

ORIGINAL

Feasibility analysis of the monorail as an alternative form of mass transportation in Córdoba

Análisis de factibilidad del Monorriel como alternativa de transporte masivo en Córdoba

Gabriel Raúl Bermúdez¹, Walter Robledo¹

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

Citar como: Bermúdez GR, Robledo W. Feasibility analysis of the monorail as an alternative form of mass transportation in Córdoba. *Transport, Mobility & Society*. 2022; 1:45. <https://doi.org/10.56294/tms202245>

Enviado: 21-06-2022

Revisado: 02-09-2022

Aceptado: 29-12-2022

Publicado: 30-12-2022

Editor: Prof. Emanuel Maldonado 

ABSTRACT

The study analyzed the technical and financial feasibility of implementing an elevated monorail system in the city of Córdoba and its metropolitan area as an innovative alternative to the limitations of existing public transportation. The research was conducted using a mixed-method approach, combining qualitative and quantitative methods. Interviews were conducted with stakeholders from the public and private sectors, as well as focus groups with users, which allowed for the identification of weaknesses, strengths, and opportunities for improvement in the current transportation system. The analysis revealed that Córdoba's urban transportation system had structural problems resulting from disorderly growth, overuse of private vehicles, and the inefficiency of urban buses and trolleybuses. These factors caused congestion, pollution, high social costs, and a decline in citizens' quality of life. Given this scenario, the elevated monorail was evaluated as a sustainable, safe option with greater carrying capacity, as well as environmental benefits and shorter travel times. When compared to other alternatives, such as the subway and commuter rail, the monorail performed better in terms of construction speed, investment per kilometer, operational flexibility, and economic efficiency. It also stood out for its ability to adapt to the urban landscape and its feasibility of financing through public-private partnerships. In conclusion, the study determined that the implementation of the elevated monorail represented a viable and strategic solution to improve mobility, reduce traffic congestion, and promote sustainable urban development in Córdoba and its metropolitan area.

Keywords: Monorail; Public Transportation; Technical Feasibility; Urban Mobility; Córdoba.

RESUMEN

El estudio analizó la viabilidad técnica y financiera de implementar un sistema de Monorriel Elevado en la ciudad de Córdoba y su área metropolitana, como alternativa innovadora frente a las limitaciones del transporte público existente. La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos. Se realizaron entrevistas con actores del sector público y privado, así como grupos focales con usuarios, lo que permitió identificar debilidades, fortalezas y oportunidades de mejora en el sistema de transporte actual. El análisis reveló que el transporte urbano de Córdoba presentaba problemas estructurales derivados de un crecimiento desordenado, la sobreutilización del vehículo particular y la ineficiencia de los buses urbanos y trolebuses. Estos factores provocaron congestión, contaminación, altos costos sociales y una disminución de la calidad de vida de los ciudadanos. Frente a este escenario, el Monorriel Elevado se evaluó como una opción sustentable, segura y con mayor capacidad de carga, además de beneficios ambientales y tiempos de viaje más cortos. En la comparación con otras alternativas, como el subterráneo y el tren de cercanías, el Monorriel obtuvo mejores resultados en términos de velocidad de construcción, inversión por kilómetro, flexibilidad operativa y eficiencia económica. Asimismo, se destacó su capacidad de adaptación a la trama urbana y su factibilidad de financiamiento a través de asociaciones

público-privadas. En conclusión, el estudio determinó que la implementación del Monorriel Elevado representaba una solución viable y estratégica para mejorar la movilidad, reducir la congestión vehicular y promover el desarrollo urbano sostenible en Córdoba y su región metropolitana.

Palabras clave: Monorriel; Transporte Público; Viabilidad Técnica; Movilidad Urbana; Córdoba.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como fin analizar la viabilidad técnica-financiera para la ciudad de Córdoba y su zona metropolitana del Monorriel Elevado; propuesta que sirva de alternativa para para planificar de manera ordenada e integrada la movilidad de la región.^(1,2,3,4,5)

El crecimiento de la ciudad de Córdoba hasta la década del '90 se generó de manera concéntrica a partir de un núcleo central (al igual que muchas de las principales ciudades de Argentina). Tomando como referencia al Censo nacional 2010,⁽¹⁾ Córdoba capital concentra el 40,18 % de la población de la provincia ocupando el 0,35 % del territorio provincial. Tomando un radio de 40 km aproximadamente se abarca las principales localidades vecinas, llegando a 1 619 063 de habitantes, muchos de los cuales emplean diariamente algún medio de transporte para su llegada a la ciudad.^(6,7,8,9,10)

El abordaje tradicional de los problemas de movilidad de Córdoba capital y su zona metropolitana han demostrado su incapacidad para brindar una solución novedosa, factible de implementar técnica-económica-financieramente, que sea mejor o superior a otras alternativas y sustentable.^(11,12,13,14) Tal como lo mencionan Sartori y Robledo, esta situación da como resultado la sobreutilización del transporte individual, tal como es el caso del vehículo particular generando colapsos en la infraestructura vial de la ciudad, exclusión social (para aquellos estratos poblacionales que no poseen vehículo propio) y una disminución en la utilización de los medios masivos transporte. Este contexto tiene como resultado un deterioro en la calidad de vida del ciudadano y el costo social que esto implica. "Si buscas resultados distintos no hagas siempre lo mismo" Albert Einstein.^(15,16,17,18,19)

El monorriel es sistema de transporte que opera de manera pública, transportando pasajeros desde y hacia distintos puntos o localidades mediante vagones que se desplazan gracias a una viga que funciona como único riel.^(20,21,22,23,24) En la actualidad existen dos formas de desplazamiento: montado sobre riel o suspendido. Se impulsan a través de un sistema eléctrico, siendo conducidos de manera manual o automática.^(25,26,27,28)

El propósito de este trabajo es analizar la viabilidad técnico-financiera del Monorriel Elevado, indagando a su vez sobre la participación del sector privado y público para que un proyecto de esta envergadura pueda ejecutarse.^(29,30,31,32)

Este es un proyecto orientado a analizar una nueva alternativa a los medios públicos masivos de transporte que existen actualmente en la ciudad de Córdoba y su área metropolitana (Buses urbanos y Trolebuses).^(33,34,35,36)

¿Es técnica y financieramente viable la implementación de un sistema de Monorriel Elevado en la ciudad de Córdoba y su zona metropolitana como alternativa innovadora y sustentable frente a las limitaciones del transporte público masivo actual?

Objetivo

Investigar las condiciones para la implementación de un nuevo, moderno y disruptivo medio de transporte para la ciudad de Córdoba y su zona metropolitana.

MÉTODO

Marco metodológico

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:

1. 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.

2. 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.

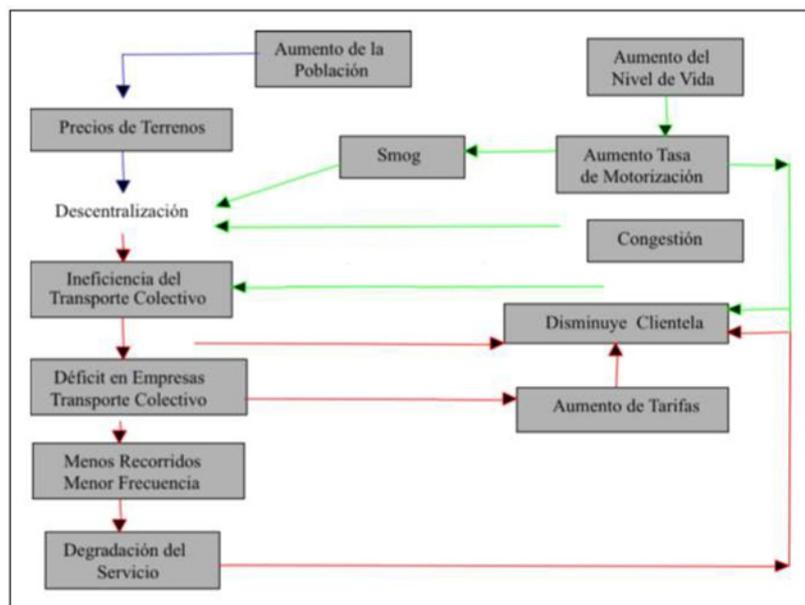
3. Secundarias: este tipo de fuente será analizada a través del estudio de trabajos relacionados a la temática planteadas, estadísticas de movilidad y demografía, reportes de organismos supranacionales, bibliografía de referentes y escritores de marcada trayectoria.

RESULTADOS

Evolución y situación actual del transporte masivo de pasajeros en Córdoba y su área metropolitana.

Círculo vicioso del Transporte Público Urbano

Este es un modelo confeccionado por Buchanan⁽¹⁸⁾ en el cual se plantea cómo un conjunto de situaciones concatenadas trae aparejadas un colapso en el sistema de transporte provocando pérdidas de rentabilidad al mismo y generando a su vez el aumento de los costos producidos por las externalidades del transporte.



Fuente: Círculo “Vicioso” del transporte⁽¹⁸⁾
 Figura 1. Círculo Vicioso del Transporte Público Urbano

Debido al incremento de la población, el precio de la tierra aumenta y por ende el precio de las viviendas mejor ubicadas se vuelven más caras provocando un proceso de descentralización que trae como consecuencia recorridos más largos y una optimización en la prestación del servicio del transporte. A su vez, debido al aumento del nivel de vida se eleva la polución ambiental y la congestión vehicular a causa de la disminución en la utilización del transporte público y un alza en la tasa de motorización. La congestión vehicular provoca una disminución en la velocidad comercial del transporte público y por ende un aumento en los tiempos de viaje, generándose una caída en la cantidad de usuarios. Esta situación genera un déficit en la empresa que brinda el servicio, la cual deberá cubrir aumentando la tarifa. Este incremento provocará luego una nueva caída de usuarios (siempre y cuando el estado no subsidie el sistema), lo cual conducirá finalmente a la precarización del servicio y su posterior colapso.

