Disminución del flujo de tráfico			Disminución del recorrido			Unidad básica de emisiones de CO2 (consumo de combustible por distancia recorrida g-CO2/km)	Reducción de las emisiones de CO2 (t-CO2/año)
Total (unidades/año)	Disminución por modo de transporte (unidades/año)		Distancia media de viaje (km/unidad)	Tasa de viaje (viaje/persona)	Disminución de la distancia recorrida por modo de transporte (km/año)		
1.137.372	Automóvil	650.354	6,9	1,15	5.170.314	166	855,69
	Motocicleta	487.018	6,9	1,59	5.343.074	149	796,12
Subtotal							165,81

Fuente: Elaborado por el Equipo del Estudio

Tabla 8-5 Resultados del cálculo preliminar (reducción de las emisiones de CO2 por el mejoramiento de la velocidad programada como consecuencia de la disminución del flujo de tráfico entre las zonas)

	Flujo de tráfico por modo de transporte (unidades/año)		Distancia recorrida en un año (km/año)	Unidad básica de emisiones de CO2 (consumo de combustible por distancia recorrida g-CO2/km)	Emisiones de CO2 (t-CO2/año)		Reducción de las emisiones de CO2 (t-CO2/año)
Sin AGT	Automóvil	4.209.342	33.464.269	166	5.538,34	10.691,12	1752,72
	Motocicleta	3.152.168	34.582.435	149	5.152,78		
Con GT	Automóvil	3.558.988	28.293.955	164	4.640,21	8.938,40	
	Motocicleta	2.665.151	29.239.372	147	4.298,19		

Fuente: Elaborado por el Equipo del Estudio

Tabla 8-6 Resultados del cálculo preliminar (emisiones de CO2 en la operación de trenes y estaciones)

			Consumo energético anual (MWh/año)	Factor de emisión de CO ₂ (t-CO ₂ /MWh)	Emisiones de CO ₂ (t-CO ₂ /año)
Operación de trenes	Peso de tren (t/vagón)	17,6			
	Consumo energético por peso y longitud de la línea (kWh/t•km)	0,1	1,53		
	Longitud de la línea (km)	7			
	Consumo energético de estación (kW/h•estación)	200	7.359,93	0,11	809,59
Operación de estaciones	Horas operativas/día (horas/día)	24	7358,40		
	Coefficiente	0,6			
	Días operativos/año (días/año)	365			

Fuente: Elaborado por el Equipo del Estudio

De lo anterior, en caso de introducir AGT, el volumen de reducción de las emisiones de CO2 prevista en 2030, año de inauguración, se calcula como sigue.

$$\begin{aligned}
 & \text{(Volumen de reducción de las emisiones de CO2 prevista en 2030 con la introducción de AGT)} \\
 & = \text{(Reducción de las emisiones de CO2 con la disminución del flujo de tráfico)} + \text{(reducción de las} \\
 & \text{emisiones de CO2 por el mejoramiento de la velocidad programada)} - \text{(reducción de las emisiones de} \\
 & \text{CO2 con la operación de trenes y estaciones)} \\
 & = 1.651,81 + 1.752,72 - 809,59 \doteq 2.594 \text{ (t-CO2/año)}
 \end{aligned}$$

El volumen de reducción prevista arriba mencionado no incluye la reducción de las emisiones de CO2 originada del consumo energético en las estaciones que no sean la base de estacionamiento de trenes, los trenes y las estaciones de AGT. Teniendo en cuenta esto, será necesaria de ahora en adelante una evaluación del volumen de reducción con mayor precisión, basada en un diseño y planes de operación más detallados de trenes y estaciones que serán estudiados en la etapa de análisis detallado.

9. Conclusión y tareas pendientes para el futuro

9.1 Conclusión

(1) Necesidad de AGT en el municipio de Medellín y posibles rutas para la introducción

En el municipio de Medellín que sufre crónicamente una congestión de tráfico y contaminación atmosférica, se necesita urgentemente construir un medio de transporte público principal. El casco urbano está concentrado en las laderas y en los valles, y por esta limitación de espacios, será válida la introducción de AGT, uno de los medios de transporte elevado con capacidad media, que no ha sido introducido hasta la fecha.

