

Efectos de las intervenciones en transporte público en el mercado inmobiliario: el caso del tranvía de Ayacucho-Medellín

*Lina María Flórez Cano

**Juan Sebastián Cardona Aguilar

Trabajo para optar al título de Economista

Universidad EAFIT

RESUMEN

El tranvía de Ayacucho es una de las más recientes obras de infraestructura de transporte en la ciudad de Medellín. En el presente estudio, se desarrolla una revisión de los mecanismos que según la literatura académica ocasionan cambios en la oferta o demanda de los agentes en el mercado inmobiliario, tras la disposición de infraestructura de transporte. Además, se estima un modelo de precios hedónicos para conocer los efectos causados por el tranvía en sus zonas de influencia en la comuna nueve de Medellín, Buenos Aires. Los resultados demuestran un aumento significativo en el precio de los inmuebles colindantes al proyecto, además de un cambio en la infraestructura del sector pues comienzan a imperar inmuebles con menor área.

Palabras clave: Mercado inmobiliario, propiedad raíz, infraestructura, transporte, precios hedónicos, metro cuadrado.

1. INTRODUCCIÓN

El mercado inmobiliario constituye uno de los principales sectores en la economía, ya que ofrece infraestructura y condiciones a la oferta en los sectores comercial, vivienda e inversión, constituyendo uno de los mayores componentes de los activos y la riqueza en diferentes países. Asimismo, tiene un papel desde el mercado hipotecario al ser uno de los principales transmisores de políticas monetarias, constituyéndose en una dimensión fundamental en la transición económica ante choques adversos (Zhu, 2016).

De acuerdo a lo expuesto, se hace necesario regular los mercados inmobiliarios, pues “los ciclos de auge y caída del sector inmobiliario a menudo han sido perjudiciales tanto para la estabilidad financiera como para la economía real” (Zhu, 2016).

El ejercicio de regulación de estos mercados contiene herramientas de financiamiento asociadas a las unidades inmobiliarias que permiten a los territorios el desarrollo de sus proyectos, estas son: (i) la valoración de beneficio local o general; (ii) la participación en plusvalías; (iii) los bonos o pagarés de forma urbana, entre otros (Instituto de Estudios Urbanos Sede Bogotá et al., 2017). En este sentido, tras intervenciones urbanísticas, en el largo plazo podrían hacerse necesarios cambios en las configuraciones prediales de los territorios (Ley 44, 1990), causando variaciones en el valor proveniente de este impuesto percibido por las entidades.

En respuesta a los procesos de urbanización experimentados por las metrópolis, es necesario disponer de diferentes servicios que aporten al adecuado desarrollo y el bienestar de la población (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio., 2014). Dando lugar a la potenciación del tiempo, capacidades y condiciones integrales de vida de los ciudadanos, maximizando tanto las aristas asociadas al bienestar como su aporte a la productividad nacional.

En Colombia, se dirigen los procesos de gestión y ordenamiento territorial “[...] para facilitar el desarrollo institucional, el fortalecimiento de la identidad cultural y el desarrollo territorial, entendido este como desarrollo económicamente competitivo, socialmente justo, ambientalmente y fiscalmente sostenible, regionalmente armónico, culturalmente pertinente, atendiendo a la diversidad cultural y físico-geográfica del país” (Ley 1454, 2011)

En este sentido, a través de algunos de sus principales estudios “la Defensoría del Espacio Público de Bogotá ha obtenido, como principal resultado, la evidencia de que existe una alta valoración social del espacio público, poniendo como reto la incorporación de análisis económicos

más refinados que describan las diferentes valoraciones que hace la sociedad del espacio público. Así mismo, se encontró que la presencia de espacios públicos en el contexto urbano influye altamente en la determinación de los precios del suelo privado.” Planteando, además que, si bien el espacio público no tiene un precio de mercado, si representa unos costos de producción y al ser puesto a disposición de la comunidad se ve reflejado en los precios de las unidades inmobiliarias cercanas. (Araque Solano et al., 2017)

En territorios con contextos de crecimiento y expansión poblacional, la provisión de medios de transporte urbano se vitaliza cada vez más, incrementado su nivel de aporte a la calidad de vida de los ciudadanos, brindando soluciones en movilidad y eficiencia.(Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio., 2014)

En consecuencia, el desarrollo orientado al transporte y las soluciones en infraestructura propuestas en los territorios, impactan los mercados inmobiliarios a través de diferentes mecanismos representados en la oferta o demanda de los agentes. Estos, evalúan las características del entorno, formándose percepciones de acuerdo a la utilidad obtenida o a obtener y los costos de oportunidad producto de una decisión de compra-venta.

De acuerdo a los planes de Ordenamiento Territorial y de Gobierno, las intervenciones en espacio público propenden por un mayor aprovechamiento y beneficio general, buscando soluciones a diversas necesidades (Herazo et al., 2020); en esta línea, la construcción de infraestructura de transporte aporta tipos de mejoras adicionales descritas a continuación, partiendo de aplicaciones pre existentes:

Según Perdomo (2012), en Bogotá, posterior a la creación del Transmilenio - durante la primera década del 2000 -, el proyecto de servicios urbanos y un programa de mejoramiento barrial, fortalecieron a la comunidad en temas de aprovechamiento y acondicionamiento del espacio público, generando valor en las unidades inmobiliarias cercanas. Algunas de las mejoras adicionales percibidas fueron: redes de servicios públicos, formalización de títulos de propiedad y cambios en uso del suelo.