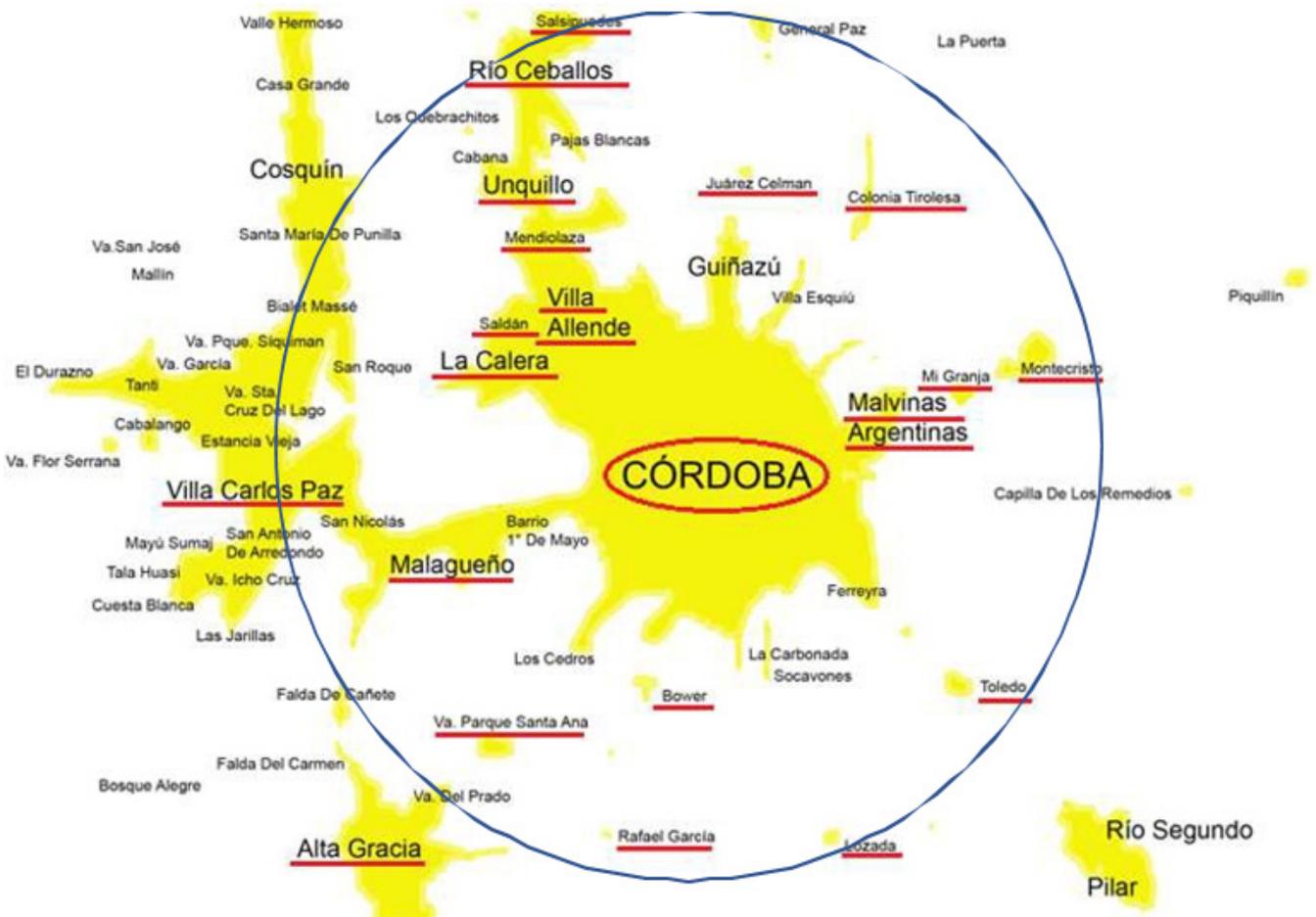
Contexto actual

Córdoba es una de las 24 provincias que integran la República de Argentina. Localizada en la zona central del país con un área de 165 321 km² se divide en 26 departamentos, representando el 4,4 % del territorio nacional. Según el censo de 2010, la Provincia posee 3 308 876 habitantes, con una densidad de 20 hab/km² y un crecimiento intercensal de la población (2001 - 2010) de 7,9 %.⁽²¹⁾ El departamento Capital integrado por la ciudad de Córdoba es la principal ciudad de la provincia.

La ciudad de Córdoba posee un ejido municipal de 576 km² de extensión, ostenta un área central densa, donde se concentran los servicios, una periferia en constante expansión, y áreas intermedias medianamente consolidadas. Todas ellas con una heterogeneidad con relación a los patrones del uso del suelo, densidades, y cobertura de servicios públicos.

Córdoba y su área metropolitana como muchas ciudades del mundo desarrollado, ha vivido en las últimas décadas un proceso evolutivo de su movilidad basado en parámetros no sostenibles en el transcurso del tiempo.

La utilización del automóvil privado en detrimento de otros medios de movilidad más sustentables, el cual se considera como emblema de la libertad individual de movimiento, ha provocado una pérdida del equilibrio tradicional en el uso del escaso espacio público.



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Área_Metropolitana_Córdoba#/media/Archivo:Gran_cordoba_mapa.png
 Figura 2. Córdoba y su Área Metropolitana

| Localidad | Departamento | Tipo | Población | Distancia (Km) |
|------------------------|--------------|-----------|------------------|----------------|
| Córdoba | Capital | Municipio | 1.329.604 | 0 |
| La Calera | Colón | Municipio | 30.339 | 9 |
| Malvinas Argentinas | Colón | Municipio | 12.568 | 16 |
| Los Cedros | Santa María | Comuna | 1.033 | 16 |
| Bouwer | Santa María | Comuna | 2.046 | 20 |
| Villa Allende | Colón | Municipio | 27.164 | 23 |
| Mi Granja | Colón | Comuna | 1.212 | 23 |
| Malagueño | Santa María | Municipio | 12.706 | 24 |
| Toledo | Santa María | Municipio | 3.869 | 24 |
| Villa Parque Santa Ana | Santa María | Comuna | 2.499 | 25 |
| Mendiolaza | Colón | Municipio | 8.126 | 26 |
| Saldán | Colón | Municipio | 10.402 | 28 |
| Estación Juárez Celman | Colón | Municipio | 11.848 | 29 |
| Monte Cristo | Río Primero | Municipio | 10.014 | 29 |
| Unquillo | Colón | Municipio | 17.183 | 31 |
| Río Ceballos | Colón | Municipio | 19.133 | 33 |
| Colonia Tirolesa | Colón | Municipio | 5.358 | 34 |
| Lozada | Santa María | Municipio | 1.119 | 35 |
| Salsipuedes | Colón | Municipio | 9.003 | 36 |
| Rafael García | Santa María | Comuna | 525 | 36 |
| Villa Carlos Paz | Punilla | Municipio | 56.454 | 37 |
| Alta Gracia | Santa María | Municipio | 46.858 | 37 |
| | | | 1.619.063 | |

Figura 3. Municipios y Comunas próximas a la Ciudad Córdoba (radio de 37 km)

Como se observa en la figura 3, el principal conglomerado es la ciudad de Córdoba capital la cual representa el 82 % de la masa poblacional del ámbito territorial analizado (Área Metropolitana de Córdoba - AMC). Este porcentaje demuestra el peso real que tiene la capital con relación a su área metropolitana a la hora de plantear soluciones novedosas y creativas a la problemática de la movilidad sustentable.

Transporte Urbano de pasajeros

A través del Decreto municipal 6.56722 de diciembre del 2013 la Municipalidad de Córdoba otorgó la Concesión del Servicio Público de Transporte Urbano de Pasajeros por el plazo de 10 años solo para el caso de los corredores explotados por las empresas privadas. En marzo del 2014 comenzó a funcionar ese sistema. En la actualidad, Servicio Público de Transporte Urbano de Pasajeros de la ciudad de Córdoba está compuesto de la siguiente manera:

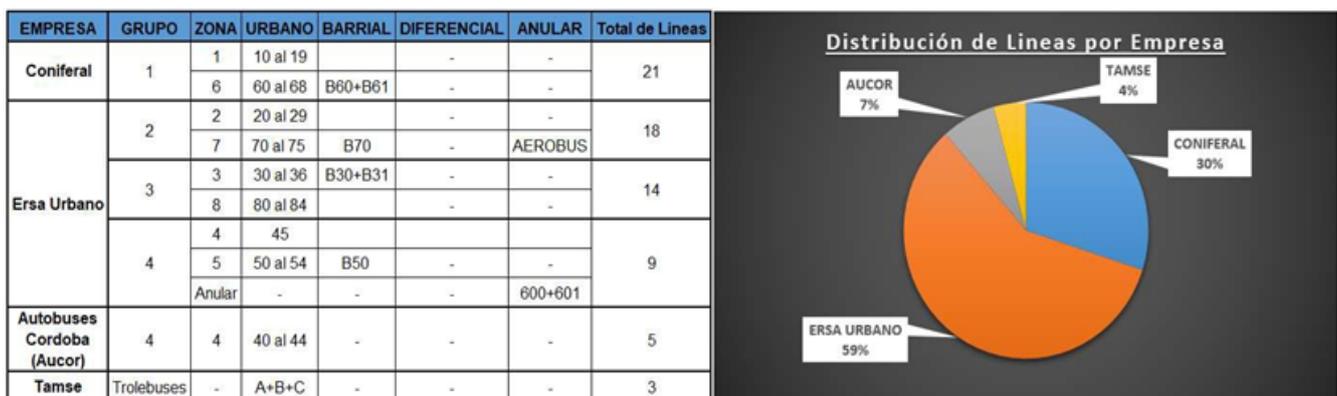


Figura 4. Distribución de líneas de Transporte por Empresa

La empresa Ersa Urbano opera el 59 % de los corredores que posee la ciudad mientras que Tamse (Transporte Automotor Municipal Sociedad del Estado) explota comercialmente solo el 4 % de los mismos. Autobuses Córdoba (Aucor) administra 5 líneas (7 %) y Coniferal 21 corredores (30 %) respectivamente.

A continuación, se detalla un gráfico y una tabla con la evolución de los viajes realizados a través del Servicio Público de Transporte Urbano de Pasajeros desde el año 2014 al año 2018 inclusive.

