

De vías férreas a carreteras urbanas. Análisis para la ciudad de Barrancabermeja

From railways to urban roads. Analysis for the Barrancabermeja city

MSc. Yerly Fabian Martínez Estupiñan¹, Ing. Cindy Martínez Guerra², Ing. Oscar Carrero Monroy³

¹ Geomatica, Gestión y Optimización de Sistemas, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Colombia, ORCID: 0000-0003-3270-2325; Email: yerlfamar@uis.edu.co

² Universidad Industrial de Santander, ORCID: 0000-0002-0151-0497; Email: cindymartinez2090@gmail.com, Bucaramanga, Colombia

³ Universidad Industrial de Santander, ORCID: 0000-0003-4897-558X; Email: oscarcarro5@gmail.com, Bucaramanga, Colombia

Como citar: Y. F. Martínez, C. Martínez y O. Carrero, "De vías férreas a carreteras urbanas. Análisis para la ciudad de Barrancabermeja", *Revista Ingenio*, vol. 16, n°1, pp. 16-22, 2019, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642x.2345>.

Fecha de recibido: 11 de julio de 2018
Fecha aprobación: 08 de noviembre de 2018

RESUMEN

Palabras claves:

Modelos de transporte,
movilidad, vía férrea,
simulación, calles.

La ciudad de Barrancabermeja tiene un corredor férreo deteriorado y en desuso el cual hace parte de la red férrea nacional al tramo correspondiente La Dorada – Chiriguaná. Este corredor atraviesa todo el centro del casco urbano del municipio y en la actualidad se encuentra prácticamente abandonado y se limita únicamente al tránsito de algunos vagones, denominados carro motores, perteneciente a la cooperativa COOPSERCOL L.T.D.A. para transporte de pasajeros y carga menor. Según datos de la Inspección de Tránsito y Transporte de Barrancabermeja entre 2015 y 2019 el parque automotor de motos en la ciudad aumentó en un 50% alcanzando una proporción de una moto por cada 2 habitantes. Este fenómeno de crecimiento desmedido de la motocicleta ha provocado en los últimos años problemas de congestión, de seguridad y ha disparado los índices de siniestralidad e informalidad. Ante este panorama esta investigación hace un análisis mediante el uso de modelos de macro simulación en transporte de cuáles serían los beneficios para la movilidad vehicular si el actual corredor férreo a su paso por el casco urbano de la ciudad se convirtiera en una vía vehicular, creando una conexión más directa para la ciudad en el sentido norte-sur.

ABSTRACT

Keywords:

Transport models,
mobility, railroad track,
simulation, streets.

The city of Barrancabermeja has a deteriorated and unused railway corridor, part of the national railway network, to the corresponding section La Dorada - Chiriguaná. This corridor crosses the entire center of the municipality's urban area. Currently, it is abandoned and is limited only to the transit of some wagons, called motor cars, belonging to the COOPSERCOL L.T.D.A. for passenger and minor cargo transportation. According to data from the Barrancabermeja Traffic and Transport Inspection, between 2015 and 2019, the motor vehicle fleet in the city increased by 50%, reaching a proportion of one motorcycle for every two inhabitants. The excessive growth of the motorcycle in recent years has caused traffic congestion, safety, and has triggered the accident rates and informality. This research use of macro simulation transport models to analyze the benefits for vehicular mobility if the current railway corridor as it passed through the urban area of the city became a vehicular road, creating a more direct connection to the city in the north-south direction.