De manera similar, en la construcción del SITM - METROPLÚS en Medellín, en cuanto a los costos del proyecto se evidenció una afectación, debido a que “previo a la construcción y durante la ejecución de las obras, se identificó la necesidad de hacer reposición de redes de

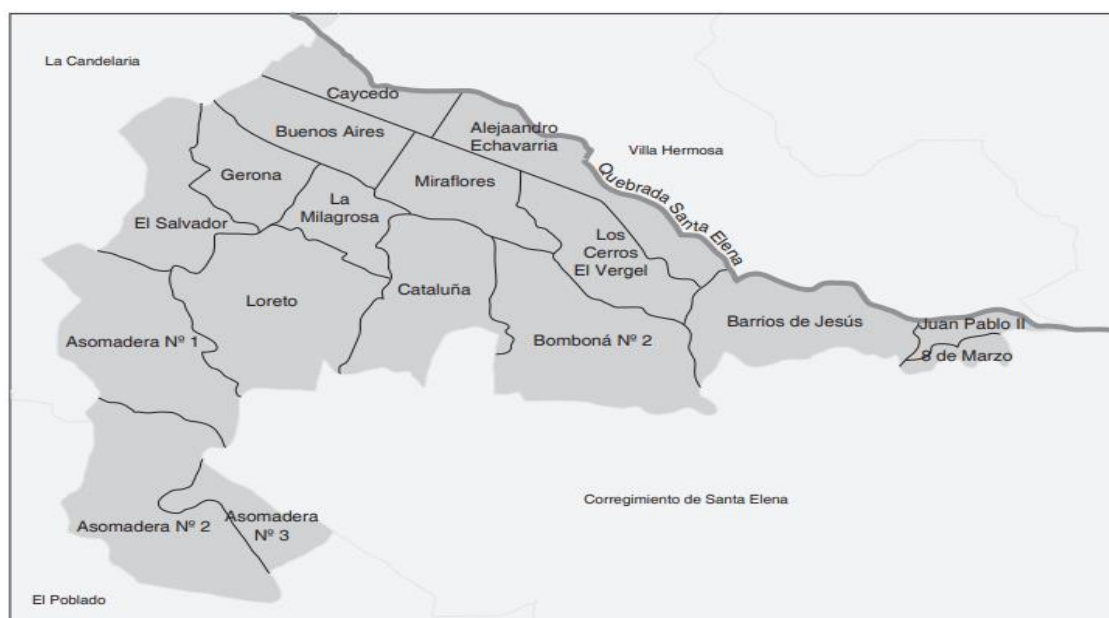
acueducto, alcantarillado, eléctricas, voz y datos, alumbrado público, telefónicas y gas” (Social & Planeación, 2009).

En Medellín, se ha construido infraestructura de transporte, en respuesta a las necesidades poblacionales y a las particularidades geográficas del territorio. Disponiendo, ciclo rutas el sistema metro y sus cables, el Metroplús y más recientemente el corredor de Ayacucho.

El Corredor de Ayacucho, está compuesto por un tranvía y dos cables, que tienen como objetivo lograr conectar los valles de Aburrá y San Nicolás, representando “la posibilidad para más de 350 mil personas de las comunas 8, 9 y 10 de acceder de manera ágil, económica y limpia, a diversos lugares, territorios y comunidades del área metropolitana.” (ETMVA, 2015).

Imagen 1:

División político administrativa comuna 9 - Buenos Aires, 2010



División Político-Administrativa de la Comuna 9 "Buenos Aires"

Fuente: (Alcaldía de Medellín, 2010)

La comuna 9, Buenos Aires, limita por el norte con la comuna 8, Villa Hermosa; por el oriente, con el Corregimiento de Santa Elena; por el sur, con la Comuna 14 El Poblado y al occidente, con la comuna 10 La Candelaria. La comuna 9 está conformada por 17 barrios y el 80% de su territorio está en zonas de pendiente, que van de occidente a oriente.” En adición, su crecimiento urbano se ha consolidado alrededor de la calle 49 – Ayacucho.(Medellín, 2012).

Tabla 1:
Barrios y sectores comuna 9- Buenos aires, 2014

FRANJA 1	FRANJA 2	FRANJA 3	FRANJA 4
8 de Marzo	Los Cerros – El Vergel	Caicedo	La Milagrosa
Juan Pablo II	Alejandro Echavarría	El Salvador	Loreto
Barrios de Jesús	Bombona 2	Gerona	Cataluña
	Miraflores	Buenos Aires	Asomadera 1,2 y 3

Fuente: Construcción de los autores con base en Alcaldía de Medellín (2015)

“Según la Encuesta de Calidad de Vida de 2013, el estrato socioeconómico más representativo en la Comuna 9 - Buenos Aires, es el medio - bajo, con un 60% de la población, seguido del estrato bajo con un 26%, luego el estrato bajo - bajo con un 4% y el estrato alto está representado por un 0,5% de la población.”(Alcaldía de Medellín, 2015) En los datos presentados se evidencia una disminución del 3% en el porcentaje de hogares ubicados en estratos inferiores al medio- bajo entre el año 2008 y 2013 (Durante la construcción del Tranvía).

