

Estimación de precios hedónicos para propiedades residencial y comercial en la ciudad de Bogotá

Carlos Eduardo
Melo Martínez¹

Óscar Orlando
Melo Martínez²

RESUMEN

La estimación de modelos econométricos es fundamental en la determinación del valor del impuesto predial que los propietarios de los predios deben pagar. En este trabajo se analizan variables estructurales y de localización, que determinan el valor del metro cuadrado de la construcción. Además, se realizan cinco modelos hedónicos; uno para la ciudad y los otros cuatro para las actividades económicas de vivienda y de comercio. Los modelos se estiman mediante mínimos cuadrados ordinarios y son posteriormente usados para obtener los precios implícitos de los atributos de la construcción de los predios.

Palabras Clave: Modelos hedónicos, actividades económica, precios implícitos.

Estimating Hedonic Prices for Residential and Commercial Property at Bogota City.

ABSTRACT

The estimation of econometric models is quite basic in order to determinate the value of real estate taxes that the owners of properties must to pay. In this work is necessary to analyze structural and locational characteristics to determinate the construction meter square value. Also, five hedonic regressions are developed; the first one to all the city and the others four models for residential and commercial economics activities. The regression models are estimated by using of ordinary least square and then are used to obtain implicit prices for construction of properties attributes.

Key Words: Hedonic regressions, economics activities, implicit prices.

INTRODUCCIÓN

Entre los principales objetivos de la política económica se encuentran la estabilidad de precios y el lograr una alta tasa de crecimiento económico. La medición correcta de estas magnitudes es, por tanto, crucial para valorar en qué medida se avanza en la consecución de estos objetivos.

La técnica de precios hedónicos consiste en estimar econométricamente ecuaciones que tienen como variable dependiente el precio del bien o servicio en

cuestión (construcción de vivienda o comercio) y, como regresores, los atributos o características del mismo. La idea central es que los atributos no se transan explícitamente en los mercados sino que componen un paquete de características que se transfieren junto con los derechos de propiedad del bien o servicio. Las funciones hedónicas, proporcionan estimaciones de precios de las características de los bienes, las características son variables económicas homogéneas a partir de las cuales se construyen los bienes heterogéneos.

Revisando los trabajos realizados en otros países por las oficinas de Real Estate (Bienes Raíces), es muy poco lo que se ha hecho en Latinoamérica en comparación con las investigaciones realizadas tanto en Norteamérica como en los países Europeos. Por tal motivo, la bibliografía base para el presente estudio corresponde principalmente a estas regiones ya que en los países de Suramérica tan solo en Argentina y Chile se han desarrollado algunos estudios como por ejemplo el desarrollado en [5].

La ley 14 de 1983, estableció en el artículo 4^o que: "A partir del 1^o de Enero de 1984 para los fines de formación y conservación del catastro, el avalúo de cada predio se determinará por la adición de los avalúos parciales practicados independientemente para los terrenos y para las edificaciones (construcciones) en él comprendidas...". En este sentido, la elaboración y formulación de modelos econométricos, permitirá determinar el valor del metro cuadrado de construcción como una de las dos componentes de los avalúos de los bienes inmuebles en la ciudad de Bogotá. A su vez, el avalúo catastral es el mecanismo mediante el cual el Distrito Capital determina la base mínima del impuesto que deben pagar los propietarios de los diferentes tipos de inmuebles (casas, apartamentos, locales comerciales, etc.).

Conjuntamente desde las bases de datos existentes y a partir de la muestra de avalúos puntuales se podrán emplear los modelos econométricos estimados con el fin de vigilar, explicar y predecir los precios de la construcción. Por consiguiente, se hace necesaria la construcción y el desarrollo de cambios en las metodologías de avalúos masivos centrados en la estimación de modelos econométricos. Esto con el fin de obtener el valor del metro cuadrado de la construcción para el ámbito urbano de Bogotá.

Las funciones hedónicas determinan los precios implícitos de los atributos o características que componen un bien compuesto como la vivienda.

¹ Miembro Grupo de Investigación Núcleo de Investigación de Datos Espaciales (NIDE).

² Miembro Grupo de Investigación Estadística Aplicada a la investigación experimental, industria y biotecnología.

La utilización de modelos econométricos resulta ser una herramienta fundamental para la obtención de avalúos masivos, esenciales en los procesos catastrales.

Con los modelos elaborados se pretenden dos objetivos a corto y mediano plazo: el primero, que estos modelos sirvan para estimar precios de la construcción fuera de la muestra y el segundo que los modelos sean la base para la estimación de índices de precios de construcción. Por otro lado, la utilización de estos modelos es indispensable para la realización de avalúos masivos, los cuales son la base en el proceso de actualización catastral y posteriormente para el proceso de conservación dinámica.

El modelo estadístico de avalúo catastral para las construcciones, vigente en Colombia, establece que el precio por metro cuadrado de la construcción está en función del puntaje¹ y del uso o destino que tiene cada una de ellas. Tal modelo, responde a las limitaciones existentes en 1983, en lo que se refiere a la capacidad de utilizar computadores, en los procesos de liquidación de los avalúos de inmuebles, y las comprobaciones empíricas realizadas respecto del error que se introducía al utilizar este modelo general, y la pertinencia de implementar otras variables (relación costo-beneficio) en el modelo.

