

Technical, economic, and financial feasibility study: elevated monorail for the city of Córdoba and its metropolitan area

Estudio de factibilidad técnico, económico y financiero: monorriel elevado para la ciudad de Córdoba y zona metropolitana

Gabriel Raúl Bermúdez¹, Walter Robledo¹

¹Universidad Empresarial Siglo 21, Maestría en Administración de empresas. Córdoba, Argentina.

Cite as

Bermúdez GR, Robledo W. Technical, economic, and financial feasibility study: elevated monorail for the city of Córdoba and its metropolitan area. *Transport, Mobility & Society*. 2022; 1:30. <https://doi.org/10.56294/tms202230>

Publication History

Submitted: 19-05-2022

Revised: 21-07-2022

Accepted: 14-12-2022

Published: 15-12-2022

ABSTRACT

The study focused on analyzing the technical, economic, and financial feasibility of implementing an elevated monorail system in the city of Córdoba and its metropolitan area as an alternative form of mass transportation in response to growing traffic congestion and the inefficiency of the current bus system. The research was conducted using a mixed approach, combining qualitative and quantitative techniques, through interviews, focus groups, and review of documentary and statistical sources. The results highlighted that the elevated monorail offered significant technical advantages, such as small stations, reduced curve radii, flexible transport capacity, low noise levels, and the possibility of automation. From a financial standpoint, the project had an estimated total cost of \$1,007 billion, considerably less than the subway alternative. The economic analysis yielded a positive Net Present Value (NPV) of \$97,7 million and an Internal Rate of Return (IRR) of 43,45 %, indicating its viability and profitability. In terms of social impact, it was concluded that the monorail represented an opportunity to improve urban mobility, reduce travel times, decrease environmental pollution, and optimize the quality of life for residents. Likewise, its implementation promoted social inclusion by ensuring accessibility and introducing competition into a transportation market dominated by a few bus companies. The project was considered feasible and beneficial from a technical, financial, and social standpoint.

Keywords: Monorail; Urban Mobility; Accessibility; Financial Feasibility; Public Transportation.

RESUMEN

El estudio se enfocó en analizar la factibilidad técnica, económica y financiera de implementar un sistema de Monorriel Elevado en la ciudad de Córdoba y su área metropolitana, como alternativa de transporte masivo frente a la creciente congestión vehicular y a la ineficiencia del sistema actual de autobuses. La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas, a través de entrevistas, grupos focales y revisión de fuentes documentales y estadísticas. En los resultados, se destacó que el Monorriel Elevado ofreció ventajas técnicas significativas, como estaciones de pequeño porte, radios de curva reducidos, capacidad flexible de transporte, bajo nivel de ruido y posibilidad de automatización. Desde el punto de vista financiero, el proyecto presentó un costo total estimado de 1,007 millones de dólares, considerablemente menor que la alternativa del subterráneo. El análisis económico arrojó un Valor Actual Neto (VAN) positivo de 97,7 millones de dólares y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 43,45 %, lo que indicó su viabilidad y rentabilidad. En cuanto al impacto social, se concluyó que el Monorriel representó una oportunidad para mejorar la movilidad urbana, reducir los tiempos de viaje, disminuir la contaminación ambiental y optimizar la calidad de vida de los habitantes. Asimismo, su implementación favoreció la inclusión social al garantizar accesibilidad y al introducir competencia en un mercado de transporte dominado por pocas empresas de buses. El proyecto fue considerado factible y beneficioso desde las dimensiones técnica, financiera y social.

Palabras clave: Monorriel; Movilidad Urbana; Accesibilidad; Factibilidad Financiera; Transporte Público.

INTRODUCCIÓN

La congestión es el síntoma visible de una enfermedad de las grandes urbes por una ineficiente planificación que incide en la definición del uso del suelo y la localización de actividades en el tiempo.^(1,2,3) El crecimiento poblacional y urbano tiende a incrementar la motorización y sin una planificación/regulación urbana adecuada, se produce como efecto una alta alimentación sobre la motorización; lo cual impacta, directamente, en la migración de pasajeros del sistema masivo a los medios alternativos (incremento del número de vehículos particulares, motos, bicicletas etc.), provocando la consecuente saturación en las vías de. “En la ciudad de Córdoba, las tarifas de los servicios de transporte por autobús, taxis y remis, se han incrementado sin mejorar sustancialmente la calidad de los servicios, particularmente los autobuses.”⁽⁴⁾ Además, desde hace unos años existen buenas condiciones de financiamiento para la compra de automóviles y motocicletas, lo que reforzó el aumento en la posesión y uso de estos vehículos. Todo esto está contribuyendo a incrementar los niveles de congestión del tránsito urbano y el uso de un sistema de transporte público ineficiente.”⁽⁵⁾ Los factores particulares de la ciudad de Córdoba, relacionadas con la extensión y expansión ilimitada, produce el doble efecto de más autos en la calle y viajes más largos. Situación similar sucede con el advenimiento de las ciudades dormitorio (especialmente Sierras Chicas).^(6,7,8,9) Si bien se han implementado a lo largo de los años distintas propuestas de solución al transporte y tránsito de la Ciudad de Córdoba y Gran Córdoba, ninguna de ellas contribuyó a obtener resultados esperados.^(10,11,12,13) Esto es debido a que la capacidad del medio predominante que es el bus se encuentra sobre pasada desde ya hace décadas.^(14,15,16,17) Resulta imperativo para la ciudad y su área metropolitana contar con medios de mediana a alta capacidad de transporte, tal como ocurre en ciudades de más de un millón de habitantes similares a Córdoba.^(18,19,20) La presente investigación analiza y detalla el impacto de sumar una nueva iniciativa de movilidad al actual sistema de transporte masivo de pasajeros, el cual presenta grandes falencias en su funcionamiento.^(21,22) Asimismo, es una oportunidad para avanzar hacia la implementación de otros medios de transporte ya probados en diversas ciudades del mundo y la región, facilitando el desarrollo económico social con mejores estándares de calidad de vida de sus habitantes a partir de su adopción.⁽²³⁾

A modo de ejemplo, la construcción del Monorriel en la ciudad de San Pablo trajo a partir de 2014 entre otros beneficios la reducción de embotellamientos en horas pico por la disminución del automóvil particular, conexión de los cuatro municipios como mayor densidad poblacional de la región (San Pablo, San Cayetano del Sur, San Andrés y São Bernardo do Campo), descenso de la contaminación ambiental y optimización en los tiempos de traslado para los usuarios.⁽²⁴⁾

Es en base a casos de estudio con sustento teórico que se procede a la presentación siguiente. ¿En qué medida la implementación de un sistema de monorriel elevado puede mejorar la eficiencia del transporte público, disminuir la congestión vehicular y elevar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad de Córdoba y su área metropolitana?

Objetivo

Analizar la factibilidad de implementar un sistema de monorriel elevado en la ciudad de Córdoba y su área metropolitana como alternativa de transporte masivo, con el fin de reducir la congestión vial, mejorar la calidad del servicio de movilidad urbana y contribuir al desarrollo económico y social de la región.

MÉTODO

El enfoque de la investigación será mixto, ya que tendrá gran parte de las características de una investigación cualitativa, pero se buscará cuantificar variables clave para esta investigación. En cuanto a su diseño, la misma también será mixta; por un lado, será descriptiva ya que se buscará plantear con la mayor precisión y fidelidad la situación por la que está atravesando la ciudad de Córdoba y zona metropolitana en relación con transporte público, y por el otro explicativa para plantear una alternativa de solución al problema de movilidad atraviesa la ciudad. Las fuentes de información serán:

Primarias: entrevista en profundidad con actores claves: se realizan entrevistas semi-estructuradas con los miembros del sector privado que esté vinculado al servicio de transporte masivo de pasajeros y referentes del ámbito público. A continuación, se define la guía de pautas para las mismas:

- Generalidades del sistema actual de transporte.
- Fortalezas y debilidades del sistema actual.
- Oportunidades de mejoras.
- Evolución del servicio (cantidad de pasajeros transportados).
- Procesos principales.
- Organización interna y gestión del personal.
- Principales aspectos de la gestión de la calidad.
- Principales aspectos de la gestión de procesos.

Grupos de foco: se realizan grupos de foco donde se reúnen entre 10 y 12 usuarios del sistema público de transporte seleccionados de acuerdo con el tipo de medio utilizado con un moderador, iniciándose un debate o intercambio de opiniones sobre el funcionamiento del sistema actual.

Preparación

Medio: elección del lugar físico apto en donde se realizan las sesiones focales.

Reclutamiento de participantes: por tipo de medio utilizado.

Elección de un moderador.

Desarrollo de la guía de pauta.