1. Introducción

La incorporación del sistema férreo al sistema de transporte nacional es indispensable para el desarrollo económico del país. Sin embargo, en los últimos años el sistema férreo ha ido perdiendo su auge, tanto así que en algunos sectores de nuestro país la infraestructura férrea especialmente a su paso por cascos urbanos se encuentra abandonada [1]. Un ejemplo se observa en el casco urbano de la ciudad de Barrancabermeja, la cual cuenta con un corredor férreo deteriorado y en desuso el cual hace parte de la red férrea nacional al tramo correspondiente La Dorada – Chiriguaná. Este tramo fue incluido en el contrato N° 418/2013, que incluye la Rehabilitación de Vías Férreas a Nivel Nacional a través del Sistema de Concesiones y que hasta mediados del

2019 ha sufrido una serie de modificaciones en alcances y fechas provocando que su avance no haya sido el esperado. Esta constante incertidumbre sobre el futuro de dicho corredor férreo ha alimentado la preocupación y problemas de los habitantes que a través de los años han establecido de manera ilegal sus domicilios a lo largo de dicho corredor generando un espacio inseguro y de precarias condiciones para llevar una vida digna.

Según datos entregados por la Inspección de Tránsito y Transporte de Barrancabermeja, para el año 2018 en la ciudad había cerca de 100.000 motocicletas que circulan por las principales calles del casco urbano. El 20% de ellas son de municipios vecinos. Esta desme-

Autor para correspondencia

Correo electrónico: yerlfamar@uis.edu.co (Yerly Fabian Martínez Estupiñan)

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña
Artículo bajo la licencia CC BY-NC (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>)



didada proporción de motocicletas se refleja en la difícil situación de movilidad que se vive en la ciudad en horas pico y en el aumento en las tasas de siniestralidad e informalidad [2] concentradas en intersecciones que se han convertido en puntos de gran peligro, de ahí la importancia de ofrecer una infraestructura nueva que permita una redistribución de dichos flujos disminuyendo las tasas de siniestralidad en ciertos sectores de la red vial.

Ante este panorama, y dado el abandono del tramo férreo y la necesidad de alternativas de infraestructura para la conexión urbana y que se permita una redistribución de los flujos de una forma más organizada surge esta investigación. En este trabajo se hace un análisis del impacto que tendría en la movilidad vehicular del casco urbano de la ciudad de Barrancabermeja la puesta en funcionamiento de una vía vehicular por el tramo por donde se encurta la vía férrea. Dicho análisis se realizó utilizando herramientas de macro-simulación en transporte. Se utilizaron este tipo de herramientas ya que permitieron hacer un análisis completo de la red vial del casco urbano identificando los conflictos que se producirían en otros puntos de la malla vial por la eventual implementación del corredor vial propuesto. Una de las limitaciones para este tipo de análisis es la disponibilidad de la información ya que es necesario contar con una cantidad considerable de aforos vehiculares en diferentes puntos de la red que permitan el proceso de calibración. En el caso de esta investigación se trabajó con información del plan de movilidad del municipio de Barrancabermeja realizado por la Universidad nacional en el año 2010, junto con una actualización de datos realizada mediante aforos vehiculares en intersecciones seleccionadas a partir de visitas de campo. El artículo presenta en la sección 2 y 3 una caracterización de la red férrea. En la sección 4 la definición de alternativas. En la sección 5 el modelo de simulación, en la sección 6 el análisis de resultados y en la sección 7 las conclusiones.

2. Breve historia del corredor férreo

En la primera mitad del siglo XX cuando la empresa Tropical Oil Company llegó a Barrancabermeja a explotar el petróleo en la zona, generando una ciudad, dependiente de la industria y provocando la consolidación de dos sociedades: la ligada directamente al petróleo, y la que genera algunos servicios, para los pobladores atraídos por la expectativa de trabajo [3]. Para el año de 1923 avanzaban las labores de desmonte, movimientos de tierras, formación de bancadas y tendidas de los rieles en acero y ya para el año 1924 la línea llegaba hasta donde hoy están localizadas las instalaciones industri-

ales del sector conocido como El Centro. El ferrocarril de la Tropical Oil Company, comenzó a prestar servicio entre El Centro y Barrancabermeja a mediados de 1926, mejorándose con ello el transporte de personal y el acarreo de las maquinarias y materiales [4]. Luego de varios años la red férrea presentó una expansión rápida por el territorio nacional y debido a esto el tendido vial perteneciente a la ciudad de Barrancabermeja entró a formar parte de la red ferroviaria del Atlántico. Sin embargo, la red se deterioró debido a que, a partir de 1975, se hizo evidente una aguda crisis financiera en la empresa estatal Ferrocarriles Nacionales [5-6].

