

# INFLUENCIA DEL EQUIPAMIENTO URBANO Y OTROS FACTORES EN EL VALOR DEL SUELO

EN LA CIUDAD DE AGUASCALIENTES, MÉXICO

*Miguel Ramos Parra,<sup>1</sup> Rodrigo Franco Muñoz,<sup>2</sup> Alejandro Acosta Collazo,<sup>3</sup> Leticia Medina Esparza,<sup>4</sup> Jorge A. Torres Gonzalez,<sup>5</sup> Raúl Álvarez Hernández<sup>6</sup>*

## RESUMEN

Como dan cuenta innumerables investigaciones, el equipamiento urbano influye, sin duda, en el valor del suelo de los inmuebles en una ciudad. En este documento se revisan las variables que acompañan a los avalúos que se hacen en la ciudad de Aguascalientes para detectar si el factor correspondiente al equipamiento urbano influye en el valor de suelo; se confronta el resultado con los obtenidos en la tesis de doctorado de Miguel Ramos Parra (2016) y en anteriores entregas con el propósito de generalizar conclusiones. Para tal efecto, se parte de una matriz de datos ampliada, merced a una tercera aportación –proporcionada por el municipio de la ciudad–, con la información, ahora, de más de 1300 avalúos de inmuebles realizados por profesionales, ampliando, así, significativamente, la matriz de datos iniciales. Esto permite explorar, mediante procedimientos estadísticos, dicha influencia de interés, y abre la posibilidad de confirmar o afinar los modelos obtenidos con anterioridad. Al revisar los indicadores mencionados, se observó, también, que la participación de los valuadores es significativa e influyente en el valor de suelo. En este escrito se da cuenta de los procedimientos utilizados y de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta que la matriz de datos más grande permite ampliar la investigación.

*Palabras clave:* valor unitario de terreno, variables, avalúos, regresión múltiple, suelo urbano.

- 
- 1 Profesor-Investigador, División de Estudios de Posgrado e Investigación, ITEL.
  - 2 Profesor-Investigador, Centro de Ciencias del Diseño y la Construcción, UAA.
  - 3 Profesor-Investigador, Centro de Ciencias del Diseño y la Construcción, UAA.
  - 4 Profesor-Investigador, División de Estudios de Posgrado e Investigación, ITEL.
  - 5 Departamento de Ciencias Agronómicas, UAA
  - 6 Coordinación General de Movilidad, Ags.

## INTRODUCCIÓN

El mercado de bienes raíces es una actividad de gran dinamismo en la economía. En áreas urbanas actúa como promotor del desarrollo urbano, y su rol en la fijación del valor del suelo es muy importante, lo que influye en la cantidad de suelo disponible para el crecimiento espacial de la ciudad. Su estudio es de interés en el ámbito científico-académico; una prueba de esto es el crecimiento de los análisis sistemáticos y objetivos sobre el tema. Conocer los factores que influyen en la formación del valor del suelo es muy útil, ya que éstas, al decir de Lever (2009) (citado por Ortiz *et al.*, 2015), tienen una amplia gama de aplicaciones. Es muy relevante en el negocio hipotecario debido a que el monto del crédito se calcula como un porcentaje del precio asentado en el avalúo, y también porque garantiza, al ente financiero, recuperar el importe del préstamo en caso de impago.

El rol desempeñado por el Estado se espera que propicie el equilibrio en el libre mercado del suelo. En este punto, la rentabilidad que se ha alcanzado en los movimientos inmobiliarios en los últimos diez años muestra un panorama especulativo importante, en el que acceder a un inmueble no resulta sencillo en cualquier país, a despecho de su nivel de desarrollo. La consecuencia de un desinterés estatal en políticas públicas en este rubro puede ser desastrosa, baste recordar cómo la “burbuja inmobiliaria” de España, que explotó en 2008, provocó graves desórdenes económicos en Europa y a nivel mundial. Enmarcar estudios de este tipo dentro de una disciplina no es fácil, incluso puede ser arriesgado, porque, claramente, el precio del suelo depende de un conjunto de variables sociodemográficas, económicas y geográficas. Las variaciones que afectan el precio pueden provenir de las inversiones realizadas en el predio –normalmente por el propietario– o por las condiciones del entorno y que, en general, tienen que ver con el Estado o con las empresas promotoras.