Criterios de inclusión

Usuarios del sistema.

Criterios de exclusión

No usuarios del sistema público de transporte.

Guía de discusión

Nivel de satisfacción.

Aspectos que considera fortalezas y debilidades.

Mencionar al menos dos oportunidades de mejora.

Secundarias: este tipo de fuente será analizada a través del estudio de trabajos relacionados a la temática planteadas, estadísticas de movilidad y demografía, reportes de organismos supranacionales, bibliografía de referentes y escritores de marcada trayectoria.

RESULTADOS

Análisis técnico, económico y financiero para la implementación del Monorriel Elevado.

El Propósito de la Propuesta del Monorriel Elevado es:

- Proporcionar a los usuarios del transporte público, de un moderno, eficiente, rápido, confortable, accesible y sustentable ambientalmente medio de transporte.
- Proveer una mejor calidad de vida para los habitantes de la ciudad, disminuyendo la congestión vehicular, reduciendo los tiempos de viaje y mejorando la calidad del aire.

El presente capítulo se enfocará en el análisis técnico del Monorriel Elevado y el estudio de los aspectos financieros del mismo.

Análisis Técnico - Componentes físicos del Monorriel Elevado

Un sistema de transporte se compone de tres elementos físicos: Vehículo, Infraestructura, Red de transporte Vehículo.

Para el presente trabajo se analizará el vehículo “Hitachi Small” en la consideración de la empresa que lo produce, Hitachi Rail Systems Co, que posee más de un siglo de experiencia en el desarrollo, fabricación e implementación de sistemas ferroviarios ofreciendo diversas modalidades que se ajustan a las necesidades de cada urbe. Se toma como referencia a esta empresa ya que no existe otra alternativa que reúna las características necesarias para lo que se necesita en la ciudad de Córdoba debido a que la misma permite diferenciar por un lado lo que es obra civil (lo podrán hacer proveedores locales) y por el otro el suministro de la tecnología necesaria (material rodante, know how, sistema de señalamiento, etc).

Actualmente Hitachi Rail Systems Co suministra asistencia en materia de transporte en Brasil (Porto Alegre, San Pablo y Rio de Janeiro) y en Panamá (en construcción); estos monorrieles están aprobados por el sistema ferroviario de Japón.

A continuación, se detallarán las especificaciones técnicas del vehículo denominado modelo largo:

Se ha seleccionado este vehículo, debido a:

1. Necesita estaciones de pequeño porte.
2. Radios de curva pequeños, lo que permite su mejor adaptación a la traza urbana.
3. Permite sortear pendientes de hasta 6 %.
4. Flexible en su capacidad, puede llevar de 2 a 4 vagones, permitiendo una mejor adaptación a la demanda.
5. Ruedas de caucho, reducen el ruido y proveen una mejor tracción, lo que permite abordar gradientes de hasta 6 %.
6. Son factibles de ser totalmente automatizados, prescindiendo del conductor.

Características	
Peso (en toneladas)	11
Configuración	4 carros
Capacidad Nominal	415 pasajeros / tren - Sentados: 177 - Parados: 238
Capacidad Planificada	692 pasajeros
Capacidad Máxima	966 pasajeros
Velocidad Maxima (Km/hr.)	60
Velocidad Media (Km/hr.)	36
Radio de Curva Minimo (Mts)	40
Pendiente Maxima Admitida (%)	6

Figura 1. Características técnicas Monorriel modelo largo

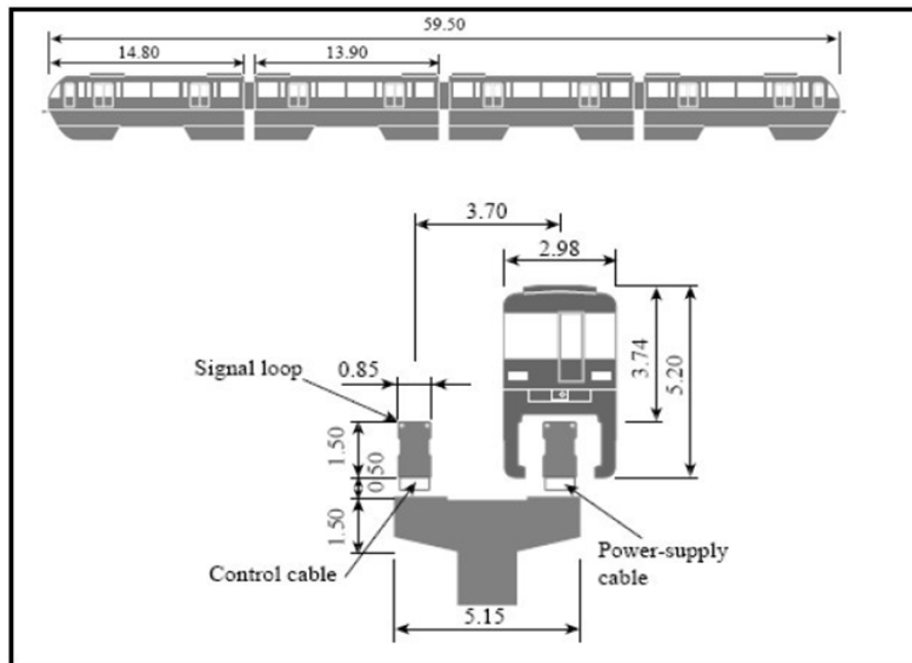


Figura 2. Unidad de 4 coches y estructura de soporte

Infraestructura

En este apartado se detallará el tipo de derecho de vías en que opera este sistema de transporte, paradas y/o estaciones, talleres de mantenimiento, sistemas de monitoreo y control y sistema de suministro de energía.

El Monorriel Elevado opera con un derecho de vía exclusivo, apartado completamente de otros modos de transporte, logrando amplios rendimientos operativos (mayor capacidad, velocidad, confiabilidad y seguridad), obteniendo niveles de servicios óptimos y reduciendo los costos de operación por unidad de capacidad.

En cuanto a la cantidad de paradas, ya se mencionó que serán 45 en total, las mismas estarán distribuidas a lo largo de cada línea con un distanciamiento entre sí de 700 a 800 metros. Al igual que las líneas, las estaciones se encontrarán sobre elevadas con circulaciones verticales para el ingreso y egreso de usuarios a través de escaleras (tradicionales y/o mecánicas) y ascensores para garantizar la utilización del servicio por parte de personas con capacidad de movilidad reducida. Cada línea tendrá su taller de mantenimiento en las puntas de líneas (que no sean las que terminan en el centro de la ciudad).

A continuación, se muestra una parada modelo del sistema de Monorriel Elevado:

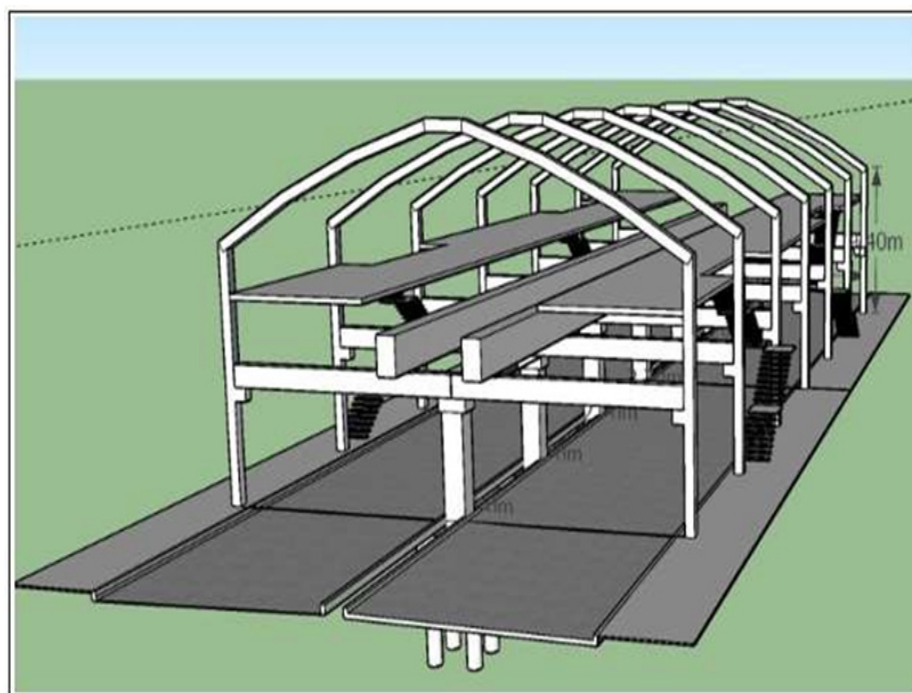


Figura 3. Parada modelo

Características de la Estación Modelo:

- Largo: 35 metros.
- Ancho: 11,35 metros.
- Superficie Cubierta: 600 metros cuadrados (Se consideran el entrepiso de embarque, techo y dependencias anexas como boleterías, baños y escaleras)

Con respecto a la infraestructura de la vía, hay que tener en cuenta que el Monorriel Elevado circulara sobre una viga de hormigón armado mediante la cual traccionan los neumáticos. La viga se mantiene a través de columnas de hormigón armado en forma de “Y”. A continuación, se detallan ilustraciones la viga y los pilares.