3. El corredor férreo en la actualidad

En la actualidad el corredor férreo ubicado a lo largo del casco urbano del municipio tiene una longitud aproximada de 6 kilómetros. La particularidad es que a lo largo de su longitud se encuentra invadido por 887 lotes que ocupan un área de 35.5 hectáreas, y abarcan los estratos uno, dos y tres [7].

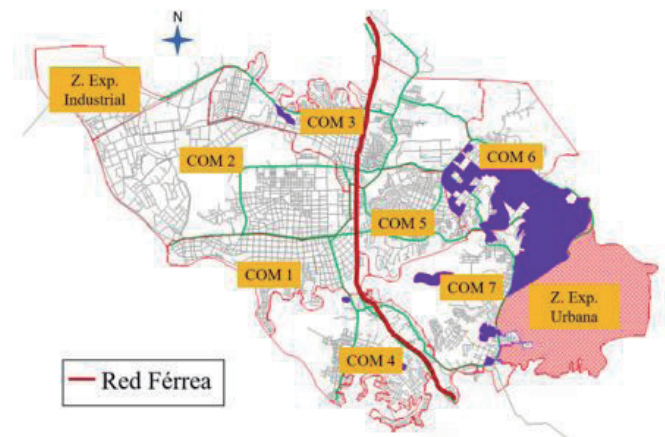


Figura 1. Recorrido del corredor férreo en el casco urbano.

Este corredor cruza 5 de las 7 comunas (Figura 1) con las que cuenta el casco urbano, recorriendo 17 barrios.

4. Definición de alternativas

A partir de la información recopilada de visitas de campo, registro fotográfico, aforos vehiculares revisando y variables de movilidad - definidas en el Plan Maestro de Movilidad del municipio de Barrancabermeja realizado por la Universidad Nacional en el año 2010 [8]. Información correspondiente al crecimiento del parque automotor, orígenes y destinos de los viajes en el casco urbano, propósitos de viaje, proyecciones de población e indicadores de accidentalidad, se decidió que el tramo a analizar y modelar como una vía urbana estaba comprendido entre la calle 77 con carrera 33 hasta la calle

44a con carrera 34 con una longitud aproximada de 3 kilómetros.

4.1 Especificación de alternativas

La propuesta vial urbana corresponde a una vía arterial, la cual será primaria o secundaria, dependiendo de la configuración del terreno existente a lo largo del corredor en estudio. Las alternativas planteadas fueron:

- Propuesta A: Vía arterial principal. Vía doble calzada con dos carriles por sentido a lo largo de todo el tramo férreo.
- Propuesta B: Vía arterial secundaria. Vía de una calzada con dos carriles, un carril por sentido a lo largo del eje férreo.
- Propuesta C: Vía arterial secundaria. Vía mixta, tramos de doble calzada dependiendo de las características de la zona a intervenir con el proyecto.

Cabe aclarar que las alternativas definidas corresponden a las que fueron identificadas dentro del plan de infraestructura propuesto en el Plan maestro de Movilidad del Municipio de Barrancabermeja en el año 2010. Asimismo, se identificaron los principales cruces o intersecciones que se generarían con la eventual implementación de este corredor y se realizó su caracterización, la cual se muestra en la Tabla 1.