La valoración de los inmuebles es base para la planificación y el desarrollo de las ciudades, para el efecto, se han desarrollado metodologías que generan resultados cada vez más próximos a la realidad, es decir, a establecer el precio justo (Chávez, 2014). Contar con estudios que permitan analizar el comportamiento de los precios del suelo en sus áreas urbanas es muy importante para cualquier país y ciudad, más allá de su grado de desarrollo.

Los distintos usos del suelo que existen en una ciudad son, a saber: el residencial o habitacional; el de equipamiento o de servicios; el industrial o de actividades productivas; el de infraestructura (transporte, sanitaria, energética, y demás); el de espacio público integrado por plazas, sistemas viales (entre otros); y el de las áreas verdes o de esparcimiento, formado por parques, jardines, áreas libres, etcétera. Estos usos se localizan en conjunto, en una misma zona, y se organizan mediante un plan regulador que los ubica según la compatibilidad de sus actividades (Franco, 2014).

Conocer los factores que afectan el valor del suelo, así como sus interrelaciones, puede ayudar a mejorar nuestra percepción del valor “justo” de los inmuebles, valor que puede identificarse, lo que, sin duda, sería de mu-

cha utilidad para los valuadores, por lo que en el presente trabajo se busca identificar y caracterizar los factores o variables que influyen en la variación de valor del suelo, con énfasis en el equipamiento urbano.

## ASPECTOS TEÓRICOS

La parte formal de la valoración de la tierra afirma que, para un lote específico, el precio de mercado depende de dos tipos de factores: los que tienen que ver con el terreno y que no dependen de la zona en que se encuentran (como la ubicación de la manzana, la localización de la zona, la geometría parcelaria, sus dimensiones lineales, angulares y superficiales, la calidad del suelo y bondad de su título), llamados *factores intrínsecos*; y los que le dan valor al terreno y que son propios de la zona donde se ubica el mismo, conocidos como *factores extrínsecos* (tales como la topografía del lugar, la calidad de los servicios públicos y de las obras de infraestructura en general, el uso y destino preponderante del suelo, así como de las restricciones que establecen los códigos de planeamiento). Debido a esto, cada terreno tendrá un valor de mercado que dependerá de un conjunto de atributos cuyo rasgo más saliente es que no se negocian explícitamente en varios mercados, sino en conjunto dentro de un mercado bien integrado. Para determinar estos atributos, que son relevantes para cada ciudad o población, se utiliza la técnica del análisis de regresión múltiple de corte transversal, en el que la variable dependiente es definida por un vector que contiene los precios de mercado, mientras que las variables independientes o predictoras forman una matriz de atributos seleccionados mediante un criterio específico (Meloni y Ruiz, 2002).

En los años 80 y 90, la actividad valuatoria aumentó significativamente al introducirse la metodología científica como la evolución de sistemas de tratamiento de datos que facilitó su utilización. Esta metodología de investigación científica se basa en el método comparativo de datos de mercado, que es uno de los métodos de valuación que se usan con mayor frecuencia en el medio, y el cual, a través de la inferencia estadística y el modelaje de variables a partir de suficientes datos, permite la utilización eficiente de modelos de regresión lineal simple o múltiple, de modelos especiales, modelos lineales generalizados, de técnicas estadísticas emergentes y de técnicas de simulación. Existen diferentes métodos para la valoración comercial de los bienes raíces en cada país que, de acuerdo a su cultura y experiencia, determina los apropiados para alguna particular valuación. Los métodos cuentan con alguna forma de estimar el valor de mercado, lo que puede hacerse de la forma más simple: directa, por comparación de capital, o utilizando un rango de observaciones que permitan al valuador determinar un modelo de regresión lineal (Ramos *et al.*, 2019).