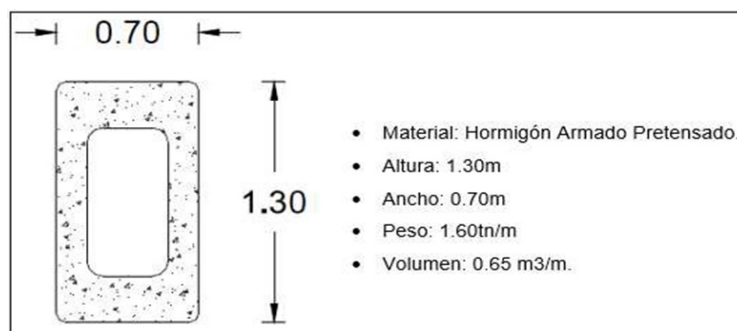


Figura 4. Corte transversal de Viga

Los sistemas de monitoreo y control deberán realizarse desde una oficina central la cual podrá estar en la nueva terminal de ómnibus utilizando las instalaciones del Centro de Control de Operaciones (Cecop) de la secretaria de Transporte de la Provincia de Córdoba.

El suministro de energía será brindado a través de la instalación de nuevas subestaciones y en los casos que se pueda utilizar las subestaciones que actualmente utilizan los trolebuses se repotenciarían las mismas.

El monorriel requiere una distribución de 750 V(DC). Actualmente existen facilidades que brindan nuevas instalaciones de EPEC, las cuales han dotado a su entorno de una gran disponibilidad de potencia para las actividades detalladas y las programadas para el futuro. Por lo tanto, existe en la actualidad la oferta energética para este desarrollo, debiéndose realizar las instalaciones mínimas para el ensamble del sistema de monorriel con la red de distribución de EPEC.

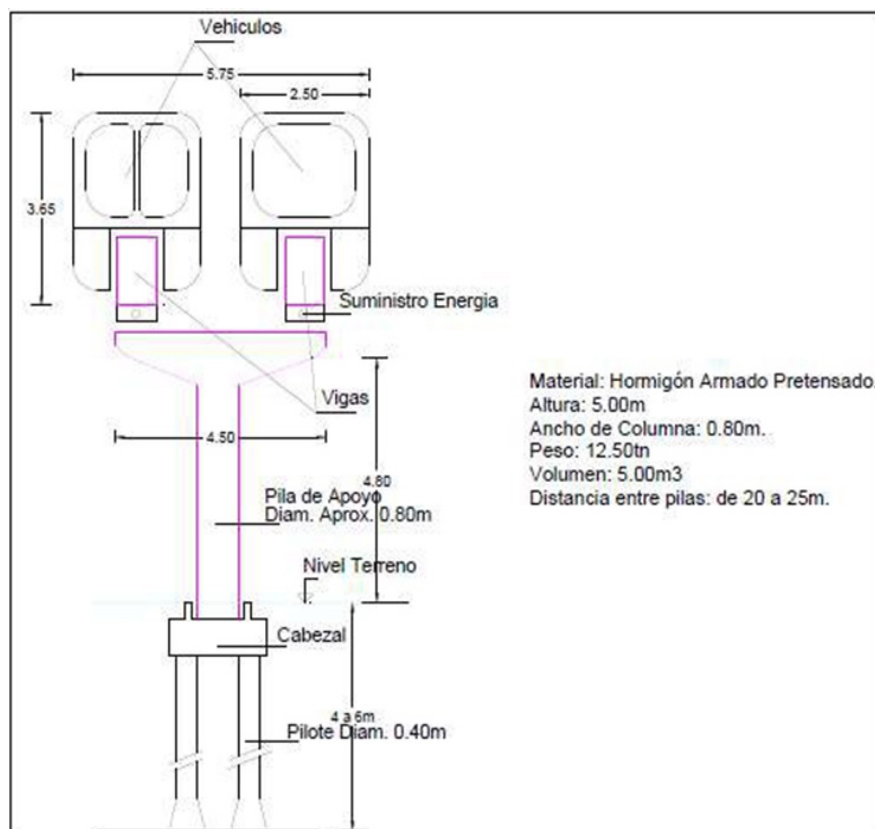


Figura 5. Corte transversal estructura de apoyo

Red de Transporte

Como ya se mencionó anteriormente, la longitud de las líneas son las siguientes:

- Línea A: 22,58 kilómetros (19 km + 3,58 km)
- Línea B: 12,8 kilómetros.
- Línea C: 10,4 kilómetros.
- Longitud total: 45,78 kilómetros.

La línea A responde a tesis de post gradotiene recorrido troncal bidireccional (19 km) y un subramal unidireccional (3,58 km). La expansión de la mancha urbana hacia el noroeste de la ciudad hace indispensable proyectar un ramal que pueda atender la demanda insatisfecha desde este sector hacia la ciudad de Córdoba. El itinerario de la línea troncal de 19 km comprende los siguientes puntos de referencia: Villa allende, Av. Donato Álvarez, Blas Pascal, espacio aéreo vías de ferrocarril tren de las sierras, pasando por Orfeo, Dinosaurio Mall, Híper Libertad, Hospital Neonatal, barrio Alta Córdoba y Plaza General Paz. En cuanto al subramal de 3,58 km comienza en Av. Bodereau y Av. Ricardo Rojas, Universidad Blas Pascal (punto en el cual se une con la línea troncal).

La línea B (12,8 km), circula por el principal eje vial de la ciudad en sentido Oeste – Este. Asimismo, suministrará el servicio al polo educativo – deportivo del Chateau Carreras, como así también al barrio del mismo nombre. Esta línea puede captar a los potenciales usuarios del transporte público que residen en la urbanización Valle Escondido. Esto será posible a través de una línea de buses que alimentará al monorriel. A su vez los usuarios del automóvil particular podrán usar las playas del estadio Mario Alberto Kempes, como playas de disuasión, limitando así el ingreso del automóvil al centro de la ciudad. La traza de este ramal arranca desde el Estadio Mario Alberto Kempes por colectora Este hasta Avenida Colón para luego llegar hasta el Centro Cívico.

Por último, la Línea C (10,4 km) transita uno de los mayores ejes de desarrollo del sur de la ciudad, la misma atraviesa importantes centros generadores y atractores de viaje, tal como la Universidad Católica de Córdoba, el CPC de Villa El Libertador. Asimismo, existe la posibilidad de captar la demanda de barrio Villa El Libertador (con un sistema de buses que sirvan de nexo desde el barrio hasta el centro te trasbordo), el Hospital privado, el Ministerio de Desarrollo Social edificio Pablo Pizzurno y Ciudad Universitaria. El itinerario serio desde Vélez Sarsfield y Boulevard. San Juan, a plaza de las Américas, desde allí por cantero divisorio de calle Friuli hasta Av. Cruz Roja Argentina, luego hacia el oeste por espacio aéreo de vías del ferrocarril NCA hasta calle Río Negro para tomar espacio aéreo del ramal a Renault Argentina, girando hacia el sur por sobre traza de desagüe de calle Anizacate, para cruzar avenida circunvalación y tomar avenida Armada Argentina hasta Universidad Católica de Córdoba.

Análisis Económico – Financiero

El estudio económico-financiero de esta propuesta resulta de vital importancia para analizar su atractivo en términos económicos como así también evaluar la viabilidad de realización de este.

El análisis económico-financiero tendrá como objetivo final el análisis de dos importantes indicadores: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), con el propósito de clasificar al proyecto como una rentable y atractiva propuesta de inversión. Asimismo, se trabajará en la confección del flujo de fondos para esta propuesta.

A continuación, se realizará el estudio pormenorizado de aquellos ítems que deberán ser considerados a la hora de elaborar el flujo de fondos para el Proyecto Base, con la finalidad de analizar la rentabilidad económica- financiera de la propuesta.

Vida útil del proyecto

Teniendo en cuenta la envergadura del proyecto y tomando como referencia otros planes similares de transporte, la vida útil adoptada para el proyecto será de 40 años mientras que el plazo para la devolución del préstamo es de 30 al igual que la amortización del material rodante.