Muchas de estas condiciones han variado sustancialmente, por lo cual es necesario adelantar investigaciones más complejas, en las que se puedan introducir otras variables explicativas del precio, que permitan mejorar el nivel de aproximación al valor de los inmuebles y al mismo tiempo reducir los posibles niveles de inequidad que tiene implícito el modelo empleado. Estas investigaciones han venido siendo desarrolladas por el Departamento Administrativo de Catastro Distrital (DACD) desde el año 2001, al igual que en otros países como por ejemplo España, en donde no hay muchas diferencias con respecto a las variables usadas en la ciudad de Bogotá para dicha estimación.

I. MARCO TEÓRICO

1. MÉTODOS DE AVALÚOS

Los avalúos comerciales de predios se realizan con distintos fines: para aprobación de créditos hipotecarios, compra y venta de inmuebles, entre otros. Los avalúos son realizados por diferentes métodos (comparación o de mercado, reposición como nuevo y renta), ver [1]. A continuación se hace un breve resumen de cada uno de éstos métodos:

El método de comparación de ventas ajusta los precios de transacciones de propiedades comparables por diferencias en las características más importantes de las propiedades. Los precios de las propiedades comparables ajustados son luego usados para estimar el

¹El puntaje o calificación de la construcción es la suma de la calificación asignada a un bien inmueble en cuanto a sus características estructurales, de acabados principales, baño, cocina y complemento industria, este último para predios comerciales o industriales, de acuerdo con el Anexo 1.

valor del mercado de la propiedad a evaluar. *El método de reposición* esta basado en el actual costo de reproducir la propiedad a evaluar, menos la depreciación acumulada, más el valor de la tierra estimado. Y finalmente *el método de renta* considera las rentas obtenidas generalmente mediante arriendos durante un determinado periodo de tiempo a valor presente neto. A partir de éste último método en [2] se desarrolla un análisis de regresión.

2. MODELOS ECONOMÉTRICOS

Para abordar este problema se propone un modelo de la forma

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t1} + \beta_2 x_{t2} + \dots + \beta_k x_{tk} + \epsilon_t, t= 1,2,\dots,n. \quad (1)$$

donde y_t : representa el valor del metro cuadrado de la construcción, los x_{ti} 's representan las variables explicativas o exógenas (en este caso, atributos o cualidades de las construcciones que conforman la canasta) que se relacionan con el valor del metro cuadrado de la construcción, los β_i 's representan los parámetros asociados al intercepto y a las variables explicativas (con $i = 0,1,\dots,k$) y ϵ_t representa el error que existe entre el valor real del metro cuadrado de la construcción y el valor estimado a partir del modelo. En forma matricial, el modelo (1) se reduce a

$$Y = X\beta + \epsilon \quad (2)$$

Donde las características incluidas en la matriz X pueden ser variadas y, en general, su inclusión o no en la ecuación final dependerá del grado de significación que cada una de ellas hayan presentado en los tests estadísticos preliminares, en donde la restricción principal vendrá dada por la posibilidad de recopilación de datos y su grado de confiabilidad. Entre los atributos comúnmente considerados se encuentran los referidos a características estructurales de la construcción (área construida, edad, número de baños, garajes, habitaciones, orientación de la fachada, material de las paredes, número de pisos, etc) y aquellos relacionados con el entorno en el que ésta se encuentra asentada (la existencia de espacios verdes, cercanía a centros escolares y de transporte, servicios de seguridad, ubicación en determinados barrios o microzonas alta - baja valorización inmobiliaria, etc).

En (2), el vector β representa el vector de ponderaciones de cada uno de los atributos o cualidades involucradas en la canasta y señala la variación parcial de Y con relación a la variación de X.

II. ESPECIFICACIÓN DEL MODELO

1. MODELO ECONÓMICO

En el área económica, los bienes inmuebles son usualmente tratados como bienes heterogéneos, de-

finidos por un conjunto de características tales como el área de la construcción, el número de baños, cercanía a centros de consumo y localización entre muchos otros. El número de tales características indexado por j y el número de bienes inmuebles producidos por n . El precio del metro cuadrado de la construcción es definido por una función de precios hedónicos, la cuál es una relación matemática entre el precio del metro cuadrado de la construcción y una serie de atributos o características en cantidades que determinan dicho precio. Luego,

$$P = h(x) \quad (3)$$

donde P es un vector de tamaño n de los precios del metro cuadrado de las construcciones, x es una matriz de dimensión $j \times n$ de las características de las construcciones de los diferentes bienes inmuebles.

El valor de una vivienda o de un local comercial se puede analizar desde dos puntos de vista:

Desde el punto de vista de la oferta: ¿Cuánto valdría construir en el mismo sitio y con las mismas especificaciones físicas una vivienda, y cuál sería la depreciación que se le debería aplicar para tener en cuenta que no se construyó hoy?. Este enfoque daría lugar a un análisis de los costos de construcción y es, aproximadamente lo que se hace en la actualidad al utilizar el método de reposición mencionado en el capítulo anterior. Una aproximación sería el que se obtendría mediante la utilización del formulario del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en el cual figuran las características físicas de la vivienda con puntajes que dependen de la proporción en los costos totales de las viviendas y / o locales comerciales, pero las ponderaciones asignadas por dicho formulario no son las más adecuadas como se verá más adelante.