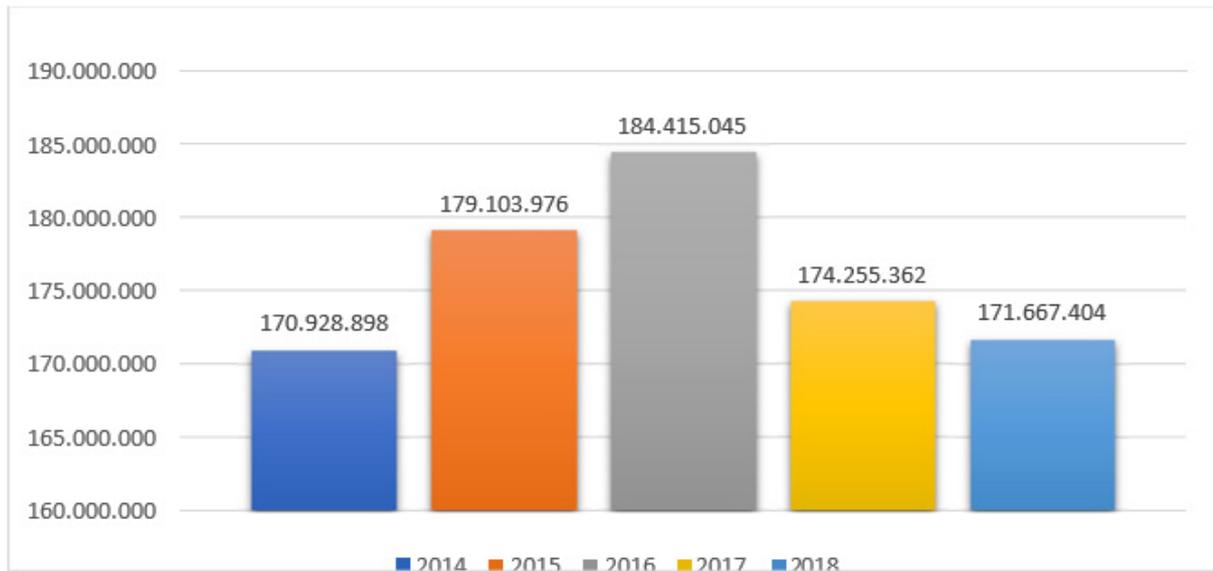


Figura 5. Evolución del Transporte Urbano de Pasajeros 2014-2018

| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Enero | 9.945.083 | 10.788.585 | 10.745.641 | 11.600.806 | 11.192.780 |
| Febrero | 11.935.001 | 11.370.304 | 12.014.280 | 11.584.371 | 11.261.311 |
| Marzo | 13.169.074 | 14.976.727 | 16.508.639 | 16.471.492 | 15.476.803 |
| Abril | 13.981.700 | 16.239.156 | 16.406.409 | 14.856.052 | 15.574.957 |
| Mayo | 15.455.448 | 16.324.585 | 16.213.608 | 16.639.236 | 16.264.169 |
| Junio | 15.200.191 | 16.518.012 | 15.991.083 | 10.477.443 | 14.505.203 |
| Julio | 13.460.214 | 14.873.176 | 14.002.043 | 13.832.039 | 13.356.545 |
| Agosto | 15.362.407 | 15.576.634 | 17.779.353 | 17.038.029 | 16.121.013 |
| Septiembre | 16.214.146 | 16.516.851 | 17.074.060 | 16.193.048 | 14.533.156 |
| Octubre | 17.201.769 | 17.149.597 | 16.902.068 | 16.610.046 | 16.073.376 |
| Noviembre | 14.791.166 | 15.356.733 | 16.889.031 | 15.798.068 | 14.957.757 |
| Diciembre | 14.212.699 | 13.413.616 | 13.888.830 | 13.154.732 | 12.350.334 |
| | 170.928.898 | 179.103.976 | 184.415.045 | 174.255.362 | 171.667.404 |

Figura 6. Cantidad de pasajeros 2014-2018 del Servicio Urbano de Pasajeros

Como se observa tanto en el gráfico como en la tabla, el pico de viajes se manifiesta en el año 2016 con 184 415 045 boletos cortados representando un aumento del 2,96 % en relación al 2015. En el año 2017 se observa una caída del 5,5 % con relación al año anterior con 174 255 362 pasajes. En el 2018 persiste la tendencia a la baja de cortes de boletos cerrando el periodo con 171 667 404 viajes, 1,48 % menos que en 2017.

El sistema de transporte actual de la ciudad de Córdoba es valorado por los usuarios en general en forma negativa, debido a una serie de causas que entorpecen la movilidad y accesibilidad, factores fundamentales en el desarrollo de cualquier ciudad.

Seguidamente, se puntualizan las principales causas:

- El tratamiento tradicional de los problemas de movilidad de Córdoba y su zona metropolitana han demostrado su incapacidad para brindar una solución novedosa y sustentable.
- El crecimiento desordenado de la ciudad, provocando una mancha urbana mal distribuida que obstaculiza la prestación de los distintos servicios, entre ellos el transporte público.
- El deterioro del transporte público masivo debido a su falta de confiabilidad (regularidad / frecuencia).
- La ausencia de un transporte masivo confiable y de gran capacidad, da como resultado la sobre utilización del vehículo propio generando colapsos en la infraestructura vial de la ciudad. Actualmente el 10,22 % de la vía la utilizada por el transporte masivo y el 88,12 % por los modos particulares, taxis y remis.
- Sistema con insuficientes unidades adaptadas para el traslado de personas con movilidad reducida.

Transporte Interurbano de pasajeros

El servicio de transporte público para el área metropolitana se brinda a través líneas de transporte público de pasajeros interurbanas de corta distancia (hasta 50 kilómetros), estas tienen “asignado un recorrido dentro del Municipio y sus paradas, según fije la Autoridad Municipal de Transporte y Tránsito (AMTT)”. Esto significa que los sistemas de transporte interurbano no tienen permitido realizar ascensos de pasajeros cuando estos ingresan a la ciudad. Asimismo, tampoco tienen permitido realizar y/o cobrar pasajes que tenga origen y destino de recorrido dentro del ejido municipal, salvo que el Departamento Ejecutivo lo autorice por fuerza mayor (por ejemplo, un paro del Servicio Público de Transporte Urbano de Pasajeros).

Son 5 (cinco) las empresas de transporte que unen los 16 municipios y 3 comunas (que conforman el área metropolitana) con la Ciudad de Córdoba, las mismas se enumeran a continuación:

| Empresas | |
|-----------------------|----------------|
| * Intercordoba | * Buses Lep |
| * Sarmiento SRL | * Canello |
| * Lumasa | * El Milagro |
| * Emprendimientos SRL | * Ersa Cba |
| * CarCor | * Malvinas Cba |

Figura 7. Empresas prestadoras del Servicio Interurbano de pasajeros

A continuación, se detalla la cantidad de viajes interurbanos desde los municipios y comunas a la ciudad de Córdoba tomando un radio de 40 kilómetros aproximadamente desde el año 2016 al 2018 inclusive:

| | Pasajeros transportados |
|------|-------------------------|
| 2016 | 36.100.063 |
| 2017 | 40.076.401 |
| 2018 | 39.169.014 |

Figura 8. Empresas prestadoras del Servicio Interurbano de pasajeros

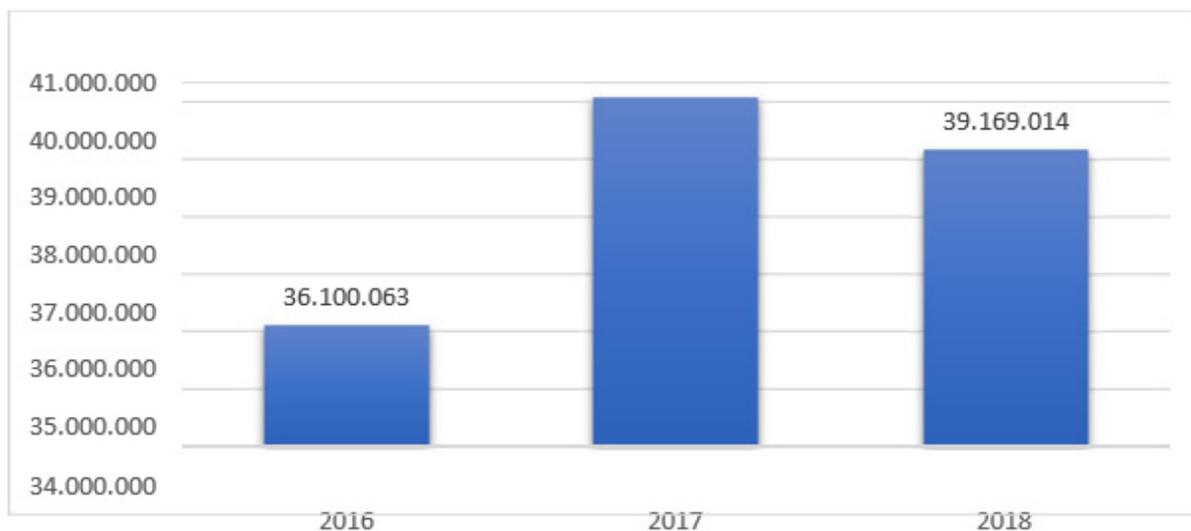


Figura 9. Pasajeros Transporte Interurbano (Área Metropolitana)

Si se compara el 2016 con respecto al 2017, se observa un aumento del 10,9 %, mientras que en el año 2018 presenta una caída del 1,43 % con respecto al año anterior. En lo que va del 2019, la baja en el corte de boletos se ha profundizado registrándose hasta julio de este año una disminución del 30 % interanual según ASETAC y FETAP.

Debido a esta situación existen empresas concursadas y otras afrontan Procedimientos Preventivos de Crisis. Estos factores coyunturales se describen en función de su importancia al momento del análisis de alternativas de movilidad, sin dejar de evidenciar una exacerbada negatividad de la actividad en este tiempo y al mismo

tiempo generar una real conciencia de las consecuencias en los servicios públicos de políticas macroeconómicas erráticas derivadas en transporte masivo decadente y su consecuente derivado en la calidad de vida de los ciudadanos. “Una movilidad masiva eficiente es calidad de vida”.

Los principales factores que acentúan la crisis del sector son los siguientes:

- Aumento del precio del combustible. En diciembre de 2018 el precio diferencial del gasoil grado 2 se situaba en los \$10 por litro mientras que en marzo de este año el precio rondaba los \$20 por litro.
- Quita de subsidios del Gobierno Nacional. Para el 2019, los subsidios nacionales para el transporte metropolitano serán solo de 542 millones de pesos. Esto será reforzado por fondos aportados por la provincia subsidiando la oferta erogando más de 499 millones de pesos (este importe representa un 25 % del total comprometido por la Provincia. El 55 % se destina a la ciudad de Córdoba, el 12 % a los urbanos del interior y el 8 % restante a los interurbanos)
- Presiones gremiales para el cierre de nuevas paritarias. A partir de agosto se reabrieron las negociaciones para actualizar los sueldos de los empleados de las empresas transportadoras encuadradas dentro de convenio de trabajo de AOITA. La entidad gremial está solicitando una recomposición salarial del 12,5 % para el segundo semestre del 2019.
- Fluctuación constante del valor del dólar que incide directamente en los insumos (repuestos) dificultando el mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades. Desde enero de 2015 a agosto de este año la moneda norteamericana se apreció frente al peso un 580 % (enero 2015 dólar oficial \$9,85 / agosto 2019 dólar oficial \$57,20)

Creación de la Autoridad de Transporte del Área Metropolitana

En la actualidad, no hay una entidad que coordine las distintas actividades de transporte y tránsito entre jurisdicciones municipales y la Provincia. No existen proyectos para el desarrollo integral y sostenible que involucren de manera conjunta a la Provincia, Municipalidades y Comunas.

La Autoridad de Transporte del Área Metropolitana será el ente encargado de planificar políticas públicas comunes, gestión de proyectos compartidos y la implementación de acciones conjuntas en materia de transporte.