Igualmente, cabe aclarar que la línea temporal comienza a correr a partir del inicio mismo de la obra, incluyéndose dentro de los 40 años tomados como vida útil los ocho años de duración de la etapa de ejecución de esta. Es decir, la obra se ejecutará desde el año 0 hasta el año 8 inclusive, y recién a partir del año 9 se estaría entrando en el régimen de operación completa del sistema (tres líneas en funcionamiento).

Plan de inversión (general)

La mecánica de inversión para este proyecto podría contar con la participación crediticia entre el Estado (Municipal y/o Provincial) y una entidad bancaria, en este caso podría ser el Banco Central de Japón por haberse decretado este proyecto como de “interés nacional” en el Gobierno Japonés. Este tipo de préstamo privado sería cancelado a través de sistema de pagos anuales fijos (sistema de amortización francés) y con intereses constantes aplicados sobre la deuda restante, intereses que suelen estar entre el 3 % al 6 %.

Para este tipo de inversiones en transporte, el Estado (Municipal y/o Provincial) participaría como accionista principal del proyecto y permitiendo la concesión para la operación, administración, gestión e implementación del sistema a una empresa concesionaria, que se encargará además del mantenimiento, seguridad y demás cuestiones inherentes al sistema. El Estado (Municipal y/o Provincial) asegurará el reintegro del capital prestado mediante una tasa de descuento anual aplicada sobre la utilidad bruta generada por la empresa concesionaria que operará el proyecto, cubriendo de este modo el riesgo asumido a cambio de esta comisión anual, esperando además beneficiarse con la rentabilidad social del proyecto. A esta tasa se la denominará como “Tasa de Descuento Pública”, y la misma será un porcentaje anual fijo (2 %) aplicado sobre la utilidad neta anual percibida por la empresa concesionaria.

INVERSION			
DESCRIPCION	MONTO	UNIDAD	% DE LA INVERSION TOTAL
OBRA			
Infraestructura (columnas, pilares, etc.) + Fundaciones	\$ 4.004.000	USD/KM	18,20%
Estaciones y Facilidades para ascenso / Descenso de pasajeros	\$ 1.100.000	USD/KM	5,00%
Galpones de Mantenimiento y Centro de Control de Operaciones	\$ 440.000	USD/KM	2,00%
Tasas y Contingencias	\$ 462.000	USD/KM	2,1%
Total Obra	\$ 6.006.000	USD/KM	27,3%
FLOTA			
Material Rodante	\$ 990.000	USD/KM	4,5%
Sistemas de implementación	\$ 15.004.000	USD/KM	68,2%
Total Flota	\$ 15.994.000	USD/KM	72,7%
Monto total por kilometro	\$ 22.000.000	USD	
MONTO TOTAL INVERSION	\$ 1.007.160.000	USD	

Figura 6. Plan general de inversión: montos y porcentuales. Proyecto Base

Vale destacar que el costo total estimado de 1 007 160 000 es 2,7 veces menor que el costo estimado del sistema de transporte de subterráneos, considerado y presentado con anterioridad, aspecto que definitivamente justifica descartarlo y trabajar sobre el proyecto del monorriel.

El costo se analiza por kilómetro ya que de esta manera se puede prorratear tanto el costo de la obra civil como así también de la implementación de tecnología.

Inversión Pública

La inversión de 1 007 160 000 de dólares se harán efectivos a través de un cronograma de erogaciones a lo largo de los ocho años previstos para construir las tres líneas del sistema de transporte. Los desembolsos deberán programarse de acuerdo con los requerimientos de fondos que presente cada uno de los ocho años de la duración del proyecto, suprimiendo la opción de repartirlos de manera igualitaria en 8 sub-montos iguales, en función de los tiempos, requerimientos y tareas inherentes a la obra, como etapa previa a la puesta en marcha del sistema.

A continuación, se detallan las condiciones de la inversión que realizaría el Estado (Municipal y/o Provincial) junto al cronograma de inversiones:

- Inversión total: Usd 1 007 160 000 (dólares)
- Tasa de descuento o comisión pública: 2 % anual y constante, aplicada sobre la utilidad neta anual percibida por la empresa concesionaria a lo largo de toda la vida útil y de explotación del proyecto
- Plazo: 40 años (vida útil del proyecto)
- Forma de pago: Anual
- Cronograma de Inversiones: 8 desembolsos, uno por año, para los primeros 8 años de vida del proyecto que significan la etapa de obra. A continuación, se detallan los montos:
 1. Primer año: usd 140 800 000 (13,98 % de la inversión total).
 2. Segundo año: usd 140 800 000 (13,98 % de la inversión total).
 3. Tercer año: usd 114 400 000 (11,36 % de la inversión total).
 4. Cuarto año: usd 114 400 000 (11,36 % de la inversión total).
 5. Quinto año: usd 124 190 000 (12,33 % de la inversión total).
 6. Sexto año: usd 124 190 000 (12,33 % de la inversión total).
 7. Séptimo año: usd 124 190 000 (12,33 % de la inversión total).
 8. Octavo año: usd 124 190 000 (12,33 % de la inversión total).

A continuación, se detalla cómo sería la toma del préstamo por parte del Estado (Municipal y/o Provincial) para llevar a cabo este proyecto de movilidad:

- Entidad que otorga el préstamo: Banco Central de Japón
- Tipo de Préstamo: Sistema Francés
- Monto total: usd 1 007 160 000 (dólares)
- Plazo: 30 años a partir de la puesta en operación del proyecto
- Tasa de Interés: 3,2 % anual
- Plazo de gracia: 8 años (duración de la obra, en los que no se paga amortización, pero si intereses de la deuda)
- Forma de pago y modalidad de desembolso préstamo:
 1. Intereses: Se pagan desde el inicio sobre los desembolsos efectivos.
 2. Capital: Se comienza con la amortización en el año 9.
 3. Desembolso: Anual escalonado.

Aclaración especial merece el caso de la entidad que otorgaría el préstamo ya que menciona al Banco Central de Japón ya que el mismo informo su interés de financiar el proyecto si es Hitachi Rail Systems Co el proveedor de los vehículos como así también de la tecnología. Seguidamente se presentan los detalles de la amortización del crédito solicitado por el Estado (Municipal y/o Provincial):

Costos de operación y mantenimiento (O&M)

Seguidamente se detallan aquellos costos involucrados en el proyecto del Monorriel Elevado.

El costo se analiza por kilómetro ya que de esta manera se puede prorratear tanto el costo de la obra civil como así también de la implementación de tecnología.

Mención especial es el cálculo de la depreciación del material rodante Los activos de la unidad de producción se deprecian a través del método de línea recta.

