

**VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL DE LA VIVIENDA EN RELACIÓN
CON EL PM10 Y RUIDO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, APLICANDO LA
METODOLOGÍA DE PRECIOS HEDÓNICOS**

AUTORES:

**MARÍA ALEJANDRA PABÓN ESTRELLA
CESAR AUGUSTO BURBANO OJEDA**

TRABAJO DE GRADO

DIRECTOR:

**JUAN JOSE VARGAS OSORIO
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO
MSc ECONOMÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES**

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

DIVISIÓN DE INGENIERIAS

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

SEDE CENTRAL- BOGOTÁ D.C.

2017

**VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL DE LA VIVIENDA EN RELACIÓN
CON EL PM10 Y RUIDO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, APLICANDO LA
METODOLOGÍA DE PRECIOS HEDÓNICOS**

**MARÍA ALEJANDRA PABÓN ESTRELLA
CESAR AUGUSTO BURBANO OJEDA**

Proyecto de grado para optar al título de Ingenieros Ambientales

DIRECTOR:

**JUAN JOSE VARGAS OSORIO
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO
MSc ECONOMÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
DIVISIÓN DE INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
SEDE CENTRAL- BOGOTÁ D.C.
2017**

Nota de Aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Agradecimientos

Dedicamos especialmente este trabajo a nuestra familia quienes son incondicionales brindándonos siempre todo su amor y apoyo. A Yazmin Estrella, Oscar Pabón, Miguel Rojas, Arsenio Estrella, Rosa María Puentes, Lilia Ojeda, Miguel Burbano por ser nuestros ángeles.

A nuestro querido director y amigo Juan José, por ser nuestro guía y más grande apoyo en el desarrollo total del presente trabajo. ¡Gracias!

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivo General	9
2.2. Objetivos Específicos	9
3. MARCO TEÓRICO	10
3.1 Características de la zona de estudio.....	10
3.2 Marco Conceptual.....	10
3.2.1 Teoría de la valoración económica.....	10
3.3 Metodologías de valoración económica para bienes y servicios ambientales.....	11
3.3.1 Metodologías basadas en precios del mercado	11
3.3.2 Método de valoración contingente (MVC).	11
3.3.3 Metodologías indirectas para la valoración de bienes y servicios ambientales y recursos naturales.....	12
3.3.4 Enfoque Hedónico.	12
3.3.5 Antecedentes de la metodología de Precios Hedónicos	15
3.4 Marco legal	18
4. METODOLOGÍA	20
4.1 Desarrollo de la metodología.....	22
4.2 Limitantes de la metodología.....	22
5. DESARROLLO CENTRAL	23
5.1 Preparación del proyecto	23
5.2 Revisión bibliográfica.....	23
5.3 Recolección de la información.....	25
5.4 Análisis de bases de datos	26
5.5 Escogencia de las variables ambientales.....	26
5.6 Estadística descriptiva de las variables	30
5.7 Cálculos de la variación de precios y análisis de resultados.....	39
5.7.1 Ecuación para calcular el tamaño ideal de la muestra	40
5.7.2 Selección de las variables del modelo.....	40
5.7.3 Descripción y transformaciones sobre las variables observadas:	41
5.7.4 Selección de variables del modelo:	42
5.7.5 Ajuste del modelo con las variables significativas:	44
5.7.6 Análisis de coeficientes del modelo de regresión lineal:.....	47
6. CONCLUSIONES	48
7. RECOMENDACIONES	49

8. BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS.....	52
ANEXO 1.....	26
ANEXO 2.	34
ANEXO 3.....	44

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Precio de las viviendas	30
Gráfica 2. Tipos de vivienda	30
Gráfica 3. Estrato Socioeconómico	31
Gráfica 4. Número de habitaciones.....	31
Gráfica 5. Distancia a zonas comerciales	32
Gráfica 6. Distancia a Vías Principales	32
Gráfica 7. Distancia a Zonas Verdes.....	33
Gráfica 8. Precio promedio m2 Zona Norte.....	33
Gráfica 9. Precio promedio m2 Zona Occidente	34
Gráfica 10. Precio promedio m2 Zona Oriente.....	34
Gráfica 11. Precio promedio m2 Zona Centro.....	35
Gráfica 11. Precio promedio m2 Zona sur.....	35

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación de las viviendas	37
--	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes variación de precios.....	17
Tabla 2. Metodología	21
Tabla 3. Muestra matriz de variables	28
Tabla 4. Promedio concentraciones de PM10 diario año 2017	39
Tabla 5. ANOVA Ajuste del modelo	43
Tabla 6. ANOVA modelo ajustado	44

RESUMEN

El mercado de la vivienda en Bogotá es dinámico y su análisis quiere reconocer el comportamiento de la demanda y la oferta, y su variación por factores influyentes; en Bogotá el crecimiento urbanístico es desordenado, y el crecimiento poblacional exponencial, para esto ha sido necesario la construcción de viviendas, lo que ha traído consigo el aumento en los precios del suelo y por consiguiente los precios de las viviendas. En el presente documento se busca presentar la influencia de factores ambientales con respecto al precio de la vivienda en la ciudad de Bogotá. Para el desarrollo se realizó la revisión de antecedentes de la valoración económica de la vivienda por medio de la metodología de los Precios Hedónicos en el cual el valor del bien inmueble es colocado en función de diferentes atributos de este, como el área, características estructurales, del entorno y factores ambientales, de estos se evidencio la afectación en el precio por emisiones de PM_{10} y ruido con respecto a la cercanía a vías principales, áreas industriales y de comercio. C Para llegar a estudiar el mercado de vivienda se recolectaron 818 datos, con los que se generó una matriz de información con diferentes características, identificando las variables ambientales como; Distancia a vías principales, Distancia a zonas Comerciales y Distancia a Zonas verdes, que pudieran afectar o no el precio con base a esto se aplicó un modelo econométrico que permitió identificar la variación de precios en la vivienda bogotana respecto a externalidades ambientales dando como resultado que por cada metro que la vivienda se encuentra distanciada de estas el precio de la vivienda aumentará en 0,001%.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la zona urbana ha tenido un aumento exponencial en los últimos años en la ciudad de Bogotá, lo que ha incrementado la oferta y demanda de los bienes inmuebles; mostrando una afectación en los precios de la vivienda actual; Las viviendas a diferencia de otros bienes económicos se caracterizan por ser bienes heterogéneos que poseen varios atributos, además proveen diversidad de servicios que aseguran la comodidad de cada persona, haciéndolos bienes únicos; el hecho de tener en cuenta los gustos de los consumidores a la hora de adquirir un bien, hace necesario aplicar metodologías aptas para valorarlo.

La finalidad de este proyecto es estimar la afectación en los precios de los bienes inmuebles, aplicando la valoración ambiental, específicamente la metodología de los Precios Hedónicos, donde se toma el valor de la vivienda dependiendo de sus diferentes características, haciendo una estimación del precio dependiendo la calidad de aire y paisajística afectadas por las vías de tránsito vehicular, áreas comerciales e industriales.

En este documento se encuentra el estudio de la zona que se desea valorar, en este caso la ciudad de Bogotá, la revisión de los antecedentes, el análisis de los datos y los resultados del modelo econométrico aplicado para así encontrar la incidencia del ruido y PM10 en los precios de las viviendas por medio del modelo econométrico implementado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Valorar económicamente la vivienda con relación al PM10 y el ruido de la ciudad de Bogotá, aplicando la metodología de los Precios Hedónicos.

2.2. Objetivos Específicos

- Estudiar el mercado de los bienes inmuebles en Bogotá en función de sus características estructurales y ambientales.
- Establecer variables ambientales relacionadas con la calidad del aire que determinan el precio de la vivienda.
- Estimar la variación del precio de la vivienda teniendo en cuenta las preferencias de la demanda según el comportamiento de las variables ambientales asociadas al precio de los inmuebles.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Características de la zona de estudio

Para realizar este proyecto, se escoge la ciudad de Bogotá la cual cuenta con 20 localidades; de las cuales 19 son de carácter urbano, es la capital de la Republica de Colombia, y se encuentra ubicada en el centro del país, forma parte de la cordillera oriental de Los Andes, la capital del país tiene una extensión aproximada de 33 kilómetros de sur a norte y 16 kilómetros de oriente a occidente, cuenta con una altura de 2625 metros sobre el nivel del mar (msnm), tiene una población aproximada de 8,080,734, según una proyección de la secretaria de planeación. [1]

El mercado de la vivienda en Bogotá D.C varía dependiendo de factores influyentes como los son la ubicación, área, infraestructura, aspectos ambientales como emisión de PM10 y ruido por cercanía a vías principales, áreas comerciales e industriales.

Según el Boletín del observatorio de dinámicas del territorio de mercado de vivienda para el 2017, a través de la información de las ventas de vivienda nueva y usada en la ciudad de Bogotá, muestra que la economía se sigue desacelerando y las tasas de interés se mantienen a niveles altos, incrementado el desempleo, y disminuyendo la confianza de los consumidores, lo que conlleva a que el Gobierno Nacional y el Distrital corrijan su pronóstico sobre la economía para el 2017. [2]

Se estima que las ventas de la vivienda caigan, y cada vez se necesita más tiempo para vender la oferta disponible en todos los estratos. [2]

3.2 Marco Conceptual

3.2.1 Teoría de la valoración económica

Valorar económicamente al ambiente supone el intento de asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por los recursos ambientales, independientemente de la existencia de precios de mercado para los mismos. Esto quiere decir que la necesidad de la valoración excede largamente al trabajo que hace el mercado otorgando precios y asignando recursos dentro de la economía. Hay una enorme cantidad de bienes y servicios ambientales para los cuales es

imposible encontrar un mercado donde se generen los “precios” que racionen su uso dentro del sistema. [3]

La valoración puede servir de guía para políticas públicas. La aplicación de impuestos, la asignación de subsidios o la decisión de gastar en conservación de recursos o de mitigación del impacto ambiental requiere de una adecuada valorización de los costos y beneficios ambientales a alcanzar. [3]

3.3 Metodologías de valoración económica para bienes y servicios ambientales

3.3.1 Metodologías basadas en precios del mercado

Este método estima el valor económico de bienes y servicios ambientales que son transados en mercados comerciales; puede ser usado para valorar cambios en la cantidad o calidad de un bien o servicio, usando técnicas económicas para medir los beneficios económicos de bienes mercadeables, basadas en la cantidad de compra y la cantidad de oferta a diferentes precios. [4]

El método se puede aplicar para los recursos en los cuales existen mercados, el valor de uso se puede determinar observando las preferencias de los individuos, por medio de la disponibilidad a pagar por los bienes y servicios a los precios ofrecidos en el mercado. [4]

Sin embargo, tiene grandes limitaciones para estimar el valor económico total de los bienes y servicios que prestan los recursos naturales, puesto que por las fallas del mercado estos bienes y servicios no refleja el valor de todos los empleos productivos de un recurso, por lo tanto, el verdadero valor económico no está reflejado en las transacciones del mercado [4]

3.3.2 Método de valoración contingente (MVC).

Estima los beneficios derivados a los bienes y servicios no mercadeables. Se aplica cuando el bien o servicios no se asocia con ningún otro que posea el mercado, por ende, es necesario recolectar información a través de preguntas directas a usuarios del bien, con lo que se crea un mercado hipotético por medio del cual se busca dar un precio para el bien en cuestión. [4]

Este método tiene como objetivo averiguar las preferencias de las personas, a través de lo que ellas mismas respondan por medio de las encuestas o

entrevistas, y con esto se intentara determinar el valor del bien ambiental. La complicación de esta metodología es la alta dependencia que surge de la honestidad de las respuestas de los individuos, por lo que los resultados pueden ser poco confiables. [4]

3.3.3 Metodologías indirectas para la valoración de bienes y servicios ambientales y recursos naturales.

Se basa en el uso de observaciones sobre el comportamiento de los individuos en mercados convencionales observables que se relaciona con los bienes no mercadeables, por ende, es posible inferir la naturaleza de la demanda de un recurso natural, como es el caso del mercado de vivienda para estimar la disponibilidad a pagar por atributos ambientales de una casa.

3.3.4 Enfoque Hedónico.

Se enfoca bajo el supuesto que algunos bienes de la economía se caracterizan por un grado de homogeneidad que determina su valor, como es el caso de las viviendas, la tierra y los salarios. [5]

Los Precios Hedónicos tienen como finalidad diferenciar todos los atributos que posee un bien, tratar de valorarlos independientemente y estimar cuanto inciden el precio total del bien, es decir, esta metodología lo que hace es asociar el precio de un bien mercadeable con las características que este posee, dentro de las cuales están los atributos ambientales. [5]

El mercado de importancia de esta metodología es el de vivienda, el cual permite evaluar los aspectos ambientales como calidad de aire, ruido, presencia de parques, entre otros. [5]

Función Hedónica:

- $P = (E, q)$ (1)
- P: Precio de la vivienda
- E: Características estructurales
- q: Atributos del entorno

El equilibrio hedónico resulta de la interacción entre productores y consumidores en el mercado

La utilidad (U) de los hogares se puede describir como:

$$U = (E, q, X; z) \quad (2)$$

- X: canasta de bienes diferentes a la vivienda (alimentos, transporte, recreación, educación, salud, etc.)
- z: conjunto de características socioeconómicas (estrato, edad, educación, ingreso, etc.)

“Problema de maximización de la utilidad de los hogares”: decisión que toman los hogares para obtener el mayor nivel de utilidad posible, dada su restricción de presupuesto [5]

$$u(E, y, X; z) \quad (3)$$

Sujeto a:

$$(E, q) + X = m \quad (4)$$

- m: ingreso hogares
- X: cantidad de otros bienes que el hogar consume
- P (E, q): gasto en vivienda

La función (3) es la función de utilidad o bienestar individual, la (4) es la restricción de presupuesto de la familia.