No obstante, no existe una fórmula mágica para valorar un bien en general. Cualquier fórmula debe inferirse del propio mercado, y aun cuando se usen las técnicas más avanzadas de la investigación científica, no se

obtendrá un modelo perfecto. Los modelos tienen una parte no explicada formada por errores.

## ANTECEDENTES

La literatura relacionada con el tema del valor de la tierra en general permite identificar gran variedad de enfoques y perspectivas de análisis aplicadas que tienen que ver con sus implicaciones. Existe el modelo agrario de Von Thünen de 1826, considerado como clásico, y el cual propone zonificar el espacio considerando franjas de distancia que permitan elaborar un esquema de usos del suelo y su correspondiente valor. Por otro lado, en 1903, Hurd propuso una relación entre valor del suelo urbano-renta y renta-localización, lo que pone en evidencia la cercana relación que existe entre variables socioeconómicas y geográficas en la valoración del suelo (Ortiz *et al.*, 2015; Quintana *et al.*, 2018a).

Más recientemente, dentro del marco de la planificación del crecimiento espacial urbano, el valor del suelo tiene una gran importancia porque actúa como una variable que limita el crecimiento del uso residencial, con lo cual incrementa los problemas que se relacionan con el acceso a la vivienda. Por otra parte, distintos autores han considerado el precio del suelo asociado a otras variables en sus análisis de crecimiento óptimo de ciudades. Una de las aproximaciones más utilizadas es el análisis de regresión múltiple. La técnica consiste en estimar ecuaciones cuya variable dependiente es el precio o valor del bien o servicio y como regresoras o independientes a los atributos o características del mismo (Meloni y Ruiz, 2002).

Localmente, son pocos los trabajos que revisan los usos del suelo, y menos aún se analiza el tema del valor de este mismo. El objetivo del presente trabajo es identificar la influencia de variables como equipamiento urbano en la conformación del valor de suelo en la ciudad de Aguascalientes, a partir de las variables contenidas en los avalúos que se utilizan cotidianamente para calcular el impuesto sobre adquisición de bienes inmuebles. En línea con los trabajos mencionados antes, se busca plantear una ecuación que modele esta variación.

Con base en lo anterior se han formulado los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar las variables contenidas en los avalúos.
- Obtener un modelo matemático parsimonioso que explique la variación del precio del suelo.

Como hipótesis de trabajo se asegura que, además del equipamiento urbano, existen variables que influyen de manera significativa en el valor del suelo en esta ciudad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló en la ciudad de Aguascalientes, México, ubicada a 21° 51' 53.52" grados de latitud norte y 102° 17' 23.05" grados de longitud oeste, sita a 1875 m sobre el nivel del mar (Google Earth, s.f.).

El material utilizado es una matriz de datos de 1346 avalúos realizados en la ciudad de Aguascalientes por profesionales, de mayo de 2013 a julio de 2015.

## METODOLOGÍA

- Análisis de la información.
- Operacionalización y codificación de las variables.
- Se aplica un análisis de regresión múltiple.
- Se obtiene la información relevante en las variables involucradas.
- Se identifican los factores que impactan en el valor del suelo en Aguascalientes.
- Se obtiene un modelo matemático.

## ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La muestra es la información de 1346 avalúos proporcionada por el municipio de Aguascalientes a través de la Secretaría de Finanzas. Se distinguieron 28 variables para su estudio. Una de ellas (valor unitario de suelo [VUT]) es la variable dependiente, mientras que las otras 27 variables son independientes, de las cuales 19 fueron sometidas a un proceso clasificatorio para uniformizar numéricamente los criterios expresados por los diferentes valuadores: 14 en total, 11 hombres y 3 mujeres, que también generaron una variable de género, ya que se sospecha que, quizás, influya en la variable dependiente.

## OPERACIONALIZACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

Se consideró la metodología utilizada por los valuadores profesionales, en la cual el valor del suelo es representado por las características urbanas y las características del terreno, y que es mencionada en los lineamientos generales para la valuación de la Bolsa Mexicana de Valores (Ramos *et al.*, 2019).

**Tabla 1. Resumen de la operacionalización de las variables.**

np	Indicador	Respuesta	Categoría	Índice
1	Sexo	Hombre	1	frecuencia
		Mujer	2	
<b>Características urbanas</b>				
2	Vialidad del predio (V)	Primaria	5	frecuencia
		Secundaria	4	
		Subcolectora	3	
		Calle local	2	
		Calle interior	1	
		Calle cerrada	1	
3	Tipo de inmueble (TI)	Comercial	6	frecuencia
		Habitacional	5	
		Oficina	4	
		Bodega = nave industrial = taller	3	
		Estacionamiento	2	
		Lote baldío = predio rústico = solar urbano	1	
4	Régimen (R)	Condominio vertical	1	frecuencia
		Condominio horizontal	2	
		Privado	3	
5	Clasificación de la zona (Z)	Servicios, industrial, especial	1	frecuencia
		Mixto (hab + comerc)	2	
		Habitacional	3	
6	Uso de suelo (US)	Comercial	4	frecuencia
		Interés social	1	
		Popular	2	
		Industrial	3	
		Medio, servicios	3	
		Residencial	4	
7	Tipo de construcción (TC)	Mixto (R + C)	5	frecuencia
		Comercial	6	
		Comercial	6	
		Habitacional	5	
		Oficina	4	
		Bodega = nave industrial = taller	3	
8	Índice de lotes baldíos/mz (I)	% de lotes ocupados o construidos / manzana	Número	
9	Población (P)	Lote baldío = predio rústico = solar urbano	1	frecuencia
		Baja	1	
		Flotante	2	
		Media = semidensa	3	
		Alta = densa	4	

Continuación Tabla 1

**Tabla 1. Resumen de la operacionalización de las variables.**

np	Indicador	Respuesta	Categoría	Índice
10	Nivel socioeconómico (NSOC)	Alto	5	frecuencia
		Medio alto	4	
		Medio	3	
		Medio bajo	2	
		Bajo	1	
11	Contaminación (C)	Nula	1	frecuencia
		Mínima (de autos)	2	
		Media	3	
12	CUS	Número de m <sup>2</sup> construidos/sup del terreno.	Número	
13	COS	Factor por la sup total predio que define la máxima superficie edificable del mismo, excluyendo sótanos	Número	
14	Vía de acceso (VA)	Primaria	3	frecuencia
		Secundaria	2	
		Calle local	1	
15	Infraestructura (IF)	Acumulado	Número	frecuencia
16	Equipamiento urbano (EQ)	Acumulado	Número	frecuencia
17	Densidad de población (DE)	habitantes/hectárea	Hab/ha	
18	Restricciones (RE)	Fallas geológicas, discontinuidades	2	frecuencia
		Línea de alto Vt = ductos de Pemex	2	
		Altura máx 9 m	2	
		Vías del tren, taller	2	
		Ninguna = las propias del mpio, = las propias del condominio = las propias del fraccionamiento = las propias del lugar = las indicadas en el código municipal = no aplica = no especificada = no se registran = no se tuvo acceso al lugar	1	
19	Uso actual (UA)	Comercial	7	frecuencia
		Oficinas = escuela, salón de fiestas	6	
		Casa habitación = departamentos = cuarto	5	
		Bodega = almacén = terreno con bodega = nave industrial = talleres	4	
		Mixto (hab+com, +bodega, taller carpintería, en ruinas, etc), construcción = obra negra = obra gris	3	
		Baldío estacionamiento = cochera, jardín	2	
Baldío = predio rústico = corrales	1			