Las obras físicas para la construcción del Tranvía de Ayacucho comenzaron en el año 2013 y su inauguración tuvo lugar en el año 2016, el medio de transporte cuenta con 3 estaciones de integración (San Antonio, Miraflores y Oriente) y 6 paradas (estructuras livianas que son: San José, Parada del Agua EPM, Bicentenario, Buenos Aires, Loyola, Alejandro Echavarría), su recorrido empieza en la estación San Antonio y finaliza en el barrio Alejandro Chavarría, para esta labor la ciudad cuenta con 12 vehículos tranviarios que operan con una velocidad promedio de 30 a 40 kilómetros por hora, sin embargo su velocidad máxima es de 70 kilómetros por hora y cada vehículo puede movilizar hasta 300 pasajeros. (Prensa Alcaldía de Medellín, 2016)

construcción del tranvía de Ayacucho, el primer sistema de transporte entregado en el marco del plan del corredor de Ayacucho. El siguiente trabajo está compuesto de tres partes: La primera, una revisión teórica en relación al tema; la segunda, la aplicación de herramientas y procesos econométricos, por medio de modelos de precios hedónicos con datos recolectados para la comuna 9 de la ciudad de Medellín - también conocida como la zona de influencia; finalmente la tercera, una presentación de conclusiones y resultados enmarcadas en el desarrollo del proyecto.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos de la construcción del tranvía de Ayacucho en el precio de los inmuebles con destinación residencial de las zonas aledañas al proyecto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir una revisión de literatura académica sobre los mecanismos a través de los cuales las intervenciones de infraestructura podrían modificar las decisiones de oferta y demanda de los agentes en el mercado inmobiliario.
- Estimar un modelo econométrico que permita reconocer de manera estadística el impacto del tranvía en los precios de inmuebles con destinación residencial en el sector.
- Debatir las principales implicaciones de los efectos en los mercados inmobiliarios y la expansión del sistema de transporte en Medellín.

3. MARCO TEÓRICO

Las intervenciones estatales son mecanismos a través de los cuales los gobiernos buscan mitigar, resolver o prevenir las necesidades que presenta la población, así como generar condiciones que posibiliten un mayor crecimiento social y económico en los territorios (Herazo et al., 2020). En el caso de las intervenciones en infraestructura, específicamente la de transporte, se ocasiona un cambio en la demanda del mercado inmobiliario del sector impactado, debido a que estas posibilitan una reducción en los costos de transporte, que son un gasto importante para la clase trabajadora, convirtiendo la decisión del lugar de vivienda en una decisión de costo de oportunidad sobre el tiempo dedicado a desplazamiento, como se logra evidenciar en el estudio realizado por Alberto Lara Pulido y otros (2017).

Además, en el estudio realizado por Zhan & Yen (2020), se establece que uno de los determinantes en el proceso de formación del precio de los inmuebles, es el salario adicional que puede obtener una persona si invierte en horas laborales el tiempo disminuido en transporte; lo que incrementa la disposición a pagar por la propiedad, considerando la expectativa de ingreso futuro.

Por su parte, Pulido y otros (2017) concluyen que las familias valoran la menor distancia hacia el centro de transporte más cercano, al igual que a otros puntos de interés y la velocidad para acceder a los mismos, lo que se ve reflejado en el precio final que están dispuestas a pagar por las viviendas.

Lo anterior, fue confirmado en el reciente estudio sobre el impacto del Bus Rapid Transit (BRT), el mismo que expone que la tierra y la propiedad dentro de los 50 metros colindantes a una estación tienen un valor significativamente más alto, mientras que para los sistemas Rail Based Transit (RBT), la tierra y la propiedad con un aumento de valor significativo se ubican entre 505 y 805 metros de la estación. (Zhang & Yen, 2020)

No obstante, el incremento de la infraestructura de transporte no siempre trae efectos positivos sobre los mercados inmobiliarios. La frecuencia del medio de transporte afecta negativamente el precio de los inmuebles debido a la generación de alto tráfico y ruido. Los resultados empíricos demuestran que en decibeles inferiores a 55 no se afecta el precio, pero de ahí en adelante, cada decibel adicional disminuye el precio entre 0.4 y 0.6 %, sin embargo, los transportes de tipo liviano tienen el efecto contrario. (Des Rosiers et al., 2010)

Otro factor determinante para el cambio en la demanda, es el cambio urbanístico que sufren las poblaciones aledañas a las estaciones de los transportes públicos. Inicialmente, se podría modificar los índices de crimen efectivo en el sector y su percepción, debido a que las estaciones también parecen atraer cierto incremento en dichos ítems, lo que devalúa las viviendas inmediatamente cercanas, sin embargo, estas terminan siendo aún más valoradas que las que están muy distantes. (Zhang & Yen, 2020)

En conjunto con el cambio urbanístico, es posible constatar que comienza a haber un aumento en la infraestructura privada aledaña, a través de un incremento de la comercialización en los sectores impactados, por lo que los factores contextuales empiezan a afectar el valor estimado de las propiedades, es decir, el valor comienza a estar definido por: factores internos y externos como la ubicación, los planes de transporte y los servicios de los alrededores (Mohammad et al., 2013).

Según el texto, “¿Un servicio de autobús urbano mejorado afecta el valor de la vivienda?”, publicado en la Revista Internacional de Transporte Sostenible, cada punto porcentual de aumento en la tasa impositiva local, conduce a una caída del valor del 25 %. (Des Rosiers et al., 2010)

Por otro lado, las intervenciones en infraestructura de transporte público también generan cambios en la oferta del mercado inmobiliario, puesto que se modifica el stock de bienes inmuebles disponibles en el mercado, cambio que se origina por varias razones como la formalización o regulación de títulos de propiedad. Por ejemplo, para el caso de Bogotá se evidencia que la construcción del transmilenio condujo a la legalización de barrios informales, pues se generó un impacto positivo en la percepción de los barrios, las viviendas y sus trasfondos legales. (Perdomo Calvo, 2012b)

La legalización de terrenos, posibilita una correcta estratificación de los predios, asunto pertinente toda vez que las construcciones de transporte público hacen del estrato una de las variables más importantes para explicar el valor de la vivienda, ya que al incrementar la dotación pública de un sector es factible que su estrato se vea mejorado (Galvis & Carrillo, 2013).