“Función de postura o de regateo del consumidor”, resultado de la maximización de las ecuaciones (3) y (4):

$$\frac{dU/dqj}{dU/dX} = \frac{dp}{dqj} \rightarrow DAP = (E, q, z; u) \quad (5)$$

Se puede expresar también como:

$$U = (E, q, z; m - P) \quad (6)$$

- P: pago por el bien que el individuo está dispuesto a hacer

Cuando el ingreso (m) cambia, también cambiará la DAP, o posición de regateo.

Derivando la función de postura, con respecto a una característica (E), es decir permitiendo que la DAP varíe al cambiar la cantidad de esa característica. [5]

$$\frac{dDAP}{dE} = \frac{df(E,q,m,z;u)}{de1}(7)$$

La expresión anterior equivale al aumento en la disponibilidad a pagar (DAP) de un individuo, o de una familia, frente al cambio unitario de la característica (E).

En otras palabras, corresponde a la cantidad adicional de dinero que una familia estaría dispuesta a pagar si se le ofreciera una vivienda cuyo entorno estuviese, por ejemplo, una unidad menos de contaminación de aire. [5]

Una venta solo se realiza si la disponibilidad a pagar de los compradores (DAP) de un bien es igual a la disponibilidad a aceptar de los vendedores (DAA).

$$DAA = (e, q, k) (8)$$

- k: Representa las características del productor (tecnología, capacidad financiera y de negociación, educación, etc.). [5]

La anterior expresión indica que la DAA de los productores depende de la cantidad de las características, de los atributos del bien y de las características del productor. [5]

Cuando la DAP y la DAA son iguales, entonces la transacción ocurre; en consecuencia, estas dos expresiones se vuelven equivalentes al precio (P) del mercado. [5]

El precio que el vendedor de una propiedad está dispuesto a aceptar por un bien depende de las características estructurales, de sus atributos ambientales y de las características del vendedor. [5]

$$P = (E, q, k) (9)$$

Si la función (9) se deriva parcialmente con respecto al nivel de atributo, es decir, si determinamos el efecto que tendría un aumento en una unidad del atributo ambiental sobre el precio del bien, manteniendo constantes las demás variables, se obtiene lo que se denomina el “precio marginal implícito” del atributo ambiental. A este también se le conoce como la “disponibilidad marginal a aceptar” por el atributo: esta corresponde a la suma de dinero que el vendedor está dispuesto a aceptar cuando ofrece un bien con un cambio unitario en una de sus características o atributos. [5]

Cuando la DAP marginal de los consumidores coincide con la DAA marginal de los productores, se obtiene lo conocido como el “punto de equilibrio”. [5]

Los consumidores quieren el máximo nivel de utilidad por el mínimo costo – MINIMIZAR SU DAP y los productores quieren MAXIMIZAR SU DAA y sus ganancias. El equilibrio hedónico se obtiene cuando el consumidor no puede incrementar la utilidad escogiendo un producto diferente, al tiempo que los productores-vendedores no pueden aumentar sus ganancias variando la cantidad o las características de su producto. [5]

El modelo teórico antes descrito es la base para el desarrollo del trabajo econométrico que sirve para estimar, mediante una regresión, la función de Precios Hedónicos. [5]

3.3.5 Antecedentes de la metodología de Precios Hedónicos

La valoración económica es un tema de gran importancia en la actualidad, puesto que es necesario la preservación de los recursos ambientales, esta metodología es aplicable en varias partes del mundo; a continuación, se presentan varios estudios donde se implementa la metodología de los Precios Hedónicos.

Un documento interesante para este proyecto sería “Infraestructura pública y precios de vivienda: una aplicación ponderada en el contexto de Precios Hedónicos”. Una investigación donde la motivación del estudio se centra en presentar evidencia de que el desarrollo de obras públicas en zonas menos favorecidas de la ciudad contribuye a mejorar el bienestar de sus habitantes a través de un aumento de su patrimonio expresado en términos de precio de sus viviendas [6].

Otro estudio es “impacto de la percepción de la calidad del aire sobre el precio de las viviendas en Concepción- Talcahuano, Chile; Este documento proporciona una evaluación empírica sobre el impacto de la contaminación Los malos olores producidos por las industrias pesadas y las industrias asociadas a la producción de harina de pescado sobre el bienestar económico de la población de Concepción-Talcahuano, Chile. [7]. Este estudio demuestra la factibilidad de desarrollar estudios por medio de los Precios Hedónicos para analizar problemas de contaminación, el cual determinó un efecto negativo en el precio de las viviendas.

Otro artículo aplicable, “Especificación y estimación de un modelo de Precio Hedónico espacial para evaluar el impacto de Transmilenio sobre el valor de la propiedad en Bogotá”. Elaborado por la universidad de los Andes, donde se estimó un modelo que explica las variaciones en el precio de la tierra en función

de las variables propias de la vivienda, variables sobre atributos ambientales de entorno, atributos del vecindario, variables de seguridad y la variable distancia mencionada. [8].

“Calidad de la vivienda a partir de la metodología de Precios Hedónicos para la ciudad de Bogotá – Colombia”. Donde a través de un modelo de Precios Hedónicos se determina qué variables estructurales y del entorno afectan el precio de la vivienda en Bogotá de localidades pobres y ricas. Asimismo, se concluye que la inversión en obras públicas puede afectar positiva o negativamente el nivel de precios por vía indirecta a través del cambio en el uso de la tierra y dependiendo de la localidad donde sea ejecutada. [9].

“Precios Hedónicos para vivienda nueva en la ciudad de Tunja”. aplicada para valorar bienes heterogéneos y en recientes investigaciones se ha usado para valorar efectos ambientales en los precios de bienes inmuebles. Este trabajo aplica dicha teoría en 20 proyectos de vivienda nueva en la ciudad de Tunja, para valorar los pisos en cada construcción dependiendo de características ambientales, estructurales y de vecindario. [10]

Un estudio importante es “Preferencias de consumo y externalidades ambientales: Un análisis hedónico del mercado de la vivienda en Guangzhou”, en el cual se investigó la relación entre la calidad del aire y las tendencias de los compradores de vivienda en Guangzhou, una ciudad al sur de China, con el objetivo de evaluar la variación de precios atribuidos a externalidades ambientales mediante el método de hedónico de fijación de precios. [11]

Una investigación que busca demostrar la incidencia de externalidades ambientales es “Valoración económica de la contaminación por olores en el área de influencia del relleno sanitario el Carrasco: una aplicación de la metodología de precios hedónicos”, en la que se utiliza la metodología de Precios Hedónicos para demostrar los efectos negativos de la contaminación por olores en cercanías al relleno sanitario de la ciudad de Bucaramanga-Colombia, en este estudio se determinó que efectivamente la contaminación generada por el relleno sanitario el Carrasco reduce el precio de una vivienda comparada con otra con iguales características y atributos. [12]

En la siguiente tabla se encontrarán los resultados en la variación de precios para los documentos citados:

Tabla 1. Antecedentes variación de precios.

TITULO	LUGAR DE APLICACIÓN	METODO DE VALORACIÓN	VARIACIÓN DEL PRECIO	VARIABLE INFLUYENTE	FUENTE
Infraestructura pública y precios de vivienda: una aplicación de regresión geográficamente ponderada en el contexto de precios hedónicos.	Medellín, Antioquia-Comuna San Javier	Regresión ponderada geográficamente en el contexto de Precios Hedónicos.	0,60%	Cercanía estación del Metro	Juan Carlos Duque, Hermilson Velásquez, Jorge Agudelo. 2011
Impacto de la percepción de la calidad del aire sobre el precio de las viviendas en Concepción-Talcahuano, Chile	Intercomuna Concepción-Talcahuano	Método de Precios Hedónicos	-26,76%	Calidad del Aire	Cristian Mardones. 2006
Especificación y estimación de un modelo de precios hedónico espacial para evaluar el impacto de Transmilenio sobre el valor de la propiedad en Bogotá.	Troncales de Transmilenio	Método de Precios Hedónico Espacial	1%	Cercanía sistema de transporte masivo Transmilenio	Juan Carlos Mendieta, Jorge Andrés Perdomo.
Calidad de la vivienda a partir de la metodología de precios hedónicos para la ciudad de Bogotá-Colombia	Localidades de Bogotá	Método de Precios Hedónicos	-62%	Calidad Ambiental, PM10	Daniel Alfredo Revollo Fernández. 2009
Precios hedónicos para vivienda nueva en la ciudad de Tunja	Cercanía Avenida Universitaria y central del Norte	Método de Precios Hedónicos	-92%	Variables ambientales, estructurales y de vecindario	Gilberto Calderón Báez. 2012

Fuente: Autores basados en los antecedentes [13]

3.4 Marco legal

El sector encargado de la gestión y conservación del ambiente y los recursos naturales en Colombia ha sufrido un gran cambio desde la puesta en marcha del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y del Sistema Nacional Ambiental (SINA) en el año 1993, es notable el interés de valorar el medio ambiente, el número 43 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993 incluye como función del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, establecer las metodologías de valoración de los costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales renovables [13]; en esta guía se define la valoración económica como todo intento de asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por recursos naturales independientemente de si existen o no precios de mercado que nos ayuden a hacerlo [14].

Con el ánimo de mejorar la calidad de los estudios ambientales y dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 2820 de 2010 frente a la determinación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y la conservación de los recursos naturales, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA incorpora la evaluación económica ambiental como instrumento en la evaluación de estudios de impacto ambiental, generando herramientas adicionales para optimizar los procesos de evaluación de proyectos de desarrollo y la toma de decisiones. [15]

Las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud OMS tienen por objeto ofrecer orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud. En su última actualización esta guía hace referencia a cuatro componentes comunes del aire: ozono (O), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y material particulado (MP). Es importante distinguir las guías de calidad del aire de los estándares para la calidad del aire, siendo estos últimos guías de calidad del aire promulgados como leyes en un país o estado. [16]

En Colombia los estándares de calidad del aire son los niveles de concentración legalmente permisibles de sustancias o fenómenos contaminantes presentes en el

aire con el fin de proteger la salud humana y el ambiente y son establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [17]

Se estable entonces mediante la resolución 610 de 2010 modificar la resolución 602 de 2006, expedida por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial la Norma de calidad de Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia, esta resolución establece el nivel máximo permisible para Material Particulado considerado contaminante criterio. Mediante la resolución 910 de 2008 se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres. [4]

En cuanto al ruido se encontró la resolución 0627 de 2006, en la que se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental y sus estándares máximos permisibles de emisión de ruido. [18].

Objetivos Específicos	Actividades	Resultados
-----------------------	-------------	------------

4. METODOLOGÍA

Estudiar el mercado de los bienes inmuebles en Bogotá teniendo en cuenta las características estructurales y ambientales de los bienes.	Revisión de estudios sobre el mercado de la vivienda en Bogotá Identificación de las variables ambientales de las viviendas Identificar las fuentes de información sobre ventas de vivienda en Bogotá	Fuentes de información Creación de base de datos
Establecer las variables ambientales relacionadas con la calidad del aire que determinan el precio de la vivienda.	Establecer variables estructurales de las viviendas Crear base de datos sobre la oferta de la vivienda Crear variables ambientales de la vivienda Georreferenciar las viviendas de la base de datos	Generar variable ambiental Elaboración de mapas
Estimar la variación del precio de la vivienda teniendo en cuenta las preferencias de la demanda según el comportamiento de las variables ambientales asociadas al precio de los inmuebles	Relacionar la georreferenciación con información de calidad del aire disponible. Desarrollar un modelo econométrico que explique el precio de la vivienda en función de las características estructurales y ambientales Estimar el efecto de las variables ambientales en el precio de la vivienda Análisis de resultados	Desarrollo de Modelo econométrico Establecer variación del precio con respecto a las variables ambientales

Tabla 2. Metodología

Fuente: Autores

4.1 Desarrollo de la metodología

Lo primero que se realizó fue una revisión de estudios y antecedentes sobre la metodología de los precios hedónicos y su aplicación en varios proyectos; se utilizaron diferentes bases de datos como Scopus, ScienceDirect y Google academic. Luego se identificaron las variables ambientales, las cuales son distancia a vías principales; distancia a zonas verdes y zonas comerciales, con esto se busca identificar la generación de ruido y PM10 emitido por fuentes móviles y lugares comerciales. Para la recolección de información se buscó en diferentes bases de datos que se encuentran en la red, como los son finca raíz [19], metro cuadrado [20], mercado libre [21] y diferentes inmobiliarias, finalmente luego de una revisión exhaustiva, la página metro cuadrado fue la que suministró los datos más completos con respecto a la finalidad del proyecto, luego se procedió a la recolección las variables ambientales que fueron distancia a zonas comerciales, distancia a vías principales y a zonas verdes, donde se midieron las distancias en metros.

Finalmente se recolectaron entre el mayo y junio de 2017, 818 datos, con diferentes características, entre viviendas y apartamentos usados en la ciudad de Bogotá con esto, se elaboró una matriz dividida por zonas; occidente, oriente, norte sur y centro.

Luego se georreferenciaron las viviendas el programa ArcGIS, para la elaboración del análisis de PM10, relacionado con las mediciones de la red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá [22], haciendo una comparación por localidades.

A continuación, se desarrolló el modelo econométrico, para esto se empleó el software estadístico especializado R, bajo su plataforma RStudio, la cual es más gráfica y facilita el desarrollo del ajuste, Utilizando el método de regresión lineal.

Luego se procedió hacer el análisis de resultado bajo la influencia de las variables ambientales con el precio de la vivienda usada en Bogotá.