La Autoridad de Transporte del Área Metropolitana deberá ocuparse de:

- Garantizar el pleno desarrollo de las actividades económicas de las ciudades participantes.
- Aprobar reglamentos que obliguen a las partes.
- Planificar, coordinar y programar políticas de transporte metropolitano, respetando las autonomías de sus integrantes.
- Promover la coordinación, armonización y compatibilidad normativa entre las municipalidades y comunas integrantes.
- Celebrar convenios de asistencia o cooperación con organismos públicos o privados, locales, provinciales, nacionales o internacionales en materia de transporte.
- Reunir, organizar y sistematizar información sobre el Área Metropolitana.
- Establecer los aportes que debe realizar cada una de las ciudades y comunas para sostener su funcionamiento, manteniendo un criterio de equidad.
- Realizar toda otra acción, dentro de las facultades legales, estatutarias y reglamentarias determinadas por sus autoridades, tendiente al cumplimiento del objeto y fines del Área Metropolitana.
- Constituir o integrar fideicomisos, consorcios o cualquier otra figura asociativa destinada a cumplir con su objeto.

Análisis de las alternativas para el Transporte Masivo de Pasajeros de la Ciudad de Córdoba y área metropolitana

En el presente apartado se analizarán tres alternativas que pueden brindar un Sistema de Transporte Masivo Sustentable, que mejore la conectividad del área metropolitana con el centro de la ciudad y desaliente el uso del vehículo particular.

Los sistemas para analizar serán:

- Subterráneo.
- Tren de Cercanía.
- Monorriel.

Para el presente trabajo se elaboró una encuesta a un grupo de usuarios del Servicio de Transporte Urbano de Pasajeros que utilizan tanto colectivos como trolebuses (reunidos en reuniones de grupos de foco); se les solicitó que indicaran de un grupo de atributos predeterminados su opinión y los calificaran de mayor a menor de acuerdo con la importancia que ellos le atribuían.

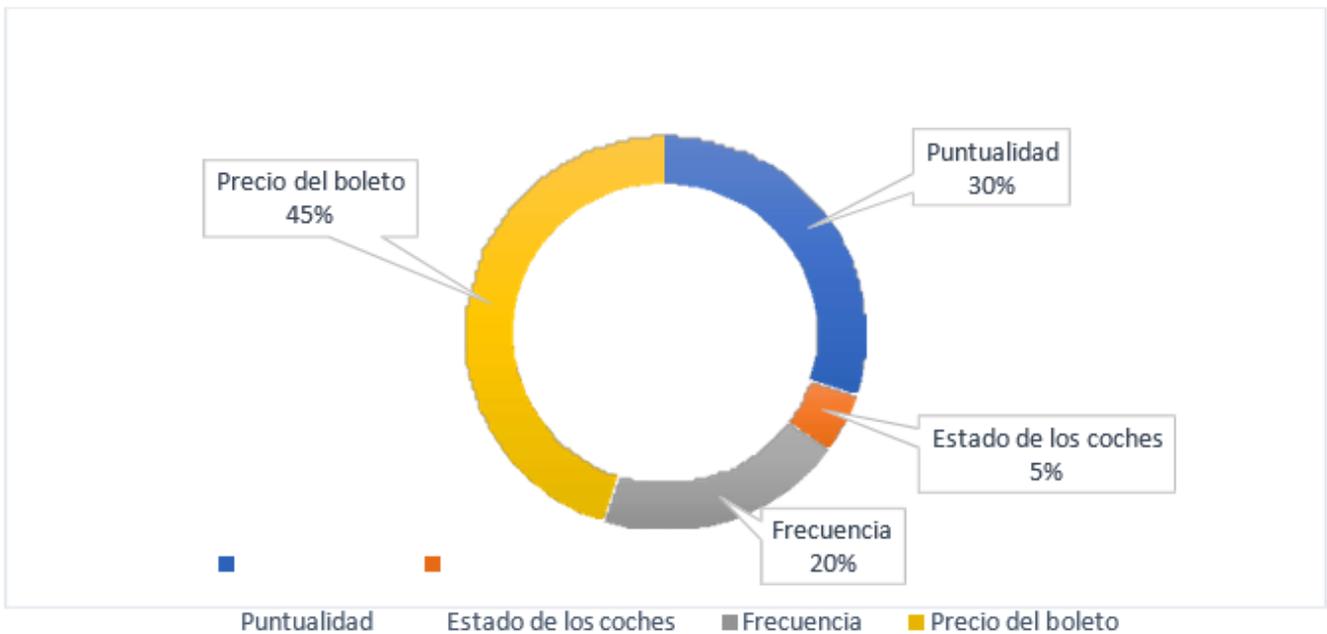


Figura 10. Importancia de atributos del Transporte Urbano de Pasajeros por los usuarios

Como se observa en el gráfico, el atributo más importante para la muestra tomada es el precio del boleto, le sigue la puntualidad y la frecuencia para luego terminar con el estado de los coches.

Un aspecto fundamental para cualquier alternativa de transporte urbano de pasajeros es la capacidad de incorporar Centros de Traslado. Según el Plan Integral de Tránsito y Transporte de la CABA, los Centros de Traslado son “emplazamientos que tienen por finalidad la integración y funcionalidad de los distintos modos de transporte que convergen en ellos, reordenando así la prestación e interacción de los servicios y organizando las actividades aleatorias o complementarias que allí se desarrollan (económicas, culturales, etc.).

Subterráneo

Este medio de transporte es un sistema que se utiliza para la conexión de distintos puntos dentro de una ciudad y su área metropolitana, con alta capacidad y frecuencia para el transporte de pasajeros. Su traza se construye generalmente soterrada, el servicio es prestado por unidades de coches eléctricos integrando formaciones y operándose sobre distintas líneas que componen una red, realizando paradas en estaciones predeterminadas.

Una alternativa de solución a los problemas de movilidad para la ciudad de Córdoba y su área metropolitana es la construcción del subterráneo, brindando un medio de transporte masivo, seguro y limpio.

La intención de construir un metro en Córdoba no es nueva, el proyecto más reciente se remonta al año 2007 cuando se anunció la voluntad de un grupo de empresas privadas de llevar adelante el montaje de un subterráneo en la ciudad. Por su parte el municipio anunció que iniciaba con los estudios de factibilidad técnica y financiera. En 2008 se firmó un convenio entre la Municipalidad de Córdoba y el Estado Nacional para la implementación de un sistema de transporte subterráneo en la Ciudad con la intención de “crear cambios de comportamientos en los patrones de transporte y movilidad de usuarios, otorgando prioridad al transporte público sobre el particular, facilitando el transporte intermodal y mejorando el atractivo a los usuarios del transporte público”. En la cláusula segunda del Acuerdo, el Estado Nacional se obligaba a “efectuar el llamado a Licitación Pública para la contratación, del proyecto ejecutivo, la construcción de las obras civiles (líneas, estacionamientos y demás estructuras conexas), la provisión de material rodante, del equipamiento del sistema integral y de financiamiento, mediante la modalidad de Obra Pública, y de la explotación del servicio bajo el régimen que oportunamente determine, todo ello en el marco de lo estatuido por la Ley N° 26.352. El tomador del financiamiento, que sea exigido en el marco de la licitación antes referida, iba a ser el ESTADO NACIONAL”.

En enero de 2012, el Municipio aprobó el trazado oficial que contaba con una extensión de 22 850 metros, 26 estaciones y 3 talleres de mantenimiento (una para cada línea).

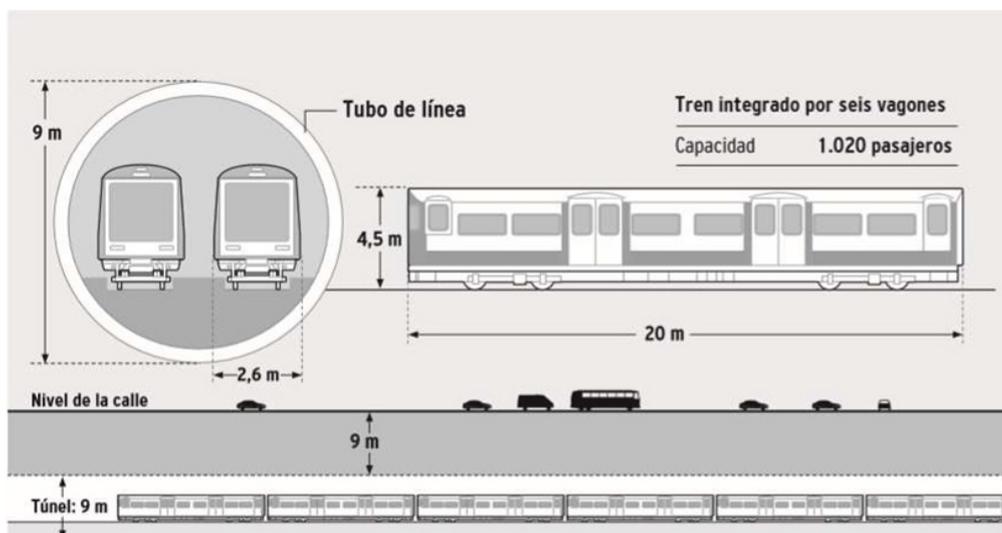
A continuación, se detalla información del proyecto:

| | Línea A | Línea B | Línea C |
|---|-------------------|---|---|
| Dirección | oeste - este | sur-norte | Sudoeste - Sudeste |
| Inicio de traza | El Tropezón | Rotonda Almirante Brown (B° Las Flores) | Rotonda del Ala (Avenida Fuerza Aérea Argentina) |
| Fin de traza | Avenida Patria | Avenida Juan B. Justo | Avenida Amadeo Sabattini (altura calle El Escorial) |
| Extensión (mts) | 10.680 | 6.490 | 5688 |
| Cantidad de Estaciones | 11 | 8 | 7 |
| Distancia entre Estaciones (mts) | 1.100 | 800 | 700 |
| Taller de mantenimiento | Barrio Pueyrredón | Estación Belgrano (Alta Córdoba) | Parque Sarmiento |

Figura 11. Datos relevantes Subterráneo de Córdoba



Fuente: Municipalidad de Córdoba
 Figura 12. Trayectorias estimadas Subterráneo de Córdoba



Fuente: Diario La Voz del Interior
 Figura 13. Características Subterráneo de Córdoba

Con respecto a la inversión, la misma debía correr por cuenta del Gobierno Nacional. La misma se consideró que rondaría los 2740 millones de dólares con una financiación pactada a 15 años, plazo de gracia de 3 años y una tasa del 8,5 por ciento. Los plazos de ejecución de la obra se estimaron en 17 años.