Sumado a lo recién expuesto, es evidenciable en diversos proyectos de este tipo, que, en los sectores impactados se comienza a realizar un cambio de ordenamiento territorial o en el uso del suelo, como es el caso de Bogotá, en el que el Transmilenio contribuyó a generar valor en las cuadras aledañas (Perdomo Calvo, 2012). En su gran mayoría, dichos cambios son generados por el Estado a través de variaciones en las medidas de regulación desde una perspectiva de desarrollo

urbano orientado, algunas de las medidas para liberar el potencial de los predios y áreas cercanas a las estaciones de los sistemas tipo BRT consisten en cambiar la regulación de los usos del suelo, flexibilizar los límites de densidad o reducir los requisitos de estacionamiento de vehículos (Rodríguez et al., 2014)

Por otro lado, existe una relación entre la construcción de infraestructura pública y el desarrollo de nuevos proyectos inmobiliarios, esto se debe a que se crean incentivos sociales para los constructores. Es conocido, que al invertir en infraestructura de transporte, se impacta la calidad de vida a través de la dotación de espacio público, la disminución de tiempos de transporte y el mayor tiempo disponible para asignar a actividades de ocio o trabajo, lo que mejora las condiciones de la demanda en sectores con un menor costo de suelo por su ubicación periférica. (Pulido et al., 2017)

De igual manera, se presentan incentivos en el Estado para generar mejoras en otros tipos de infraestructura pública (urbanismo); en el caso de Bogotá, se observa junto con la construcción del Transmilenio, mejoras de otros tipos de infraestructura en los sectores cercanos a la intervención, con ello se beneficia la calidad de vida y la percepción de las propiedades impactadas. (Perdomo Calvo, 2012b)

En este modo, la hipótesis teórica sobre los efectos de la construcción del Tranvía de Ayacucho sobre los mercados inmobiliarios en zonas aledañas permite afirmar que, como resultado de la nueva infraestructura se ha generado un incremento en la demanda de inmuebles de los sectores cercanos, al igual que factores transversales como la construcción de nuevos espacios públicos, centros de esparcimiento y el cambio de uso de inmuebles destinados a vivienda hacia locales comerciales. Estos efectos de demanda incrementan las transacciones y el nivel de precio asociado a los predios.

De manera paralela, se espera encontrar efectos de oferta, debido a la construcción de proyectos de vivienda e infraestructura privada como centros comerciales, lo que conllevaría a cambios en el uso del suelo, al igual que en el ordenamiento territorial de la ciudad, vía estratificación de los sectores impactados y legalización de predios en los mismos, permitiendo un aumento en la tributación.

4. METODOLOGÍA

El presente estudio busca estimar la relación entre el mercado inmobiliario y la intervención en transporte público. En este sentido, se estima un modelo econométrico con el objetivo de reconocer de manera estadística el impacto del tranvía en los precios de inmuebles en el sector, para ello se incluyen diferentes tipos de características de las unidades inmobiliarias en consideración.

La formación de los precios de un bien es el resultado de un conjunto de características, implícitas y mercadeables como un todo. En el momento de la venta, dichas características son trasladadas del oferente al consumidor, por tanto, influyen positiva o negativamente en el precio de la transacción, de acuerdo a la valoración que las partes asignan a cada atributo (Lever, 2009).

En el contexto inmobiliario, se esperaría que el consumidor observe las características de cada propiedad y escoja aquella cuyo conjunto de atributos maximice la utilidad obtenida tras la compra del bien en función de sus intereses. Con base en estudios previos, existen dos grupos de características de las viviendas, estos son: *“uno asociado a las características estructurales como tamaño del lote, de la construcción y edad de la vivienda y el otro asociado a las características del vecindario como uso de suelo y las externalidades”* (Duque et al., 2012).

En consecuencia, el presente estudio estima un modelo de precios hedónicos, implementando como contraste estadístico del mismo, un modelo de mínimos cuadrados ordinarios – MCO -. Por medio de la estimación, se realiza un acercamiento a la valoración de características implícitas de las propiedades (Lever, 2009), que para este caso particular corresponden a las consecuentes de la disposición de la infraestructura tranviaria de Ayacucho.

Los modelos de precios hedónicos parten de la década de los setenta, como consecuencia de los aportes de Lancaster a la teoría del consumidor. Bajo esta propuesta, se plantea que las características de cada bien son un conjunto de componentes que asignan utilidad al consumidor (Duque et al., 2012). Según Lever (2009), la forma general del modelo parte del siguiente esquema:

$$P = f (I, V, U, Z, S, E; w) \quad (1)$$

Donde:

- P: Precio del bien raíz, expresado normalmente en metros cuadrados.
- I: Argumento compuesto por características inherentes al inmueble (superficie construida, superficie del terreno, aptitud de uso del suelo, aspectos de arquitectura y diseño interior, equipamiento interior, número de habitaciones, calidad de los materiales, etc.).
- V: Características del vecindario (nivel socioeconómico, tipo de residentes, seguridad, etc.).
- U: Características de ubicación del bien raíz (área residencial, área industrial, distancia geográfica y accesibilidad a centros de importancia, etc.).
- Z: Características determinadas por la ubicación del inmueble dentro del Plano Regulador de la ciudad (zoning) (densidad de la construcción, tipos de actividades y usos del suelo permitidos, etc.).
- S: Características determinadas por el nivel de equipamiento exterior, servicios e infraestructura que recibe el inmueble (agua, alcantarillado, electricidad, pavimentación, etc.).
- E: Externalidades presentes en el entorno en que se encuentra el bien raíz (actividades contaminantes, áreas verdes, vertederos de desperdicios, etc.).
- w: Conjunto de parámetros que acompañan a cada atributo y que constituyen los precios implícitos (sombra) de cada característica del inmueble.