4.2 Limitantes de la metodología.

- Para la escogencia de las variables ambientales, se tiene que por el tamaño de la muestra no se pueden tener en cuenta algunas variables que son específicas para cada sector de Bogotá, ya que este estudio como lo dice anteriormente el objetivo general se abarca toda la ciudad de Bogotá.

- Al realizar una revisión de las variables estructurales, no se presenta información específica sobre infraestructura y otras variables que pueden influenciar en el aumento o disminución de precio de un bien inmueble.
- Para la relación de georreferenciación con la calidad del aire, no se tienen en cuenta los datos precisos puesto que no hay acceso a la información adecuada para dicho análisis.
- Para determinar la influencia entre las variables ambientales de la vivienda y la incidencia del PM10 y ruido en el precio de estas no se pudo obtener información precisa en cuanto a mapas de dispersión del PM10 y mapas de ruido que nos mostrara información concisa sobre la generación de dichos factores.

5. DESARROLLO CENTRAL

El proyecto se desarrolla utilizando información secundaria, la cual se toma de diferentes bases de datos, como entidades del estado o privadas. A continuación, se presentan las diferentes fases a seguir según la metodología

5.1 Preparación del proyecto

En la primera fase se identifica el atributo ambiental que se quiere valorar puede ser, calidad del aire, erosión, ruido, entre otros, en el caso de este proyecto lo que se quiere valorar es la afectación en el aumento o disminución de los precios de la vivienda usada en Bogotá, influenciado por la calidad de aire y el ruido. Para esto se toma como referencia la distancia de las viviendas con respecto a vías principales donde se presente un alto flujo vehicular, y las zonas comerciales cercanas; con esto se busca evidenciar la afectación por ruido y PM10 en el valor de dichos inmuebles.

5.2 Revisión bibliográfica

La metodología de los precios hedónicos se basa en la información secundaria; esta es una fase primordial para el desarrollo del proyecto, lo primero que se realizó fue estudiar la MPH, en el cual se puede decir que un bien inmueble,

puede ser explicado como un conjunto de características estructurales, algunas de estas son

- Área
- Número de habitaciones
- Número de baños
- Número de garajes
- Tipo de vivienda, si es casa o apartamento
- Tiempo de construido

Además, también posee características del entorno, ambientales y urbanísticas, algunas de estas son:

- Calidad de aire
- Nivel de ruido
- Espacios naturales
- Acceso a servicios públicos
- Transporte público
- Vías de acceso

Al tener en cuenta esta información, se realizó la búsqueda de antecedentes de implementación de esta metodología a nivel internacional, nacional y local, al momento de revisarlos cada uno de estos aportó información, donde se recomiendan algunas entidades o instituciones, públicas o privadas para la recolección de la información sobre las viviendas en la ciudad de Bogotá.

Al momento de realizar la revisión se encontraron diversos lugares donde se podía recolectar dicha información, los cuales son:

- Secretaria Distrital de Ambiente: En esta institución se puede buscar información sobre las características ambientales de los inmuebles, un ejemplo puede ser: calidad del aire, niveles de ruido entre otros [22].
- MetroCuadrado: Esta es una empresa privada, donde diferentes usuarios publican viviendas en venta y sus diferentes características, junto con sus valores comerciales, es decir el valor real del inmueble. [20]
- DANE: En esta institución del estado se puede solicitar información sobre la Encuesta de Calidad de Vida (ECCV) o la Encuesta Multipropósito para Bogotá Distrito Capital (EMB), donde se encuentra información sobre las

características estructurales, los atributos del entorno de los inmuebles y características socioeconómicas de las personas que habitan esas viviendas.

- Google maps: Esta herramienta nos brinda información de la ciudad, vías, y lugares comerciales cerca de las viviendas, adicionalmente presenta una opción que permite observar el nivel de tráfico en la ciudad con una escala de valor que va de rápido a lento donde se representa con cuatro colores diferentes que va rápido verde, y lento rojo que representa atascos en las vías. [23].

En esta parte del proyecto se logra identificar cuáles son las variables y atributos que se pueden encontrar en las bases de datos, y así asignarle el atributo ambiental correspondiente, poniendo como variable distancia a vías principales, distancia a zonas comerciales y a zonas verdes, estas son medidas en metros (m) [23].

5.3 Recolección de la información

Al terminar la fase anterior, se realizó la respectiva recolección de la información secundaria de las características o atributos de las viviendas, y estos fueron los resultados de los datos recolectados:

- Metro cuadrado: La base de datos de la página metro cuadrado fue de gran importancia para poder recolectar información actualizada sobre la vivienda usada en la ciudad de Bogotá cuenta con 56703 datos entre viviendas y apartamentos usados a la venta, gracias a esto se recolectaron 818 viviendas; entre casas y apartamentos, estos datos se recogieron por zonas; zona norte, zona sur, zona centro, zona oriente y zona occidente; adicionalmente se escogieron estos datos ya que eran los que contaban con las variables relevantes tales como, Dirección, Barrio, Tiempo de construcción (en años) Estrato, Precio de la vivienda, Niveles, Área m², Área construida, Número de habitaciones, Número de baños, Parqueaderos, Administración, Tipo de vivienda (si es casa o apartamento), Piso en el que se encuentra ubicado el inmueble, para el desarrollo del proyecto. [20]

- Google Maps: Esta herramienta fue de gran importancia ya que al introducir las direcciones de las viviendas se procedió a identificar las variables ambientales como: Distancia a zonas comerciales (Esta variable se midió teniendo en cuenta la cercanía en metros a zonas donde se presentaba una alta actividad económica comercial como, restaurantes, bares, almacenes de cadena entre otros), Distancia a vías principales (esta variable se midió en metros dependiendo de la afluencia vehicular de la vía más cercana teniendo en cuenta el paso de vehículos pesados, estaciones de sitp y otros, el grado del tráfico que es la información que ofrece Google Maps), Distancia a zonas verdes (Se midió en metros dependiendo de la cercanía a zonas verdes y parques que presenten vegetación, con el fin de evidenciar la incidencia en los valores de la vivienda [23].
- Secretaria de Ambiente: En el sitio web se pudo encontrar información por localidades sobre las mediciones de PM10 y ruido, gracias a esto se pudo comparar con los precios de los inmuebles y categorizar la influencia de estas variables [22].

5.4 Análisis de bases de datos

El objetivo de este proyecto como ya se había mencionado anteriormente es valorar económicamente la vivienda con relación al PM10 y el ruido de la ciudad de Bogotá, aplicando la metodología de los Precios Hedónicos.

Se decidió utilizar la información suministrada en la página MetroCuadrado, donde se incluye el valor comercial de la vivienda en diferentes sectores de la ciudad, incluyendo características como número de habitaciones, tiempo de construida, número de baños y otras variables que posteriormente se utilizaron para poder desarrollar la base de datos; con la ubicación del inmueble se procedió a localizar en Google Maps la distancia a vías principales, zonas verdes y zonas comerciales, donde con una herramienta que ofrece la aplicación se procede a medir en metros.

5.5 Escogencia de las variables ambientales

Las variables ambientales que se escogieron con se mencionó anteriormente fueron:

- **Distancia a vías principales (en metros):** Esta variable se escogió para poder determinar en que afecta el PM10 y el ruido emitido por fuentes móviles, que transitan por vías principales con respecto a la variación en el precio de las viviendas. Esto en base a estudios relacionados con dicha afectación; donde las vías principales se presentan como un foco de contaminación por PM10 y ruido según el estudio realizado por la facultad de ingeniería en la Universidad de Antioquia; allí se evidencia que los niveles de material particulado generados en vías con alto tráfico vehicular exceden los valores considerados como nocivos por la organización mundial de la salud [24].Adicionalmente en un estudio realizado en la ciudad de Bogotá donde se mide el ruido asociado con el tráfico, se presenta como resultado una ciudad con un serio problema de contaminación auditiva; esta realidad no solo afecta a la salud sino la calidad de vida. [25]
- **Distancia a zonas comerciales (en metros):** Esta variable se escogió por los altos niveles de ruido que se generan en zonas comerciales, y que pueden influenciar en el aumento y disminución del precio de las viviendas. Según la Secretaría de Ambiente basada en los mapas de ruido de las 19 localidades, las áreas más ruidosas en Bogotá, en donde el ruido oscila entre los 60 y hasta 90 decibeles en horarios diurno y nocturno. Entre las más críticas están Kennedy, Chapinero, Engativá, Antonio Nariño, Puente Aranda y Los Mártires, puesto que en estas áreas se presentan conflicto por actividades o servicios comerciales e industriales que afectan la tranquilidad de la población. [22]
- **Distancia a zonas verdes:** Esta variable se escogió por la preferencia que tienen las personas a comprar vivienda cerca a zonas verdes, para mejorar la calidad del aire y porque las encuentran como áreas de recreación y esparcimiento.

Todas estas variables se organizaron en una matriz ver **anexo 1**. A continuación se presenta una muestra de la matriz de variables.

ZONA NORTE																	
Dirección	Barrio	Tiempo de construido (años)	Estrato	Precio	niveles	Área (m2)	Área construida	No. Habitaciones	No. baños	Parqueadero	administración	localidad	tipo de vivienda	piso	disatancia a zonas comerciales	Distancia a vias principales	Distancia a zonas verdes
Tv. 3 #87-2 a 87-70,	EL REFUGIO	5	6	8.321.430.000	1	640	640	4	5	3	400.000	Usaquen	casa	1	919,25 m	164,27 m- av circumvalar	381,91 m
Cl. 113 #5a-12 a 5a-96,	Santa barbara	5	6	12.900.000.000	1	1050	1050	4	5	3	400.000	Usaquen	casa	1	116,89 m	6,13 m-cll 112	6,13 m
Cra. 7 #109-1 a 109-11	Santa ana occidental	10-ene	6	15.000.000.000	1	1180	1180	5	5	3	1.200.000	Usaquen	casa	1	28,99 m	19,98 m-cra 7	423,09 m
Ak. 11 #82-3 a 82-53	El nogal	<20	6	11.000.000.000	1	1344	1344	5	5	2	800.000	Usaquen	casa	1	26,75 m	4,20 m-av cra 11	178,57 m
Cl. 109 #5-64,	Santa ana oriental	5	6	10.674.000.000	1	1186	1000	4	4	3	400.000	Usaquen	casa	1	123,49 m	18,35 m - cll 109	355,85 m
Cl. 110a #5-2 a 5-70,	Santa ana oriental	5	6	9.000.000.000	1	1186	789	4	5	3	450.000	Usaquen	casa	1	250,68 m	78,02 m- cll 109	259,36 m
Cl. 108b #6-1 a 6-77	Santa ana oriental	5	6	8.000.000.000	1	2240	480	4	4	3	750.000	Usaquen	casa	1	40,88 m	16,56 m - cra 7	489,88 m
Cra. 7 Bis #123-37	Santa barbara oriental	20	5	8.000.000.000	2	990	920	5	5	3	850.000	Usaquen	casa	1	27,69 m	1,22 m- cra 7	218,09 m
Cl. 109 #5-64	Santa ana oriental	20	6	8.000.000.000	1	1080	640	3	5	3	920.000	Usaquen	casa	1	133,10 m	18,50 m - cll 109	357,73 m
Ak 45 #122-2 a 122-36	Santa barbara occidental	20	5	8.000.000.000	1	1400	1400	5	5	3	780.000	Usaquen	casa	1	30,72 m	28,06 m - auto norte	376,29 m
Cl. 110a #5-2 a 5-70,	Santa ana oriental	5	6	8.000.000.000	2	890	800	4	5	3	760.000	Usaquen	casa	1	182,57 m	127,41 m- cra 7	250,82 m
Cl. 109 #5-64	Santa ana oriental	20	6	7.950.000.000	2	940	940	5	5	3	630.000	Usaquen	casa	1	95,05 m	15,46 m- cll 109	364,69 m
Cl. 101 #13a-1 a 13a-75	Rincon de chico	<20	6	7.500.000.000	1	1130	1130	4	5	1	820.000	Usaquen	casa	1	67,27 m	0,94 m- cll 101	499,70 m
Cl. 110b #1-94	Santa ana oriental	5	6	7.500.000.000	2	650	650	5	6	4	930.000	Usaquen	casa	1	579,87 m	83,64 m- cll 112	382,33 m
Cl. 109 #5-64	Santa ana oriental	0	6	7.500.000.000	2	764	713	5	5	3	640.000	Usaquen	casa	1	136,08 m	9,59 m- cl 109	358,09 m
Tv. 3 #87-2 a 87-70	El refugio	0	6	7.154.030.000	3	550	550	4	5	3	650.000	Usaquen	casa	1	334,60 m	173,18 m- av circumvalar	77,50 m
Cl. 109 #5-64	santa ana oriental	10	6	7.000.000.000	2	1160	550	4	5	3	970.000	Usaquen	casa	1	100,65 m	14,77 m cll 109	355,19 m
Cl. 109 #5-4	santa ana oriental	5	6	7.000.000.000	2	740	740	4	5	2	1.000.000	Usaquen	casa	1	176,54 m	4,90 m- cll 109	361,24 m
Tv. 3 #87-2 a 87-70	El refugio	0	6	6.250.000.000	1	463	463	3	4	4	530.000	Usaquen	casa	1	363,09 m	172,71 m- av circumvalar	67,48 m
Ak. 11 #116-45 a 116-95	santa barbara central	5	6	6.000.000.000	3	1100	1100	5	5	3	680.000	Usaquen	casa	1	51,47 m	1,96 m - av cra 11	323,15 m