El segundo punto de vista es el de la demanda ¿Cuál es el precio que está dispuesto a pagar un consumidor por una vivienda de determinadas características físicas en una determinada localización? En este caso los puntajes de un formulario como el del IGAC deberían reflejar no los costos de construcción sino los llamados ' Precios Hedónicos ', estimaciones de cuanto valen para el consumidor las diferentes características; estos precios resultan de un estudio estadístico entre las características y el valor transado de las viviendas. Para hacer esta dirección, sería necesario tener un formulario de características mas detallado que el actual y estimar los modelos estadísticos correspondientes; luego ensayar las ponderaciones obtenidas en otra muestra y ver cual es el valor predictivo de estos modelos. Aquí se usaría el contraste de Chow presentado en [6] y en [7].

Finalmente se puede tener una aproximación de mercado: obteniendo una ecuación de oferta, una de demanda y resolviéndolas. La resolución puede

hacerse numéricamente con la estimación previa de las dos ecuaciones, o algebraicamente, con la resolución teórica de las dos ecuaciones, esto último da como resultado una 'forma reducida [4]' en la cual están mezcladas consideraciones de oferta y consideraciones de demanda; en ellas no tiene sentido examinar el signo y significancia estadística de cada uno de los coeficientes, sino debe usarse tal y como resulta, al ser una combinación de efectos de oferta y efectos de demanda. El procedimiento seguido por el Catastro es básicamente el de oferta, al ser los puntajes y la zona de la ciudad los principales determinantes del valor del avalúo de la vivienda y / o local comercial.

El modelo a realizar en el presente artículo parte de la teoría microeconómica, considerando una función de oferta del precio del metro cuadrado de la construcción, ya que desde el punto de vista de la demanda no se cuenta con dicha información. La función de demanda considera que el metro cuadrado de construcción (vivienda y / o comercio) esta en función de las siguientes variables; de los gustos de los consumidores, del precio del metro cuadrado de la construcción (vivienda o comercio), del precio de los bienes sustitutos (es decir, hoteles, residencias, entre otros), del ingreso de los consumidores, y de los bienes complementarios (es decir; centros de consumo, sitios de trabajo, centros escolares, entre otros). Los gustos de los consumidores se miden de acuerdo a las preferencias en las características o atributos de los diferentes bienes inmuebles y a la localización del mismo.

2. DEFINICIÓN Y MEDICIÓN DE VARIABLES

En el presente artículo, las variables escogidas son: calificación de la construcción desagregada (ver Anexo 1), total de la calificación, incidencia, área terreno, área construida, estrato socioeconómico, uso del suelo y valor del metro cuadrado de la construcción como variable dependiente. Dichas variables independientes fueron medidas por medio del formulario de calificación de la construcción, excepto el estrato socioeconómico que fue obtenido de la base de datos del DACD, los avalúos fueron realizados en el 2001 y a partir de estos se tomo el valor del metro cuadrado de la construcción.

Finalmente es importante resaltar que el modelo catastral actual, no considera variables como: el barrio, la zona homogénea física, ubicación de microzonas de alta / baja valorización inmobiliaria, entre otras que podrían llegar a ser importantes en el proceso de elaboración de éstos modelos hedónicos. Y por otro lado, la utilización de precios hedónicos se debe extender a la determinación del valor de terrenos, ya que en nuestro país es muy poco lo realizado en tal área pero en otros países hay algunos avances con respecto a la realización de modelos hedónicos.

3. HIPÓTESIS

La hipótesis principal a probar en éste artículo es:

Hay relación directa entre las variables estructurales y de localización de las construcciones de usos residencial y comercial con respecto al valor del metro cuadrado de la construcción en la ciudad de Bogotá.

Las hipótesis a probar con respecto a las variables estructurales y de localización de los bienes inmuebles son las siguientes:

- Hay una relación directa entre la calificación de la construcción y el valor del metro cuadrado de la construcción e igualmente con la calificación desagregada.
- Hay una relación inversa entre la edad de la construcción y el valor del metro cuadrado de la construcción.
- En la medida en que un predio este ubicado en un estrato socioeconómico mas alto, mayor será el valor del metro cuadrado de la construcción.

III. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS MODELOS DE PRECIOS HEDÓNICOS

1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

A continuación se presenta el análisis realizado tanto a las variables que intervienen en el modelo como a sus interrelaciones con el fin de llegar a una forma funcional adecuada para la estimación de los modelos objeto del presente trabajo.

A partir de la Tabla 1, se observa que en la variable Armazón de la Estructura predominan armazones en ladrillo o bloque (823 predios), concreto 3 o más pisos (326 predios) y concreto 4 o más pisos (200 predios), mientras que los armazones en madera y prefabricado 8 y 6 predios respectivamente no son importantes en la muestra. Por consiguiente se concluye que el formulario presentado en el Anexo 1, es un poco obsoleto hoy en día para la ciudad, ya que son escasos los predios con armazones en madera y en prefabricado.

TABLA I. PESOS RELATIVOS DEL ARMAZÓN DE LA ESTRUCTURA

Ident	Nivel de Modalidad	Frec	Porcen (%)
	Armazón Estructura		
ARM1	Armazón Madera	8	0.579
ARM2	Armazón Prefabricado	6	0.435
ARM3	Armazón Ladrillo Blo	823	59.595
ARM4	Armazón Concreto 3p	326	23.606
ARM5	Armazón Concreto 4p	200	14.482
ARM6	Faltantes	18	1.303

El formulario de calificación de la construcción debe ser rediseñado, porque en la actualidad éste presenta limitaciones.