Año	Intereses	Amortización	Cuota total	Saldo
2021	\$ 4.568.177,78	\$ -	\$ 4.568.177,78	\$ 1.007.160.000,00
2022	\$ 9.136.355,56	\$ -	\$ 9.136.355,56	\$ 1.007.160.000,00
2023	\$ 12.848.000,00	\$ -	\$ 12.848.000,00	\$ 1.007.160.000,00
2024	\$ 16.605.013,33	\$ -	\$ 16.605.013,33	\$ 1.007.160.000,00
2025	\$ 20.588.920,00	\$ -	\$ 20.588.920,00	\$ 1.007.160.000,00
2026	\$ 24.618.195,56	\$ -	\$ 24.618.195,56	\$ 1.007.160.000,00
2027	\$ 28.647.471,11	\$ -	\$ 28.647.471,11	\$ 1.007.160.000,00
2028	\$ 32.766.272,00	\$ -	\$ 32.766.272,00	\$ 1.007.160.000,00
2029	\$ 32.614.168,89	\$ 4.507.190,95	\$ 37.121.359,83	\$ 1.002.652.809,05
2030	\$ 32.407.361,00	\$ 9.158.612,00	\$ 41.565.973,00	\$ 993.494.197,05
2031	\$ 32.063.440,97	\$ 13.113.780,23	\$ 45.177.221,20	\$ 980.380.416,83
2032	\$ 31.637.112,01	\$ 17.195.513,84	\$ 48.832.625,84	\$ 963.184.902,99
2033	\$ 30.987.503,56	\$ 21.721.253,54	\$ 52.708.757,11	\$ 941.463.649,44
2034	\$ 30.237.227,89	\$ 26.391.816,92	\$ 56.629.044,82	\$ 915.071.832,52
2035	\$ 29.337.494,20	\$ 31.211.838,33	\$ 60.549.332,52	\$ 883.859.994,19
2036	\$ 28.283.519,81	\$ 36.186.100,42	\$ 64.469.620,23	\$ 847.673.893,78
2037	\$ 27.125.564,60	\$ 37.344.055,63	\$ 64.469.620,23	\$ 810.329.838,15
2038	\$ 25.930.554,82	\$ 38.539.065,41	\$ 64.469.620,23	\$ 771.790.772,74
2039	\$ 24.697.304,73	\$ 39.772.315,50	\$ 64.469.620,23	\$ 732.018.457,23
2040	\$ 23.424.590,63	\$ 41.045.029,60	\$ 64.469.620,23	\$ 690.973.427,63
2041	\$ 22.111.149,68	\$ 42.358.470,55	\$ 64.469.620,23	\$ 648.614.957,09
2042	\$ 20.755.678,63	\$ 43.713.941,60	\$ 64.469.620,23	\$ 604.901.015,48
2043	\$ 19.356.832,50	\$ 45.112.787,74	\$ 64.469.620,23	\$ 559.788.227,75
2044	\$ 17.913.223,29	\$ 46.556.396,94	\$ 64.469.620,23	\$ 513.231.830,80
2045	\$ 16.423.418,59	\$ 48.046.201,65	\$ 64.469.620,23	\$ 465.185.629,16
2046	\$ 14.885.940,13	\$ 49.583.680,10	\$ 64.469.620,23	\$ 415.601.949,06
2047	\$ 13.299.262,37	\$ 51.170.357,86	\$ 64.469.620,23	\$ 364.431.591,20
2048	\$ 11.661.810,92	\$ 52.807.809,31	\$ 64.469.620,23	\$ 311.623.781,89
2049	\$ 9.971.961,02	\$ 54.497.659,21	\$ 64.469.620,23	\$ 257.126.122,68
2050	\$ 8.228.035,93	\$ 56.241.584,31	\$ 64.469.620,23	\$ 200.884.538,37
2051	\$ 6.428.305,23	\$ 49.028.524,06	\$ 55.456.829,29	\$ 151.856.014,31
2052	\$ 4.859.392,46	\$ 41.584.645,88	\$ 46.444.038,34	\$ 110.271.368,43
2053	\$ 3.528.683,79	\$ 35.592.461,91	\$ 39.121.145,70	\$ 74.678.906,52
2054	\$ 2.389.725,01	\$ 29.408.528,05	\$ 31.798.253,05	\$ 45.270.378,48
2055	\$ 1.448.652,11	\$ 22.400.037,68	\$ 23.848.689,79	\$ 22.870.340,80
2056	\$ 731.850,91	\$ 15.167.275,62	\$ 15.899.126,53	\$ 7.703.065,18
2057	\$ 246.498,09	\$ 7.703.065,18	\$ 7.949.563,26	-\$ 0,00
Total	\$ 672.764.669,08	\$ 1.007.160.000,00	\$ 1.679.924.669,08	

Figura 7. Cronograma de devolución del crédito (amortizaciones e Intereses)

COSTOS DE OPERACIÓN			
DESCRIPCION	MONTO	UNIDAD	% DEL COSTO TOTAL
Sueldos (Personal y Operarios)	7.452.984	USD / AÑO	41,23%
Mantenimiento & Gtos de Oficina & Administrativos	2.215.752	USD / AÑO	12,26%
Energía & Materiales & Diversos	5.035.800	USD / AÑO	27,86%
Impuestos	251.790	USD / AÑO	1,39%
Gtos Financieros	1.309.308	USD / AÑO	7,24%
Publicidad	100.716	USD / AÑO	0,56%
Mantenimiento Material Rodante	201.432	USD / AÑO	1,11%
Depreciacion Material Rodante	1.510.740	USD / AÑO	8,36%
TOTAL COSTOS POR AÑO	18.078.522	USD / AÑO	100%
TOTAL COSTOS POR MES	1.506.544	USD / MES	100%

Figura 8. Costos de operación y mantenimiento (O&M)

$$D = (V_i) / VU$$

Donde:

D = Depreciación

V_i = Valor Inicial (Valor de Mercado del Bien)

VU = Vida Útil (30 años)

El cálculo de las depreciaciones anuales para el proyecto se muestra en la siguiente figura:

Descripción	45 unidades
Valor Inicial (usd)	\$ 45.322.200,00
Vida Útil (años)	30
Depreciación Anual (usd)	\$ 1.510.740,00

Figura 9. Depreciación anual del material rodante

Ingresos

Supuestos y Consideraciones generales

El proyecto tiene previsto comenzar su actividad en el 2023 con la inauguración de la línea B uniendo el Estadio Kempes con el Centro Cívico, en 2025 arrancaría la línea C conectando la Universidad Católica de Córdoba con el centro de la ciudad y en 2029 se completaría el sistema con la puesta en marcha de la línea A vinculado el sector norte de la ciudad con su zona central.

Tomando como ejemplo, el proyecto base contaría en un principio con 14 vagones (línea B) con una capacidad total máxima para transportar de 80 395 pasajeros por día por sentido. Este valor se llega multiplicando la capacidad máxima total diaria a transportar por la franja horaria del servicio de 18 horas (con frecuencia constante asumida de 6 la mañana hasta la medianoche). El servicio operaría los sábados y domingos y los feriados, con frecuencia reducida a la de los días laborables. Si se multiplica la capacidad máxima diaria posible de pasajeros por los 365 días del año da una capacidad máxima anual de 29 344 175 pasajeros por año. Se debe tener en cuenta que los mayores ingresos por venta de boletos no se lograrían en los primeros años de vida del proyecto por lo que se estima que en condiciones económicas y de operación normales, el monorriel operaría a un 95 % de su capacidad máxima instalada. Cada línea arrancaría con una capacidad del 70 % de su capacidad máxima instalada en el primer año de operación, un 80 % para el segundo año, un 90 % para el tercer año y un 95 % desde el cuarto año hasta el fin de la vida útil del proyecto.

Ingresos Proyectados

Se estima que el precio del boleto será de usd 1; asimismo se prevé un ingreso por publicidad que podrá ser externa o interna.

Para este estudio, el usuario del servicio pagará el 100 % del precio del boleto; es potestad del estado tomar la decisión de subvencionar parte de este para que el costo para el pasajero sea menor.

A continuación, se detalla una estimación de ingresos proyectada a 40 años teniendo en cuenta el inicio de operación de cada línea y su índice de ocupación

Como se observa y tal como se indicó anteriormente, los ingresos (por ventas y por publicidad) comienzan a percibirse a partir del año 2023 del flujo de fondos, año en el que comienza a funcionar la línea B.

Flujo de Caja

El flujo de caja o flujo de fondos son aquellos movimientos de entradas y salidas de caja o efectivo, en un período dado. El flujo de caja es la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado por lo que constituye un indicador de la liquidez de una empresa o proyecto.

El estudio de los flujos de caja puede ser utilizado para:

- Analizar la viabilidad de proyectos de inversión: calculando el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Analizar la rentabilidad y el crecimiento de un negocio o proyecto
- Determinar problemas de liquidez: el análisis del flujo de caja permite anticipar los saldos en dinero.

Teniendo como referencia la figura 11 se confecciona el flujo de caja para los 40 años de vida útil del proyecto.

Lineas A + B + C				
Año	% de cap. max.	Ingr. por vtas (usd)	Ingr. por publicidad (usd)	Total Ingr. (usd)
2021	0%	0	0	0
2022	0%	0	0	0
2023	70%	20.540.923	18.000	20.558.923
2024	80%	23.475.340	18.000	23.493.340
2025	90%	39.617.830	36.000	39.653.830
2026	95%	42.971.906	36.000	43.007.906
2027	95%	44.858.774	36.000	44.894.774
2028	95%	45.802.208	36.000	45.838.208
2029	95%	64.040.053	54.000	64.094.053
2030	95%	66.645.460	54.000	66.699.460
2031	95%	81.674.627	54.000	81.728.627
2032	95%	83.200.582	54.000	83.254.582
2033	95%	83.200.582	54.000	83.254.582
2034	95%	83.200.582	54.000	83.254.582
2035	95%	83.200.582	54.000	83.254.582
2036	95%	83.200.582	54.000	83.254.582
2037	95%	83.200.582	54.000	83.254.582
2038	95%	83.200.582	54.000	83.254.582
2039	95%	83.200.582	54.000	83.254.582
2040	95%	83.200.582	54.000	83.254.582
2041	95%	97.344.861	54.000	97.398.861
2042	95%	97.344.861	54.000	97.398.861
2043	95%	97.344.861	54.000	97.398.861
2044	95%	97.344.861	54.000	97.398.861
2045	95%	97.344.861	54.000	97.398.861
2046	95%	97.344.861	54.000	97.398.861
2047	95%	97.344.861	54.000	97.398.861
2048	95%	97.344.861	54.000	97.398.861
2049	95%	97.344.861	54.000	97.398.861
2050	95%	97.344.861	54.000	97.398.861
2051	95%	114.232.280	54.000	114.286.280
2052	95%	114.232.280	54.000	114.286.280
2053	95%	114.232.280	54.000	114.286.280
2054	95%	114.232.280	54.000	114.286.280
2055	95%	114.232.280	54.000	114.286.280
2056	95%	114.232.280	54.000	114.286.280
2057	95%	114.232.280	54.000	114.286.280
2058	95%	114.232.280	54.000	114.286.280
2059	95%	114.232.280	54.000	114.286.280
2060	95%	114.232.280	54.000	114.286.280