En marzo de 2016, el Gobierno Nacional notifica a la Municipalidad que no había intención de financiar la obra, apoyando el cambio la implementación del sistema de Buses Rápidos BRT (“Solo Bus”).

Tren de Cercanía

El tren de Cercanía o Metropolitano es una solución eficiente y sustentable que mejora la conectividad de la ciudad con el Área Metropolitana con la puesta en valor de la infraestructura ferroviaria existente. Asimismo, esta alternativa apunta a revertir la dependencia en un solo sistema para contar con una alternativa ferroviaria y propender a una multimodalidad de sistemas complementarios.

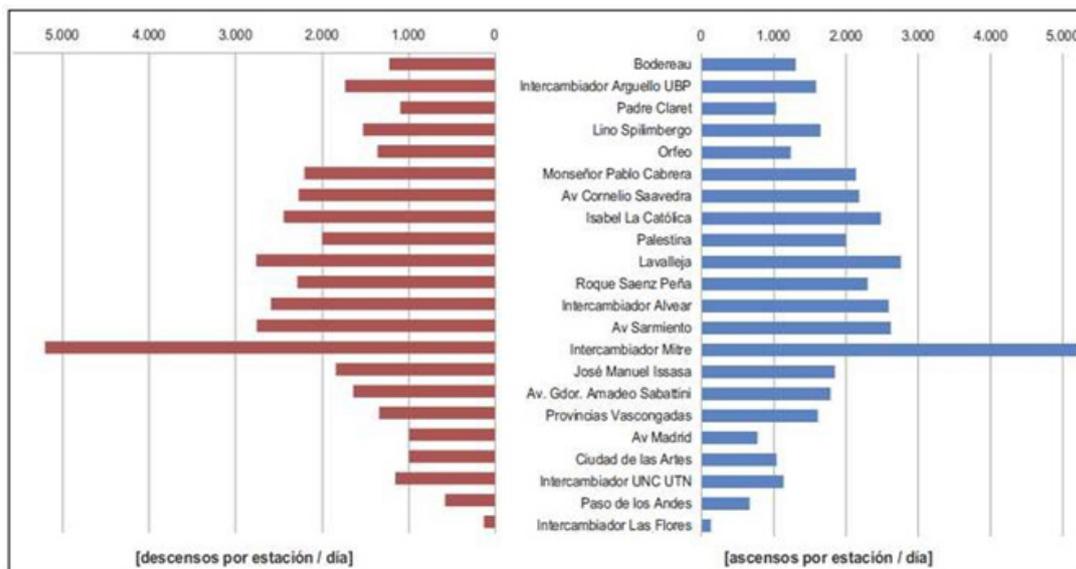
El primer proyecto de implementar un tren urbano para la ciudad de Córdoba se remonta a fines de la década del 50 con el fin de brindar una nueva alternativa al Sistema de Transporte Masivo de Pasajeros y aprovechar la traza férrea que atraviesa la ciudad.

En abril de 2019, el Gobierno Provincial presenta un proyecto para llevarlo a cabo de manera conjunta con el Municipio. Se lo denominó “Ferrourbano Metropolitano” y fue enmarcado dentro del Plan de Movilidad metropolitana siendo este un sistema de transporte alternativo, que busca mejorar la conectividad del área metropolitana con el centro de la ciudad y desalentar el uso del vehículo particular.

Para llevar a cabo este plan, la Secretaria de Transporte de la Provincia trabajó de manera conjunta con el Instituto Superior de Ingeniería de Transporte (ISIT) de la Universidad Nacional de Córdoba y otros organismos provinciales, nacionales e internacionales (Instituto Argentino de transporte, Unión Internacional de Transporte Público, Secretaria de Gestión de Transporte de la Nación, Instituto de Planificación Metropolitana entre otros) para brindar una Opción segura, de bajo impacto ambiental fácilmente combinable con otros modos más permeables y que aporte previsibilidad al transporte público de pasajeros. Asimismo, se firmó un Convenio Marco de Colaboración entre el Gobierno de Córdoba y la Sociedad Operadora Ferroviaria Sociedad del Estado (SOFSE) para la puesta en valoración y utilización del tendido férreo que atraviesa la mancha urbana cordobesa.

| Ramal | Variables e Indicadores | | | |
|--|-------------------------|---------|-------|-----------|
| | Pas | Pas.km | Km | Pas.km/km |
| Ramal Norte (Bodereau - Int. Mitre) | 25.848 | 149.999 | 17,65 | 8.496 |
| Ramal Sur (Int. Mitre - Est. Flores) | 6.784 | 25.471 | 14,50 | 1.756 |
| Ramal Completo (Bodereau - Est. Flores) | 40.111 | 258.141 | 32,16 | 8.028 |

Figura 14. Indicador de pasajero por kilómetro de red separador por ramal Norte - Sur. Proyección 2020



Fuente: estudio de demanda del corredor ferroviario urbano en la ciudad de Córdoba: Proyecto Herradura Bodereau - Estación Flores - INFORME FINAL. Instituto Superior de Ingeniería de Transporte (ISIT)

Figura 15. Ascensos y descensos por Estación. Proyección 2020

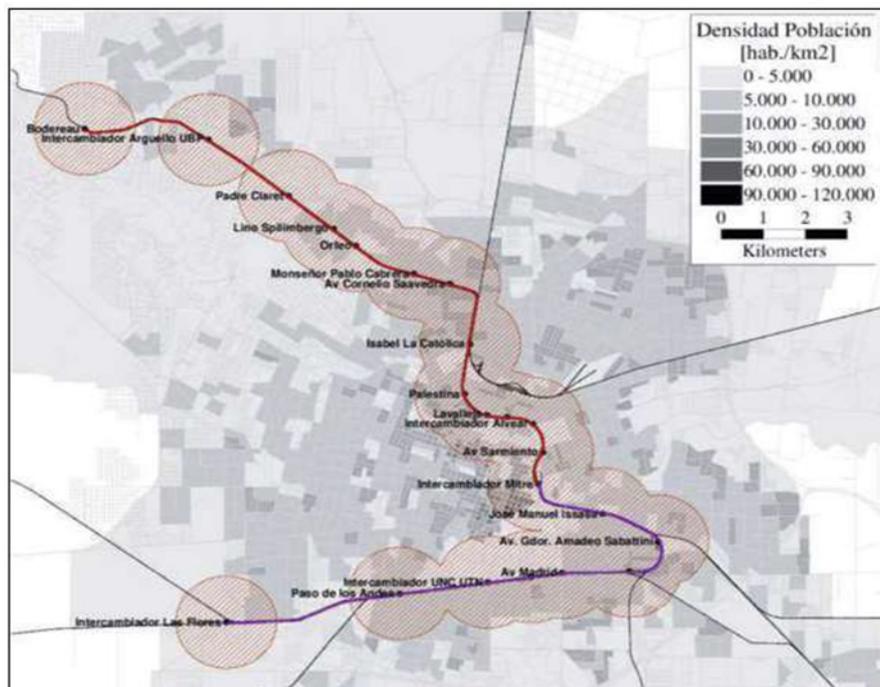
Cabe destacar el Anteproyecto analizado por el Instituto Superior de Ingeniería de Transporte (ISIT) el cual estudió “la demanda de pasajeros del Corredor Ferroviario denominado Proyecto Herradura: Bodereau - Estación Flores en la ciudad de Córdoba”³³ ya que el mismo sentó las bases para el proyecto final presentado en abril de 2019 por el Gobierno Provincial. A continuación, se detallan los puntos más relevantes del mismo:

- Establece que el inicio de las operaciones será en 2020 (proyecto, construcción de infraestructura y puesta en marcha)
- 15 años de vida útil de material rodante
- 25 años de vida útil de infraestructura

| Tramo | Sentido de circulación | | |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------|
| | Norte → Sur [pas/día] | Sur → Norte [pas/día] | |
| Bodereau | Intercambiador Arguello UBP | 1.309 | 1.221 |
| Intercambiador Arguello UBP | Padre Claret | 2.705 | 2.763 |
| Padre Claret | Lino Spilimbergo | 3.556 | 3.673 |
| Lino Spilimbergo | Orfeo | 4.985 | 4.979 |
| Orfeo | Monseñor Pablo Cabrera | 5.774 | 5.888 |
| Monseñor Pablo Cabrera | Av Cornelio Saavedra | 6.913 | 7.093 |
| Av Cornelio Saavedra | Isabel La Católica | 7.855 | 8.121 |
| Isabel La Católica | Palestina | 9.087 | 9.315 |
| Palestina | Lavalleja | 9.664 | 9.901 |
| Lavalleja | Roque Saenz Peña | 9.087 | 9.325 |
| Roque Saenz Peña | Intercambiador Alvear | 8.504 | 8.728 |
| Intercambiador Alvear | Av Sarmiento | 7.947 | 8.174 |
| Av Sarmiento | Intercambiador Mitre | 7.081 | 7.443 |
| Intercambiador Mitre | José Manuel Issasa | 5.260 | 5.604 |
| José Manuel Issasa | Av. Gdor. Amadeo Sabattini | 4.354 | 4.691 |
| Av. Gdor. Amadeo Sabattini | Provincias Vascongadas | 3.328 | 3.518 |
| Provincias Vascongadas | Av Madrid | 2.695 | 2.613 |
| Av Madrid | Ciudad de las Artes | 2.104 | 2.234 |
| Ciudad de las Artes | Intercambiador UNC UTN | 1.518 | 1.600 |
| Intercambiador UNC UTN | Paso de los Andes | 682 | 782 |
| Paso de los Andes | Intercambiador Las Flores | 127 | 132 |

Fuente: estudio de demanda del corredor ferroviario urbano en la ciudad de Córdoba: Proyecto Herradura Bodereau - Estación Flores - INFORME FINAL. Instituto Superior de Ingeniería de Transporte (ISIT)

Figura 16. Carga por tramo por sentido. Tren Rápido. Proyección 2020



Fuente: estudio de demanda del corredor ferroviario urbano en la ciudad de Córdoba: Proyecto Herradura Bodereau - Estación Flores - INFORME FINAL. Instituto Superior de Ingeniería de Transporte (ISIT)

Figura 17. Estaciones y áreas de influencia con radio de 1200 metros

Del proyecto se desprenden los siguientes datos:

- Recorrido total: 32 km
- Primera Etapa: 17,6 km
- Segunda Etapa: 14,4 km
- Cantidad de Cruces: 63
- Comienza en Estación Tristán Narvaja finalizando en Estación Flores
- 24 servicios diarios
- 6 trenes de última generación con Aire Acondicionado
- Etapas:
 - Primera Etapa:
 1. Desde Estación Tristán Narvaja hacia Estación Mitre
 2. 12 Estaciones - 2 Intercambiadores
 3. Tiempo de Ejecución: 2020
 - Segunda Etapa:
 1. Desde Estación Mitre hacia Estación Flores
 2. 5 Estaciones - 3 Intercambiadores
 3. Tiempo de ejecución: 2021 - 2022
- 5 Intercambiadores modales y 17 Estaciones



Fuente: secretaria de Transporte de la Provincia de Córdoba

Figura 18. Intercambiadores Modales y estaciones

Como se indica en informe realizado por el ISIT, “puede advertirse que la demanda del Ramal Norte es del orden de cinco (5) veces superior en pasajeros por kilómetro, con solamente un 20 % más de longitud de la red. Esto indica que, para iniciar un servicio de transporte ferroviario, el mismo debería limitarse al Ramal Norte. El Ramal Sur incrementa el 82 % la longitud de la red aumentando sólo el 25 % los pasajeros, lo cual en costos de inversión y operación debilitan notablemente la conveniencia económica del servicio”.