En el Figura 1, se observa en general que a medida que aumenta la calificación de la construcción el valor del metro cuadrado de la construcción es mayor. Sin embargo, se presenta una alta dispersión, encontrando predios con una misma calificación de construcción pero con diferentes valores, esto se debe a que cuando un evaluador establece un determinado valor de mercado considera además de las características contempladas en la ficha del Anexo 1, otras tales como el número de baños o el material de los pisos de la entrada al predio.

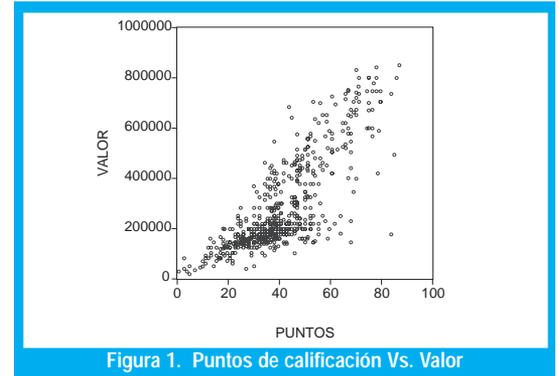


Figura 1. Puntos de calificación Vs. Valor

A partir de la Tabla 2, se puede concluir para predios residenciales que la muestra considero mas predios con construcciones de 3 o menos pisos (código 01, con 456 predios) y prácticamente fue insignificante la muestra para predios con construcciones de mas de 4 pisos (código 02, con tan solo 8 predios). Además para predios en propiedad horizontal (código 38, con 195 predios) se observa que el valor del metro cuadrado de la construcción promedio es el mas alto \$496552.02 con respecto a los demás usos de predios destinados a vivienda, este grupo también presenta una alta heterogeneidad asociada a un coeficiente de variación del 31% aproximadamente. Mientras que para predios de uso comercial, se considero un gran número de predios de uso 04 (comercio en corredor comercial) y uso 40 (local en corredor comercial). Encontrando que los predios de estos usos presentan una alta heterogeneidad en el valor del metro cuadrado de la construcción, es decir, coeficientes de variación de 153.033 y 72.660 respectivamente. Por otro lado es notable la diferencia en valor del metro cuadrado de la construcción entre los predios de uso 40 y uso 03, valores promedio de \$782673.31 y \$221412.70 respectivamente.

2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Las variables continuas que fueron consideradas en el presente estudio se relacionan en la matriz de correlaciones de la Tabla 3, encontrando que la variable de mas alta correlación con respecto a la variable dependiente VALO es la TOTA, variable que ha sido considerada tradicionalmente y esto es corroborado en el Figura 2, allí vemos que tanto la variable incidencia como el total de la calificación de la construcción siguen en la misma dirección de la va-

TABLA II. VALOR-METRO CUADRADO DE LA CONSTRUCCIÓN POR USO DEL SUELO (VALOR EN PESOS 2001)

TIPO	USO	FRECUENCIA	SUMA	MEDIA	VARIANZA	COEF. DE VARIACIÓN
Residencial	01	456	82013034	179853.14	3281170596.8	31.8490
	02	8	1630838	203854.75	1915086714.2	21.4671
	38	195	96827644	496552.02	23682798360.6	30.9922
Comercial	03	63	13949000	221412.70	13592826933	52.657
	04	272	76115485	279836.34	183391318676	153.033
	39	97	62274633	642006.53	67239156262	40.390
	40	230	180014862	782673.31	323411909876	72.660

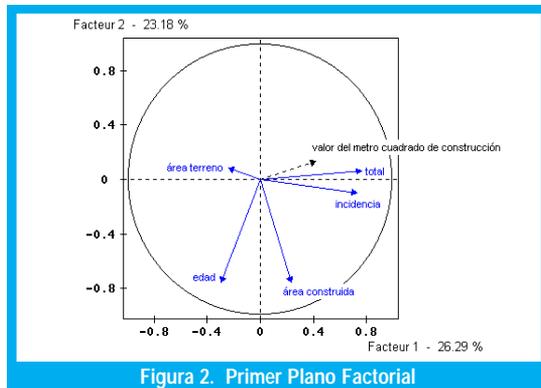


TABLA III. MATRIZ DE CORRELACIONES

	INCI	EDAD	AREC	ARET	TOTA	VALOR
INCI	1.00					
EDAD	-0.06	1.00				
AREC	0.10	0.15	1.00			
ARET	-0.04	-0.03	0.01	1.00		
TOTA	0.23	-0.12	0.07	-0.08	1.00	
VALO	0.21	-0.08	-0.12	-0.05	0.50	1.00

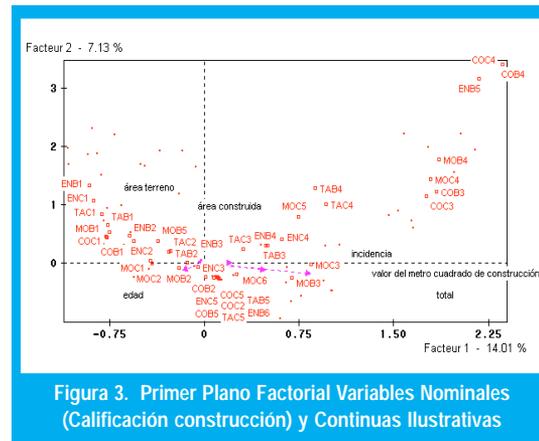
INCI: Incidencia EDAD: Edad de la construcción
 ARET: Área terreno AREC: Área construcción
 TOTA: Total calificación (Anexo 1)
 VALO: Valor del M2 construcción

riable valor metro cuadrado de la construcción, mientras que las variables edad, área terreno y área construida tienen muy baja correlación con respecto al valor de la construcción.