Continuación Tabla 1

**Tabla 1. Resumen de la operacionalización de las variables.**

np	Indicador	Respuesta	Categoría	Índice
20	Calidad (CA)	Malo = bajo = deficiente = inadecuado = no funcional = tiene deficiencias	1	frecuencia
		Regular = suficiente = medio bajo	2	
		Adecuado = funcional = normal = bueno = medio	3	
		Medio alto = residencial	4	
		Muy buena=alto	5	
21	Edad general (EG)	Del inmueble sobre el terreno	Años	
22	Id Conservación (CON)	En desecho	0.13	
		Malo	0.135	
		Rep. General mayor	0.25	
		Rep. General menor	0.47	
		Rep. Sencilla mayor	0.66	
		Rep. Sencilla menor	0.82	
		Regular	0.92	
		Bueno	0.975	
		Muy bueno	0.99	
23	Vida general (VG)	Del inmueble sobre el terreno	Años	
24	Valor unitario de terreno (VUT)	Cantidad (variable dependiente)	\$	
<b>Características del Terreno</b>				
24	Topografía (TO)	Accidentado, con pendiente = inclinado	1	frecuencia
		Descendente	2	
		Ascendente	3	
		Plana	4	
26	Factor de Forma (FF)	Regular	2	frecuencia
		Irregular	1	
27	Frente (FR)	Número	m	
28	Superficie (SUP)	Número	m <sup>2</sup>	

Fuente: elaboración propia.

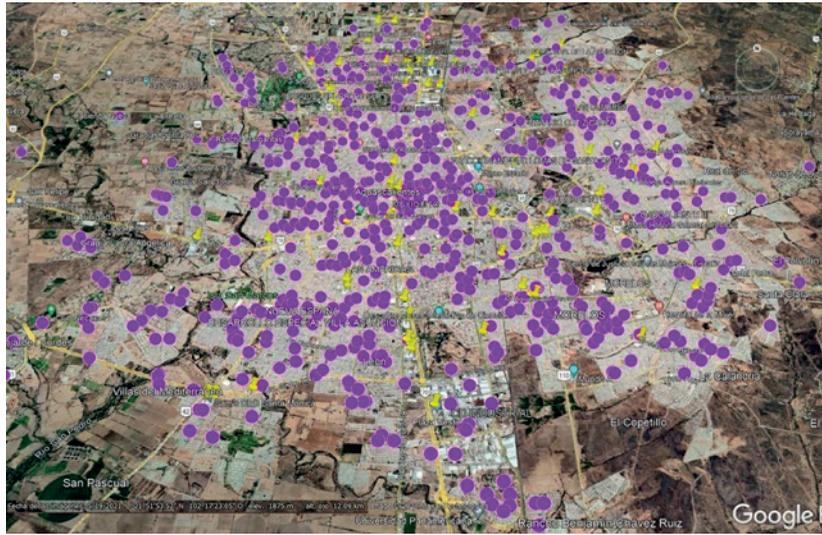


Figura 1. Ciudad de Aguascalientes y 1346 predios.

Fuente: apoyo de Raúl Álvarez Hernández.

## ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE (ARM)

Técnica apropiada si en el análisis existen una o más variables dependientes métricas cuyo valor podría depender de una o más variables independientes, también llamadas “regresoras”. Este análisis es comúnmente utilizado con propósitos de explicación y predicción; su objetivo es obtener una ecuación que contenga la relación que existe entre la variable dependiente ( $Y$ ) y las variables independientes o regresoras ( $X_i$ ), de tal modo que  $Y$  pueda predecirse mediante valores de las variables independientes con una confianza definida por el investigador. Para las variables no métricas, se utilizaron variables con dos o más categorías, también llamadas “variables ficticias”, las cuales actúan como variables de sustitución. La variable ficticia es una variable dicotómica que representa una categoría de la variable independiente que es no métrica. Cualquier variable no métrica que tenga  $k$  categorías puede representarse como variable ficticia  $k - 1$  (Hair *et al.*, 1999).