Tabla 3. Muestra matriz de variables

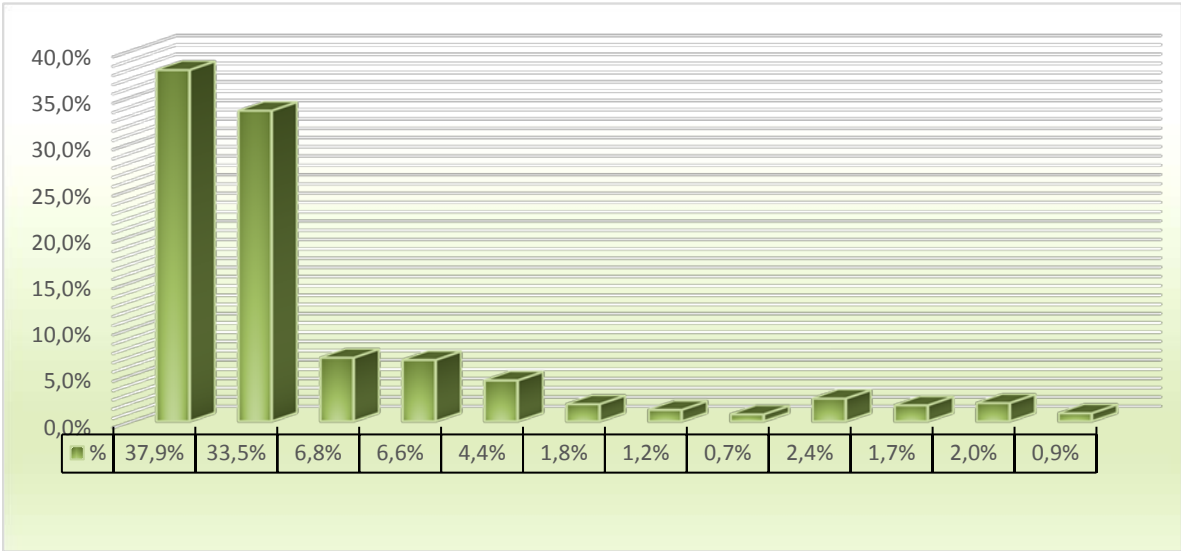
Fuente: Autores

5.6 Estadística descriptiva de las variables

Se realizó una descripción de las variables que se utilizaron en el modelo econométrico y estos fueron los resultados:

Precio de las viviendas:

Gráfica 1. Precio de las viviendas

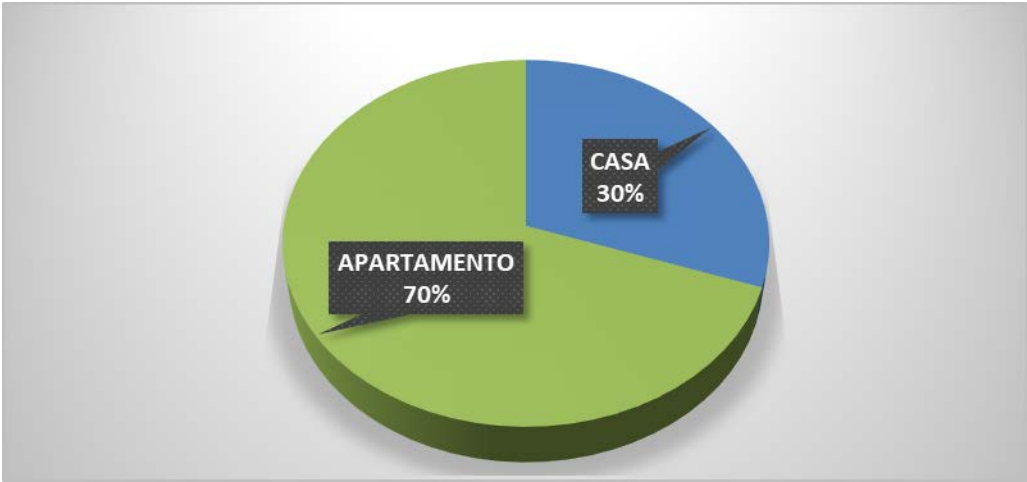


Fuente: Autores

Para el precio de la vivienda se tomaron ciertos rangos para poder explicar mejor su variabilidad teniendo así la mayoría de observaciones en un rango de 85'000.000 a 400'000.000 de pesos con 310 viviendas, seguido del rango de 410'000.000 a 800'000.000 de pesos con 274 viviendas, después se observa el rango de 1100'000.000 a 1400'000.000 de pesos con 52 inmuebles, otro rango es el de 1'410.000.000 a 1'800.000.000 de pesos con 58 observaciones, también se puede ver otro rango de 1'810.000.000 a 2'200.000.000 de pesos con 36 observaciones, entre los últimos se encuentra el rango de 2'210.000.000 a 2'600.000.000 de pesos para unos 15 hogares, dejando 73 inmuebles en un rango muy variado que son desde 2'610.000.000 a 15'000.000.000.

Tipo de vivienda:

Gráfica 2. Tipos de vivienda



Fuente: Autores

En los datos presentados en metro cuadrado se evidencia que la oferta de apartamentos es mayor en 70%, mientras las casas muestran una oferta del 30%.

Estrato:

Gráfica 3. Estrato Socioeconómico

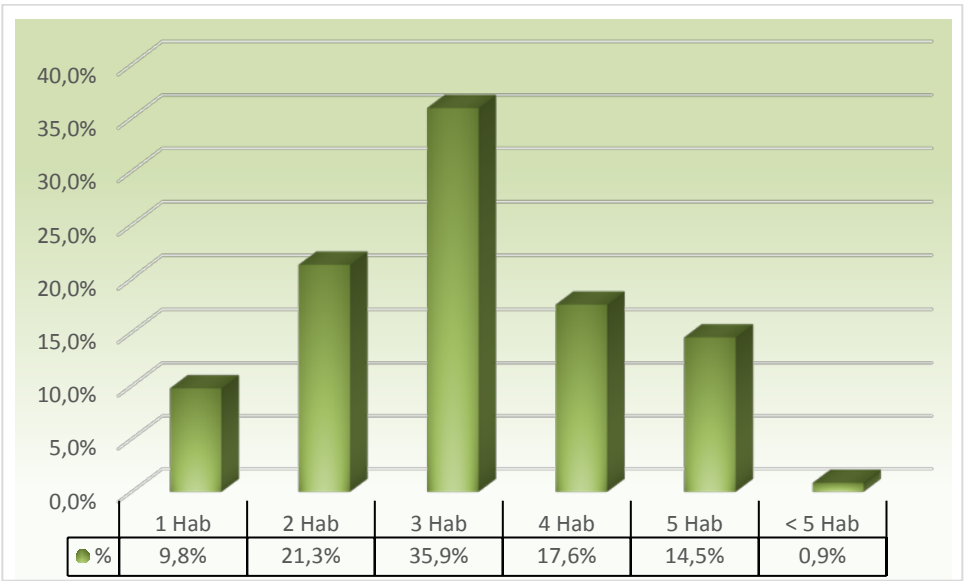


Fuente: Autores

La variable estrato toma cómo una variable categórica indicando el cambio del nivel socioeconómico de cada hogar; observando que el mayor número de inmuebles recolectados en la base de datos se encuentran en el estrato 3 que fueron 336 inmuebles lo cual representa el 41,1%, seguido del estrato 4 con 224 viviendas representando así un 27,4%, luego se encuentra el estrato 6 que tiene 113 inmuebles con un 13,8% de representatividad, seguido del estrato 5 con 72 observaciones y con un 8,8%, enseguida se encuentra el estrato 2 que tiene 63 observaciones para una representatividad del 7,7% y por último el estrato 1 con solo 10 datos de los 818 dejándolo solamente con el 1,2%. Con esto se puede deducir que la mayoría de datos fueron tomados en el estrato medio alto.

Número de habitaciones:

Gráfica 4. Número de habitaciones



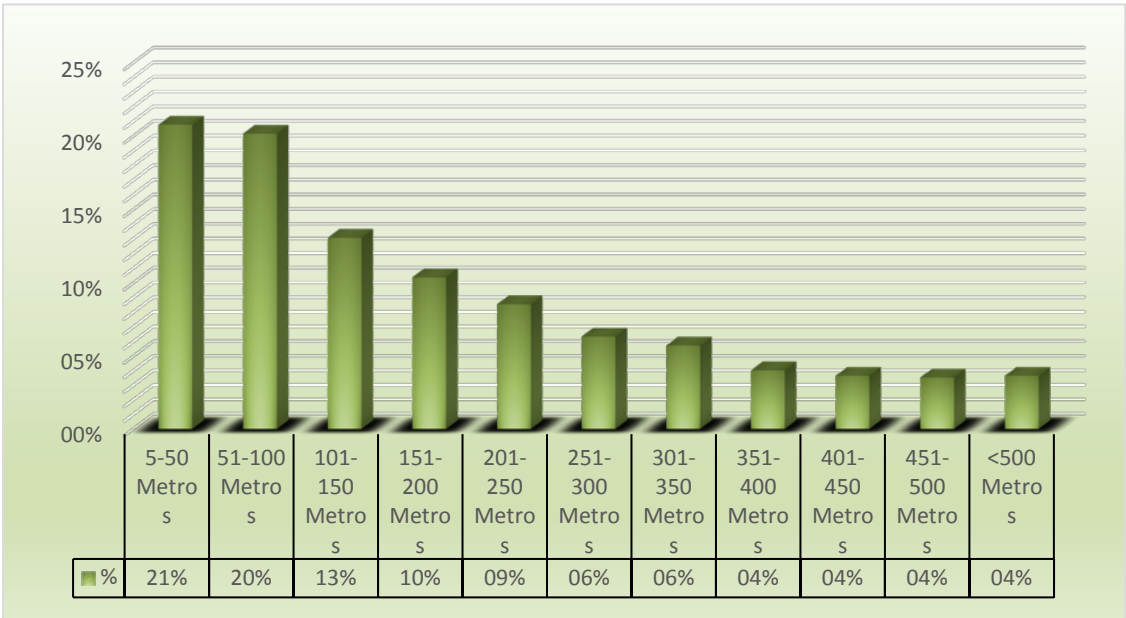
Fuente: Autores

En la variable de número de habitaciones se observó que 294 viviendas cuentan con 3 habitaciones, después se encuentran 174 viviendas con 2 habitaciones,

144 viviendas con 4 habitaciones, 119 inmuebles con 5 habitaciones, las que menor porcentaje obtuvieron fueron las viviendas con más de 5 habitaciones.

Distancia a zonas comerciales:

Gráfica 5. Distancia a zonas comerciales



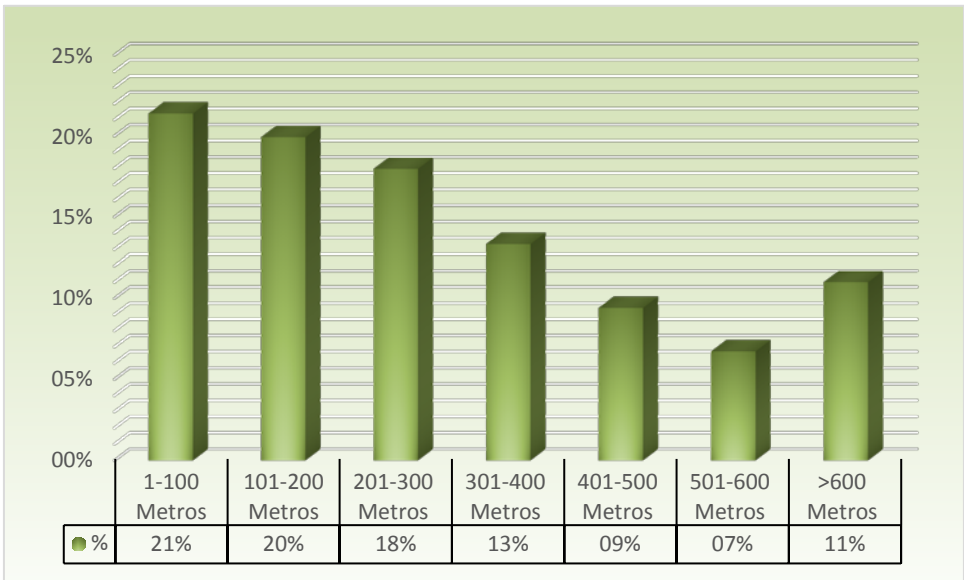
Fuente: Autores

El 41% de las viviendas se encuentran ubicados a una distancia de 5 a 100 metros de zonas comerciales, las demás distancias son poco significativas puesto que se encuentran a una distancia considerable, disminuyendo el grado de afectación en el valor de inmueble.

Se puede deducir que las viviendas más cercanas a zonas comerciales dentro del rango de 5 a 50 metros en su mayoría están en venta, lo que indica que a las personas propietarias o arrendatarias no desean vivir en estas zonas por cuestiones de ruido principalmente y también por la congestión diaria de las vías que conectan a las zonas comerciales.