2.3 Análisis de Correspondencias Múltiples

En la Figura 3, se evidencia la forma parabólica de las variables nominales correspondientes a las modalidades de respuesta de las variables cocina y baño (es decir, las categorías de cada una de estas variables; tamaño enchape, mobiliario y conservación, ver Anexo 1). Dicha forma se conoce como el efecto Guttman y suele presentarse cuando las variables son ordinales. Lo importante de destacar de dicho gráfico es que las modalidades de respuesta de las variables del baño y de la cocina están muy cercanas, por ejemplo el enchape del baño 1 denotado por ENB1 y el enchape de la cocina 1 denotado por ENC1 están ubicados en la parte superior izquierda y así sucesivamente se presentan las demás modalidades de las variables. Esto significa que las viviendas con enchapes de buenos materiales en los baños, por lo general tienen también buenos enchapes en sus cocinas, esta misma situación se puede generalizar para los demás casos de estas dos variables. Por consi-

guiente, la ficha de calificación del Anexo 1 debe ser reconstruida y considerar el número de unidades tanto de baños como de cocinas, ya que en la actualidad las dos variables explican lo mismo, y sus pesos en la ficha de calificación deben considerar la cantidad, lo cual aun no ha sido considerado.



3. ESTIMACIÓN DE MODELOS

En los modelos se incorporaron las variables nominales como por ejemplo el uso del suelo, mediante variables dummy, el estrato socioeconómico ya que es una variable ordinal también se incorporó como dummy, al igual que las variables de la ficha de calificación. Las variables edad, incidencia, área construida, área terreno y total, entraron como continuas al igual que la variable dependiente (valor metro cuadrado de la construcción).

En general, la teoría económica disponible no especifica la forma funcional que debe adoptarse. Más aún, dado que las ecuaciones hedónicas son una forma reducida del modelo y por lo tanto, la solución de un conjunto de ecuaciones, la única vía para imponer una determinada forma funcional es la empírica. Debido a lo anteriormente dicho, se escogió la forma funcional presentada en la ecuación (1) y con este modelo se ensayó con algunas interacciones hasta encontrar algunas interacciones significativas, y finalmente se empleó el método de selección de variables Stepwise teniendo en cuenta criterios económicos (por ejemplo, los predios ubicados en estratos altos deben tener un valor más alto que predios en estratos bajos), con el fin de obtener el mejor modelo.

Las estimaciones de los modelos se realizaron por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), y luego de realizar las pruebas pertinentes en cuanto a normalidad y homocedasticidad entre otras, se encontró que era necesario transformar en algunos casos la variable dependiente valor del metro cuadrado de la construcción (el método de transformación empleado fue el de Box-Cox presentado en [3]). Después se eliminaron algunos atípicos e influyentes mediante el uso de estadísticos de detección como el D'Cook y Rstudent entre otros y finalmente dentro de este pro-

Aunque no hay formas funcionales específicas determinadas en la teoría económica, se suelen adoptar formas funcionales empíricas.

Con base en los modelos econométricos obtenidos, las personas que viven en apartamentos posiblemente pagan una prima por la seguridad que obtienen.

ceso se obtuvieron las variables explicativas que son significativas al 5% para explicar a la variable metro cuadrado de la construcción.

A continuación se definen cada una de las variables involucradas en los diferentes modelos:

y: Valor del metro cuadrado de la construcción.

β_i : con $i = 0, 1, \dots, k$ son los parámetros a ser estimados, con k variables.

TOTAL: Es el puntaje total de la ficha del Anexo 1.

LTOTAL: Es el logaritmo del TOTAL (es decir calificación predial)

INCID: Incidencia calculada a partir de: (área construida)/(área terreno)

LINCID: Es el logaritmo de Incidencia.

INEC2: Variable de interacción entre INCID y EC2, donde la variable INCID corresponde a incidencia (definida previamente) y EC2 es la variable dummy = 1 si el estado de conservación de la estructura es regular.

AREACON: Es el área construida en metros cuadrados de la construcción destinada a vivienda o comercio.

LAREACON: Es el logaritmo del área construida.

EDAD: Es la edad de la construcción de la vivienda en años.

A5ED: Variable de interacción entre ED y A5, donde A5 es la variable dummy = 1 si la vivienda tiene una estructura de armazón en concreto de 4 o más pisos y ED corresponde a la edad de la vivienda (como variable continua).

E1: Es la edad de la vivienda. Variable Dummy = 1 si la antigüedad de la vivienda es < 15 años.

U03: Variable Dummy = 1 si el uso del suelo esta definido como un comercio puntual.

U04: Variable Dummy = 1 si el uso del suelo esta definido como un comercio en corredor comercial.

U38: Variable Dummy = 1 si el uso del suelo esta definido como un apartamento en propiedad horizontal.

U39: Variable Dummy = 1 si el uso del suelo esta definido como un local en comercio puntual.

U40: Variable Dummy = 1 si el uso del suelo esta definido como un local en corredor comercial.

Di: con $i = 4, 5$ y 6. correspondiente a los

estratos socioeconómicos 4, 5 y 6 respectivamente. Variable Dummy = 1 si la vivienda pertenece al estrato 4, 5 ó 6 respectivamente.

EC1: Dummy = 1 si la conservación de la estructura de la vivienda es mala.

EC2: Dummy = 1 si la conservación de la estructura de la vivienda es regular.