Asignando los parámetros a cada variable de argumento, el modelo puede ser reescrito como sigue a continuación:

$$P_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_m X_{mi} + m_i \quad (2)$$

Donde X representa cada una de las variables incluidas en los argumentos de la ecuación (1) y los β cada uno de los parámetros al interior del conjunto de parámetros que acompañan a cada atributo (W) y que constituyen los precios sombra de cada característica del inmueble (Lever, 2009).

Al optimizar este tipo de modelos, el acercamiento hedónico al estudio de los mercados acompañado del hallazgo del precio asociado a una o varias características, permite aproximarse a las preferencias y comportamientos de los consumidores, quienes llevan a cabo un proceso de determinación de la disposición a pagar por características mercadeables o no, presentes en cada bien. (Duque et al., 2012).

Modelo 1. Estimado por Mínimos Cuadrados Ordinarios

$$\text{Valor}_m2 = f(\beta + \beta_1 \text{Post} + \beta_2 \text{Cerca} + \beta_3 \text{Post} * \text{Cerca} + \beta_4 \text{Área_privada} + \beta_5 \text{Área_privada} * \text{Nuevo} + \varepsilon)$$

Modelo 2. Estimado por Mínimos Cuadrados Ordinarios

$$\text{Log}(\text{Valor}_m2) = f(\beta + \beta_1 \text{Post} + \beta_2 \text{Cerca} + \beta_3 \text{Post} * \text{Cerca} + \beta_4 \text{Área_privada} + \beta_5 \text{Área_privada} * \text{Nuevo} + \varepsilon)$$

Donde:

- Valor_m2: Precio por metro cuadrado de cada inmueble observado.
- Post: Variable binaria, con información acerca del año en que se tomó la información donde 1 corresponde al periodo posterior a la intervención, 2018 – 2019 y 0 a los años 2012 – 2013, previo a la construcción del tranvía.
- Cerca: Variable binaria, relacionada a la cercanía del dato observado al tranvía, en este caso 1 representa aquellos inmuebles ubicados a máximo 2 cuadras del tranvía y 0 las propiedades por fuera de esta zona de influencia, ubicados en un perímetro de hasta 5 cuadras.
- Área privada: Variable continua con el valor numérico del área privada de cada propiedad al interior de la muestra.
- Nuevo: Variable categórica en la que 1 corresponde a las propiedades en estado nuevo y 0 a aquellas usadas.

Los modelos son estimados por mínimos cuadrados ordinarios, bajo el supuesto de homocedasticidad. Posteriormente, se aplica la prueba de Breusch Pagan, obteniendo valores P para ambos, con los que se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad en los errores de la muestra, con un 90% de confianza, por ello se incluye en la metodología la estimación de los modelos corrigiendo los errores con matrices de varianzas y covarianzas consistentes a la

heterocedasticidad hallada, conforme lo exponen (MacKinnon & White, 1985) y (Cribari-Neto, 2004)

5. DATOS

El estudio se desarrolla implementando datos dispuestos y obtenidos en las publicaciones realizadas por el Observatorio Inmobiliario de Medellín (OIME) (Alcaldía de Medellín, 2020), las cuales realiza posterior a las actividades catastrales que se llevan a cabo en la ciudad para inmuebles de uso residencial. En nuestro caso se presenta información para inmuebles ubicados en la comuna 9, Buenos Aires, en relación con las variables en la siguiente tabla.

Tabla 2
Resumen de variables utilizadas

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Valor m2	Valor del metro cuadrado en la transacción registrada
Post	Variable binaria, donde 1 corresponde a observaciones tomadas en el periodo posterior a la intervención, 2018 – 2019 y 0 a los años 2012 – 2013, previo a la construcción del tranvía
Cerca	Variable binaria relacionada a la cercanía del dato observado al tranvía, en este caso 1 representa aquellos inmuebles ubicados aproximadamente a 2 cuadras del tranvía y 0 las propiedades por fuera de esta zona de influencia, ubicados en un perímetro de hasta 5 cuadras
Área privada	Área en metros cuadrados al interior de las paredes, en valores continuos
Nuevo	Variable categórica en la que 1 corresponde a las propiedades en estado nuevo y 0 a aquellas que ya han sido usadas

Fuente: Construcción de los autores

Tabla 3

Resumen estadísticas descriptivas de variables continuas en el modelo

Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Pctl(25)	Pctl(75)	Max
Área privada	357	112.6	79.6	22	63	137	630
Valor m2	357	1,376,555.0	525,312.3	257,994	988,235.3	1,666,667	3,375,000
Valor comercial	357	150,162	115,329	8,255	80,000	170,000	740,000

Nota: Información para valor comercial en miles

Fuente: Construcción de los autores con base en dato de (Alcaldía de Medellín, 2020)

Tras estimar el modelo por primera vez, se encuentra que la base de datos contiene observaciones atípicas, por lo que se procede a revisar la causa, determinando que:

- Las propiedades descritas en las observaciones 180, 289 y 293, deben ser exceptuadas debido a sus valores por metro cuadrado: \$8.170, \$5.623 y \$7.051 respectivamente, parecen corresponder a valores de arrendamiento.
- La observación 281, presenta un valor de mercado por metro cuadrado de \$160.685, muy inferior a los encontrados en la zona de estudio, tras consultar la propiedad a través de su ICBML 09170290004, en la herramienta digital de visualización MAPGIS5 (Alcaldía de Medellín, 2021), se observa que está ubicada a borde de vía con condiciones de acceso normales y un área cercana a la presentada por el 25% de los datos, por lo que se intuye un error en la información y se exceptúa este dato en la estimación del modelo.
- La propiedad en la observación 279, presenta un valor por metro cuadrado atípico de \$257.993,75, sin embargo, al verificar sus características, se encuentra que tiene acceso tipo servidumbre por escalas, lo que normaliza la información contenida para este dato.