Previo a realizar un ARM, se recomienda revisar la matriz de correlaciones; esto significa obtener los índices de correlación de Pearson que existen entre todas las variables involucradas, lo que permitirá distinguir aquellas variables que están más correlacionadas, es decir, aquellas cuyo valor  $r$  es más grande, ya que, si hay valores de  $r$  mayores a 0.7, existe el riesgo de multicolinealidad, lo que es no deseable.

Tabla 2. Correlaciones de todas las variables de la muestra de 1346 predios.

Var	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Sexo	V	TI	R	Z	US	TC	I	P	NSOC	C	CUS	COS	VA	IF	EQ	TO	FF	DE	RE	UA	CA	EG	CON	VG	SUP	VUT	FR	
Sexo	1.00																											
V	-0.04	1.00																										
TI	0.19	0.12	1.00																									
R	0.21	-0.08	-0.15	1.00																								
Z	-0.04	0.04	0.09	-0.13	1.00																							
US	0.00	0.15	0.18	-0.23	0.12	1.00																						
TC	-0.26	0.06	0.10	-0.09	0.09	-0.01	1.00																					
I	0.22	0.13	0.27	0.22	0.15	-0.02	0.27	1.00																				
P	0.01	0.02	0.03	0.06	0.01	-0.10	0.10	0.15	1.00																			
NSOC	0.02	-0.05	0.06	-0.04	0.10	0.12	0.06	0.05	-0.01	1.00																		
C	-0.35	0.04	0.17	-0.23	0.02	0.19	0.19	-0.06	-0.04	0.07	1.00																	
CUS	-0.21	0.01	0.08	0.02	0.13	0.12	0.06	0.04	-0.01	0.09	0.54	1.00																
COS	-0.21	0.00	0.08	0.02	0.13	0.12	0.07	0.04	-0.01	0.09	0.54	0.99	1.00															
VA	-0.09	0.00	-0.15	-0.07	0.02	0.00	0.04	-0.09	0.02	0.00	-0.04	-0.06	-0.06	1.00														
IF	-0.42	0.07	0.18	-0.14	0.09	0.00	0.30	0.25	0.06	0.02	0.12	-0.06	-0.06	0.02	1.00													
EQ	-0.02	0.12	0.47	-0.10	0.01	0.07	0.30	0.36	0.08	0.04	0.10	0.08	0.08	-0.12	0.60	1.00												
TO	-0.02	-0.02	0.12	-0.04	0.06	0.02	0.12	0.20	-0.05	0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.01	0.24	0.19	1.00											
FF	0.12	-0.04	0.02	0.05	0.09	-0.10	-0.06	0.00	0.02	0.02	-0.13	-0.07	-0.07	0.04	-0.02	0.06	0.12	1.00										
DE	-0.24	-0.02	0.28	-0.08	0.03	-0.17	0.07	-0.02	0.10	-0.05	0.26	0.18	0.17	-0.15	0.27	0.35	-0.05	-0.01	1.00									
RE	-0.20	0.02	0.09	-0.17	-0.03	0.12	0.05	-0.16	-0.06	0.01	0.16	-0.08	-0.08	0.09	0.00	-0.15	-0.04	-0.11	-0.04	1.00								
UA	0.04	0.00	0.16	0.01	0.00	-0.03	0.04	0.09	0.01	0.01	0.07	0.05	0.05	-0.08	0.01	0.09	0.02	0.01	0.09	-0.02	1.00							
CA	-0.06	-0.01	-0.14	-0.05	0.00	0.04	0.07	-0.03	-0.01	-0.01	-0.10	-0.16	-0.16	0.11	0.11	-0.03	0.05	0.03	-0.17	0.04	-0.03	1.00						
EG	-0.18	0.05	-0.41	0.15	0.00	-0.01	0.10	0.10	0.02	-0.01	-0.16	-0.02	-0.02	0.06	0.02	-0.15	0.04	-0.11	-0.30	-0.09	-0.09	0.10	1.00					
CON	-0.01	0.00	0.01	-0.10	0.02	-0.06	0.03	0.03	0.02	0.03	-0.08	-0.13	-0.11	0.14	0.10	0.06	0.11	0.08	-0.07	0.03	0.01	0.25	-0.14	1.00				
VG	-0.26	0.08	-0.25	-0.04	0.03	0.08	0.14	0.06	-0.02	0.00	-0.19	-0.07	-0.06	0.09	0.06	-0.12	0.06	-0.12	-0.35	0.05	-0.06	0.15	0.75	0.03	1.00			
SUP	-0.03	-0.04	-0.16	0.03	-0.26	0.02	-0.14	-0.29	-0.04	-0.01	0.05	0.12	0.12	0.02	-0.29	-0.22	-0.26	-0.11	-0.03	0.01	-0.03	-0.08	0.03	-0.22	-0.03	1.00		
VUT	0.00	0.10	0.28	-0.17	0.24	0.41	0.21	0.28	-0.03	0.21	0.12	0.05	0.05	-0.09	0.29	0.31	0.12	-0.06	0.04	0.07	0.05	0.06	-0.06	0.07	0.07	-0.12	1.00	
FR	-0.03	0.03	-0.16	0.04	-0.21	0.08	-0.09	-0.23	-0.03	-0.01	-0.01	0.02	0.02	-0.02	-0.18	-0.16	-0.20	-0.12	-0.07	0.06	-0.02	0.01	0.00	-0.07	-0.01	0.29	-0.11	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Los valores en rojo muestran que su correlación es significativa al  $p < 0.05$ ,  $n=1194$  (eliminación de datos faltantes según el caso). Se observa que no existen valores mayores a 0.7, con lo que puede asumirse que no existe multicolinealidad.