P2: Dummy = 1 si los acabados de los pisos son en cemento o en madera burda.

BT2: Dummy = 1 si el tamaño del baño es pequeño.

C2: Dummy = 1 si la cubierta de la estructura de la construcción es en material de teja de barro, zinc o eternit rústico.

C3: Dummy = 1 si la cubierta de la estructura de la construcción es un entrepiso en (cubierta provisional) prefabricado.

A3: Dummy = 1 si el armazón de la estructura es en ladrillo o bloque.

Algunas variables dummy se tomaron como base y por ello no fueron definidas anteriormente. Así por ejemplo para la realización del modelo para toda la ciudad, el uso 01 fue la base en las variables dummy y el uso 03 no fue significativo en dicho modelo.

En la Tabla 4, se presentan los resultados obtenidos al realizar el proceso de estimación, encontrándose: un modelo para toda la ciudad, dos modelos para vivienda y dos para predios destinados a la actividad de comercio, tanto para vivienda como para comercio se presentan dos modelos considerando en uno el total de la calificación asignada a cada uno de los predios y en el otro, no se considera tal variable.

A partir de la tabla anterior se puede observar que todos los modelos estimados empíricamente (los cuales se diferencian por las variables que incluyen) presentan R2 ajustados superiores al 75%.

4. INTERPRETACIÓN DE MODLEOS

Si tomamos como punto de referencia el modelo 1 (modelo ciudad), el cual debe expresarse de la siguiente manera:

$$\sqrt{y} = 266.44 + 4.41TOTAL + 21.74U04 + 163.94U38 + 251.75U39 + 214.11U40 + 17.32INCID - 0.11AREACON + 41.80D6 - 6.69INEC2 \quad (4)$$

Se observa que hay un valor de partida para la raíz del metro cuadrado de la construcción correspondiente a 266.44, el cual en la medida en que la construcción este ubicada en un determinado uso o estrato harán que el valor cambie, también se observa

TABLA IV. RESULTADOS DE LAS REGRESIONES (PRECIOS IMPLÍCITOS DE LOS ATRIBUTOS DE LA CONSTRUCCIÓN)

VARIABLE	MODELO CIUDAD	MODELO VIVIENDA		MODELO COMERCIO	
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
DEPENDIENTE	Y^(1/2)	Y^(1/2)	Y	LOG(Y)	LOG(Y)
INTERCEPTO	266,444	65,924	186517	13,649	10,554
TOTAL	4,405				
LTOTAL		111,634			0,7
AREACON	-0,113				
LAREACON		-14,585		-0,063	-0,049
INCID	17,321	20,363	27118		0,09
LINCID				0,119	
U03				-0,766	-0,708
U04	21,735			-0,667	-0,658
U38	163,936	175,177	171433		
U39	251,753				
U40	214,11				
EDAD			-1243,5		
E1		18,841			
D4		68,347	114934		
D5		121,761	202501		
D6	41,796	160,488	263780		
BT2			17078		
A5			46780		
EC1			-30504		
P2			-31330		
EC2			-39104		
C2				-0,293	
C3				-0,265	-0,101
A3				-0,162	
A5ED		-1,654			
INEC2	-6,691				
R2	0,841	0,886	0,872	0,797	0,812
R2 Ajustado	0,84	0,884	0,87	0,765	0,81
Estadístico F	735,66	558,35	399,662	336,3	429,83
N	1260	659	659	606	606

que a mayor puntaje en la calificación de la construcción (TOTAL) mayor será el valor de la construcción. Con respecto al área construida se concluye que si el área aumenta el valor disminuye, afirmación que los evaluadores consideran válida en los diferentes estratos excepto en algunos sitios de la ciudad de estratos 5 y 6, debido a que en estos estratos para vivienda las personas desean construcciones en áreas amplias sin darle importancia al precio que deban pagar por la misma.

En el modelo 2, el coeficiente estimado de la variable U38 es 175.177, esto podría indicar un factor de seguridad debido a que esta variable representa los apartamentos en propiedad horizontal, por consiguiente las familias están dispuestas a pagar una cantidad adicional de \$53783.72 por metro cuadrado de construcción si una vivienda está en propiedad horizontal, esto se debe posiblemente a la inseguridad presente en la ciudad. Finalmente, en el modelo aparecen las variables E1 y A5ED, estas dos variables están relacionadas con la edad, a partir de la primera variable se puede decir que si una vivien-

da tiene menos de 15 años se incrementará su valor en menor proporción con respecto a las variables mencionadas anteriormente, pero si la vivienda tiene más de 15 años no habrá tal incremento y con la variable A5ED, se puede decir que como A5 corresponde a viviendas en propiedad horizontal debido a que tal característica sólo la pueden tener dichas viviendas, entonces la variable edad afectaría negativamente a las viviendas (apartamentos por lo general) con un decrecimiento de (-1.654) en el modelo.

En el tercer modelo se desagregó el total de la calificación de la construcción, ésta desagregación tiene como finalidad mostrar la importancia de algunas variables que componen la ficha de calificación, así como también probar las hipótesis de asociación entre las variables que componen la ficha y el valor del metro cuadrado de la construcción. En la Tabla 4, se observa para el modelo 3 que si un predio se encuentra en propiedad horizontal (variable U38), su valor se incrementará en \$171433, según lo señala el coeficiente estimado de la variable U38 (171433). El incremento es mayor si un predio está ubicado los estratos 4, 5 o 6 (variables D4, D5 y D6), ya que aumentará el precio del metro cuadrado de la construcción en \$114934, \$202501 y \$263780 respectivamente, respecto de los predios ubicados en estratos 1, 2 y 3 (variables D1, D2 y D3 respectivamente).