Figura 10. Proyección de ingresos

Lineas A + B + C			
Año	Ingr. por vtas (usd)	Ingr. por publicidad (usd)	Total de Ingr.(usd)
2021	0	0	0
2022	0	0	0
2023	20.540.923	18.000	20.558.923
2024	23.475.340	18.000	23.493.340
2025	39.617.830	36.000	39.653.830
2026	42.971.906	36.000	43.007.906
2027	44.858.774	36.000	44.894.774
2028	45.802.208	36.000	45.838.208
2029	64.040.053	54.000	64.094.053
2030	66.645.460	54.000	66.699.460
2031	81.674.627	54.000	81.728.627
2032	83.200.582	54.000	83.254.582
2033	83.200.582	54.000	83.254.582
2034	83.200.582	54.000	83.254.582
2035	83.200.582	54.000	83.254.582
2036	83.200.582	54.000	83.254.582
2037	83.200.582	54.000	83.254.582
2038	83.200.582	54.000	83.254.582
2039	83.200.582	54.000	83.254.582
2040	83.200.582	54.000	83.254.582
2041	97.344.861	54.000	97.398.861
2042	97.344.861	54.000	97.398.861
2043	97.344.861	54.000	97.398.861
2044	97.344.861	54.000	97.398.861
2045	97.344.861	54.000	97.398.861
2046	97.344.861	54.000	97.398.861
2047	97.344.861	54.000	97.398.861
2048	97.344.861	54.000	97.398.861
2049	97.344.861	54.000	97.398.861
2050	97.344.861	54.000	97.398.861
2051	114.232.280	54.000	114.286.280
2052	114.232.280	54.000	114.286.280
2053	114.232.280	54.000	114.286.280
2054	114.232.280	54.000	114.286.280
2055	114.232.280	54.000	114.286.280
2056	114.232.280	54.000	114.286.280
2057	114.232.280	54.000	114.286.280
2058	114.232.280	54.000	114.286.280
2059	114.232.280	54.000	114.286.280
2060	114.232.280	54.000	114.286.280

Figura 11. Flujo de caja - proyección de ingresos en dólares

Egresos Netos (Usd)						
Año	Préstamo recibido	Inversiones	Costos totales (O&M)	Intereses Préstamo	Amortización Préstamo	Total Egresos
2021	\$ 140.800.000,00	\$ 140.800.000,00	\$ -	\$ 4.568.177,78	\$ -	\$ 4.568.177,78
2022	\$ 140.800.000,00	\$ 140.800.000,00	\$ -	\$ 9.136.355,56	\$ -	\$ 9.136.355,56
2023	\$ 114.400.000,00	\$ 114.400.000,00	\$ 5.054.720,00	\$ 12.848.000,00	\$ -	\$ 17.902.720,00
2024	\$ 114.400.000,00	\$ 114.400.000,00	\$ 5.054.720,00	\$ 16.605.013,33	\$ -	\$ 21.659.733,33
2025	\$ 124.190.000,00	\$ 124.190.000,00	\$ 9.161.680,00	\$ 20.588.920,00	\$ -	\$ 29.750.600,00
2026	\$ 124.190.000,00	\$ 124.190.000,00	\$ 9.161.680,00	\$ 24.618.195,56	\$ -	\$ 33.779.875,56
2027	\$ 124.190.000,00	\$ 124.190.000,00	\$ 9.161.680,00	\$ 28.647.471,11	\$ -	\$ 37.809.151,11
2028	\$ 124.190.000,00	\$ 124.190.000,00	\$ 9.161.680,00	\$ 32.766.272,00	\$ -	\$ 41.927.952,00
2029			\$ 18.078.522,00	\$ 32.614.168,89	\$ 4.507.190,95	\$ 55.199.881,83
2030			\$ 18.078.522,00	\$ 32.407.361,00	\$ 9.158.612,00	\$ 59.644.495,00
2031			\$ 18.078.522,00	\$ 32.063.440,97	\$ 13.113.780,23	\$ 63.255.743,20
2032			\$ 18.078.522,00	\$ 31.637.112,01	\$ 17.195.513,84	\$ 66.911.147,84
2033			\$ 18.078.522,00	\$ 30.987.503,56	\$ 21.721.253,54	\$ 70.787.279,11
2034			\$ 18.078.522,00	\$ 30.237.227,89	\$ 26.391.816,92	\$ 74.707.566,82
2035			\$ 18.078.522,00	\$ 29.337.494,20	\$ 31.211.838,33	\$ 78.627.854,52
2036			\$ 18.078.522,00	\$ 28.283.519,81	\$ 36.186.100,42	\$ 82.548.142,23
2037			\$ 18.078.522,00	\$ 27.125.564,60	\$ 37.344.055,63	\$ 82.548.142,23
2038			\$ 18.078.522,00	\$ 25.930.554,82	\$ 38.539.065,41	\$ 82.548.142,23
2039			\$ 18.078.522,00	\$ 24.697.304,73	\$ 39.772.315,50	\$ 82.548.142,23
2040			\$ 18.078.522,00	\$ 23.424.590,63	\$ 41.045.029,60	\$ 82.548.142,23
2041			\$ 18.078.522,00	\$ 22.111.149,68	\$ 42.358.470,55	\$ 82.548.142,23
2042			\$ 18.078.522,00	\$ 20.755.678,63	\$ 43.713.941,60	\$ 82.548.142,23
2043			\$ 18.078.522,00	\$ 19.356.832,50	\$ 45.112.787,74	\$ 82.548.142,23
2044			\$ 18.078.522,00	\$ 17.913.223,29	\$ 46.556.396,94	\$ 82.548.142,23
2045			\$ 18.078.522,00	\$ 16.423.418,59	\$ 48.046.201,65	\$ 82.548.142,23
2046			\$ 18.078.522,00	\$ 14.885.940,13	\$ 49.583.680,10	\$ 82.548.142,23
2047			\$ 18.078.522,00	\$ 13.299.262,37	\$ 51.170.357,86	\$ 82.548.142,23
2048			\$ 18.078.522,00	\$ 11.661.810,92	\$ 52.807.809,31	\$ 82.548.142,23
2049			\$ 18.078.522,00	\$ 9.971.961,02	\$ 54.497.659,21	\$ 82.548.142,23
2050			\$ 18.078.522,00	\$ 8.228.035,93	\$ 56.241.584,31	\$ 82.548.142,23
2051			\$ 16.567.782,00	\$ 6.428.305,23	\$ 49.028.524,06	\$ 72.024.611,29
2052			\$ 16.567.782,00	\$ 4.859.392,46	\$ 41.584.645,88	\$ 63.011.820,34
2053			\$ 16.567.782,00	\$ 3.528.683,79	\$ 35.592.461,91	\$ 55.688.927,70
2054			\$ 16.567.782,00	\$ 2.389.725,01	\$ 29.408.528,05	\$ 48.366.035,05
2055			\$ 16.567.782,00	\$ 1.448.652,11	\$ 22.400.037,68	\$ 40.416.471,79
2056			\$ 16.567.782,00	\$ 731.850,91	\$ 15.167.275,62	\$ 32.466.908,53
2057			\$ 16.567.782,00	\$ 246.498,09	\$ 7.703.065,18	\$ 24.517.345,26
2058			\$ 16.567.782,00			\$ 16.567.782,00
2059			\$ 16.567.782,00			\$ 16.567.782,00
2060			\$ 16.567.782,00			\$ 16.567.782,00