Al juzgar integralmente los puntos de vista de “atención a problemas urbanos”, “costo de construcción”, “terreno y construcción” y “medio ambiente”, la ruta de San Juan es la más adecuada para la introducción de AGT entre las rutas planeadas en el Plan Director de Metro de Medellín.

(2) Análisis básico del sistema de infraestructura

Hicimos un análisis básico del sistema de infraestructura en caso de introducir AGT en la ruta San Juan.

AGT será construido con el método elevado aprovechando el espacio de la mediana de la calle San Juan (un total de 8 estaciones) y se supone el uso de trenes de Urbanismo 18 de Industrias Pesadas Mitsubishi (formado de 6 vagones en el momento de la inauguración).

Respecto al costo estimado del Proyecto, en el año de la inauguración el costo inicial será de 189,7 millones de USD para la infraestructura y 227,8 millones de USD para el sistema, en un total de 417,5 millones de USD (63,3 millones de USD/ km). Al tratar de reducir el costo adoptando las instalaciones mínimas necesarias, el costo de infraestructura bajó a 167,3 millones de USD aproximadamente y el de sistema, a 204,2 millones de USD, en un total de 371,5 millones de USD (56,3 millones de USD/ km), y seguiremos analizando para reducir el costo.

(3) Esquema y calendario de implementación del Proyecto

En Colombia, debido a que no existe ningún caso de proyecto ferroviario bajo PPP (asociación público-privada) aprobado por no prever la factibilidad, suponemos implementarlo como proyecto público.

Sobre la financiación, teniendo en cuenta que actualmente los gobiernos de Colombia y Japón están deliberando la reanudación del Préstamo AOD de Japón, suponemos la aplicación de un Préstamo AOD, y para la inauguración ponemos la meta en 2030 considerando el posible período de reanudación del Préstamo AOD de Japón (dentro de 4 años).

Además, los principales medios de transporte público en el municipio de Medellín ya están administrados por Metro de Medellín, por tanto, suponemos que la misma entidad llevará la administración del Proyecto de AGT también.

(4) Evaluación del Proyecto

Según el pronóstico de demanda general, se prevé una demanda de 186 mil personas/día y como consecuencia del análisis económico, aunque hay necesidades socioeconómicas, existen tareas pendientes en el aspecto de rentabilidad del Proyecto y será necesario de ahora en adelante un análisis con mayor precisión en los aspectos de costo y de rentabilidad.

Se estima un 2,593 t-CO₂/año de reducción de las emisiones de GHG (gases de efecto invernadero) con la implementación del Proyecto y se prevé contribuir en gran medida al mejoramiento ambiental del municipio de Medellín.

(5) Consideraciones sociales y ambientales

Según la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), AGT no está incluido en los proyectos objeto de obtención de licencia ambiental, establecidos en el Reglamento de la Ley 99 de 1993, por tanto, no es necesario obtener la licencia ambiental, pero será necesario en el futuro estudiar detalladamente los impactos sociales y ambientales de la tala de árboles de la calle y la reubicación involuntaria de los habitantes.

9.2 Tareas pendientes en el futuro

(1) Profundización del análisis

Este Estudio es considerado como un estudio de prefactibilidad y para la formulación del proyecto se requiere un análisis más detallado.

Para analizar el sistema de infraestructura, será necesario realizar mediciones con precisión, estudiar la programación lineal basada en las mediciones, el plan de base de estacionamiento de trenes teniendo en cuenta el cableado de las instalaciones y distribución de máquinas electrónicas, el plan de estructuras basado en el estudio de suelo (sondeo), el plan energético para equipos transformadores y el plan de operación detallada. Asimismo, será necesario analizar detalladamente el costo del Proyecto basándose en lo anterior. Además de estos, en el futuro se requerirá un estudio de impacto ambiental incluyendo el estudio de impacto ambiental (paisaje, trasplante de vegetación, etc.) y el estudio de impacto social (apropiación de terreno y reubicación de habitantes).