Distancia a vías principales:

Gráfica 6. Distancia a Vías Principales



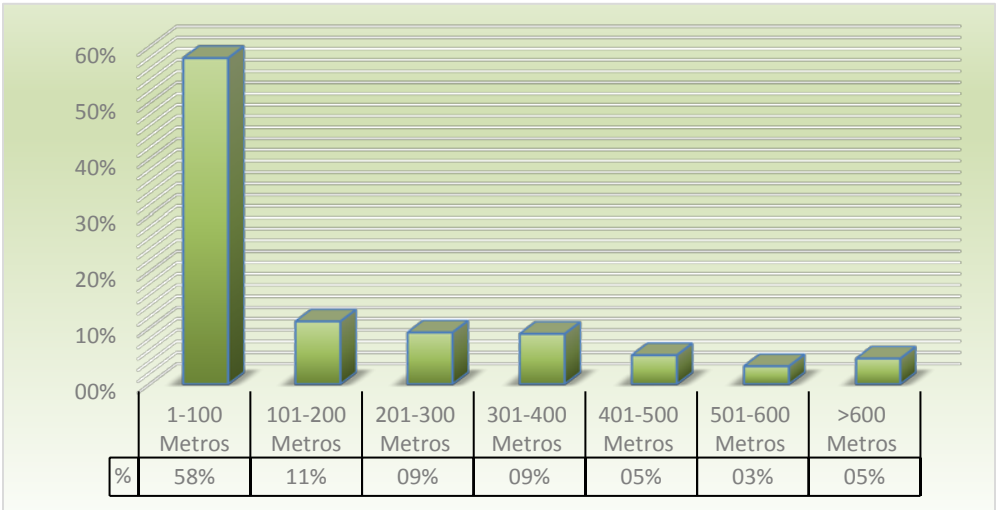
Fuente: Autores

El 41% de las viviendas se encuentran a una distancia de 1 a 200 metros de una vía principal, el 18 % de 301 a 400, el 13% de 401 a 500 y el 11% es mayor a 600 metros; lo que nos indica que la mayoría de las viviendas se encuentran a una distancia relativamente corta a vías con un alto flujo vehicular.

Las viviendas que presentan un mayor porcentaje de venta son las que están a una distancia de 1 a 200 metros lo que indica que, por el flujo diario de vehículos particulares, servicio público, motos y otros puede generar una molestia para los residentes de las viviendas en tanto a ruido y a emisiones de gases contaminantes, y por la congestión que estas vías principales puede presentar en las horas pico.

Distancia a Zonas Verdes:

Gráfica 7. Distancia a Zonas Verdes



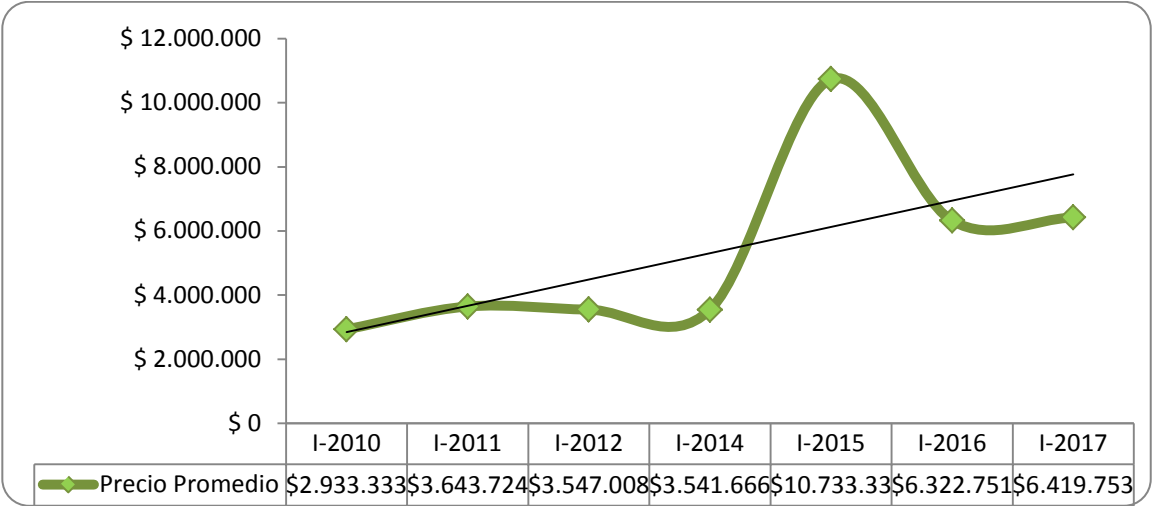
Fuente: Autores

El 58% de los inmuebles se encuentran ubicados a una distancia entre 1 y 100 metros de zonas verdes, el 11% de 101 a 200 metros, el 1,8% de 301 a 500 y el 0,8 % más de 500 metros, esto indica que los inmuebles están ubicados en su mayoría cerca de áreas verdes.

Las viviendas que presentan una distancia entre 1 a 100 metros tienen un mayor porcentaje de venta, lo que significa que las personas buscan zonas verdes porque esto mejora la calidad de vida presentándose como un lugar para la recreación lo que hace que se valore el inmueble que está cerca, o también se puede deducir que existe un gran número de viviendas a la venta ya que las zonas verdes pueden presentar mala iluminación lo que genera inseguridad.

Precio Promedio por Metro Cuadrado (área) Zona Norte:

Gráfica 8. Precio promedio m2 Zona Norte

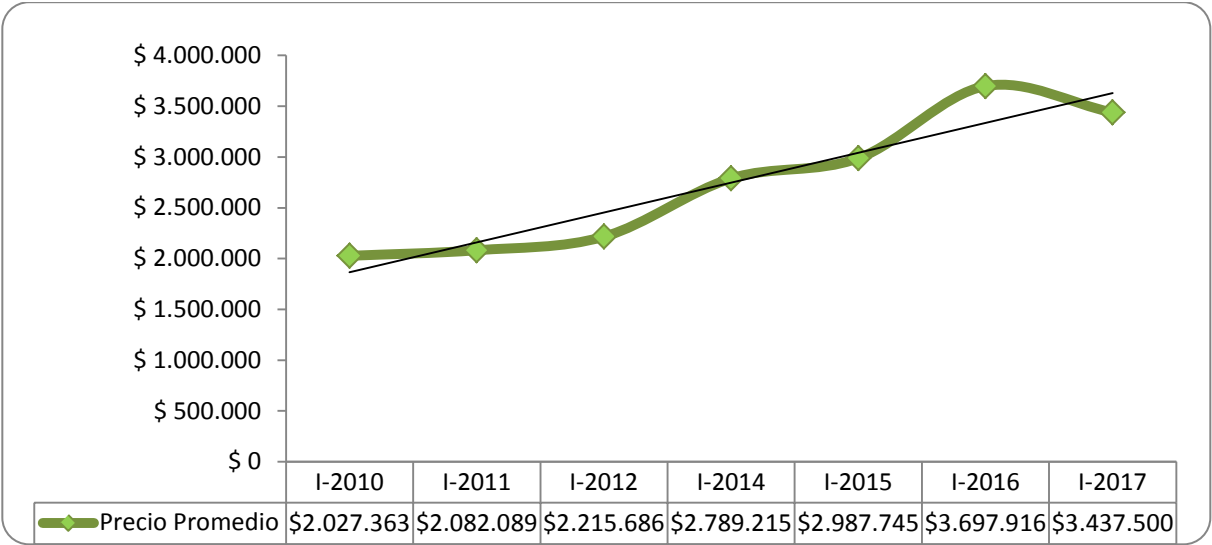


Fuente: MetroCuadrado [20] Modificado por autores.

En la Zona norte se presenta un aumento significativo el precio del m2 de las viviendas, entre el año 2010 al 2017, hubo un aumento de 3´486.420 pesos, mostrando a este sector de Bogotá como uno de los más costosos de la ciudad.

Precio Promedio por Metro Cuadrado (área) Zona Occidente:

Gráfica 9. Precio promedio m2 Zona Occidente

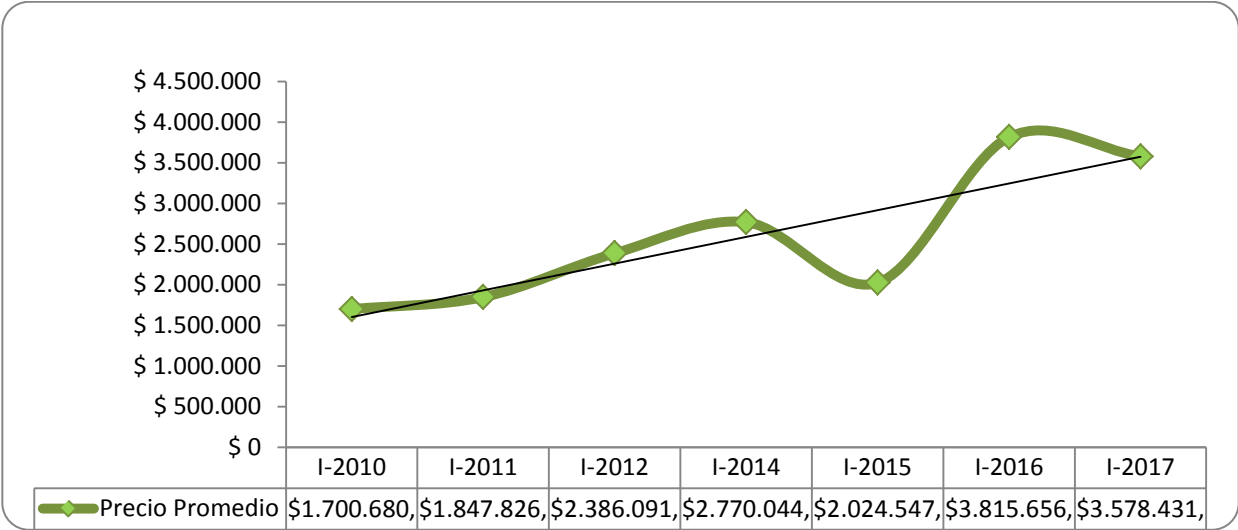


Fuente: MetroCuadrado [20] Modificado por autores.

En la Zona Occidente se presenta un aumento significativo el precio del m2 de las viviendas, entre el año 2010 al 2017, hubo un aumento de 1´410.137 pesos, mostrando el aumento del precio del metro cuadrado en el transcurso de los años.

Precio Promedio por Metro Cuadrado (área) Zona Oriente:

Gráfica 10. Precio promedio m2 Zona Oriente

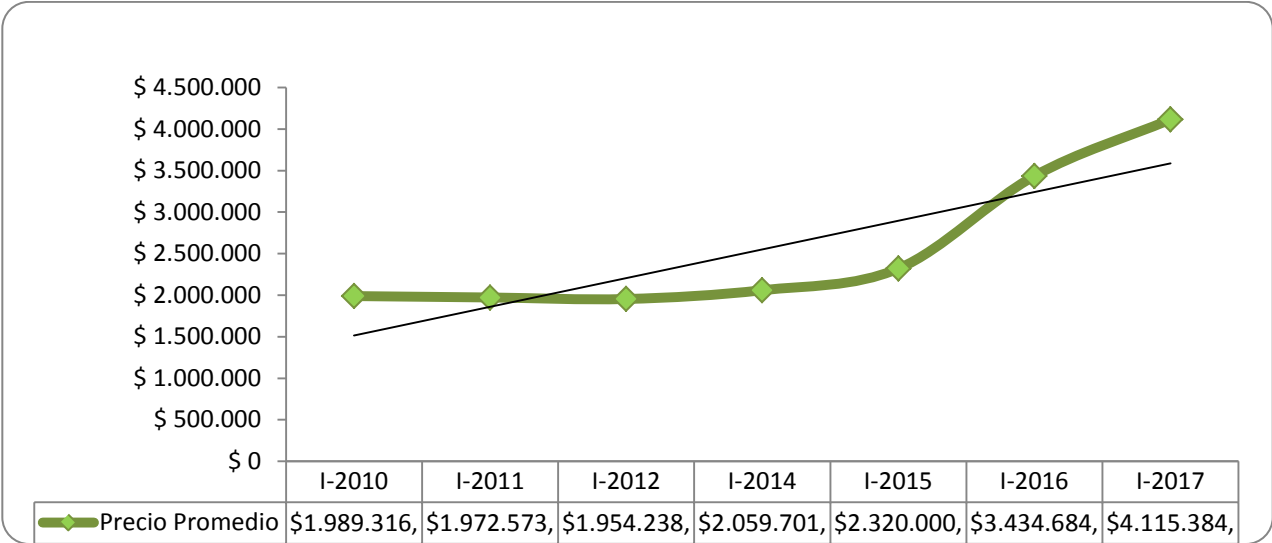


Fuente: MetroCuadrado [20] Modificado por autores.

En la Zona Oriente se aumenta el precio del m2 de las viviendas, entre el año 2010 al 2017, hubo un acrecentamiento de 1’877.751 pesos, mostrando el aumento del precio metro cuadrado en el transcurso de los años.

Precio Promedio por Metro Cuadrado (área) Zona Centro:

Gráfica 11. Precio promedio m2 Zona Centro

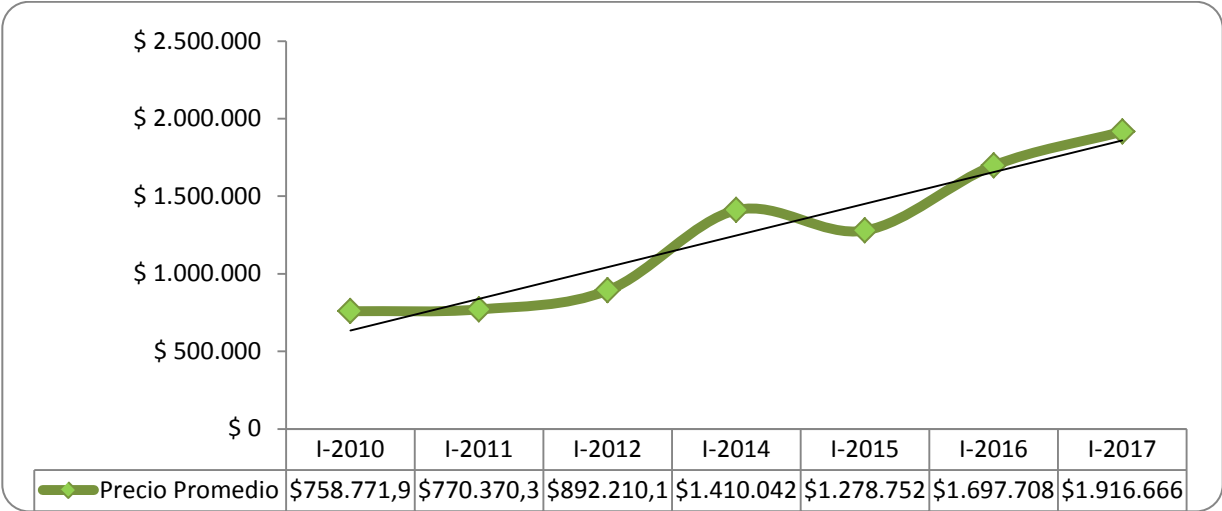


Fuente: MetroCuadrado [20] Modificado por autores.