4.2 Análisis de cruces viales

Se hizo un análisis de los puntos principales de cruce sobre el tramo vial propuesto. Se tuvo en cuenta su topografía y su posible afluencia vehicular y se identificaron cinco intersecciones principales mediante las cuales se planteó conectar el proyecto con la red vial existente. Dichas intersecciones fueron:

Tabla 1. Conexiones o intersecciones viales revisadas

| Cruce | Ancho (m) | No. de carriles | Observación |
|-------------------------------------|-----------|-----------------|------------------|
| Calle 77 - carrera 33 (Belén) | 9.2 | 2 | Paso a nivel |
| Calle 75 ^a (Belén) | 6 | 2 | Paso a nivel |
| Calle 73 - carrera 34 (San Judas) | 6.5 | 2 | Puente vehicular |
| Calle 65 - carrera 34 (La Floresta) | 6.2 | 2 | |
| Carrera 33 - calle 65 (Floresta) | 5.3 | 1 | |
| Carrera 34 - calle 61 (La floresta) | 1.3 | 4 | Paso a Nivel |
| Calle 58 (Las Camelias) | 5 | 2 | |

| | | | |
|---|-----|---|----------------|
| Calle 53 ^a entre carrera 32 y vía férrea (Palmira) | 4.5 | 1 | |
| Carrera 34 ^a (Santa Ana) | 3.8 | 1 | Puente Elevado |
| Calle 45 (Tres Unidos) | 6.1 | 2 | Paso a Nivel |

- Calle 77 con carrera 33: Ubicado en el barrio Belén, intercepta mediante un paso a nivel. Esta conexión es fundamental para la comunicación de la comuna 3.
- Calle 73 con carrera 34: Consiste en un puente vehicular, el cual conecta el sector este con el oeste del municipio, en la zona norte.
- Carrera 33 con calle 61: Se compone de una vía de doble calzada, con dos carriles por sentido, la cual estaría posiblemente semaforizada.
- Calle 45 con calle 44a: Esta intersección conecta los barrios Tres Unidos con la red vial del municipio, además en esta calle se encuentra un paso a nivel el cual es el punto principal de acceso y salida al barrio.

Además, se identificó que la conexión más importante que se generaría es con el corredor la carrera 28, debido a que esta es la vía principal de ingreso por el costado sur al municipio.

4.2.1 Modificaciones planteadas por intersección.

- Calle 77 con carrera 33: En esta intersección se encontró que, en la calle 76, la vía férrea tiene una bifurcación donde existe un problema topográfico, debido a que el tramo para el tráfico ferroviario se localiza sobre un terraplén de gran elevación y de ancho poco favorable. Por esto se planteó como alternativa, que la vía se desarrolle hasta la calle 76 con carrera 33, allí se dividiría de tal forma que el flujo vehicular en sentido Sur-Norte siga por el tramo del eje férreo, y que el tránsito en sentido Norte-Sur tome la carrera 33, y más adelante se encontrarían en la calle 77 con carrera 73, donde se conectaría con la malla vial existente.
- Calle 73 con carrera 34: Puente elevado, situado sobre la vía férrea, posee una separación de los estribos angosta para el proyecto.
- Carrera 33 con calle 61: Esta conexión se encuentra situada en la zona central del municipio, además cuenta con la presencia de un paso a nivel que conecta con la red vial urbana. Para esta conexión se definió un sistema de semaforización, debido a que la afluencia vehicular es consider-

able.

- Calle 45 con calle 44a: Esta es la primera intersección. La carrera 28, por la cual se ingresa al municipio, se desvía por la calle 45 y posteriormente llega al punto donde empieza el proyecto. Al tratarse de un proyecto con un flujo vehicular importante (1250 vehículos-hora/carril [9]), se hace necesario usar tanto la calle 45, como la calle 46, y condicionarlas, de tal manera que cumplan con los requisitos del proyecto, y que funciones como un par vial.

Los criterios usados se basaron en los parámetros dados por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras en Colombia [10].

Doble calzada: calzada= 7,30 m, separador central = 2 m, andenes= 2,50 / 2.00 m. Calzada sencilla: calzada= 7,30 m, andén= 3.0 / 1.5 m.