Figura 12. Flujo de caja - proyección de egresos en dólares

Año	Total Egresos	Total de Ingr.	Flujo de Fondo Bruto
2021	\$ 4.568.177,78	\$ -	-\$ 4.568.177,78
2022	\$ 9.136.355,56	\$ -	-\$ 9.136.355,56
2023	\$ 17.902.720,00	\$ 20.558.922,50	\$ 2.656.202,50
2024	\$ 21.659.733,33	\$ 23.493.340,00	\$ 1.833.606,67
2025	\$ 29.750.600,00	\$ 39.653.830,00	\$ 9.903.230,00
2026	\$ 33.779.875,56	\$ 43.007.906,25	\$ 9.228.030,69
2027	\$ 37.809.151,11	\$ 44.894.773,75	\$ 7.085.622,64
2028	\$ 41.927.952,00	\$ 45.838.207,50	\$ 3.910.255,50
2029	\$ 55.199.881,83	\$ 64.094.053,00	\$ 8.894.171,17
2030	\$ 59.644.495,00	\$ 66.699.459,50	\$ 7.054.964,50
2031	\$ 63.255.743,20	\$ 81.728.626,50	\$ 18.472.883,30
2032	\$ 66.911.147,84	\$ 83.254.582,00	\$ 16.343.434,16
2033	\$ 70.787.279,11	\$ 83.254.582,00	\$ 12.467.302,89
2034	\$ 74.707.566,82	\$ 83.254.582,00	\$ 8.547.015,18
2035	\$ 78.627.854,52	\$ 83.254.582,00	\$ 4.626.727,48
2036	\$ 82.548.142,23	\$ 83.254.582,00	\$ 706.439,77

2037	\$ 82.548.142,23	\$ 83.254.582,00	\$ 706.439,77
2038	\$ 82.548.142,23	\$ 83.254.582,00	\$ 706.439,77
2039	\$ 82.548.142,23	\$ 83.254.582,00	\$ 706.439,77
2040	\$ 82.548.142,23	\$ 83.254.582,00	\$ 706.439,77
2041	\$ 82.548.142,23	\$ 97.398.861,25	\$ 14.850.719,02
2042	\$ 82.548.142,23	\$ 97.398.861,25	\$ 14.850.719,02
2043	\$ 82.548.142,23	\$ 97.398.861,25	\$ 14.850.719,02
2044	\$ 82.548.142,23	\$ 97.398.861,25	\$ 14.850.719,02
2045	\$ 82.548.142,23	\$ 97.398.861,25	\$ 14.850.719,02
2046	\$ 82.548.142,23	\$ 97.398.861,25	\$ 14.850.719,02
2047	\$ 82.548.142,23	\$ 97.398.861,25	\$ 14.850.719,02
2048	\$ 82.548.142,23	\$ 97.398.861,25	\$ 14.850.719,02
2049	\$ 82.548.142,23	\$ 97.398.861,25	\$ 14.850.719,02
2050	\$ 82.548.142,23	\$ 97.398.861,25	\$ 14.850.719,02
2051	\$ 72.024.611,29	\$ 114.286.279,75	\$ 42.261.668,46
2052	\$ 63.011.820,34	\$ 114.286.279,75	\$ 51.274.459,41
2053	\$ 55.688.927,70	\$ 114.286.279,75	\$ 58.597.352,05
2054	\$ 48.366.035,05	\$ 114.286.279,75	\$ 65.920.244,70
2055	\$ 40.416.471,79	\$ 114.286.279,75	\$ 73.869.807,96
2056	\$ 32.466.908,53	\$ 114.286.279,75	\$ 81.819.371,22
2057	\$ 24.517.345,26	\$ 114.286.279,75	\$ 89.768.934,49
2058	\$ 16.567.782,00	\$ 114.286.279,75	\$ 97.718.497,75
2059	\$ 16.567.782,00	\$ 114.286.279,75	\$ 97.718.497,75
2060	\$ 16.567.782,00	\$ 114.286.279,75	\$ 97.718.497,75

Figura 13. Flujo Fondo Bruto en dólares

La fórmula para el cálculo del Flujo de Fondos Bruto es la siguiente:

$$\text{FFB} = \text{Ti} - \text{Te}$$

Donde:

FFB = Utilidad Bruta

Ti = Total de ingresos

Te = Total de egresos

Análisis de indicadores para el proyecto

El VAN (Valor Actual Neto) y la TIR (Tasa Interna de Retorno) son dos indicadores financieros ampliamente utilizados en la evaluación económica- financiera de proyectos, que permiten valorar en definitiva la rentabilidad de un proyecto de inversión.

Valor actual Neto (VAN)

El análisis del Valor Actual Neto (VAN) es una herramienta que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados previamente por una inversión.

Asimismo, el VAN ayuda a determinar cuál proyecto es el más rentable entre varias opciones de inversión.

A través de este instrumento de evaluación financiera se logra constatar si el proyecto genera una tasa de rentabilidad mayor que una tasa predeterminada y utilizada para la actualización de los flujos de caja. De no ser así, la inversión tendrá un VAN negativo y el proyecto debería rechazarse desde el punto de vista financiero.

La metodología consiste en descontar al momento actual (actualizando con una tasa de descuento) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La fórmula que permite obtener el VAN de un proyecto es:

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

Siendo:

V_t = Monto Neto del Flujo de Caja en período t

I_0 = Monto de la Inversión Inicial (Pública + Privada)

k = Tasa de Descuento

n = 30 años, la vida útil del proyecto

t = Año, período de evaluación

La tasa de descuento (k) utilizada para la actualización de los flujos proyectados es el costo de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima que se espera ganar. Para este proyecto se asume que la tasa de oportunidad será del 5 %, valor nominal estándar para inversiones en dólares a nivel regional.

Si el VAN es mayor a 0 la inversión daría ganancias por lo que se podría aceptar el proyecto, si el resultado de este indicador es menor a 0, la inversión no daría ganancias por lo que se podría rechazar el proyecto mientras que si el VAN es igual a cero la inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas por lo que el aceptar o rechazar un proyecto debería basarse en otros criterios (rentabilidad social, etc.).

El total de la inversión estimada del Monorriel es de usd 1 007 160 000 lo que representa 2,7 veces menos inversión que la relacionada con el sistema de Subterráneos, considerado y presentado con anterioridad aspecto que es importante, y justifica optar por el proyecto del monorriel.

En base a la información precedentes y a la información disponible, el cálculo del indicador VAN para el Proyecto del Monorriel Elevado es: VAN: usd 97 699 063

El Proyecto en cuestión, según los criterios de aceptación anteriormente expuestos para el VAN, puede ser aceptado

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento que anula la diferencia entre el valor actualizado del flujo neto de caja con la inversión inicial, resumiendo es la tasa de descuento con la cual el VAN es igual a cero.

La Tasa Interna de Retorno (o TIR) de un proyecto se constituye como un fiel indicador de la rentabilidad de este. Es decir, a mayor TIR, mayor rentabilidad.

El cálculo de la TIR surge mediante la siguiente fórmula:

Despejando la TIR de la ecuación, se obtiene su valor, que deberá ser comparado con el valor de la tasa de descuento asumida (k), o tasa de costo de oportunidad. El criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es el siguiente:

Si la TIR es mayor o igual a la tasa de descuento, se debería aceptar el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el coste de oportunidad).

Si la TIR es menor o igual a la tasa de descuento, se debería rechazar el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

A continuación, se detalla el resultado del indicador TIR para el Proyecto del Monorriel Elevado: TIR: 43,45 %

El Proyecto en cuestión, según los criterios de aceptación anteriormente expuestos para la TIR, puede ser aceptado.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

Donde:

V_t = Monto del Flujo de Caja en el período t

I_0 = Monto de la Inversión Inicial (Pública + Privada)

n = 30 años, la vida útil del proyecto

t = Año, período de evaluación

Análisis de Sensibilidad

Los parámetros con los que fue realizado el Flujo de Fondos futuro del Proyecto son muy sensibles e impactan financieramente de manera importante en las proyecciones realizadas, en el análisis económico-financiero realizado y en las decisiones a tomar sobre el proyecto de Monorriel formulado en la presente Tesis.

Todo esto sin tener en cuenta otras variables importantes (ambientales, sociales, mejores servicios a la población, etc) que impactan de manera positiva en caso de implementarse el proyecto de inversión formulado en la presente tesis.

Realizando un análisis de sensibilidad financiera sobre el Flujo de Fondos futuro del Proyecto, modificando de a una vez las

variables sensibles que impactan en las proyecciones realizadas surgen lo siguiente:

Tabla 1. Baja en el precio del boleto de usd 1 a usd 0,85

Tasa Costo de Capital	5,00 %
VAN	- 20 546 479
TIR	3,12 %
Tasa Descuento Pública	2,00 %
Tasa Préstamo recibido	3,20 %

En este caso, el Proyecto de Inversión de acuerdo a los criterios de aceptación anteriormente expuestos, mostraría un VAN negativo de usd – 20,5 Millones, por lo tanto, este proyecto desde el punto de vista meramente financiero no sería viable.