## INFORMACIÓN RELEVANTE EN LAS VARIABLES INVOLUCRADAS (TABLA 3)

Los valores en negritas son significativos al 0.05, es decir, variables con  $p$ -valor  $< 0.05$  que influyen en la variable dependiente; se observa que  $R^2$  (coeficiente de determinación) detecta el 67.45% de la variabilidad de la variable dependiente. Los valores de FIV entre 5–10 sugieren que los coeficientes de regresión son deficientemente estimados debido a la presencia de multicolinealidad. En este caso, existen tres FIV altos en las variables zona (Z) y régimen (R).

Para analizar la información relevante en las variables involucradas y modelar la información, se van retirando las variables no significativas cuyo valor es  $p > 0.05$  (como fue el caso) y se vuelve a correr el ARM, proceso llamado *backward*, hasta llegar a un modelo reducido o satisfactorio y cuidando que  $R^2$  no disminuya demasiado. Como resultado del procedimiento mencionado, se hicieron 15 iteraciones hasta que se llegó al modelo que finalmente se considera el más apropiado para el estudio. La mayoría de las variables son significativas (es decir, influyen en la variabilidad de la variable dependiente). A este modelo se le conoce como “modelo reducido o ajustado”, al cual se llegó por el procedimiento antes dicho (ver tabla 4).