5. Modelación de escenarios

Para determinar el impacto en la movilidad que tendría la eventual puesta en funcionamiento de una vía vehicular por el actual eje de la vía férrea se realizaron modelos de asignación de tráfico para la situación actual de la zona de estudio y para la inclusión, por separado, de cada alternativa planteada. Se usó como herramienta de simulación el software TransCAD [11], un SIG especializado en almacenamiento, manejo, análisis y presentación de datos de tráfico, capaz de modelar el transporte público, privado y de carga para unas condiciones de oferta y demanda estipuladas bajo distintos modelos de asignación de tráfico.

5.1 Estructuración de la simulación

En TransCAD la oferta está representada por la red de transporte en consideración (vías vehiculares o de carga). Dicha red es simplemente la malla de la ciudad con información en cada arco de la malla vial. Para el caso del casco urbano de Barrancabermeja la red está constituida por la malla vial del municipio al año 2010 en el Plan Maestro de Movilidad [8] y actualizada con la información de proyectos de infraestructura vial ejecutados en el municipio en los últimos 6 años [12]. La demanda está representada por la matriz origen-destino para transporte privado y de carga. En el modelo del casco urbano de Barrancabermeja las matrices representan los viajes en la región entre las 17:30 y 18:30 (considerada hora pico) originadas a partir de las encuestas origen-destino adelantadas por la Universidad Nacional en convenio con la Alcaldía de Barrancabermeja en el año 2010. La información así obtenida se agrupó en las 75 zonas denominados como Zonas de Asignación de Tráfico (TAZ por sus siglas en inglés)

[13] para luego proyectarse al año 2018 con base en las tasas de incremento del parque automotor privado y de carga del municipio de origen de los viajes.

5.2 Modelo de asignación de tráfico

Con base en las restricciones de información sobre capacidad de la red del casco urbano de Barrancabermeja, en la presente investigación se empleó el modelo Todo o Nada (All or Nothing), caracterizado por asignar todos los viajes en un par origen-destino al camino más corto entre dicho par.

Este método parte de la hipótesis de que el tiempo de viaje en un arco de la red no se ve alterado por el flujo que tenga este arco, es decir, el tiempo de viaje en una vía es independiente de su capacidad [14]. Pese a las limitaciones que supone ignorar la capacidad de la vía, el uso del modelo All or Nothing permite simular la situación más crítica de carga de tráfico para las vías que representen el menor costo en tiempo entre los pares origen-destino del casco urbano de Barrancabermeja, lo que enfoca la modelación sobre la situación de las vías primarias de la región [14]. Se presume que el usuario conoce los tiempos de viaje de todos los posibles caminos de la red y que va a seleccionar el de menor tiempo.

5.3 Escenarios de modelación

Los escenarios de modelación mediante los cuales se llevó a cabo el análisis sobre la malla vial fueron cuatro, de los cuales uno corresponde al escenario base y tres que fueron modificados respecto al escenario base y están basados en las alternativas definidas al principio de este documento:

- Vía doble calzada con dos carriles por sentido (escenario 2).
- Vía de calzada sencilla con un carril por sentido (escenario 3).
- Vía mixta, tramos de doble calzada y calzada sencilla (escenario 4).

Se estableció un escenario base el cual corresponde a la malla vial existente en las condiciones actuales, es decir con el corredor férreo sin ningún tipo de uso.

5.4 Indicadores del tráfico

Para cada escenario y para cada año de proyección se calcularon indicadores agregados y desagregados del tráfico. Los primeros consistieron en la distancia recorrida (VDT) y el tiempo de viaje (VHT) de los vehículos particulares [15], consignados en la matriz origen – destino y expresados, respectivamente, en kilómetros y horas. Los segundos fueron el flujo vehicular, el tiempo de viaje y el nivel de servicio (LOS por sus siglas en inglés), medidos en ciertos corredores (o puntos) de

control, establecidos para cada escenario.