6. RESULTADOS

A. Resultados del modelo 1

La tabla 4, muestra los resultados del modelo de precios hedónicos estimado con las variables explicativas y la dependiente en niveles, como se observa existe una relación positiva en el precio del metro cuadrado de los inmuebles residenciales. Para los datos observados posterior a la construcción del tranvía, aquellos que presentan una mayor cercanía al mismo, así como los que se encuentran en estado nuevo; y en contraste, una incremento en área privada devalúa el precio comercial del metro cuadrado residencial, además los precios por metro cuadrado de las viviendas nuevas se ven mayormente afectados por incrementos en el tamaño de estas.

A través del modelo uno, se identifica que los datos para inmuebles levantados previo a la construcción del tranvía, ubicados en un polígono entre mínimo 2 y máximo 5 cuadras de distancia a la línea de transporte y usados, presentando un precio promedio de \$ 1.093.250 pesos colombianos, que se incrementa en aproximadamente \$519.955 pesos para las observaciones posteriores a la construcción de la obra; se incrementa en \$104.212 pesos para propiedades ubicadas a máximo 2 cuadras de la misma y en \$820.517 pesos para propiedades nuevas.

Además, se espera que, si un inmueble está ubicado a máximo 2 cuadras del tranvía y fue evaluado posterior a su construcción, el aumento en precio sea de \$225.841. Sin embargo, un aumento en área privada podría causar depreciaciones en el inmueble de \$618 pesos por metro cuadrado adicional y si la propiedad es nueva la devaluación esperada por aumentos en el área se incrementa hasta \$5.056 pesos.

Inicialmente, se estima el modelo en niveles bajo la metodología de mínimos cuadrados ordinarios, seguidamente se lleva a cabo la prueba de Breusch Pagan obteniendo un P valor de 0,001144, por lo que se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad con un 90% de confianza.

Finalmente, se corrigen las matrices de varianza y covarianza, para obtener mayor consistencia, los resultados se observan en las columnas HC3 y HC4, estos son equivalentes al modelo inicial aportando mayor significancia para las variables.

Tabla 4
Resultados del modelo variable dependiente Valor m2

	<i>Dependent variable:</i>		
	Valor m2	Valor m2	
	MCO (1)	HC3 (2)	HC4 (3)
Post	519,955.8000*** (61,109.5900)	519,955.8000*** (72,214.8600)	519,955.8000*** (71,773.3000)
Cerca	104,212.5000* (55,750.5100)	104,212.5000** (46,873.5400)	104,212.5000** (46,741.5300)
Área privada	-618.7013** (290.3185)	-618.7013** (307.2281)	-618.7013* (325.6119)
Nuevo	820,517.1000*** (154,292.6000)	820,517.1000*** (100,021.7000)	820,517.1000*** (138,496.0000)
Post*Cerca	225,841.5000** (91,763.4300)	225,841.5000** (101,496.8000)	225,841.5000** (100,650.0000)
Área privada*Nuevo	-5,056.5350* (2,592.7020)	-5,056.5350*** (1,567.5720)	-5,056.5350** (2,506.8510)
Intercepto	1,093,250.0000*** (49,062.5800)	1,093,250.0000*** (51,821.8800)	1,093,250.0000*** (52,570.3500)
Observations	357		
R ²	0.4168		
Adjusted R ²	0.4068		
Residual Std. Error	404,581.7000 (df = 350)		
F Statistic	41.6946*** (df = 6; 350)		
<i>Note:</i>	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01		

Fuente: Construcción de los autores con base en dato de (Alcaldía de Medellín, 2020)

B. Resultados del modelo 2

La tabla 5, contiene los resultados del modelo estimado con la variable dependiente valor por metro cuadrado en logaritmo y las variables independientes en niveles, en este caso la variable área privada al igual que la interacción entre post y cerca pierden significancia, sin embargo, prevalece el efecto positivo de los datos obtenidos posterior a la construcción del tranvía, así como las propiedades ubicadas cerca del tranvía y las nuevas. En sentido contrario, pero congruente con

el modelo en niveles, el aumento del área privada sigue afectando el precio del metro cuadrado, empero esta variable no es significativa para el modelo.

En adición, se estima la prueba de Breusch Pagan para el modelo encontrando un valor P de $6,39 e^{-07}$, por no se encuentra evidencia a favor de homocedasticidad con un 99% de confianza y se deben corregir las matrices de varianza y covarianza del modelo, en las nuevas estimaciones HC3 y HC4 permanecen los efectos descritos y se encuentra mayor significancia estadística.

Los resultados presentados en la columna HC3, corresponden a los de mayor significancia y permiten observar que el precio por metro cuadrado de los inmuebles se ve incrementado en 42,05% posterior a la construcción del tranvía, además ubicarse hasta dos cuadras a la redonda genera una valoración adicional del 10,4%, si la vivienda esta nueva su precio se incrementa en 66,21% con respecto a las demás, finalmente, las viviendas que están cerca y fueron evaluadas posterior a la disposición de la obra se ven valorizadas en un 10,38%. En sentido contrario cada metro adicional de área privada causa una devaluación del precio en 0,03% y si la vivienda además es nueva este efecto negativo es de 0,39%.