En la Zona Centro crece el precio del m² de las viviendas, entre el año 2010 al 2017, hubo un acrecentamiento de 2’126.068 pesos, mostrando que es el sector más costoso de la ciudad de Bogotá.

Precio Promedio por Metro Cuadrado (área) Zona Sur:

Gráfica 11. Precio promedio m2 Zona sur



Fuente: MetroCuadrado [20] Modificado por autores.

En la Zona Sur se aumenta el precio del m² de las viviendas, entre el año 2010 al 2017, hubo un acrecentamiento de 1´157.955 pesos, mostrando a este sector como el que presenta menos valor en el crecimiento del precio del m² en el transcurso de los años.

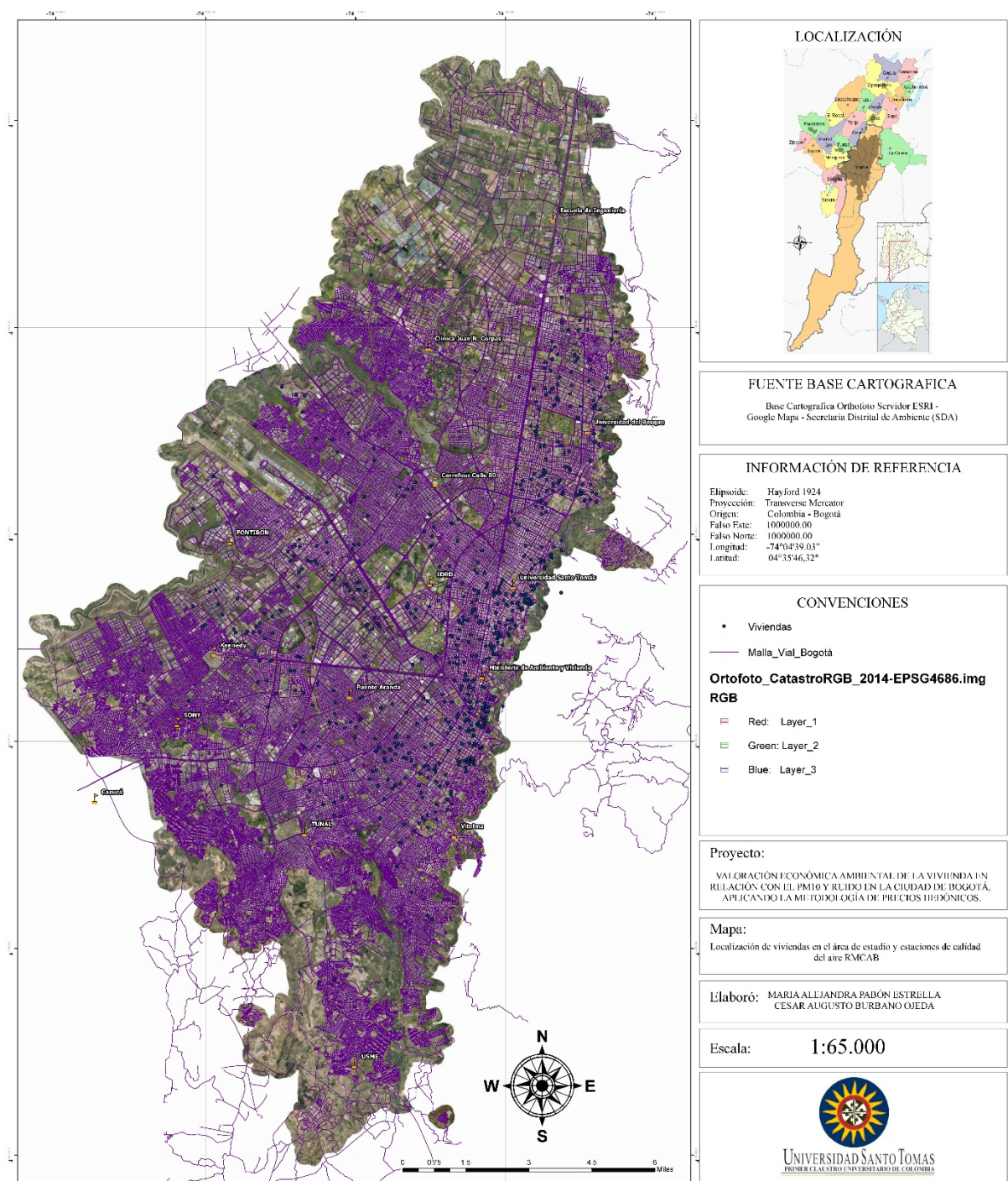
El aumento de población en las zonas de Bogotá hace que crezca también la demanda por vivienda lo cual hace que se vuelva a valorizar el precio de la tierra; en cuanto a construcción podemos observar que en las zonas oriente, occidente y centro y sur su crecimiento en el precio aumenta a medida que pasa el tiempo y su valor está cerca de los 3 a 4 millones precio promedio del m2 en las zonas, y en el año 2010 estaba cerca de 1 millón por metro cuadrado, esta gráfica se ve directamente proporcional a la demanda personas que llegan a vivir a estas zonas.

Este incremento en el valor del m2 de tierra también se puede dar por el constante acrecentamiento de zonas comerciales e industriales también como zonas para la recreación y alimentación como parques mecánicos, restaurantes, bares, etc. Esta cercanía a los establecimientos hace que aumente el valor promedio de la tierra en las zonas y sea más atractivo para la hora de comprar o arrendar un inmueble.

Georreferenciación de la muestra

Para la elaboración del mapa se utilizó la herramienta ArcGIS, en el cual ubicaron todas las viviendas que se tomaron en la matriz de datos, para poder observar la distribución en el terreno de la vivienda en las diferentes localidades Bogotá D.C., en donde se puede determinar factores que intervengan en el precio de la vivienda como cercanía a zonas verdes, zonas comerciales y vías principales. **Anexo 2**

Mapa 1. Ubicación de las viviendas



Fuente: Autores

Localidad de Usaquén

Para la localidad de Usaquén se presenta una dispersión homogénea de viviendas en los cuales la mayoría tiene cercanía a zonas verdes, esto tiene un impacto positivo en cuanto al valor de la vivienda el cual puede aumentar dependiendo la cercanía a las zonas verdes.

Localidad de Teusaquillo

Se presenta una mayor dispersión en cuanto a ubicación en la zona este, en donde se muestra que hay una mayor cantidad de zonas verdes, lo que evidencia que el comprador o arrendatario del inmueble tiene preferencias a los lugares menos ruidosos y más verdes.

Localidad de Suba

Suba presenta zonas verdes en la parte de los cerros de suba y la conejera, en esta localidad las pequeñas zonas verdes son cada vez menos por la constante adecuación para construcción de viviendas. En el mapa se muestra la ubicación de las viviendas en la parte este y norte en donde la mayor parte de edificaciones se encuentra cerca de vías principales y zonas verdes.

Localidad de Fontibón

En esta localidad se muestra una dispersión de viviendas en la parte este, algunas de estas viviendas se encuentran cerca del aeropuerto el dorado el cual puede causar molestias por la generación de ruido que emite diariamente, en cuanto a zonas verdes se evidencia que aún se conservan con mayor porcentaje que la zona urbana.

Localidad de Chapinero

Chapinero cuenta con una dispersión de vivienda homogénea en donde la mayor parte de las que tienen cercanía a zonas verdes están arriba de la Av. Circunvalar el cual cuenta con una mejor parte de zonas verdes en comparación a las otras viviendas que tiene cercanía a la Cra 7 y Universidad santo tomas.

Localidad de Barrios Unidos

Esta localidad tiene su mayor parte de zonas verdes en el oeste y norte, pero su fuerte es la industria y es también mas zona urbana que verde aportando un importante centro de comercio y servicios, se puede observar que la dispersión de las viviendas colinda con vías principales en su mayoría y pequeñas zonas verdes.

Localidad de Santa Fe

Por su ubicación que comparte con la candelaria la mayor parte de las viviendas se encuentran cerca de zonas verdes que abundan en el oeste de la localidad, está también tiene una alta demanda en el comercio y sectores turístico ya que en este sector está la Bogotá colonial, esto también puede aumentar el precio de vivienda por ser sitio turístico.

Localidad de Los Mártires

En los mártires la dispersión de viviendas se encuentra más agrupada en la parte oeste en donde se pueden observar pequeñas zonas verdes aledañas a estas ya que es el centro de la ciudad y es en su mayoría urbana. Donde también tiene monumentos históricos.

Localidad de Kennedy

Pese a que Kennedy es una localidad en su mayoría industrial y es una de las más pobladas no deja de tener una que otra parte con zonas verdes, y estas están ubicadas en la parte norte de esta en donde se puede observar que están ubicadas las viviendas. También tiene varias vías principales en donde hay flujo vehicular constante y puede haber contaminación de PM10.

Localidad de Antonio Nariño

Es esta localidad la dispersión de viviendas es en la parte norte donde se cuenta con cercanías a las vías principales, hay pocas zonas verdes y en su mayoría son pequeñas pero cercanas también a algunas viviendas.

Promedio concentraciones de PM10 diario año 2017

Tabla 4. Promedio concentraciones de PM10 diario año 2017

ESTACIÓN	Promedio PM ₁₀ (µg/m3)	Max PM ₁₀ (µg/m3)
Guaymaral	0	58
Usaquén	39	79
Suba	51	82
Las Ferias	43	82
C.D.A.R.	41	69
Min Ambiente	37	65
Puente Aranda	62	93
Kennedy	61	90
Carvajal- Sevillana	84	119
Tunal	57	94
San Cristóbal	28	55

Fuente: autores

Para las concentraciones de PM1₀ en las estaciones de monitoreo las que muestran mayor promedio de contaminación es Carvajal-Sevilla,

5.7 Cálculos de la variación de precios y análisis de resultados

Para desarrollar el modelo de los Precios Hedónicos es necesario utilizar formas funcionales flexibles como lo son; las formas lineales, cuadráticas, logarítmicas, semi- logarítmicas. Es importante tener en cuenta desde el punto de vista teórico, que la única restricción existente es que las características ambientales influyencien de forma positiva o negativa [26].

Los modelos de regresión permiten evaluar una variable dependiente en este caso el precio de las viviendas con respecto a las variables independientes, como son número de baños, número de habitaciones, estrato, y características de entorno como son distancia a vías principales, distancia a zonas verdes y a zonas comerciales [26].

Este proyecto lo que se busca es mostrar el cambio de la variable dependiente que para este caso es el precio de los inmuebles, con respecto a las variables independientes.

Los modelos más utilizados es el de regresión lineal y el de regresión logística, gracias a su facilidad de aplicación e interpretación, teniendo en cuenta el tipo de variable que se desea estimar [26].

En este proyecto se utilizó una forma funcional de regresión lineal, ya que permite estimar la influencia en el precio de las viviendas teniendo en cuenta las variables independientes [27].

El modelo de regresión lineal no es aplicable a todo tipo de variables, en el caso de la regresión lineal no se puede aplicar cuando la variable que se busca es categórica, puesto que al estimar el modelo de regresión no se toman en cuenta los valores reales [27].

5.7.1 Ecuación para calcular el tamaño ideal de la muestra

$$n = \frac{z_{\alpha}^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot N - 1 + z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

$$n = \frac{1,64^2 \cdot 56703 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,028646333^2 \cdot (56702) + 1,64^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}$$

$$n = \frac{38127,0972}{55,9377604 + 0,6724}$$

$$n = 818$$

n: tamaño de la muestra.

N: tamaño de la población

Z: percentil de la distribución normal estándar, con un alfa de 0.05

p: probabilidad de hallar la característica de interés en la muestra.

q: probabilidad de no hallar la característica de interés en la muestra. Equivale a (1 - p).

e: error muestral. Por ejemplo, si tomo un error muestral del 5% estaría diciendo que, por cada 100 individuos de mi muestra, entre 95 y 105 individuos de la población cumplen la característica que me interesa describir.

n = 818.

N = 56703.

Z = 1,64. Tomado de las tablas de la distribución normal estándar.

p = 0,5. Se toma una probabilidad del 50% con el fin de hacer más grande el tamaño de muestra y con ellos incrementar la confiabilidad de la muestra.

q = 0.5. Equivale a (1 - p).

e = 0,02846333. Es equivalente a decir que se tomó un error muestral del 2,846333%.

Con esto se estima que el tamaño de la muestra que se tomó es significativo con respecto a información ofrecida por MetroCuadrado.

5.7.2 Selección de las variables del modelo

Para el ajuste del modelo de **regresión lineal**, se empleó el software estadístico especializado R, bajo su plataforma RStudio, la cual es más gráfica y facilita el desarrollo del ajuste.

La selección de este software nace a partir de la flexibilidad que este permite para manipulación, filtro, orden, entre muchas otras modificaciones a los datos. Adicionalmente resulta más práctico el uso de condicionales y funciones de bucle o repetitivas.