Existe una tercera etapa la cual implica la conexión de la ciudad con el Área Metropolitana:

- Estación Flores - Malagueño
- Estación Belgrano (Alta Córdoba) - Malvinas Argentinas
- Estación Mitre - Juárez Celman / Jesús María
- Estación Mitre - La Calera

En cuanto al presupuesto, se estimó una inversión de 6 millones de dólares para la primera etapa y una inversión total de 11 millones de dólares con un plazo final de ejecución de 3 años (2020 - 2022) para las dos primeras etapas.

Monorriel Elevado

La congestión es el síntoma visible del problema de no contar con soluciones novedosas tanto para el transporte urbano de Córdoba como así también del tránsito en la ciudad teniendo como causa una ineficiente planificación y desarrollo del uso del suelo en el tiempo. Asimismo, el crecimiento poblacional y urbano tiende a incrementar la motorización y sin una planificación/regulación urbana adecuada, provocando un incremento en la tasa de la motorización, lo que impacta directamente en la migración de pasajeros del sistema masivo a los medios individuales de transporte, tal como, vehículos particulares, motos, bicicletas etc., generando

el llamado círculo vicioso del transporte que provoca la consecuente saturación en las vías de comunicación. Los factores particulares de la ciudad, 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 satélite (especialmente Sierras Chicas).

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.

El Monorriel es un sistema de transporte innovador, seguro, ecológico con una equilibrada relación entre la inversión y los beneficios a mediano y largo plazo.

Córdoba ciudad tiene la necesidad de contar con un modo de transporte innovador y de alta capacidad, que contribuya a la solución de los problemas del transporte masivo de pasajeros y su impacto en el tránsito vehicular.

La secretaria de Transporte de la Provincia de Córdoba ha trabajado en el anteproyecto “Propuesta de medio de Transporte Masivo Monorriel para Córdoba y Área Metropolitana” el cual está basado en los estudios de trazas realizados por el Mgter. Ing. Civil Oscar Milton Dapas, y que contempla:

| Ramal | Longitud | Estaciones | Formaciones | Vagones | Pasajeros por día (por sentido) |
|--|-----------------|------------|-------------|---------|---------------------------------|
| Línea A (Villa Allende - Centro de Cba) Subramal (Boderau - Blas Pascal) | 19 km + 3,58 km | 21 | 11 | 2 | 71.381 |
| Línea B (Estadio Kempes - Centro Cívico) | 12,8 | 14 | 7 | 2 | 80.395 |
| Línea C (UCC - Centro de Cba) | 10,4 km | 10 | 3 | 3 | 51.695 |

Figura 19. Datos relevantes Monorriel Elevado Córdoba. Proyección 2020

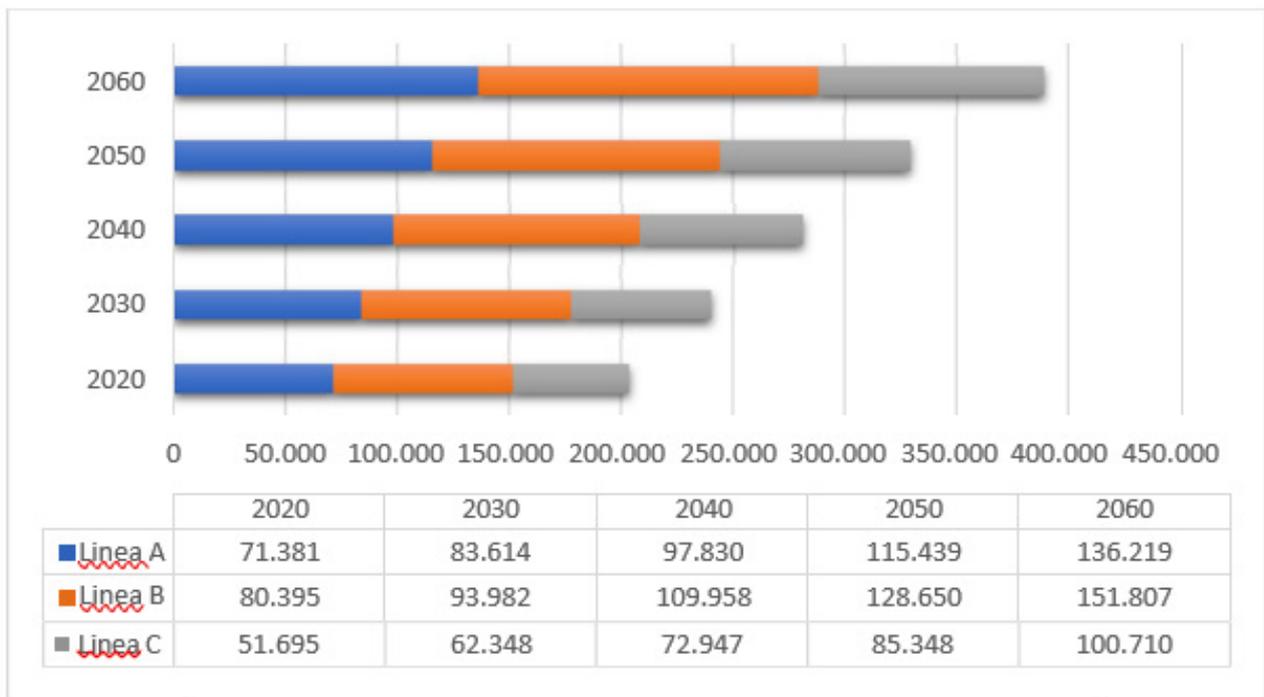


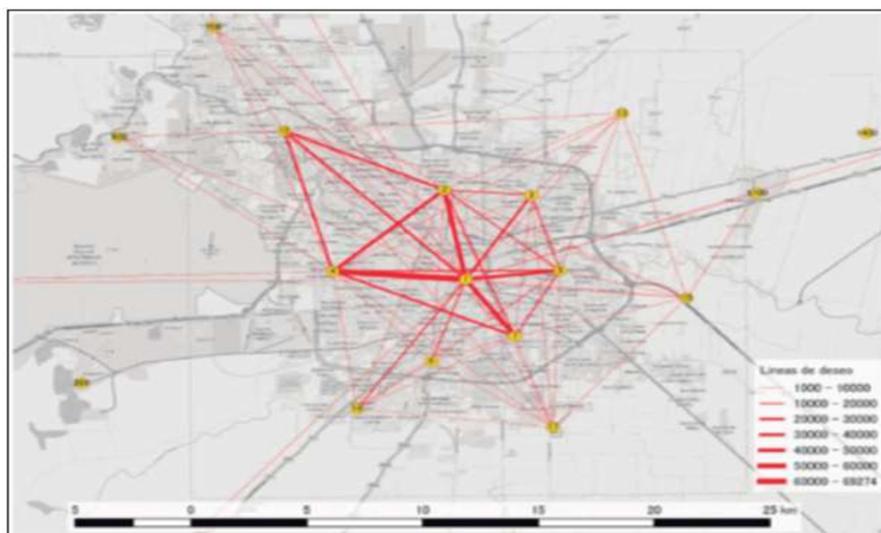
Figura 20. Proyección de pasajeros por día por sentido 2020 - 2060



Fuente: Anteproyecto “Propuesta de medio de Transporte Masivo Monorriel para Córdoba y Área Metropolitana. Secretaria de Transporte de la Provincia de Córdoba. 2018

Figura 21. Planimetría general de líneas Monorriel Elevado Córdoba

En base a los estudios de demanda realizados por la consultora Nippon Koei, las líneas de deseo, o demanda de viajes teniendo en cuenta las principales zonas de la ciudad son las siguientes:



Fuente: Anteproyecto “Propuesta de medio de Transporte Masivo Monorriel para Córdoba y Área Metropolitana. Secretaria de Transporte de la Provincia de Córdoba. 2018

Figura 22. Demanda de viajes Ciudad de Córdoba Monorriel Elevado

Para llevar a cabo el proyecto completo, el cual comprende tres líneas con un total de 45,78 kilómetros, se estima un presupuesto de 1 007 160 millones de dólares, un 72,7 % corresponde al equipamiento férreo y sus sistemas mientras que el 27,3 % restante se aplicaría a todo lo referido con la obra civil del proyecto.

En cuanto a la determinación de qué modo de transporte elegiría el usuario, se toma como referencia lo desarrollado en la tesis de post grado de Oscar Dapas, el cual plantea un logit para la determinación de la elección del usuario.

El monorriel corriendo a lo largo del recorrido del bus, el usuario tiene las siguientes posibilidades de elegir el monorriel de acuerdo con ciertos atributos; esto es a igual tarifa para el monorriel que el bus.

| | Sector | Tarifa Omn. | Tiempo de espera Omn. | Tiempo de Viaje Omn. | Tarifa Mono | Tiempo de Viaje Mono | Utilidad | Prob. De elegir Monorriel |
|----------|--------|-------------|-----------------------|----------------------|-------------|----------------------|----------|---------------------------|
| Opciones | 1 | 1 | 7,5 | 13 | 1 | 7 | 0,446359 | 0,61 |
| | 1 | 1,3 | 5 | 13 | 1,5 | 7 | -0,62899 | 0,35 |
| | 1 | 1,3 | 5 | 13 | 1,75 | 7 | -1,13909 | 0,24 |
| | 2 | 1 | 7,5 | 35 | 1 | 18 | 1,230799 | 0,77 |
| | 2 | 1,3 | 5 | 35 | 1,5 | 18 | 0,155449 | 0,54 |
| | 2 | 1,3 | 5 | 35 | 1,75 | 18 | -0,35465 | 0,41 |
| | 3 | 1 | 7,5 | 53 | 1 | 28 | 1,868345 | 0,87 |
| | 3 | 1,3 | 5 | 53 | 1,5 | 28 | 0,792994 | 0,69 |
| | 3 | 1,3 | 5 | 53 | 1,75 | 28 | 0,282893 | 0,57 |

Fuente: Dapas⁽³⁵⁾

Figura 23. Análisis de demanda para una línea de Transporte masivo guiado a sobre nivel en la ciudad de Córdoba

A igual tarifa, la probabilidad de elegir el monorriel respecto al bus va subiendo en función de la distancia al centro de la ciudad, la cual se encuentra dividida en sectores concéntricos, el 1 hasta 5 km del centro, el 2 de 5 a 12 y el 3 desde los 12 km hasta el límite del ejido municipal.