6. Resultados

Los resultados obtenidos para los indicadores agregados y desagregados del tráfico se presentan, respectivamente, en las tablas 2 y 3. El primer escenario (base) permite determinar qué tan ajustado es el modelo a la situación real. Sin embargo, la información de campo del casco urbano de Barrancabermeja está dada en vehículos equivalentes mientras que los flujos del modelo están diferenciados en transporte privado y de carga. Por ende, la evaluación del modelo se realizó de forma cualitativa comparando los resultados obtenidos con la situación expresada en el Plan Maestro de Movilidad de la ciudad de Barrancabermeja 2010. El modelamiento de las proyecciones se hizo en periodos quinquenales (partiendo de 2018 cada 5 años), esto debido a

la proyección de tráfico hechas en el Plan maestro de Movilidad del Municipio que abarcaron análisis hasta el año 2035. Estas proyecciones posibilitaron observar la evolución del conflicto de movilidad del casco urbano del municipio para el transporte privado y de carga en caso de no intervenir la infraestructura actual. El análisis desagregado se realizó para puntos críticos de la malla vial actual y que presentan mayor afluencia vehicular en el sentido (Norte-Sur). En este caso se tomaron como punto de control intersecciones sobre la Carrera 28 por ser esta la principal vía arteria de la ciudad. Para las intersecciones se analizó el flujo vehicular antes y después de entrar en funcionamiento la nueva vía urbana sobre el eje férreo. Al analizar los resultados obtenidos se observa que para todos los escenarios (2, 3 y 4) hubo una reducción del flujo en estas intersecciones llegando en algunos casos a ser del 40%.

Tabla 2. Indicadores agregados de tráfico

| AÑO | INDICADOR | ESCENARIOS | | | |
|------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2018 | VHT | 5,518 | 5,274 | 5,390 | 5,439 |
| | %VHT | *** | 4.42% | 2.32% | 1.43% |
| | VMT | 214,791 | 214,641 | 215,659 | 214,002 |
| | %VMT | *** | 0.07% | -0.40% | 0.37% |
| 2023 | VHT | 14,483 | 12,986 | 12,501 | 14,399 |
| | %VHT | *** | 10.34% | 13.69% | 0.58% |
| | VMT | 348,249 | 350,079 | 352,701 | 348,101 |
| | %VMT | *** | -0.53% | -1.28% | 0.04% |
| 2028 | VHT | 110,071 | 86,203 | 82,710 | 109,936 |
| | %VHT | *** | 21.68% | 24.86% | 0.12% |
| | VMT | 657,349 | 659,671 | 648,601 | 651,789 |
| | %VMT | *** | -0.35% | 1.33% | 0.85% |
| 2033 | VHT | 2,921,262 | 2,041,629 | 1,823,003 | 2,907,711 |
| | %VHT | *** | 30.11% | 37.60% | 0.46% |
| | VMT | 1,343,515 | 1,336,652 | 1,298,544 | 1,318,116 |
| | %VMT | *** | 0.51% | 3.35% | 1.89% |

Tabla 3. Indicadores desagregados de tráfico

| ESCE | AÑO | PUNTO DE CONTROL | CONECTIVIDAD | FLUJO (Veh/Hora) | % Reducción | TIEMPO DE VIAJE (Hrs) | % Reducción | NDS Base | NDS |
|------|------|-------------------|--------------|------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|-----|
| | 2018 | Cra 28 - Calle 52 | N-S | 2,834 | -39.4 | 0.72 | 32.7 | C | B |