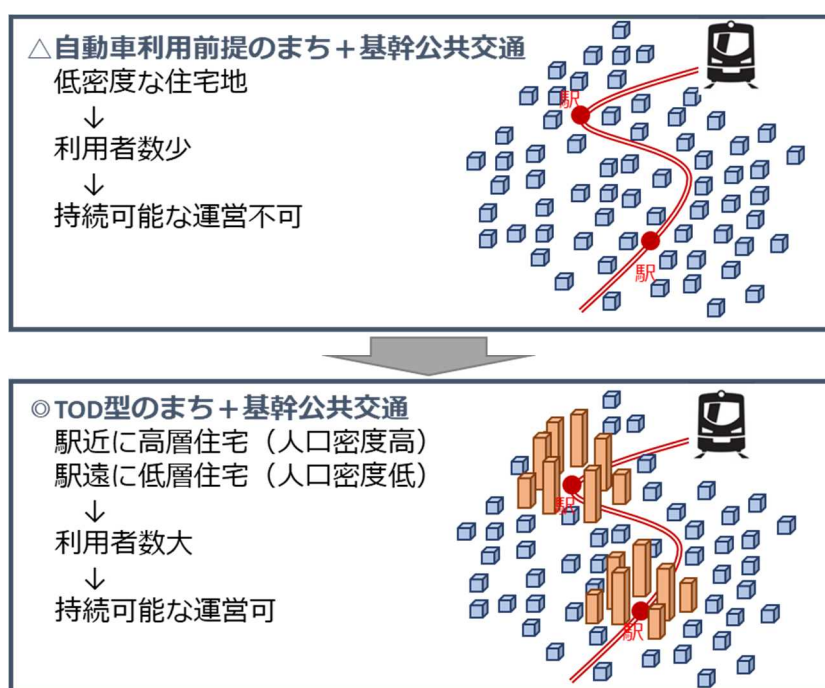
Para el pronóstico de futura demanda, con el fin de refinar el análisis del sistema de infraestructura apropiada y de factibilidad del Proyecto, será indispensable mejorar la precisión, necesitando a tal efecto estudios detallados de futura población a lo largo de la ruta y reestructuración del modelo de pronóstico de demanda.

Para el análisis financiero, además de reanalizar el costo del Proyecto y la futura demanda, hará falta estudiar detalladamente las condiciones previas y los métodos de financiación.

(2) Mejoramiento de la factibilidad del Proyecto

Para mejorar la factibilidad del Proyecto, será necesario además de analizar las medidas de mayor reducción de costo tanto de las estructuras de obras civiles como del sistema de AGT, asegurar que mayor gente utiliza medios de transporte público dejando el uso de automóviles con el desarrollo de las medidas de gestión de la movilidad del transporte.

A lo largo de la ruta, actualmente se observa cierto nivel de concentración de funciones urbanas como las viviendas, y de ahora en adelante será necesario impulsar un desarrollo urbano tipo TOD (Transit Oriented Development: desarrollo orientado al tránsito) alrededor de las estaciones de AGT, tratar de asegurar una demanda estable y conducir a una administración sostenible. Asimismo, será necesario restituir los beneficios del desarrollo a la construcción y administración del transporte público.