Elección del sistema a analizar

A continuación, se realiza un resumen con los principales detalles de cada sistema analizado como así también sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas

| | Subterráneo | Ferrocarril Urbano | Monorriel elevado |
|---|----------------------|--------------------|-------------------|
| Etapas | 3 (líneas) | 2 (Norte - Sur) | 3 (líneas) |
| Costo del Kilometro (usd) | \$ 120.000.000 | \$ 343.750 | \$ 22.000.000 |
| Inversión total del Proyecto (usd) | \$ 2.742.000.000 | \$ 11.000.000 | \$ 1.007.160.000 |
| Plazos de Construcción (años) | 17 (1,35 km por año) | 3 (10 km por año) | 8 (6 km por año) |
| Tipo de traza | Troncal | Periférico | Troncal |
| Traza (kilómetros totales) | 22,85 | 32 | 45,78 |
| Capacidad de Carga (por hora por Sentido) | 55.000 | 5.000 | 30.000 |

Figura 24. Especificaciones técnicas por sistema de transporte analizado

| | Subterráneo | Ferrocarril Urbano | Monorriel elevado |
|------------|--|---|--|
| Fortalezas | <ul style="list-style-type: none"> * Medio de transporte rápido y Eficiente. * No posee contaminación visual ni auditiva en superficie. * Elevada capacidad de carga y frecuencia. * No se altera la arquitectura de la ciudad. * Mejora la intermodalidad. | <ul style="list-style-type: none"> * Menor inversión que los otros medios analizados (solo puesta en valor de la traza existente). * La traza planteada ya se encuentra libre de obstáculos para su utilización (actualmente). * Mejora la conectividad de la ciudad con el área metropolitana. * Mejora la Intermodalidad. | <ul style="list-style-type: none"> * Medio de transporte rápido y eficiente. * Elevada capacidad de carga y frecuencia. * Rapidez en la construcción de la obra civil. * Modo de transporte Innovador. * Traza mas larga en comparación a las alternativas analizadas. * Mejora la Intermodalidad. |

| | | | |
|----------------------|--|---|--|
| Oportunidades | * Necesidad de la sociedad de contar con alternativas de traslado. | * Necesidad de la sociedad de contar con alternativas de traslado. | * Necesidad de la sociedad de contar con alternativas de traslado. * Posibilidad de tomar prestamos internacionales para su implementación. |
| Debilidades | * Altos costos de capital inicial. * Medio de construcción lardo. * Traza mas corta en comparación a las alternativas analizadas. | * Baja capacidad de carga. * Gran cantidad de cruces a paso nivel (63). * Baja velocidad de marcha. * Tiempo de vida limitado para la traza existente. * Perdida de capacidad de carga en traza con pendiente | * Contaminación visual en superficie. * La construcción puede llegar a generar problemas en el tránsito. |
| Amenazas | * Imposibilidad de acceder a prestamos internacionales. * Ambiente Político inestable a nivel nacional. * Posibles problemas legales por demoras en la construcción. | * Continuo avance de asentamientos precarios sobre la traza férrea. * Ambiente Político inestable a nivel nacional. | * Ambiente Político inestable a nivel nacional. * Posibles problemas legales por la contaminación visual y auditiva. |

Figura 25. Análisis FODA

Para definir el medio de transporte a estudiar en profundidad, se realizará un análisis cuantitativo en el que se compararán entre sí los diferentes medios de transporte analizados en este trabajo para conseguir determinar un sistema de transporte en particular. Las herramientas para utilizar son las siguientes:

- Método de Ponderación de Factores
- Indicador de Densidad de tránsito

El objetivo del método de ponderación de factores no es definir un medio óptimo sino una opción aceptable. Para realizar la siguiente tabla se entrevistaron a referentes del sector privado (el modelo de entrevista se encuentra en el anexo del presente trabajo. Las entrevistas fueron realizadas durante en 2019. Se entrevistaron a 15 personas en total) que están vinculados al Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros y a funcionarios públicos, entre otras preguntas se les solicito que asignen un peso relativo a una serie de atributos preestablecidos.

| Variables Descripción | Peso relativo (%) | Alternativas | | |
|------------------------------|-------------------|--------------|--------------------|-------------------|
| | | Subterráneo | Ferrocarril urbano | Monorriel elevado |
| Tipo de traza | 35 | 9 | 5 | 9 |
| Velocidad de Construcción | 20 | 2 | 8 | 7 |
| Capacidad de Carga | 15 | 9 | 5 | 8 |
| Cantidad total de kilometros | 10 | 5 | 7 | 9 |
| Inversión por km (usd) | 15 | 2 | 9 | 6 |
| Etapas | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | | 5,95 | 6,4 | 7,8 |

Como se observa en la tabla 1 el Monorriel es la mejor alternativa a desarrollar para brindar una nueva solución a los problemas de movilidad que atraviesa la ciudad de Córdoba y su área metropolitana.

La variable de mayor peso relativo es el tipo de traza ya que se hace hincapié en que el nuevo sistema de transporte a implementar debe estar implantado sobre aquellos ejes de mayor desarrollo de la ciudad (líneas troncales) para que este favorezca la intermodalidad. La asociación Latinoamericana de Metros y Subterráneos (ALAMYS), en su Conferencia Internacional del 2017 en la Ciudad de México en su panel “Aplicaciones de soluciones intermodales en Iberoamérica” concluyó que la intermodalidad debe tenerse en cuenta como una política pública. Ningún plan de desarrollo ni de movilidad de una urbe debe dejar de lado este concepto. De nada sirve implementar nuevos sistemas de transportes si estos funcionan de manera aislada con los sistemas existentes.

La segunda variable de mayor relevancia es la velocidad de construcción, ya que la misma impacta sobre los costos de producción y posibles problemas con frentistas y comerciantes por donde se determine la traza. Otro punto relevante con relación a este factor es que el sistema de transporte que permite el método de construcción más rápido es el Monorriel Elevado (6 km por año), se hace la salvedad, que para el caso del Ferrocarril Urbano se trata de poner en valor la traza actual y no es necesaria la ejecución de una infraestructura nueva, no siendo comparable por esta razón con los otros dos modelos estudiados.

Resulta importante mencionar que los impactos sobre la actividad normal de la ciudad durante el periodo de construcción son mínimos, no ocurriendo lo mismo en el caso del subterráneo, donde la ejecución a cielo abierto de las estaciones obliga al vaciamiento de los servicios públicos enterrados y su reposición, con la correspondiente excavación de gran magnitud en zona urbana densamente poblada.

Con relación a la Capacidad de Transporte, el subterráneo es el que mejor desempeño posee mientras que el Ferrocarril Urbano es el de menor desempeño.

Con respecto a la inversión por km, sucede algo similar con la variable velocidad de construcción ya que el tren posee el kilómetro más barato, pero esto es debido a que la inversión que se hace para renacionalizar la infraestructura existente mientras que para los otros dos sistemas analizados la inversión debe realizarse infraestructura nueva.

El Monorriel Elevado posee el trayecto más extendido superando en sus tres líneas, los 45 kilómetros.

En cuanto a la cantidad de etapas, todas las propuestas evaluadas poseen tres fases; para los casos del subterráneo y del Monorriel corresponden a las 3 líneas estipuladas para cada caso. En cuanto al Ferrocarril, las dos primeras etapas buscan captar la demanda del sistema urbano mientras que la tercera etapa “metropoliza” el servicio, a través de la prolongación de sus recorridos.

Con relación al Índice de Densidad de Tránsito, Leroy W. Demery Jr, el ingeniero Boris Pushkarev y otros realizaron un análisis económico teniendo en cuenta el nivel de tráfico como el indicador primario, específicamente empleando la densidad de tránsito expresada en pasajeros - kilómetros en un día de semana por kilómetro de línea. La elección está basada en que es un indicador que refleja los beneficios y al mismo tiempo puede calcularse razonablemente.

El estudio consideró cinco criterios relacionados con el nivel de tráfico para la elección del umbral:

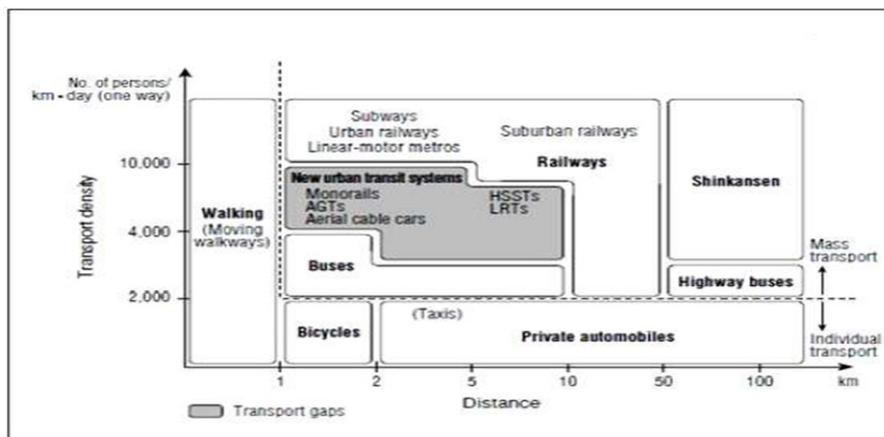
- Posibilidad de obtener adecuado nivel de servicio para los pasajeros (espacio en vehículo y frecuencias).
- Posibilidad de alcanzar ahorros en costos de mano de obra con respecto a ómnibus.
- Posibilidad de obtener ahorros de energía con respecto a las modalidades empleadas previamente.
- Posibilidad de alcanzar ahorros de uso del suelo con respecto a las modalidades empleadas previamente.
- Nivel de inversión por unidad de servicio ofrecido. Corresponde también consignar que los autores explícitamente evitan emplear la técnica costo - beneficio para la determinación del umbral, alegando la multiplicidad de supuestos que debieran emplear y la complejidad de la determinación de los factores de equivalencia necesarios.

El Indicador de densidad de tránsito, está dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad} = (\text{Pasajero día} \times \text{distancia media recorrida}) / \text{longitud de la línea}$$

En el año 2005 el informe “Traffic Density Thresholds for Rail Transit: A Retrospective” estableció que el umbral mínimo de densidad de tránsito que justifican la implementación del monorriel (en este caso para en los estados Unidos de Norte América) es de 4000 pasajeros - día de semana por km (en ambos sentidos) por km de línea.