Tabla 2. Incremento en la tasa del costo de capital del 5 % anual al 43,45 % anual

Tasa Costo de Capital	43,45 %
VAN	-0
TIR	43,45 %
Tasa Descuento Pública	2,00 %
Tasa Préstamo recibido	3,20 %

En este caso, el Proyecto de Inversión al tener una tasa de costo de capital del 43,45 % anual equivalente a la TIR, y de acuerdo con los criterios de aceptación anteriormente expuestos, mostraría un VAN igual a cero, el cual estaría en el punto de equilibrio financiero.

Tabla 3. Fuerte incremento en la tasa de Descuento Pública de 2 % anual al 26 % anual

Tasa Costo de Capital	5,00 %
VAN	265 475
TIR	19,71 %
Tasa Descuento Pública	26,00 %
Tasa Préstamo recibido	3,20 %

En este caso, el Proyecto de Inversión al tener una tasa de Descuento Pública del 26 % anual que es 13 veces mayor a la tasa presentada en la tesis, de acuerdo con los criterios de aceptación anteriormente expuestos, mostraría un VAN levemente positivo de usd 0,27 Millones, por lo tanto, este proyecto se ve fuertemente afectado y desde el punto de vista meramente financiero sería apenas viable.

Tabla 4. Incremento en la tasa del préstamo recibido del 3,20 % anual al 4,60 % anual

Tasa Costo de Capital	5,00 %
VAN	- 4 669 851
TIR	4,69 %
Tasa Descuento Pública	2,00 %
Tasa Préstamo recibido	4,60 %

En este caso, el Proyecto de Inversión al tener una tasa del préstamo recibido del 4,60 % anual (o sea un 44 % superior a la tasa del préstamo expuesta en la tesis), de acuerdo con los criterios de aceptación anteriormente expuestos, mostraría un VAN negativo de usd – 4,7 Millones, por lo tanto, este proyecto desde el punto de vista meramente financiero no sería viable.

CONCLUSIONES

En cuanto a la infraestructura se infiere que el Monorriel Elevado no produce en su etapa de construcción impactos que alteren en forma significativa las actividades normales de la ciudad. De igual modo en la operación del sistema, sus efectos o externalidades no resultan ser negativas para el ambiente urbano en el cual se emplaza.

Con respecto al aspecto económico financiero este proyecto es completamente viable desde el punto de vista financiero, aun

teniendo que tomar un préstamo internacional (con un plazo de treinta años – después de 8 años de gracia – considerando el año en que se recibe cada parte de dicho financiamiento), buscando que el Monorriel a través del valor del boleto pueda cubrir tanto sus costos de construcción, como así también sus costos de operación y de financiamiento.

El VAN del proyecto Monorriel es positivo por un valor de usd 97 699 063 agregando valor a la inversión total de usd 1 007 160 000, por lo tanto, desde el punto de vista financiero se debe aceptar el proyecto.

Por su parte, la TIR del proyecto Monorriel es de 43,45 % y es mayor a la tasa de costo de capital de este, por lo tanto y en línea con el criterio del VAN, se debería aceptar el proyecto desde el punto de vista financiero, ya que genera una rentabilidad mayor que la rentabilidad requerida por los inversores.

Desde el punto de vista comercial, el ingreso del Monorriel al mercado del transporte público generará un cambio desde el actual sistema Monopólico de buses (con tres empresas operando el 100 % del mercado) a un Sistema Oligopólico, por la incorporación de dicho sistema alternativo y complementario.

La concentración del sistema urbano de pasajeros actual con tres empresas prestadoras del servicio desincentiva la posible entrada de nuevos competidores al mercado, con reglas no claras de funcionamiento de la autoridad de aplicación, elevando así las barreras de ingreso.

Por lo tanto, la incorporación del Monorriel en parte de las trazas en las que actualmente circulan los ómnibus reducirá gradualmente la falta de competencia comercial actual, ya que dichas empresas de buses tienen asignadas rutas diferentes y no compiten entre sí.

El ingreso del Monorriel traerá con el paso del tiempo mejoras al sistema de Transporte urbano de pasajeros, a partir de mayores opciones para el usuario, menores tiempos de viaje y espera, mejor servicio y a futuro menores costos relativos de los pasajes, por la competencia entre ambos sistemas de transporte urbano, que la misma demanda irá depurando, todo esto independientemente del esquema de subsidios que esté vigente para financiar al transporte.

Para concluir, tal como se menciona en el artículo “Conceptualización de la rentabilidad social en el ámbito del transporte público” la importancia de contar con un sistema de transporte público de calidad no puede ser analizado solo desde la perspectiva de económica y financiera, sino también desde una visión social cuando se alude que “La misión social del transporte público hace que el análisis de la rentabilidad social ligada a sus inversiones tenga un interés significativo, no sólo como justificación a la cuantía de los recursos destinados a financiarlas, sino también en lo que respecta al interés por valorar y cuantificar el cumplimiento de dicha misión social”.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

Curación de datos: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

Análisis formal: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

Redacción – borrador original: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

Redacción – revisión y edición: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Comisión de las Comunidades Europeas. Libro verde: hacia una nueva cultura de la movilidad urbana. Bruselas: Comisión de las Comunidades Europeas; 2007.
2. Ramírez L. Migración interna, movilidad espacial y reconfiguraciones territoriales. Serie Sociedad. 2006;(2): Cuadernos de ideas N° 2. ISSN 1668-057X. Argentina.
3. Jones E. La geografía: pasado y futuro. México: Fondo de Cultura Económica; 1980.
4. Instituto Geográfico Nacional de España. <https://www.ign.es/web/ign/portal/inicio>
5. Ambrosio González M. Intermodalidad [Internet]. Madrid: Instituto Geográfico Nacional de España; 2009. https://www.ign.es/espmaph/fichas_transporte_bach/pdf/TyC_Ficha_02.pdf
6. Organización de las Naciones Unidas (ONU). Nuestro futuro mejor. Informe Brundtland. 1987 <https://web.archive.org/web/20111003074433/http://worldinbalance.net/intagreements/1987-brundtland.php>
7. David F. La gerencia estratégica. Santafé de Bogotá: Legis; 1990.

8. Kotler P, Bloom P. Mercadeo de servicios profesionales. Santafé de Bogotá: Legis; 1988.
9. Woller G. Compensaciones entre el desempeño social y financiero. Periódico sobre Microfinanzas. 2007;9(2):14-9.
10. Hoffman C. Principios de marketing y sus mejores prácticas. México: Thompson; 2007.
11. Buchanan C. Traffic in towns: a study of the long term problems of traffic in urban areas. Londres: HMSO; 1964.
12. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Censo 2010. Tomo 1. Buenos Aires: INDEC; 2010 www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2010_tomo1.pdf
13. Municipalidad de Córdoba. Decreto Municipal 6567. Córdoba: Municipalidad de Córdoba; 2013.
14. Municipalidad de Córdoba. Ordenanza municipal N° 12076. Córdoba: Municipalidad de Córdoba; 2012. Disponible en: <https://servicios2.cordoba.gov.ar/DigestoWeb/Page/Documento.aspx?Nro=32705>
15. Asociación de Empresarios del Transporte de Córdoba. Córdoba: AETC.
16. Federación de Empresarios del Transporte Automotor de Pasajeros. Córdoba: FETAP. <https://www.fetapcordoba.com/>
17. Montamat & Asociados. Informe mensual de precios de la energía. Buenos Aires: Montamat & Asociados; 2019 mayo. www.montamat.com.ar
18. Asociación Obrera de la Industria del Transporte Automotor. Córdoba: AOITA; www.aoita.org.ar
19. Boletín Oficial de la Ciudad de Buenos Aires. Decreto N° 530/007. Buenos Aires: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires; 2007.
20. Municipalidad de Córdoba. Convenio entre Estado Nacional y la Municipalidad de Córdoba para la ejecución del Sistema Subterráneo de Transporte de Pasajeros Masivo para la Ciudad de Córdoba. Córdoba: Municipalidad de Córdoba; 2012. https://web.archive.org/web/20100117224538/http://www.cordoba.gov.ar/cordobaciudad/principal2/default.asp?ir=18_26
21. Diario La Voz del Interior. Informe especial. Córdoba: La Voz del Interior. <http://archivo.lavoz.com.ar/anexos/Informe/08/3395.pdf>
22. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba. Estudio de demanda del corredor ferroviario urbano en la ciudad de Córdoba: Proyecto Herradura Bodereau – Estación Flores. Informe final. Córdoba: Instituto Superior de Ingeniería de Transporte (ISIT), UNC; 2018.
23. Secretaría de Transporte de la Provincia de Córdoba. Anteproyecto: Propuesta de medio de Transporte Masivo Monorriel para Córdoba y Área Metropolitana. Córdoba: Secretaría de Transporte; 2018.
24. Asociación Latinoamericana de Metros y Subterráneos (ALAMYS). <https://www.alamys.org/es/>