Fuente: Equipo del Estudio

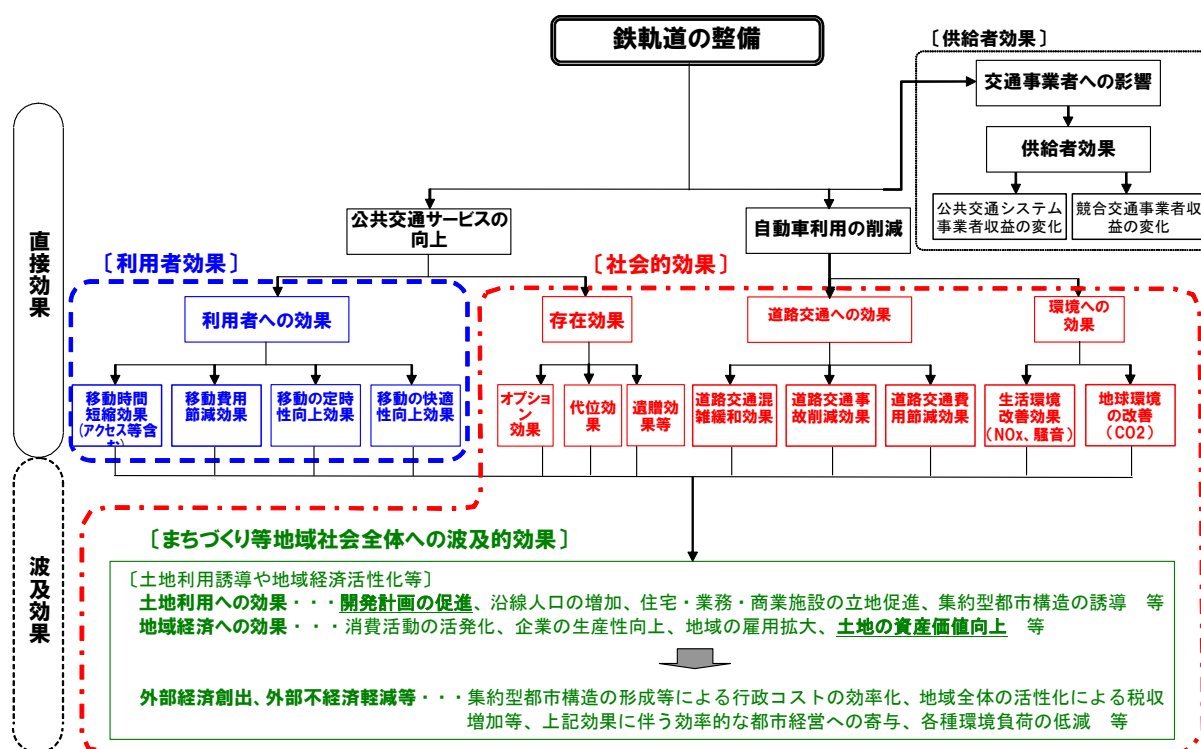
Figura 9-1 Necesidad de desarrollo urbano tipo TOD

(3) Realización temprana del Proyecto

Será necesario aprovechar programas de invitación de AOTS (Asociation for Overseas Technical Cooperation and Sustainable Partnership) para que las partes interesadas del municipio de Medellín visiten AGT de Japón y conozcan los casos de desarrollo urbano tipo TOD, y profundicen la comprensión sobre la introducción de AGT. De la construcción de los ferrocarriles como AGT se pueden esperar varios efectos y será necesario también que sigan profundizando el entendimiento sobre estos aspectos.

También será necesario seguir desarrollando las actividades para que el Proyecto esté situado claramente dentro de los planes relacionados como el Plan Director de Metro de Medellín y el Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana del municipio de Medellín.

Hasta la reanudación del Préstamo AOD pueden tardar como mínimo 4 años, por lo que será necesario considerar las posibilidades del uso de los préstamos de JBIC, además del Préstamo AOD, para lograr una realización temprana del Proyecto.



Fuente: Equipo del Estudio

Figura 9-2 Efectos de construcción de ferrocarril como AGT

Material de referencia

I. Pronóstico del volumen del mercado

Con la introducción de la AGT en Medellín, el interés en dicho sistema ha crecido en Colombia, y se puede esperar que se extienda a la periferia de Medellín y a Santiago de Cali, que es la tercera ciudad más grande de Colombia. Aquí, estimamos el tamaño del mercado si se introdujera una ruta por ciudad (extensión de ruta 10 km), en una ciudad con una población de más de 1 millón en América Latina.

En cuanto al tamaño de mercado según la condición mencionada, se estima que la escala comercial (infraestructura, vagones, sistemas, Operaciones y Mantenimiento) es aproximadamente 10 billones de yenes, y la escala del pedido (vagones, sistemas, Operaciones y Mantenimiento) de aproximadamente 8 billones de yenes. A continuación, se muestra la cantidad (el número de rutas introducidas de AGT) y el precio unitario (el valor comercial por ruta y el valor del pedido) utilizados para el cálculo.

Utilizando la población urbana del año 2015 publicada por las Naciones Unidas (publicada en 2018, incluida la estimación de población futura), se extrajeron las ciudades con una población de más de 1 millón en América Latina y se organizó en la tabla a continuación. Se extrajeron 66 ciudades de 19 países. Por lo tanto, el número de rutas que podrían introducir el AGT en América Latina se estableció en 66 rutas. La población total de las 66 ciudades en el año 2015 fue de aproximadamente 220 millones y se espera que en 20 años aumente el 24%, aproximadamente 54 millones de personas, por lo cual se considera que es un mercado con gran potencial.