5.7.3 Descripción y transformaciones sobre las variables observadas:

Para lograr describir el precio de la vivienda en Bogotá D.C. en función de diferentes variables observadas en 818 registros, se ajustó un modelo de regresión lineal mediante el cual se pudiese observar la influencia de estas sobre el precio de la vivienda.

Inicialmente se generaron observaciones sobre 818 viviendas en Bogotá D.C. y para cada una de ellas se observaron las siguientes variables:

1. **Precio de la vivienda:** Dado que el precio de la vivienda es una variable continua cuyos valores son extremadamente grandes con respecto a las demás variables continuas, se decidió aplicar una transformación logarítmica, lo cual hace referencia a que no se trabajó con los datos de la variable original, sino con el logaritmo natural de cada uno de ellos.
2. **El monto pagado por administración:** Es una variable continua de dinero, con unidades en pesos. Dado que la mitad de las observaciones presentan su valor, para esta variable en 0, se evita emplear transformación logarítmica y se categoriza la variable, recodificando como 0 aquellas viviendas que no pagan administración y 1 aquellas viviendas que si pagan dicho rubro.
3. **Cantidad de niveles con los que cuenta la vivienda:** Ya que dentro de las observaciones se encuentran casas y apartamentos dúplex o demás niveles, se tuvo en cuenta esta variable, que es numérica discreta.
4. **Piso en el que se encuentra ubicada la vivienda:** Se decidió tomar esta variable como variable categórica para permitir que el modelo realice comparaciones o diferenciaciones entre el "aporte" de cada uno de los pisos a la variable respuesta.
5. **Estrato:** hace referencia al estrato socioeconómico en el cual se encuentra clasificada la vivienda. Es una variable categórica cuyas categorías son 1, 2, 3,4,5,6.
6. **Antigüedad de la vivienda (en años):** es una variable numérica discreta y hace referencia a la cantidad de años que tiene la vivienda desde su construcción.
7. **Número de habitaciones:** se toma como variable numérica discreta. Hace referencia a el numero de la cantidad de habitaciones que tiene la vivienda.

8. **Área de la vivienda (en m²):** es la sumatoria de la medición de cada uno de los espacios, tanto contruidos como al aire libre, de la vivienda, los cuales han sido medidos en metros cuadrados. Es una variable numérica continua.

9. **Numero de baños (diferente del área de la vivienda):** hace referencia a la cifra de la cantidad de baños con los que cuenta la vivienda. Es una variable numérica discreta.

10. **Área construida (diferente del área de la vivienda):** a diferencia del área de la vivienda, esta variable hace referencia a la sumatoria de las diferentes mediciones de los espacios de la vivienda, pero excluyendo los espacios al aire libre. Tiene en cuenta únicamente aquellos espacios en los que se cuenta con cualquier tipo de construcción que pertenece a la vivienda. Esta medido en metros cuadrados igualmente, por lo cual es una variable numérica continua.

11. **Localidad en la que se encuentra ubicada la vivienda:** Dado que en Bogotá se pueden observar distintas delimitaciones territoriales, esta variable hace referencia a cada una de ellas, llamadas Localidades. Hace referencia a la agrupación de barrios de la ciudad. Es una variable categórica, de la cual se tienen las siguientes categorías: Usaquén, Suba, Carvajal, Puente Aranda, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal, Chapinero.

12. **Distancia entre la vivienda y zonas comerciales:** hace referencia a la distancia observada entre el lugar de posicionamiento de la vivienda y la zona comercial más cercana. Ya que se midió en metros cuadrados, también hace parte del grupo de variables numéricas continuas.

13. **Distancia entre la vivienda y zonas verdes:** Es una variable numérica continua.

14. **Cantidad de parqueaderos con los que cuenta la vivienda:** hace referencia a la cifra de cantidad de parqueaderos con los que cuenta la vivienda. Es una variable numérica discreta pues debe ser un numero entero.

15. **Tipo de vivienda:** categoriza cada observación en apartamento o casa. Es una variable categórica y las posibilidades de respuesta de esta variable son 1 y 2. 1 hace referencia a casa y 2 indica apartamento.

5.7.4 Selección de variables del modelo:

Teniendo en cuenta la necesidad de explicar el precio de la vivienda, inicialmente se ajustó el modelo saturado de regresión lineal, lo cual hace referencia al modelo que explica el precio de la vivienda en función de todas las demás variables.

Tras el ajuste del modelo saturado se obtuvo lo siguiente:

Tabla 5. ANOVA Ajuste del modelo

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	P-valor
Antigüedad de la vivienda (en años)	1	8,037	8,037	50,4859	2,707e ⁻¹²
Estrato	5	263,568	52,714	331,1371	2,2e ⁻¹⁶
Niveles	1	46,975	46,975	295,0902	2,2e ⁻¹⁶
Área (en m ²)	1	170,807	170,807	1072,9774	2,2e ⁻¹⁶
Área construida (en m ²)	1	43,874	43,874	275,6114	2,2e ⁻¹⁶
No. habitaciones	1	1,471	1,471	9,1168	0,0026 e ⁻¹¹
No. baños	1	11,166	11,166	70,1427	2,546e ⁻¹⁶
Parqueadero	1	4,353	4,353	27,3446	2,188e ⁻⁰⁷
Localidad	1	0,437	0,437	2,7446	0,097985
Tipo de vivienda	1	5,587	5,587	35,0976	4,7e ⁻⁰⁹
Piso	18	1,838	0,102	0,6414	0,868293
Distancia zonas comerciales	1	0,073	0,073	0,4598	0,49792
Distancia zonas verdes	1	0,02	0,02	0,1281	0,72056
Distancia vías principales	1	0,492	0,492	3,0881	0,07926
Administración	1	0,264	0,264	1,661	0,19786
Residuales	781	124,327	0,159		

Fuente: Autores

Como se puede observar en la tabla de análisis de varianza, tomando como base el estadístico F, o el p-valor, se dice que el precio de las viviendas esta explicado en función de **Antigüedad de la vivienda (en años), Estrato, Niveles, Área (en m2), Área construida (en m2), Número de habitaciones, Numero de baños, Parqueadero, Localidad, Tipo de vivienda y Distancia a vías principales.**

Dados los resultados de la tabla ANOVA, se requiere un $\alpha = 0.01$ o $\alpha = 10 \%$, además de excluir del modelo las variables Piso, Distancia a zonas comerciales, Distancia a zonas verdes y Administración, las cuales no presentan significancia, lo que quiere decir que no aportan significativamente en la estimación del Precio de la vivienda.

Interpretación del coeficiente de determinación ajustado (Adjusted R²):

Con el modelo saturado se obtuvo un coeficiente de determinación ajustado igual a 0,8097. Ya que el R² indica el ajuste de los datos al modelo, se concluye

que el modelo es adecuado. Se entiende también que, las variables explicativas, **significativas** explican de manera adecuada a la variable explicada, que para este caso es el precio de las viviendas.

En términos porcentuales, el ajuste del modelo es del 80,97%. Coeficiente de determinación alto.

5.7.5 Ajuste del modelo con las variables significativas:

Bajo el supuesto de que en el modelo saturado se encontraron variables no significativas, se ajustó un nuevo modelo en el cual se excluyeron. En el nuevo modelo se contemplaron como variables explicativas, Antigüedad de la vivienda (en años), Estrato, Niveles, Área (en m2), Área construida (en m2), Número de habitaciones, Numero de baños, Parquedero, Tipo de vivienda, Distancia a vías principales.

Una vez ajustado el modelo se obtuvo que:

Tabla ANOVA:

Tabla 6. ANOVA modelo ajustado

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	P-valor
Antigüedad de vivienda (años)	1	8,037	8,037	50,9137	2,159e - ¹²
Estrato	5	263,568	52,714	333,9434	2,2e - ¹⁶
Niveles	1	46,975	46,975	297,5911	2,2e - ¹⁶
Área (en m ²)	1	170,807	170,807	1082,0707	2,2e- ¹⁶
Área construida construida (en m2)	1	43,874	43,874	277,9472	2,2e - ¹⁶
No. habitaciones	1	1,451	1,451	9,1941	0,0025
No. Baños	1	11,166	11,166	70,7371	2,2e - ¹⁶
Parquedero	1	4,353	4,353	27,5763	1,935e- ⁰⁷
Tipo de vivienda	1	5,531	5,531	35,0403	4,782e- ⁰⁹
Distancia vías principales	1	0,752	0,752	4,766	0,029316
Residuales	803	126,755	0,158		

Fuente: Autores

Evidentemente, basados en la tabla ANOVA, el estadístico F y el p-valor, se arma que todas las variables empleadas bajo esta nueva metodología aportan información significativa para modelar la variable Precio de la vivienda. Adicionalmente, se obtiene la ventaja de que, dado el nuevo modelo, se pueda

emplear un α igual a es decir, un	Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	error tipo I 0.05 o 5%, menor al
	Residuales	803	126.755	126.755 / 803	

anteriormente seleccionado.

Por otro lado, resulta conveniente en la tabla ANOVA que los grados de libertad de los residuales sean una cantidad alta, puesto que, por estructura de la tabla de análisis de varianza, se tiene que:

A nivel teórico se interpreta que la suma de cuadrados es aquella cantidad que hace referencia a el aporte de la fuente de variación en el modelo, por lo cual se desea que la suma de cuadrados del modelo (de las variables) sea lo mayor posible, porque esto querría decir que las variables que seleccione están funcionando bien y aportando correctamente en el modelo ajustado. Bajo la misma lógica anterior se desea que la suma de cuadrados de los residuales sea lo menor posible porque eso querría decir que el componente aleatorio (lo no observado en el estudio) no está jugando mayor papel en el modelo, es decir, que todo aquello que podría afectar de manera negativa mis conclusiones, no está interviniendo en proporción significativa, en mi modelo.

Por último, tenemos el cuadrado medio del error, el cual se construye a partir de la división de la suma de cuadrados del error, entre los grados de libertad del error.

Para ello analizaremos tres aspectos:

1. El cuadrado medio del error es el mejor estimador para la varianza de los datos. Recordemos que la varianza es una medida de dispersión y habla de cuán alejados están los datos del promedio. Si se tiene en cuenta que el cuadrado medio del error es el mejor estimador para la varianza, es claro que desea que esta medida sea lo más pequeña posible, es decir, que la varianza estimada, sea lo más pequeña posible.
2. Dado que el cuadrado medio del error, como ya se explicó anteriormente se construye a partir de la división cuyo numerador es la suma de cuadrados del error y su denominador son los grados de libertad, entonces se busca que los grados de libertad sean lo más grandes posibles, ya que esto permitiría que aun cuando la suma de cuadrados del error sea grande, el cuadrado medio del error sea pequeño, es decir que la varianza estimada, sea pequeña.
3. Por construcción teórica, los grados de libertad del ERROR y los grados de libertad TOTALES dependen de "n" que es el número de individuos que contiene mi muestra. Vale la pena recordar que para todo estudio estadístico frecuentista, a mayor tamaño de muestra, mayor potencia en las conclusiones. Si bien es cierto que existe un tamaño de muestra a partir del cual ya resulta irrelevante observar más individuos, ese número no es menor que el tamaño de muestra empleado para este estudio. Dicho lo anterior, se afirma que los grados de libertad del error deben ser lo más grande posibles puesto que están ligados al tamaño de la muestra, el cuál gana importancia mientras éste aumenta.

Modelo matemático:

El modelo ajustado escrito de forma matemática se denota así:

$$\text{Precio} = 20,441 - \text{AntigüedadDeLaVivienda} * 0,003 - \text{Estrato2} * 0,89 - (\text{Estrato3}) * 0,541 - (\text{Estrato4}) * 0,203 - (\text{Estrato5}) * 0,003 + (\text{Estrato6}) * 0,415 - (\text{Niveles}) * 0,086 + (\text{Área}) * 0,0005 + (\text{Área Construida}) * 0,001 - (\text{Número De Habitaciones}) * 0,035 + (\text{Número De Baños}) * 0,11 + (\text{Parqueadero}) * 0,084 - (\text{Tipo De Vivienda}) - 0,312 + (\text{Distancia a Vías Principales}) * 0,0001$$

Análisis descriptivo de los datos:

Durante el trabajo de campo, en el estudio se contemplaron 15 variables de alta relevancia a la hora de determinar el precio de la vivienda en Bogotá D.C.

Las variables observadas de las diferentes viviendas fueron (ver en **Anexo 3**):

1. Tiempo de construido en años
2. Estrato
3. Niveles
4. Área (en m²)
5. Área construida (en m²)
6. No. Habitaciones
7. No. Baños
8. Parqueadero
9. Administración
10. Localidad
11. Tipo de vivienda
12. Piso
13. Distancia a zonas comerciales
14. Distancia a zonas verdes
15. Distancia a vías principales

Como caso especial, se observó la variable precio de la vivienda, en la cual, evidentemente se obtuvieron cifras absolutamente desproporcionadas con respecto a los valores numéricos adoptados por las demás variables, razón por la cual se decide trabajar con el logaritmo neperiano que nos permite reducir la escala de los datos, cuando éstos son numéricos, sin alterar su comportamiento o tendencia, es decir, conservando proporciones.

Bajo el teorema de límite central lo que se dice es que, dadas n variables aleatorias, puedo obtener normalidad, o distribución normal a partir de su promedio, siempre y cuando n sea lo suficientemente grande. En el caso práctico n>30 pudiera funcionar para sustentar el TLC (Teorema de Límite Central).

Con lo anteriormente enunciado, se determina que, para el caso de las variables observadas, se podría emplear el teorema de límite central, sin embargo, no cobra mayor relevancia en el estudio realizado.

El nivel de confianza empleado para el estudio fue del 95%, pues se empleó error tipo I igual al 5%. En términos técnicos, se dice que se tomó $\alpha = 0.05$ y $1-\alpha = 0.95$.