| | | | | | | | | | |
|---|------|-------------------|-----|-------|-------|------|------|---|---|
| 2 | 2023 | Cra 28 - Clle 52 | N-S | 4,590 | 0.2 | 1.08 | 7 | F | D |
| | 2028 | Cra 28 - Calle 60 | N-S | 5,264 | 6.2 | 1.76 | 29.9 | F | D |
| | 2033 | Cra 30 - Calle 67 | N-S | 2,056 | 38.1 | 1.49 | 76.3 | F | E |
| 3 | 2018 | Cra 28 - Clle 52 | N-S | 2,905 | -40.4 | 0.74 | 33.5 | C | C |
| | 2023 | Cra 28 - Clle 52 | N-S | 4,705 | 0.2 | 1.12 | 7.2 | F | E |
| | 2028 | Cra 28 - Calle 60 | N-S | 5,417 | 6.4 | 1.81 | 30.8 | F | E |
| | 2033 | Cra 30 - Calle 67 | N-S | 2,107 | 39.1 | 1.54 | 78.2 | F | E |
| | 2018 | Cra 28 - Clle 52 | N-S | 2,977 | -43.2 | 0.77 | 34.4 | C | C |
| 4 | 2023 | Cra 28 - Clle 52 | N-S | 4,822 | 0.2 | 1.17 | 7.4 | F | D |
| | 2028 | Cra 28 - Calle 60 | N-S | 5,574 | 6.6 | 1.87 | 31.7 | F | E |
| | 2033 | Cra 30 - Calle 67 | N-S | 2,160 | 40.0 | 1.58 | 80.9 | F | E |

Este impacto positivo también se refleja en un mejoramiento de los niveles de servicio. Los resultados muestran que para las intersecciones tomadas como punto de control los niveles de servicio llegan para el año final de modelación hasta un nivel E, lo cual resulta positivo teniendo en cuenta las tendencias de crecimiento del parque automotor que se presenta en la ciudad. Los resultados muestran que el escenario más favorable con relación a la redistribución de flujos y disminución de los puntos de conflictos es el Escenario 3 el cual corresponde a una vía de calzada sencilla con un carril por sentido. Sin embargo, el escenario, que ofrece mayores reducciones en la concentración de flujos por intersección con un 43% permitiendo obtener niveles de servicio B y C.

7. Conclusiones

Este proyecto analizó una alternativa vial para mitigar el impacto negativo en la movilidad a causa del crecimiento del parque automotor experimentado en los últimos años en el casco urbano de Barrancabermeja, proporcionando posibles alternativas de conexión, mediante diferentes configuraciones operacionales. Con base en el planteamiento de escenarios de simulación se mostró la efectividad del proyecto a nivel de redistribución de flujos, mejoramiento en los niveles de servicio, disminución de tiempos de viaje para el municipio.

Se pudo evidenciar la notable reducción del tráfico en puntos donde confluyen vías de alta jerarquía vial en

la malla del municipio. Esto debido a la eventual puesta en funcionamiento de la vía propuesta, por lo cual el tráfico se redistribuiría de manera positiva. Por otro lado, los escenarios propuestos, responden favorablemente a la demanda vehicular del municipio, pero el escenario que brinda mayores tasas de reducción es el escenario 3 correspondiendo a una vía de doble calzada con separador central y andenes laterales anchos. Como trabajos futuros se plantea incluir en el análisis la demanda por transporte público que permita hacer el estudio de un ajuste en las rutas existentes y porque no plantear un corredor exclusivo de transporte público a lo largo de este corredor teniendo en cuenta que atraviesa al casco urbano en su totalidad.

8. Recomendaciones

Para futuras investigaciones en el tema, se presentan dos recomendaciones que surgen de las limitaciones encontradas durante la realización de la investigación: primero, actualizar la matriz origen – destino y los aforos vehiculares, con el fin de estimar con mayor precisión el grado de ajuste del modelo y mejorar su calibración en caso de requerirse; segundo, realizar una asignación multimodal para evaluar el impacto de los proyectos viales de la ciudad y sobre los sistemas de transporte público colectivo.

9. Agradecimientos

Los autores agradecemos al grupo de investigación Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas de la Es-

cuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander por todo su apoyo logístico y acompañamiento durante la toma de información y en la elaboración de este trabajo.