Tabla 1 Ciudades con población de más de 1 millón en América Latina

No.	Country or area	Urban Agglomeration	Population of Urban Agglomerations (thousands)		Growth rate
			2015	2035	
1	Mexico	Ciudad de México (Mexico City)	21,340	25,415	119%
2	Brazil	São Paulo	20,883	24,490	117%
3	Argentina	Buenos Aires	14,706	17,128	116%
4	Brazil	Rio de Janeiro	12,941	14,810	114%
5	Peru	Lima	9,813	12,972	132%
6	Colombia	Bogotá	9,708	12,753	131%
7	Chile	Santiago	6,523	7,461	114%
8	Brazil	Belo Horizonte	5,754	6,767	118%
9	Mexico	Guadalajara	4,796	6,266	131%
10	Mexico	Monterrey	4,478	5,926	132%
11	Brazil	Brasília	4,168	5,345	128%
12	Brazil	Pôrto Alegre	3,998	4,539	114%
13	Brazil	Recife	3,845	4,635	121%
14	Brazil	Fortaleza	3,800	4,571	120%
15	Colombia	Medellín	3,735	4,488	120%
16	Brazil	Salvador	3,594	4,298	120%
17	Brazil	Curitiba	3,399	4,153	122%
18	Brazil	Campinas	3,047	3,729	122%
19	Paraguay	Asunción	2,967	4,212	142%
20	Mexico	Puebla	2,955	3,868	131%
21	Dominican Republic	Santo Domingo	2,945	4,124	140%
22	Venezuela (Bolivarian Republic of)	Caracas	2,920	3,318	114%
23	Ecuador	Guayaquil	2,738	3,789	138%
24	Colombia	Cali	2,573	3,140	122%
25	Haiti	Port-au-Prince	2,439	3,810	156%
26	Brazil	Goiânia	2,357	3,142	133%
27	Mexico	Toluca de Lerdo	2,189	3,067	140%
28	Brazil	Belém	2,180	2,618	120%
29	Cuba	La Habana (Havana)	2,124	2,194	103%
30	Colombia	Barranquilla	2,081	2,582	124%
31	Venezuela (Bolivarian Republic of)	Maracaibo	2,051	2,701	132%
32	Brazil	Manaus	2,019	2,609	129%
33	Mexico	Tijuana	1,939	2,626	135%
34	Brazil	Grande Vitória	1,877	2,376	127%
35	Brazil	Baixada Santista	1,779	2,113	119%
36	Venezuela (Bolivarian Republic of)	Valencia	1,777	2,249	127%
37	Bolivia (Plurinational State of)	La Paz	1,745	2,358	135%
38	Ecuador	Quito	1,734	2,353	136%
39	Mexico	León de los Aldamas	1,714	2,188	128%
40	Uruguay	Montevideo	1,707	1,843	108%
41	Panama	Ciudad de Panamá (Panama City)	1,673	2,438	146%
42	Bolivia (Plurinational State of)	Santa Cruz	1,532	2,244	146%
43	Argentina	Córdoba	1,514	1,785	118%
44	Mexico	Ciudad Juárez	1,423	1,824	128%
45	Argentina	Rosario	1,423	1,781	125%
46	Brazil	Grande São Luís	1,410	1,649	117%
47	Mexico	La Laguna	1,313	2,123	162%
48	Costa Rica	San José	1,297	1,666	128%
49	Brazil	Natal	1,292	1,689	131%
50	Brazil	João Pessoa	1,289	1,544	120%
51	Brazil	Maceió	1,240	1,480	119%
52	Honduras	Tegucigalpa	1,233	2,042	166%
53	Mexico	Querétaro	1,214	1,643	135%
54	Brazil	Joinville	1,209	1,467	121%
55	Colombia	Bucaramanga	1,208	1,522	126%
56	Venezuela (Bolivarian Republic of)	Barquisimeto	1,145	1,418	124%
57	Bolivia (Plurinational State of)	Cochabamba	1,136	1,737	153%
58	Venezuela (Bolivarian Republic of)	Maracay	1,134	1,405	124%
59	Mexico	San Luis Potosí	1,126	1,472	131%
60	Brazil	Florianópolis	1,124	1,416	126%
61	El Salvador	San Salvador	1,099	1,242	113%
62	Argentina	Mendoza	1,075	1,375	128%
63	Mexico	Mérida	1,064	1,415	133%
64	Nicaragua	Managua	1,027	1,292	126%
65	Mexico	Mexicali	1,026	1,366	133%
66	Mexico	Aguascalientes	1,017	1,345	132%
Total			221,581	275,404	124%

La siguiente tabla resume la magnitud de obra y el monto estimativo de la contratación al desarrollo de la ruta AGT1 (extensión de 10 km).