Tabla 5
Resultados del modelo variable dependiente log(Valor m2)

	<i>Dependent variable:</i>		
	log(valor m2) MCO	log(valor m2) HC3 HC4	
	(1)	(2)	(3)
Post	0.4205*** (0.0469)	0.4205*** (0.0510)	0.4205*** (0.0507)
Cerca	0.1040** (0.0428)	0.1040** (0.0421)	0.1040** (0.0419)
Área privada	-0.0003 (0.0002)	-0.0003 (0.0002)	-0.0003 (0.0002)
Nuevo	0.6621*** (0.1184)	0.6621*** (0.0711)	0.6621*** (0.0908)
Post*Cerca	0.1038 (0.0704)	0.1038 (0.0652)	0.1038 (0.0647)
Área privada*Nuevo	-0.0039* (0.0020)	-0.0039*** (0.0010)	-0.0039** (0.0015)
Intercepto	13.8092*** (0.0376)	13.8092*** (0.0484)	13.8092*** (0.0486)
Observations	357		
R ²	0.4138		
Adjusted R ²	0.4037		
Residual Std. Error	0.3105 (df = 350)		
F Statistic	41.1742*** (df = 6; 350)		
<i>Note:</i>	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01		

Fuente: Construcción de los autores con base en dato de (Alcaldía de Medellín, 2020)

C. Contraste entre modelo 1 y 2

Tabla 6
Contraste modelos 1 y 2

	<i>Dependent variable:</i>	
	Valor m ²	log(valor m ²)
	(1)	(2)
Post	519,955.8000*** (61,109.5900)	0.4205*** (0.0469)
Cerca	104,212.5000* (55,750.5100)	0.1040** (0.0428)
Área privada	-618.7013** (290.3185)	-0.0003 (0.0002)
Nuevo	820,517.1000*** (154,292.6000)	0.6621*** (0.1184)
Post*Cerca	225,841.5000** (91,763.4300)	0.1038 (0.0704)
Área privada*Nuevo	-5,056.5350* (2,592.7020)	-0.0039* (0.0020)
Intercepto	1,093,250.0000*** (49,062.5800)	13.8092*** (0.0376)
Observations	357	357
R ²	0.4168	0.4138
Adjusted R ²	0.4068	0.4037
Residual Std. Error (df = 350)	404,581.7000	0.3105
F Statistic (df = 6; 350)	41.6946***	41.1742***
<i>Note:</i>	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01	

Fuente: Construcción de los autores con base en dato de (Alcaldía de Medellín, 2020)

La regresión lineal implementada en el modelo uno, indica que las variables predictorias explican el valor por metro cuadrado en un 41,68% además encuentra significancia estadística para todas las variables dependientes y entrega resultados coherentes con la intuición teórica.

Por su parte el modelo dos, cuenta con una capacidad de explicación de la variable dependiente similar al anterior de 41,38%, además arroja efectos en direcciones congruentes a lo

esperado y se atenúa la significancia de la variable cerca, sin embargo, pierde significancia estadística para la variable área privada y la interacción entre Post y Cerca.

Empero lo anterior, se estiman ambos modelos con el objetivo de encontrar información porcentual, que facilite la comparación con estadísticas relacionadas, al tiempo que se corroboran los efectos con el modelo en niveles.

7. CONCLUSIONES

En relación a lo expuesto en los dos modelos implementados para la obtención de resultados y con base a los conocimientos teóricos preexistentes, se encuentra evidencia que corrobora lo dicho por el Observatorio Inmobiliario de Medellín - OIM, en cuanto al aumento que se produce en el precio.

La intervención en transporte público se podría traducir en un mecanismo de intervención social y económica, pues se halló la suficiente evidencia, con un aumento de más del 10% para todos los inmuebles de uso residencial colindantes a la zona de intervención, destacando que entre mayor sea su cercanía mayor será el aumento; análogamente se podría estipular que dichas intervenciones desembocan en un cambio del urbanismo y de las calidades de vida, puesto que comienzan a valorarse más otro tipo de espacios, dejando de un lado las grandes casas que albergaban a numerosas familias para darle lugar a espacios más pequeños y comerciales.

Es posible determinar que las intervenciones realizadas por los gobiernos podrían impactar la calidad de vida de sus gobernados, como sucede en este caso con el transporte, puesto que, si bien se denota que la implementación de este logra transversalmente aumentar los precios, es preciso también analizar las denotaciones sociales que trae consigo este tipo de progreso.

Este estudio no cuenta con información suficiente para determinar que el aumento en el precio de la vivienda esté relacionado con incrementos en los ingresos de los habitantes del sector intervenido. No obstante, teóricamente se espera que las nuevas facilidades en transporte permitan a las personas asignar con mayor eficiencia el tiempo disponible, hecho que podría reflejarse en mejores niveles de productividad y/o ingreso; sin embargo, el caso contrario, conllevaría a que se prevalezcan habitantes de clase media-baja, ocupando inmuebles cada vez más encarecidos, que seguramente implicaran un aumento en el costo de vida del sector.

Finalmente, como consecuencia del aumento en el valor comercial de los inmuebles en la zona de estudio, las entidades catastrales podrían encontrar mayores bases gravables en procesos de actualización predial futuros, lo que se traduce en una oportunidad de aumento permanente en los ingresos fiscales de largo plazo en el territorio.