10. Referencias

- [1] Fonseca, W., & Sarmiento, K. “Revitalización urbana en el eje occidente del ferrocarril tren de la sabana.” Tesis de pregrado, Facultad de Arquitectura, Universidad La Gran Colombia, Colombia, 2016.
- [2] Cáceres Vergara, M. F., & Castro Florez, D. G. (2018). “Diagnóstico De La Avenida Circunvalar Entre La Calle 49 Y Transversal 29 Del Municipio De Barrancabermeja Empleando La Metodología De Auditoria De Seguridad Vial”. Tesis de pregrado, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Universidad Industrial de Santander, Colombia, 2018.
- [3] Parrado Ramírez, D. M. (2006). “Population, petroleum and ordering, a complex relationship in Barrancabermeja;” *Journal Análisis Geográficos*, Journal Issue: 30, December, 2006.
- [4] Meisel-Roca, A., Ramírez-Giraldo, M. T., Jaramillo-Echeverri, J., & Ramírez-Giraldo, M. T.” Muy tarde, pero rentables: Los ferrocarriles en Colombia durante el período 1920-1950.” *Cuadernos de Historia Económica y Empresarial*; No. 34, 2014.
- [5] Márquez, L. “El ferrocarril colombiano: 4 temas recurrentes en la literatura.” *Estudios Gerenciales*, vol. 33, no.143, 187-194, 2017. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.04.003>
- [6] Vasco, C. A. “Ferrocarriles colombianos, artífices de desarrollo económico futuro de la integración nacional.” *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, vol. 93, pp. 1-20, 2008. Recuperado de: <https://ideas.repec.org/a/erv/observ/y2008i9311.html>
- [7] República de Colombia, Alcaldía municipal de Barrancabermeja, 2006, PLAN PARCIAL PARA EL CORREDOR FERREO. Environmental Ingenieros Consultores Ltda., Barrancabermeja, Santander. [Online]. Available: https://www.barrancabermeja.gov.co/sites/default/files/open-data/documento_gestion_territorial_pot.pdf
- [8] Facultad de Ingenierías Universidad Nacional de Colombia; Informe IV-Diagnóstico y caracterización del sistema actual de movilidad y del modelo territorial, Versión 3.0, Bogotá, Colombia, 2010.
- [9] Laza Pinedo, L. M.” Evaluación de la implementación de los planes de movilidad de las ciudades en Colombia,” Tesis de Maestría, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, 2016.
- [10] Instituto Nacional de Vías (INVIAS) 2008; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras; Bogotá, Colombia. [Online]. Available: <http://artemisa.unicauca.edu.co/~carboled/Libros/Manual%20de%20Diseno%20Geometrico%20de%20Carreteras.pdf>
- [11] Lu, H. Q., & Nimbole, P. Intro to TransCAD GIS. Model Research and Development Unit Transportation Planning Branch, 2002.
- [12] Informe de Gestión octubre 2018 – enero 2019 Secretaria de Infraestructura. [Online]. Available: <https://www.barrancabermeja.gov.co/documento/informe-de-gesti%C3%B3n-octubre-2018-enero-2019-secretaria-de-infraestructura>.
- [13] Wildermuth, B. R., Delaney, D. J., & Thompson, K. E. (1972). Effect of zone size on traffic assignment and trip distribution. *Highway Research Record*, (392).
- [14] Hui, C. “Application Study of All-or-Nothing Assignment Method for Determination of Logistic Transport Route in Urban Planning.” *Computer Modelling & New Technologies*, 18, 932-937, 2014. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/70cd/61637457b19546e4978dce57ecef3ae23b05.pdf>
- [15] Fillone, A. M. “Evaluating Proposed Transportation Infrastructure Projects in Metro Manila Using the Transport Co-Benefit Analysis.” *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, vol. 11, pp. 189-208, 2015. Doi: <https://doi.org/10.11175/easts.11.189>