La magnitud del monto estimativo de la obra luego de la comercialización, suponiendo que se desarrolle una ruta de 10 km de extensión, la escala comercial (la inversión inicial y Operaciones y Mantenimiento) se espera que sea aproximadamente 154 mil millones de yenes por ruta, cuando se estima en base a la fijación de precios considerando la seguridad de la competitividad de los precios, con respecto a la infraestructura, los vagones de tren y los equipos, etc. (El costo de operación, suponiendo el período operativo de 30 años).

Además, la magnitud del monto estimativo de contratación se espera que sea de 124 mil millones de yenes si una empresa japonesa llegara a recibir el pedido de los trenes, el sistema y el derecho de operación de entre la inversión inicial. Las estimaciones anteriores no tuvieron en cuenta los aumentos de precios.

Tabla 2 La magnitud de obra y el monto estimativo de contratación al desarrollo de la ruta AGT1 (extensión de 10 km)

延長 km	初期投資額		O&M	事業規模	受注規模 [初期導入(車両・システム)、運営]
	インフラ・車両・システム [*70億円/km]	内数: 車両・システム [*40億円/km]	[*2.8億円/km/年]		
	A	B	C	A+C	B+C
	億円	億円	億円/**30年	億円	億円
10	700	400	840	1540	1240

*暫定単価

**暫定の運営期間

*** No está contemplado el aumento de precio

Fuente: Elaborado por el Equipo de estudio

II. Análisis de riesgos

Se asumieron las siguientes categorías para riesgos. En particular, es necesario prestar mucha atención a los riesgos inherentes al país, como la sostenibilidad de las políticas de diálogo con la organización de guerrilla, la seguridad (delitos contra extranjeros y empresas), terremotos, volcanes y lluvias torrenciales (proveniente del fenómeno La Niña).

Tabla 3 Lista de riesgos previstos

Categoría	Tipo	Riesgos previstos
Riesgos en la implementación del proyecto	Riesgos del país	Cambio político, manifestación (sostenibilidad de la política de diálogo con la guerrilla), revolución, guerra civil, cambio brusco de sistema, cambio de situación social, gestión incierta de la política del gobierno local (regulaciones de capital extranjero entre otros), seguridad (delitos contra extranjeros y empresas)
	Riesgo industrial	Procedimientos administrativos complicados (administración tributaria y gestión de permisos o autorizaciones, etc.), infraestructura sin desarrollar, escasez de mano de obra o dificultad para reclutar recursos humanos (profesional/técnico, administrativo), industrias complementarias y de apoyo inmaduras o poco desarrolladas)
	Riesgo de mercado	Colapso del mercado, baja tasa de ocupación, caída de ingresos, financiación, demanda insatisfecha
	Riesgo para socios	Bancarrota, falta de fondos / crédito, cambio de plan de negocios
	Riesgo tecnológico	Tecnologías aplicadas inadecuadas, defectos en las tecnologías introducidas
	Riesgo de exceso de costo	Sobrepaso en presupuesto de construcción
	Responsabilidad del producto y riesgo de demora	Generación de garantías para los contratantes debido a demoras en el cronograma de construcción
	Riesgo de reputación	Cumplimiento
	Riesgo de fluctuación en el tipo de cambio	Fluctuación en el tipo de cambio
Riesgos de desastre	Riesgo de desastres naturales	Terremotos, volcanes, lluvias torrenciales (del fenómeno de La Niña)
	Riesgos de desastres que no incluyen a desastres naturales	Accidentes e incendios
	Riesgo de medio ambiental	Contaminación del suelo