En el modelo 4, el coeficiente estimado de la variable LAREACON (-0.063) es igual a la elasticidad área construida, por lo tanto, un aumento del 6.3% en el área de la construcción provocará una caída del 100% en el precio metro cuadrado de la construcción. A diferencia de los modelos obtenidos anteriormente para vivienda se observa que la cubierta de la construcción es importante en los predios dedicados a comercio, al igual que el armazón en ladrillo, presentando una relación inversa, según lo señala el coeficiente estimado de la variable A3 (-0.162). Por consiguiente, para que el valor del metro cuadrado de la construcción no baje, es necesario que la construcción tenga una buena estructura en su armazón y en su cubierta.

Dada la especificación del modelo 5, el coeficiente estimado de la variable LTOTAL (0.70) es igual a la elasticidad del total (calificación) de la construcción, por lo tanto, un aumento del 7.0% en el total de la calificación de la construcción provocará un aumento del 10% en el precio del metro cuadrado de la construcción. Por otro lado, el coeficiente de la variable U03 (comercio puntual) es de -0.708 indicando que el precio del metro cuadrado de la construcción baja en \$19447.78 respecto de aquellos de usos 39 y 40 (variables U39 y U40), ya que los predios de uso 04 (variable U04) también sufren una baja de \$18479.65, en el precio del metro cuadrado de la construcción, según se desprende del coeficiente estimado igual a -0.658.

En los predios de estratos 1, 2 y 3, el estrato no marca una diferencia relevante con respecto al valor del metro cuadrado de la construcción.

El uso de los precios hedónicos debe ser extendido a la determinación del valor de los terrenos.

CONCLUSIONES

El presente artículo se ha concentrado en la obtención de los determinantes de los precios de mercado de las construcciones urbanas en la ciudad de Bogotá. Hasta donde se conoce, esta es una de las primeras investigaciones que demuestra económicamente, para la ciudad de Bogotá la relevancia y significación individual de los atributos, tanto estructurales como de localización inherentes a las construcciones urbanas.

Los modelos propuestos permiten estimar con gran precisión los precios hedónicos de las características de las construcciones. Los atributos que demostraron tener un mayor impacto en el precio de mercado de las construcciones fueron, la calificación de la construcción (variable TOTAL) y los relacionados con el uso del suelo (variables; U04, U38, U39 y U40), ocupando un lugar no menos destacado las variables; incidencia y área construida (variable AREACON). Para el caso de la actividad económica de vivienda, los estratos socioeconómicos más significativos, fueron los estratos 4, 5 y 6 (variables, D4, D5 y D6). Las variables mencionadas anteriormente, son las que suelen tener en cuenta los evaluadores.

Para futuras investigaciones en el área se pueden considerar métodos no paramétricos como los trabajados por [8], allí se desarrolla fundamentalmente el método de regresión localmente ponderada con polinomios, el cual resulta oportuno, ya que tanto en la estimación de modelos hedónicos como en la de índices de precios se suele presentar problemas de heterocedasticidad y mediante estos métodos es probable que se pueda corregir tal inconveniente.

Finalmente, la utilización de precios hedónicos no sólo es viable para el caso de inmuebles destinados a fines habitacionales y de actividades comerciales, sino que su uso puede extenderse fácilmente al caso de terrenos y otras propiedades no residenciales ni comerciales. Si bien, en términos relativos, el uso de estos modelos en nuestro país es muy escaso. Este artículo puede servir como referencia y brindar in-

centivos para la exploración de posibles aplicaciones en diversos campos. En tal sentido, la experiencia acumulada en otros países permite predecir que los mercados de industria y de terrenos para fines no residenciales y de comercio presentan importantes campos potenciales de futuras investigaciones, los cuales hasta el momento no han sido explotados en toda su dimensión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Castellanos, Rodrigo. Apuntes Conceptuales y Metodológicos sobre Avalúos de Bienes Inmuebles. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Catastral y Geodesia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá 2002, Pág. 245.
- [2] Crosson, S. Dannis, C. Y Thibodeau, T. Regression Analysis: A Cost-Effective Approach for the Valuation of Commercial Property Portfolios. Real Estate Finance. Winter 1996 Pág. 20-28.
- [3] Draper N. R. Applied Regression Analysis. Third Edition, John Wiley & sons, New York 1998, Pág. 709.
- [4] Epple, D. Hedonic Price and Implicit Markets: Estimating Demand and Supply Functions. Journal of Political Economy 95, 1987, Pág. 55-80.
- [5] Gil, A., Selvaggi, M. y Caminos, J. Elaboración de Índices de Precios de Propiedades. Una Aplicación en Tasaciones del Gran Mendoza. Buenos Aires 1999. Pág. 20.
- [6] Greene, W. Econometric Analysis. Cuarta Edición, Prentice-Hall, Bogotá 2001, Pág. 913.
- [7] Gujarati D. N. Econometría. Tercera Edición, McGraw-Hill. Bogotá 1997, Pág. 824.
- [8] Messe, R. Y Wallace, N. Nonparametric Estimation of Dynamic Hedonic Price Models and Construction of Residential Housing Price Indices. AREUEA Journal, Vol. 19, No. 3, 1991.