Akira Nehashi en su artículo “New Urban Transit Systems Reconsidered. A Better Transport Environment for the Next Century” analizó distintos modos de transporte y cuál sería el ideal al implementar poniendo como ejemplo el transporte de Japón en los 90.



Fuente: New Urban Transport Systems Reconsidered. Japan Railway & Transport Review. No. 16, June 1998

Figura 26. Campo de aplicación para cada medio de transporte en Japón

A su vez, en Alemania las subsidiarias de ingeniería de cuatro de las más importantes autoridades de transporte público organizaron una firma Consultora de LRT (LRTC). “El Handbook publicado en 1993 (Gerndt y otros, 1993) presenta umbrales para cuatro categorías de tren ligero; las tres primeras similares al tranvía y la cuarta similar al metro. Los umbrales, siempre en pasajero - día de semana por kilómetro (en ambos sentidos) por kilómetro de línea, son respectivamente de 4000, 10 000, 20 000 y 30 000”. Dado esto es

posible estimar la del monorriel como un medio establecido entre las categorías de 20 000 y 30 000, dando un umbral de aproximadamente 25 000 pasajero - kilómetro por día de semana en ambos sentidos.

A modo de ejemplo y tomando como referencia el trabajo del Magister Oscar Dapas, 42 se adopta un umbral de 15 000 pasajero - kilómetro por día en un solo sentido. De acuerdo con este valor, dicho trabajo considera a la línea Villa Allende - Córdoba viable desde el año 2020, con la siguiente proyección de viajes:

| Año | Demanda |
|------|---------|
| 2020 | 71.381 |
| 2030 | 83.614 |
| 2035 | 90.450 |

Figura 27. Demanda estimada Línea A - Villa Allende / Centro de Córdoba Ciudad por día por sentido

Siendo su índice de densidad de tránsito para la misma línea de referencia:

| Año | Densidad |
|------|----------|
| 2020 | 19.828 |
| 2030 | 23.226 |
| 2035 | 25.125 |

Figura 28. Densidad de tránsito - Pasajero - día de semana por kilómetro (un sentido) por kilómetro de línea

Es posible concluir que habiendo tomado como ejemplo solo la línea A (Villa Allende/Centro de Córdoba Ciudad) para analizar su densidad de tránsito, la misma esta un 32 % por encima del umbral establecido.

Estos valores están justificados a partir de los valores de las líneas de deseo de viajes elaborados por la consultora Nipon Koei.

Resulta posible advertir que dada la mayor cantidad de viajes de la línea de Avenida Colon respecto a la línea A y a su vez su longitud sensiblemente menor, el índice de tránsito de la línea Colon será mucho mayor a la de línea A, por Dapas⁽³⁵⁾. Análisis de demanda para una línea de Transporte masivo guiado a sobrenivel en la ciudad de Córdoba” consiguiente, estará justificada con mayor margen que la línea A para el año 2020.

¿Por qué el Monorriel Elevado para Córdoba?:

La elección del Monorriel se basa en distintos factores que caracterizan a este medio y que son plenamente compatibles con una solución de fondo a la problemática que presenta el transporte público en la ciudad de Córdoba. Esta propuesta está marcada por los siguientes hechos:

- El Monorriel Elevado en sus versiones más compactas, permite transportar fácilmente de 200 a 400 pasajeros por formación. La capacidad de transporte en dicha versión es de 9000 a 12 000 pasajeros por hora y por dirección. Cabe acotar que esto significa cuadruplicar la capacidad que ofrece el ómnibus.
- El Monorriel Elevado se desplaza por encima de las vías congestionadas, tampoco es afectado por inundaciones, cortes de calles por manifestaciones, etc.
- La alta tasa de accidentes en la actualidad. El Monorriel Elevado, como lo indica la experiencia mundial, es de riesgo mínimo frente a otros medios.
- La velocidad de operación de los actuales medios resulta baja, debido al tránsito y a las características geométricas de las vías. El Monorriel Elevado, posee una elevada velocidad de operación, y su vía es exclusiva para él.
- La polución que genera el actual sistema (ómnibus), agravada por la incapacidad por parte del estado en controlar esta situación. El Monorriel Elevado, es silencioso y no produce emisiones contaminantes.
- Las limitadas posibilidades tecnológicas del medio actual, en cuanto a la previsión de los horarios de arribo a las distintas paradas, el seguimiento minuto a minuto de las personas en el sistema, la automatización de este, etc. El Monorriel Elevado, permite una automatización plena del sistema, y su testeo “On Line” de las condiciones de la demanda.
- El sistema actual que es poco eficiente económicamente y que hace que día a día sea más difícil lograr el interés del sector privado en su explotación. El Monorriel Elevado, de acuerdo con la experiencia internacional, tiene una gran eficiencia en este campo.

CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se han desarrollado las ventajas del Monorriel Elevado (velocidad de construcción, amigable con el medio ambiente, alta capacidad de carga, más económicos que otras alternativas, etc.), sin embargo, su principal fortaleza es la posibilidad de que el usuario cuente con la alternativa de elegir y que éste no sea prisionero de un solo sistema público de transporte.

Desde el punto de vista de la demanda, el Monorriel Elevado resulta ser la mejor alternativa para cubrir las necesidades de traslado para las personas que viven en la ciudad de Córdoba y su área metropolitana (densidad poblacional variable a lo largo de su ejido).

Si se enfoca el análisis hacia lo tecnológico, este sistema posee los mayores estándares de seguridad, flexibilidad operacional, calidad, técnicos y confiabilidad puesto que el proveedor escogido ostenta una larga trayectoria en este tipo de proyectos de transporte público de pasajeros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gobierno de la Provincia de Córdoba. Aspectos generales: ubicación. Córdoba: Gobierno de Córdoba. <https://www.cba.gov.ar/provincia/aspectos-generales/ubicacion/>
2. Sartori JJP, Robledo CW. Viajes al trabajo en la ciudad de Córdoba: estudio sobre la elección modal y la preferencia por la tenencia de vehículos. *Rev Transporte y Territorio*. 2012;(7). Universidad de Buenos Aires.
3. The Monorail Society. Monorail. <http://www.monorails.org/>
4. Herce M. Sobre la movilidad en la ciudad: propuestas para recuperar un derecho ciudadano. Barcelona: Reverté; 2009.
5. Comisión de las Comunidades Europeas. Libro verde: hacia una nueva cultura de la movilidad urbana. Bruselas: Comisión de las Comunidades Europeas; 2007.
6. Ramírez L. Migración interna, movilidad espacial y reconfiguraciones territoriales. Serie Sociedad. 2006;(2): Cuadernos de ideas N° 2. ISSN 1668-057X. Argentina.
7. Jones E. La geografía: pasado y futuro. México: Fondo de Cultura Económica; 1980.
8. Observatorio de la Accesibilidad. <http://www.observatoriodelaaccesibilidad.es>
9. Instituto Geográfico Nacional de España. <https://www.ign.es/web/ign/portal/inicio>
10. Ambrosio González M. Intermodalidad. Madrid: Instituto Geográfico Nacional de España; 2009. https://www.ign.es/espmap/fichas_transporte_bach/pdf/TyC_Ficha_02.pdf
11. 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>
12. David F. La gerencia estratégica. Santafé de Bogotá: Legis; 1990.
13. Kotler P, Bloom P. Mercadeo de servicios profesionales. Santafé de Bogotá: Legis; 1988.
14. Woller G. Compensaciones entre el desempeño social y financiero. *Periódico sobre Microfinanzas*. 2007;9(2):14-9.
15. Alonso-Carrera J, Freire-Serén MJ, Manzano B. Rentabilidad social de la inversión pública española en infraestructuras. Documento de trabajo N° 30/03. Vigo: Universidad de Vigo; 2003. http://www.ief.es/documentos/recursos/publicaciones/papeles_trabajo/2003_30.pdf
16. Arellano R. Comportamiento del consumidor y marketing. México: Harla; 2004.
17. Hoffman C. Principios de marketing y sus mejores prácticas. México: Thompson; 2007.
18. Buchanan C. Traffic in towns: a study of the long term problems of traffic in urban areas. Londres: HMSO; 1964.

19. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Censo 2010. Tomo 1. Buenos Aires: INDEC; 2010. www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2010_tomo1.pdf
20. Municipalidad de Córdoba. Decreto Municipal 6567. Córdoba: Municipalidad de Córdoba; 2013.
21. Municipalidad de Córdoba. Plan de Movilidad Ciudad de Córdoba (CEPIM). Córdoba: Municipalidad de Córdoba; 2017. www.cordoba.gov.ar/wp-content/uploads/2017/10/plan-de-movilidad-parte-1-1.pdf
22. Municipalidad de Córdoba. Ordenanza municipal N° 12076. Córdoba: Municipalidad de Córdoba; 2012. <https://servicios2.cordoba.gov.ar/DigestoWeb/Page/Documento.aspx?Nro=32705>
23. Asociación de Empresarios del Transporte de Córdoba. Córdoba: AETC.
24. Federación de Empresarios del Transporte Automotor de Pasajeros. Córdoba: FETAP. <https://www.fetapcordoba.com/>
25. Montamat & Asociados. Informe mensual de precios de la energía. Buenos Aires: Montamat & Asociados; 2019 mayo. www.montamat.com.ar
26. Asociación Obrera de la Industria del Transporte Automotor. Córdoba: AOITA. www.aoita.org.ar
27. Boletín Oficial de la Ciudad de Buenos Aires. Decreto N° 530/007. Buenos Aires: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires; 2007.
28. 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
29. Diario La Voz del Interior. Informe especial. Córdoba: La Voz del Interior. <http://archivo.lavoz.com.ar/anexos/Informe/08/3395.pdf>
30. 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.
31. 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.
32. Asociación Latinoamericana de Metros y Subterráneos (ALAMYS). <https://www.alamys.org/es/>
33. Demery LW Jr, Higgins JW, Setty MD. Traffic density thresholds for rail transit: a retrospective. *Publictransit.us Special Report*. 2005;2.
34. Nehashi A. New urban transport systems reconsidered. *Jpn Railw Transp Rev*. 1988;(16).
35. Dapas O. Análisis de demanda para una línea de transporte masivo guiado a sobrenivel en la ciudad de Córdoba. Córdoba; 2011.
36. Jiménez Barandalla I, Mora Agudo L, Carrasco Bañuelos E. Conceptualización de la rentabilidad social en el ámbito del transporte público. Asociación Europea de Dirección y Economía de Empresa. Congreso Anual. 2011.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

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.

Investigación: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

Metodología: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

Administración del proyecto: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

Recursos: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

Software: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

Supervisión: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

Validación: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

Visualización: Gabriel Raúl Bermúdez, Walter Robledo.

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

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