III. Tendencias de la competencia y ventaja competitiva

En el mercado mundial de vagones de tren, las tres compañías que son CRRC Corporation Limited (China), Siemens/Alstom (Francia y Alemania) y Bombardier (Alemania) ocupan una participación de mercado muy grande. A pesar de que la participación de las empresas japonesas es significativamente pequeña, tienen una gran ventaja en los sistemas de transporte urbano de volumen medio como el AGT, y están atrayendo la atención de varios países desde el punto de vista de la ventaja ambiental y la utilización del espacio por la flexibilidad de la configuración de las rutas. Además, hay varios fabricantes japoneses de AGT (Transporte guiado automatizado), que son ventajosos en términos de competitividad de precios y de equidad garantizada de ofertas.

En base a esto, realizamos un estudio más detallado de los resultados de introducción de AGT en el país y en el extranjero y reordenamos las ventajas de los equipos y de la tecnología de Japón. En el mercado de AGT, Bombardier y Siemens tienen logros entre los fabricantes europeos y estadounidenses, y Woojin entre los fabricantes coreanos, pero El AGT hecho en Japón tiene un costo inicial de EPC que es comparable al de los competidores europeos, estadounidenses y coreanos. Además, tiene una tasa de falla más baja y bajos costos de mantenimiento, haciendo que el costo total del ciclo de vida, desde la compra del tren hasta el reemplazo, sea mucho más barato. En el sistema AGT, los fabricantes japoneses son dominantes y tienen muchos antecedentes de ventas. Entre ellos, el fabricante japonés Mitsubishi Heavy Industries ha entregado muchos AGT no solo en Japón sino también en América del Norte y Asia, y tiene una ventaja no solo en la confiabilidad sino también en el costo.

Tabla 4 Ejemplos de introducción del sistema de transporte de volumen medio

Sistema	Fabricante (país)	Ciudad que ha introducido
AGT	Mitsubishi Heavy Industries (Japón)	Tokio, Yokohama, Kobe, Hiroshima, Incheon, Singapur, Hong Kong, Dubai, Washington, Atlanta, Miami, Orlando, Tampa, Macao (en construcción)
	Siemens (Alemania)	Lille, Toulouse, Turín, Taipei, Seúl, etc.
	Bombardier (Canadá)	Seattle, Atlanta, Dallas, Miami, Frankfurt Beijing, Guangzhou, etc.
	Woojin Industrial Systems (Corea del sur)	Busan
	CRRC Corporation Limited (China)	Sin registro de introducción
Monorraíl (Referencia)	Hitachi (Japón)	Tokio, Tama, Urayasu, Osaka, Kitakyushu, Okinawa, Chongqing, Dubai, Daegu, Singapur, etc.
	Mitsubishi Heavy Industries (Japón)	Chiba (sistema suspendido), Fujisawa (sistema suspendido)
	Bombardier (Canadá)	Las Vegas, Sao Paulo, Riad
	CRRC Corporation Limited (China)	Sin registro de introducción

IV. Análisis de las medidas de fortalecimiento de la competitividad de costos

Respecto a las estructuras de infraestructura, hay que garantizar naturalmente la seguridad sobre todo y también la competitividad de costos aprovechando las empresas constructoras locales. Aunque el tramo objeto de la construcción de AGT tendrá en principio una estructura elevada, se podrá contemplar las posibilidades de adoptar una estructura económica como un terraplén o un recorrido sobre la tierra en los tramos donde hay abundante espacio y la omisión del vestíbulo de la estación. Además, trataremos de fortalecer la competitividad de costos adquiriendo localmente materiales como las vigas de acero en H para los carriles, cables de tren, etc. y aprovechando las empresas constructoras locales.

En cuanto a los trenes, una vez garantizado cierto nivel de calidad y rendimiento, será necesario analizar medidas para garantizar la competitividad de costos aprovechando los productos locales, simplificando el interior y el exterior, etc.

Sobre el sistema, se puede adoptar medidas para reducir el costo como el cambio de la operación automática a la manual, sustitución de PSD por vallas de andén y la simplificación de vagones y sistemas.

V. Beneficio para Japón (Evaluación económica)

(1) Transferencia de tecnología y educación/capacitación en Colombia (construcción, mantenimiento, operación, etc.)