Covarianza: Ya que no todas las variables son numéricas, sino que se cuenta con variables categóricas, no es pertinente construir matriz de varianzas y covarianzas.

Por otro lado, para interpretar la tabla ANOVA, se tomó el p-valor, el cual no requiere de grados de libertad para su interpretación, ni siquiera de distribución asociada. En cualquier caso, aparte del p-valor, podríamos haber analizado el estadístico F, el cual sigue una distribución F, y se contrasta **para cada variable**, el valor ubicado en la Tabla ANOVA, en la columna llamada F, contra el valor de la tabla de la distribución F, con $\alpha=0.05$ y grados de libertad, de la siguiente manera:

Grados de libertad 1: Grados de libertad de la variable analizada.

Grados de libertad 2: Grados de libertad del error.

Por ejemplo, si se quiere analizar la significancia de la variable **Área**, se toman grados de libertad 1 = 1 y grados de libertad 2 = 781. De tal manera que se busca en la tabla de la distribución F, el valor correspondiente al percentil $F_{0.95,1,781}$.

5.7.6 Análisis de coeficientes del modelo de regresión lineal:

Para el análisis de coeficientes se debe tener en cuenta que el intercepto es el efecto que es común a todas las variables explicativas del modelo, no tiene una interpretación directa puesto que se está trabajando juntamente con variables numéricas, tanto discretas como continuas y variables categóricas ordinales. Cada una de las variables observadas y empleadas en el modelo, se encuentra multiplicando a un cociente (constante). En el caso de las variables categóricas, se encuentran en la ecuación del modelo la cantidad de categorías que contiene dicha variable, menos una. La interpretación que reciben los crecientes que acompañan a las variables continuas, es:

“Por cada unidad que aumente la variable explicativa, la variable aumentará en la cantidad de unidades que indique el coeficiente que le acompaña”. Para lo anterior el mejor ejemplo es que suponiendo todas las demás variables fijas, sin modificación alguna, cuando en la antigüedad de la vivienda aumenta en 1 año, el precio de la vivienda disminuye 0,03%. Cabe aclarar que, si bien el coeficiente que multiplica a la variable Antigüedad en Años es 0,003.

En cuanto a las variables categóricas, se observa en la ecuación del modelo cada una de sus categorías, menos una, acompañadas de un coeficiente o constante. La interpretación que ofrecen dichos coeficientes es que la categoría evaluada es mayor o menor en esa cantidad de unidades que la categoría de referencia. Para esto, el mejor ejemplo es que el precio de la vivienda según el estrato, en conjunto con todas las demás variables, para el estrato2 9% menor que en el estrato1.

Por otra parte, como lo indicaba la tabla ANOVA, mediante el p-valor, la variable de distancia a vías principales influye en el precio de la vivienda de manera Ascendente, es decir que por cada metro que la vivienda se encuentra distanciada de vías principales, el precio de la vivienda aumentará en 0,001%.

La variable no tiene mucho peso en el precio de la vivienda, para las personas es indiferente, según la muestra que se escogió presenta que el mercado de la vivienda en su gran mayoría está ubicado cerca de una vía principal, lo que no incide en el precio de esta; por lo que tampoco la asociación que se da a distancia a las vías principales como ruido y PM10 tampoco está afectando en el precio de la vivienda.

Adicionalmente en base a los resultados del modelo se pueden determinar 2 interpretaciones con respecto a la variable ambiental que tubo significancia; la cual es Distancia a vías principales, se le pueden dar 2 interpretaciones

La primera es que las personas basen su escogencia en la compra del inmueble gracias a las comodidades que ofrece en cuanto a movilidad estar cerca de una vía principal.

La segunda es que cerca de vías principales se presenta un incremento en la oferta de las viviendas esto se debe a que las personas evitan vivir ahí porque se ven afectados por la contaminación generada por fuentes móviles y el ruido atribuido a estas.

El deterioro en la disposición de los Bogotanos a comprar vivienda es consistente con el menor ritmo de ventas. En los últimos doce meses a mayo, las ventas de vivienda en Bogotá (33.749 unidades) superaron las ventas de igual periodo del año anterior (25.654 unidades) en 31,6%, en lo corrido del año (enero-mayo de 2017) las ventas sumaron 10.905 unidades, 2,8% menos que en igual periodo del año anterior. Información suministrada por el boletín del mercado de la vivienda para el año 2017; Esta disminución en la demanda de los inmuebles se debe a factores externos como el aumento de los índices de desempleo, afectaciones sociales y ambientales del entorno, y la desconfianza de las personas en adquirir un inmueble. [2]

En un estudio que se realizó en Chile se determinó que el ruido generado por fuentes móviles afecta considerablemente el precio de las viviendas, es decir que los inmuebles que se encontraban ubicados cerca de vías principales se vieron afectados notoriamente. [28]

Mendieta y Perdomo afirman según el estudio realizado sobre la influencia de Transmilenio en los precios de la vivienda en la ciudad de Bogotá que los precios de los terrenos urbanos pueden ser explicados por la influencia de variables ambientales. [29].

6. CONCLUSIONES

Al realizar el ajuste del modelo econométrico se determinó que las variables ambientales escogidas no representan incidencia en el precio de la vivienda, esto se debe a que la situación económica actual distorsiona el resultado con respecto a la influencia de dichas variables en los precios de los bienes inmuebles, este resultado nos indica que existe un alza en la oferta y una

disminución de la demanda por factores externos que intervienen en la toma de decisiones, como lo es el decrecimiento económico y el aumento de la inflación.

La variable ambiental que presento significancia al ajustar el modelo en error tipo I (α) igual a 0.05 o 5%, es la variable Distancia a Vías principales, donde se muestra que por cada metro que la vivienda se encuentra distanciada de estas el precio de la vivienda aumentará en 0,001%; sin embargo la variable no tiene mucho peso en el precio de los inmuebles, ya que para las personas les es indiferente si se presenta cercanía a estas; adicionalmente la muestra que se escogió presenta que el mercado de la vivienda en su gran mayoría está ubicado cerca de una vía principal, lo que no incide en el precio del bien inmueble por lo que tampoco la asociación que se da a distancia a las vías principales con ruido y PM_{10} tampoco está afectando en el valor.

Los precios de la vivienda en la ciudad de Bogotá se encuentran en los niveles más altos de la historia, así lo evidencian el Banco de la República con el índice de precios de vivienda usada en el país, y el DANE con el índice de precios de vivienda nueva en Bogotá. Esto se presenta por las actuales condiciones de desaceleración de la economía, deterioro de la confianza de los consumidores aumento de las tasas de interés, incremento exponencial del valor de la vivienda, acrecentamiento de los niveles de desempleo, menor ritmo de ventas de vivienda en todos los estratos, a consecuencia de esto los precios de la vivienda tanto nueva como usada tienden a descender.

La situación del precio de la vivienda con respecto a las variables ambientales escogidas como Distancia vías principales puede presentarse como un indicador de ruido y generación de gases, pero también puede ser un indicador de facilidad en la movilidad, por lo que el análisis no se puede dar en términos de contaminación o calidad del aire.

7. RECOMENDACIONES

Para investigaciones futuras es recomendable tener en cuenta la demanda de la vivienda en la ciudad de Bogotá, ya que con esto se puede estimar de forma más acertada la preferencia en la compra de las viviendas y las características más influyentes en la toma de decisiones a la hora de adquirir un inmueble

Si se desea obtener resultados más acertados sobre la influencia del PM_{10} y el ruido en el precio de las viviendas, es necesario contar con un mapa de ruido y un mapa de dispersión de PM_{10} en la ciudad de Bogotá.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. M. D. BOGOTÁ, «Ubicación de la ciudad,» 07 10 2015. [En línea]. Available: <http://www.bogota.gov.co/ciudad/ubicacion>.
- [2] A. M. D. B. A. M. D. BOGOTÁ, «Boletín Mercado de Vivienda – 2do Boletín 2017,» Bogotá.D.C, 2017.

- [3] W. A. SINDEN, Unpriced values: Decisions without market, New York: Wiley-Interscience., (1979)..
- [4] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial, *Resolucion 910 de 2008*, 2008.
- [5] MENDIETA Juan Carlos, «Manual de valoración económica de bienes no mercadeables,» Universidad de los Andes., Bogotá, 2005.
- [6] H. V. J. A. Juan Carlos Duque, «Infraestructura pública y precios de vivienda: una aplicación ponderada en el contexto de precios hedonicos,» Ecas de Economía, Medellin , 2011.
- [7] C. MARDONES, «Impacto de la percepción de la calidad del aire sobre el precio de las viviendas concepción - talcahuano, Chile,» cuadernos de economia volumen 43, Concepción- talcahuano, 2006.
- [8] J. A. P. JUAN CARLOS MENDIETA, «Especificación y estimación de un modelo de precios hedónico espacial para evaluar el impacto de trasmilenio sobre el valor de la propiedad en Bogotá,» Uniandes, Bogotá, Colombia , 2007.
- [9] D. A. R. Fernández, «Calidad de la vivienda a partir de la metodología de precios hedónicos para la ciudad de Bogotá- Colombia,» 10 julio 2009. [En línea]. Available: <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num7/art43/art43.pdf>.
- [10 G. C. BAEZ, «Precios hedónicos para la vivienda nueva en ciudad de Tunja,»
] Bogotá, 2012.
- [11] C. Jim y W. Y. Chen, «Consumption preferences and environmental externalities:
1 A hedonic analysis of the housing market in Guangzhou,» Hong Kong, 2006.
- [12 I. López Oliveros y R. E. García Estévez, «Valoración Economica de la
] contaminación por olores en el área de influencia del relleno sanitario El Carrasco: una aplicación de la metodología de precios hedónicos.,» Bucaramanga, 2006.
- [13 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Metodologias para la
] valoracion economica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales.,» Bogotá D.C., 2003.
- [14 E. Barbier, M. Acreman y D. Knowler, «Valoracion Economica de los Humedales-
] Guia para decisores y planificadores,» Gland Suiza, 1997.
- [15 ANLA, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, Febrero 2017. [En línea].
] Available: <http://www.anla.gov.co/valoracion-economica-instrumentos-economicos-evaluacion-impacto-ambiental>.
- [16 OMS, Organizacion Mundial de la Salud, «Guías de calidad del aire de la OMS
] relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.,» 2005.
- [17 A. Gomez Sanabria y J. L. Martinez Gomez, «Evaluacion de la concentracion de
] mercurio en material particulado PM10 en siete ciudades del pais,» Bogotá D.C, 2008.
- [18 MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL,
] *Resolucion 0627 de 2006*, 2007.
- [19 F. Raiz, «Finca Raiz,» 11 Junio 2017. [En línea]. Available:

-] <https://www.fincaraiz.com.co>.
- [20 Metrocuadrado, «Metrocuadrado,» 15 Junio 2017. [En línea]. Available:
] <http://www.metrocuadrado.com>.
- [21 M. Libre, «Mercado Libre,» 13 Mayo 2017. [En línea]. Available:
] <http://inmuebles.mercadolibre.com.co/venta/vivienda>.
- [22 S. D. d. Ambiente, «Secretaría Distrital de Ambiente,» 14 junio 2017. [En línea].
] Available: <http://ambientebogota.gov.co/web/sda/inicio>.
- [23 Google, «Google maps,» 14 mayo 2017. [En línea]. Available:
] <https://www.google.es/maps/place/Bogotá,+Colombia/@4.6486259,-74.2478965,11z/data=!4m5!3m4!1s0x8e3f9bfd2da6cb29:0x239d635520a33914!8m2!3d4.7109886!4d-74.072092>.
- [24 M. P. Irene, «Modelos de regresión: lineal simple y regresión logística.,» de *Modelos de regresión*, 2006, pp. 200-204.
- [25 M. P. Irene., «Modelos de regresión: lineal simple y regresión logística.,» de *Modelos de regresión*, Enero 2006., pp. 200-204.
- [26 C. AGUIRRE, «Impacto del Ruido Urbano en el Valor de los Departamentos Nuevos: un Estudio de Precio Hedónico Aplicado a Bienes Ambientales,» Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile, 2005.
- [27 J. & P. J. MENDIETA, «Especificación y estimación de un modelo de precios hedónicos espacial para evaluar el impacto de transmilenio sobre el valor de la propiedad en Bogotá.,» Bogotá, 2007.
- [28 C. F. RAMOS, «Caracterizacion del material particulado en las principales vias del transporte publico colectivo y masivo del centro de Bogotá,» Bogotá D.C., 2006.
- [29 R. A. MORE JARAMILLO y M. GIRET, «Movilidad sostenible en bogota D.C.- caso metro Bogotá,» Bogotá D.C., 2013.
- [30 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Diagnóstico nacional de salud ambiental,» 2012.
- [31 ECODES25, Noviembre 2005. [En línea]. Available:
] <http://ecodes.org/noticias/efectos-de-la-contaminacion-acustica-sobre-la-salud#.WMmLH4E1-t8>.
- [32 A. D. Z. PEREZ, «Aplicacion de la metodologia de precios hedonicos para la valoracion de las areas verdes urbanas en la ciudad de Bogotá,» Bogotá D.C., 2012.
- [33 C. M. D. A. Y. D. Sostenible., «Metodología para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales,» Bogotá, 2003, pp. 22-27.
- [34 ARANGO.G, «La Vivienda en Colombia en el cambio de siglo: Herencias y Retos.,» de *Trayectorias urbanas en la modernizacion del Estado en Colombia*, Medellín, Universidad Nacional de Colombia., 2001, pp. (págs.227-266).

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de variables

ANEXO 2. Mapa de Bogotá con la Ubicación de las Viviendas

ANEXO 3. Variables observadas de las diferentes viviendas