Carlos Eduardo Melo Martínez

Ingeniero Catastral y Geodesta, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Especialista en Estadística, Universidad Nacional de Colombia. Msc. en Economía, Pontificia Universidad Javeriana. Profesor / investigador de la Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. cmelo@udistrital.edu.co

Oscar Orlando Melo Martínez

Estadístico, Universidad Nacional de Colombia. Msc en Estadística, Universidad Nacional de Colombia. Profesor / investigador del Departamento de Estadística, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. omelo@matematicas.unal.edu.co

CALIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

		RESIDENCIAL			INDUSTRIAL O COMERCIAL			RESIDENCIAL			INDUSTRIAL O COMERCIAL				
		PUN-TOS	A	B	C	PUN-TOS	A	B	C	PUN-TOS	A	B	C		
1. ESTRUCTURA															
ARMAZON	MADERA	0			4										
	PREFABRICADO	1			8										
	LADRILLO, BLOQUE	3			12										
	CONCRETO HASTA TRES PISOS	3			22										
	CONCRETO CUATRO O MAS PISOS	6			22										
MUIROS	MATERIALES DE DESECHO	0			0										
	BAHAREQUE, ADOBE, TAPIA	1			1										
	MADERA	2			2										
	CONCRETO PREFABRICADO	3			3										
	BLOQUE, LADRILLO	4			4										
CUBIERTA	MATERIALES DE DESECHO	1			1										
	ZINC, TEJA DE BARRO, ETERNIT RUSTICO	3			3										
	ENTREPISO (CUBIERTA PROVISIONAL) PREFABRICADO	6			6										
	ETERNIT O TEJA DE BARRO (CUBIERTA SENCILLA)	9			9										
	AZOTEA, ALUMINIO, PLACA SENCILLA CON ETERNIT O TEJA DE BARRO	13			13										
CONSERVACION	PLACA IMPERMEABILIZADA, CUBIERTA LUJOSA U ORNAMENTAL	18			16										
	MALO	0			0			0							
	REGULAR	2			2			3							
	BUENO	4			4			6							
	EXCELENTE	5			5			9							
2. ACABADOS PRINCIPALES															
FACHADAS	POBRE	0			2										
	SENCILLA	2			4										
	REGULAR	4			6										
	BUENA	6			8										
	LUJOSA	8			12										
CUBRIMIENTO MUIROS	SIN CUBRIMIENTO	0			0			0							
	PAÑETE, LADRILLO Prensado	1			2			3							
	ESTUCO, CERAMICA, PAPEL COLGADURA	2			3			6							
	MADERA, PIEDRA ORNAMENTAL	3			5			9							
	MARMOL, LUJOS, OTROS	4			7			13							
PISOS	TIERRA PISADA	0			0										
	CEMENTO, MADERA BURDA	2			3										
	BALDOSA COMUN DE CEMENTO, TABLON LADRILLO	3			5										
	LISTON MACHIHembrado	4			7										
	TABLETA, CAUCHO, ACRILICO, GRANITO, BALDOSA FINA	6			9										
CONSERVACION	PARQUET, ALFOMBRA, RETAL DE MARMOL (GRANO PEQUEÑO)	8			11										
	RETAL DE MARMOL, MARMOL, OTROS LUJOS	9			13										
	MALO	0			0			0							
	REGULAR	2			2			3							
	BUENO	4			4			6							
EXCELENTE	5			5			9								
3. BAÑO															
TAMAÑO	SIN BAÑO	0						0							
	PEQUEÑO	1						1							
	MEDIANO	2						2							
	GRANDE	3						3							
	SIN CUBRIMIENTO	0						0							
ENCHAPES	PAÑETE, BALDOSA COMUN CEMENTO	1						1							
	BALDOSIN (<=11X11 cms.) CRISTANAC. PAPEL	3						3							
	BALDOSIN (>11X11 cms.) CERAMICA	4						4							
	MARMOL, ENCHAPE LUJOSO	5						5							
	POBRE	0						0			0				
MOBILIARIO	SENCILLO	3						3			3				
	REGULAR	6						6			6				
	BUENO	9						9			9				
	LUJOSO	11						11			16				
	MALO	0						0							
CONSERVACION	REGULAR	2						2							
	BUENO	4						4							
	EXCELENTE	5						5							
	4. COCINA														
	TAMAÑO	SIN BAÑO	0						0						
PEQUEÑO		1						1							
MEDIANO		2						2							
GRANDE		3						3							
SIN CUBRIMIENTO		0						0							
ENCHAPES	PAÑETE, BALDOSA COMUN CEMENTO	1						1							
	BALDOSIN (<=11X11 cms.) CRISTANAC. PAPEL	3						3							
	BALDOSIN (>11X11 cms.) CERAMICA	4						4							
	MARMOL, ENCHAPE LUJOSO	5						5							
	POBRE	0						0			0				
MOBILIARIO	SENCILLO	2						2			3				
	REGULAR	3						3			6				
	BUENO	4						4			9				
	LUJOSO	6						6			13				
	MALO	0						0							
CONSERVACION	REGULAR	2						2							
	BUENO	4						4							
	EXCELENTE	5						5							
	5. COMPLEMENTO INDUSTRIA											PUN-TOS	A	B	C
	CERCHAS	MADERA										6			
METALICA LIVIANA											12				
METALICA MEDIANA											22				
METALICA PESADA											34				
ALTURA											6				
TOTAL PUNTOS:		UNIDAD A			UNIDAD B			UNIDAD C							