El AGT, cuya introducción se prevé en este estudio, no tiene antecedentes en Colombia. Sin embargo, al aprovechar al máximo los conocimientos (know-how) que tiene Japón sobre la tecnología básica de gestión de construcción y mantenimiento de AGT y la formación de ingenieros de operaciones, se considera que éste conduce al aumento de los beneficios para los fabricantes japoneses, contratistas generales y operadores ferroviarios. Las compañías japonesas, incluyendo a Mitsubishi Heavy Industries, han celebrado múltiples contratos de O&M con ferrocarriles urbanos y aeropuertos en el extranjero.

(2) Estimación simplificada del efecto dominó cuantitativo <efecto dominó cuantitativo en el país utilizando la tabla input-output>

Si las empresas japonesas obtienen un pedido AGT (47.300 millones de yenes japoneses), el impacto en la economía japonesa calculado por la tabla de entrada y salida es de 108.200 millones de yenes japoneses, que es el doble de la inversión.

Tabla 5 Efecto dominó de economía para el caso de Plan 1

	部門の例示	新規需要額 (単位：百万円)	波及効果
農林水産業	米、野菜、畜産、漁業	0	123
鉱業	石油、原油、天然ガス、金属鉱物	0	70
飲食品	食肉、精米、パン類、冷凍食品、酒類	0	36
繊維製品	衣服、じゅうたん、帽子、寝具	0	100
パルプ・紙・木製品	木材、家具、紙、段ボール箱	0	1509
化学製品	化学肥料、医薬品、化粧品、洗剤	0	1455
石油・石炭製品	ガソリン、灯油、LPG、コークス	0	1290
プラスチック・ゴム	プラスチック管、タイヤ、チューブ	0	2213
窯業・土石製品	ガラス、セメント、陶磁器	0	1632
鉄鋼	鋼板、鋼管	0	8436
非鉄金属	銅、アルミニウム、電線、ケーブル	0	1431
金属製品	鉄骨、シャッター、ボルト、ドラム缶、刃物	0	2449
はん用機械	ボイラ、原動機、ポンプ	0	543
生産用機械	パワーショベル、ドリル、印刷機、旋盤、耕うん機	0	118
業務用機械	複写機、自動販売機、医療器具、カメラ	0	59
電子部品	液晶パネル、磁気ディスク、電子回路	0	492
電気機械	電気照明器具、エアコン、冷蔵庫	0	1271
情報・通信機器	パソコン、テレビ、デジタルカメラ、携帯電話機	0	182
輸送機械	乗用車、鉄道車両、航空機、船舶	25809.74	40398
その他の製造工業製品	印刷、革靴、楽器、がん具、時計、装身具	0	515
建設	住宅建築、建設補修、公共事業	21493.01	22007
電力・ガス・熱供給	電気、自家発電、都市ガス、熱供給	0	1540
水道	上水道、工業用水、下水道	0	133
廃棄物処理	ごみ処理、産業廃棄物処理	0	110
商業	卸売、小売	0	5054
金融・保険	金融、生命保険、損害保険	0	969
不動産	住宅賃貸、貸店舗、駐車場管理	0	605
運輸・郵便	鉄道、トラック輸送、航空輸送、水運、郵便	0	2970
情報通信	電話、放送、ソフトウェア、映画制作、新聞	0	1478
公務	国、地方公共団体	0	141
教育・研究	学校、研究所、図書館、博物館	0	2220
医療・福祉	病院、保健所、保育所、福祉施設、介護	0	6
その他の非営利団体サービス	商工会議所、労働団体、学術団体	0	88
対事業所サービス	物品賃貸、広告、法律事務所、労働者派遣、警備業	0	5789
対個人サービス	ホテル・旅館、飲食店、遊園地、冠婚葬祭	0	50
事務用品	鉛筆、消しゴム、テープ、のり	0	84
分類不明		0	621
合計		47302.75	108186

Fuente: Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones de Japón, Tabla input-output de 2011.

二次利用未承諾リスト

報告書の題名 コロンビア国・メデジン市における都市交通マスタープラン検討調査報告書

委託事業名 令和元年度質の高いエネルギーインフラの海外展開に資する事業実施可能性調査事業

受注事業者名 パシフィックコンサルタンツ株式会社

[illegible]