8. REFERENCIAS

- Alcaldía de Medellín. (2010). *PLAN ESTRATÉGICO DE DESARROLLO LOCAL Comuna Buenos Aires*. [https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal del Ciudadano/Planeación Municipal/Secciones/Plantillas Genéricas/Documentos/Plan Desarrollo Local/Plan de Desarrollo Local Comuna 9.pdf](https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Planeación%20Municipal/Secciones/Plantillas%20Genéricas/Documentos/Plan%20Desarrollo%20Local/Plan%20de%20Desarrollo%20Local%20Comuna%209.pdf)
- Alcaldía de Medellín. (2015). *Plan de Desarrollo Local / Comuna 9 Buenos Aires*. Alcaldía de Medellín. [https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_15/InformacinGeneral/Shared Content/Documentos/comunas/COMUNA_9_BUENOS_AIRES.pdf](https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_15/InformacinGeneral/SharedContent/Documentos/comunas/COMUNA_9_BUENOS_AIRES.pdf)
- Alcaldía de Medellín. (2020). *Observatorio Inmobiliario de Medellín de Catastro*. https://geomedellin-medellin.opendata.arcgis.com/datasets/4bb6f7171b064738bd4bb8c677902d5a_4?geometry=-76.063%2C6.148%2C-75.137%2C6.387
- Alcaldía de Medellín. (2021). *Mapas Medellín*. https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB/mapa.jsp?aplicacion=0
- Araque Solano, A. S., Gutiérrez López, J. A., & Quenguan López, L. F. (2017). El espacio público en la ciudad: Una aproximación desde los precios hedónicos. *Sociedad y Economía*. <https://doi.org/10.25100/sye.v0i33.5625>
- Ley 44, 1 (1990). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=283>
- Ley 1454, 2011 19 (2011). www.bibliotecajuridica.com.co/LEY_1454_DE_2011.pdf
- Cribari-Neto, F. (2004). Asymptotic Inference Under Heteroskedasticity of Unknown Form. *Computational Statistics & Data Analysis*, 45, 215–233. [https://doi.org/10.1016/s0167-9473\(02\)00366-3](https://doi.org/10.1016/s0167-9473(02)00366-3).
- Duque, J., Velasquez, E., Agudelo, J., Duque, J., Velasquez, E., & Agudelo, J. (2012). Infraestructura pública y precios de vivienda: Una aplicación de regresión geográficamente ponderada en el contexto de precios hedónicos. *Ecós de Economía*, v. 15, n. 33, p. 99-122, Dec. 2011, 6(33), 95–122.
- ETMVA. (2015, September). Nuestro Tranvía: para quienes vivimos la ciudad metro a metro. *Revista Tranvía*, 72. <https://www.metrodemedellin.gov.co/Portals/4/Images/Contenido/REVISTAS-OTROS/2015-Revista-Nuestro-Tranvia-15-09-2015.pdf>
- Herazo, M. J., Sierra, H. R., & Fuertes, R. R. (2020). *Incidencia de las Intervenciones Urbanas de la Avenida La Playa sobre el Valor de las Propiedades*. Institución Universitaria ESUMER. Instituto de Estudios Urbanos Sede Bogotá, COLOMBIA, U. N. DE, Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio., & Ortiz, Y. C. (2017). *20 AÑOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL E COLOMBIA: EXPERIENCIAS, DESAFÍOS Y HERRAMIENTAS PARA LOS ACTORES TERRITORIALES* (Primera ed). [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Libro 20 Años Ord-Territorial en Colombia-Dic-2017.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Libro%20Años%20Ord-Territorial%20en%20Colombia-Dic-2017.pdf)
- Lever, G. (2009). El Modelo De Precios Hedonicos. *Asociación de Arquitectos Tasadores de Chile (Asatch)*, 1–13. <http://www.ucipfg.com/Repositorio/MAES/PED/Semana4/PreciosHedonicos.pdf>
- MacKinnon, J., & White, H. (1985). Some Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimators with Improved Finite Sample Properties. *Journal of Econometrics*, 29, 305–325. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(85\)90158-7](https://doi.org/10.1016/0304-4076(85)90158-7)
- Maps Google. (2020). *Estaciones tranvia de ayacucho - Google Maps*.

- <https://www.google.com/maps/search/Estaciones+tranvia+de+ayacucho/@6.2400948,-75.5657208,15z?hl=es>
- Medellín, C. (2012). *ANÁLISIS DE VALOR PARA LA COMUNA (9) BUENOS AIRES* (Issue 9). Observatorio Inmobiliario de Medellín. <https://docs.google.com/file/d/0B39ORC7h0PNSS295T3B2T2d5ODA/edit>
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2014). *Colombia: 100 Years of Housing Policies*. Ministerios de Vivienda, Ciudad y Territorio para el Séptimo Foro Urbano Mundial. <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/100anosdepoliticashabitacionales.pdf>
- Observatorio Inmobiliario de Medellín. (2017). *Estudio de valores de zonas para la comuna 09 - Buenos Aires* (Issue 96). Alcaldía de Medellín.
- Perdomo Calvo, J. A. (2012). Una Propuesta Metodológica Para Estimar Los Cambios Sobre El Valor De La Propiedad: Estudio De Caso Para Bogotá Aplicando Propensity Score Matching Y Precios Hedónicos Espaciales (A Methodological Proposal to Estimate Changes of Property Values: Case Stud. *SSRN Electronic Journal*, 73, 49–65. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1791067>
- Prensa Alcaldía de Medellín. (2016). *Tranvía de Ayacucho inicia su servicio al público*. <https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=navurl://86c227b27a68b801512eb1f7576e7d5c>
- Social, C. N. de P. E. y, & Planeación, R. de C. D. N. de. (2009). *Conpes 3573 SISTEMA INTEGRADO DEL SERVICIO PÚBLICO URBANO DE TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS DEL VALLE DE ABURRÁ - SEGUIMIENTO Y MODIFICACIÓN* (p. 54). <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/CONPES/Economicos/3573.pdf>
- Zhu, M. (2016). *Los mercados inmobiliarios , la estabilidad financiera y la economía*. 1–8. <https://www.imf.org/es/News/Articles/2015/09/28/04/53/sp060514>