**Tabla 3. Resultados del análisis de regresión múltiple, modelo completo.**

Resumen del modelo					Método						
S	$R^2$	$R^2$ (ajustado)	$R^2$ (pred)	Codificación de predic- tores categóricos	(1; 0)						
566,672	67,45%	<b>65,05%</b>	*	Filas utilizadas	905						
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV	Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-2769	648	-4,27	0,000		3	-243	228	-1,07	0,287	2,70
I	7,74	1,63	4,74	<b>0,000</b>	2,52	4	169	256	0,66	0,509	3,79
CUS	-1,6	65,6	-0,02	0,981	2,23	5	203,3	84,4	2,41	<b>0,016</b>	2,65
COS	677	344	1,97	<b>0,049</b>	1,55	6	1379	167	8,24	<b>0,000</b>	2,20
IF	43,8	25,4	1,72	0,085	2,97	P					
EQ	51,9	20,5	2,53	<b>0,011</b>	3,25	2	-431	156	-2,77	<b>0,006</b>	2,40
DE	0,514	0,326	1,58	0,115	2,15	3	-40,1	62,0	-0,65	0,518	2,58
EG	7,35	2,12	3,46	<b>0,001</b>	2,25	4	-165,5	84,8	-1,95	0,051	2,73
CON	405	190	2,13	0,034	1,51	NSOC					
VG	11,55	3,42	3,37	<b>0,001</b>	3,80	2	263,4	68,6	3,84	<b>0,000</b>	2,36
SUP	0,00185	0,00299	0,62	0,537	2,30	3	390,6	82,0	4,76	<b>0,000</b>	4,08
FR	-1,209	0,645	-1,88	0,061	1,75	4	929	114	8,15	<b>0,000</b>	3,34
Sexo						5	1255	226	5,56	<b>0,000</b>	1,72
2	308,8	70,7	4,37	<b>0,000</b>	3,36	C					
V						2	31,6	61,9	0,51	0,610	2,06

Continuación Tabla 3

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV	Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
2	-114,8	78,3	-1,47	0,143	3,81	3	-265	116	-2,28	<b>0,023</b>	2,39
3	71,5	88,0	0,81	0,417	2,96	VA					
4	-32	137	-0,23	0,817	1,69	2	-195,0	89,6	-2,18	<b>0,030</b>	4,99
5	-277	174	-1,59	0,111	2,73	3	-178,4	86,6	-2,06	<b>0,040</b>	5,05
22	-61	413	-0,15	0,883	1,06	TO					
TI						2	151	393	0,38	0,702	1,92
2	1108	643	1,72	0,085	1,28	3	-87	345	-0,25	0,801	2,21
3	1251	252	4,96	<b>0,000</b>	6,31	4	199	256	0,78	0,438	3,61
4	-86	281	-0,31	0,759	1,46	FF					
5	-4,9	89,9	-0,05	0,956	4,06	2	-38,1	78,6	-0,48	0,628	1,31
6	-348	180	-1,94	0,053	5,12	RE					
R						2	41	101	0,41	0,684	2,20
2	461	353	1,30	0,193	36,38	UA					
3	184	345	0,53	0,594	35,58	2	711	355	2,01	<b>0,045</b>	1,17
Z						3	522	205	2,54	<b>0,011</b>	1,55
2	1111	268	4,15	<b>0,000</b>	8,76	4	-1125	249	-4,53	<b>0,000</b>	6,47
3	427	251	1,70	0,089	14,78	5	20	103	0,19	0,847	4,83
4	2099	298	7,05	<b>0,000</b>	8,51	6	-398	247	-1,61	0,107	1,69
US						7	541	180	3,01	<b>0,003</b>	5,38
2	-64,0	66,9	-0,96	0,339	2,96	CA					
3	344,3	79,9	4,31	<b>0,000</b>	3,76	2	17	111	0,16	0,875	4,35
4	33	127	0,26	0,797	2,91	3	26	101	0,25	0,799	5,21
5	655	153	4,28	<b>0,000</b>	2,12	4	1093	265	4,13	<b>0,000</b>	3,85
6	-631	181	-3,48	<b>0,001</b>	4,11	5	23	179	0,13	0,899	1,66
TC											

Fuente: elaboración propia, Minitab, versión 18.1.

Tabla 4. Modelo ajustado o reducido.

Resumen del modelo					Método	
S	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (ajustado)	R <sup>2</sup> (pred)	Codificación de pre- dictores categóricos	(1; 0)	
412.547	<b>66.99%</b>	65.44%	*	Filas utilizadas	939	

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV	Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-1753	310	-5,65	<b>0,000</b>		TC					
I	5,13	1,02	5,01	<b>0,000</b>	2,00	3	-202	172	-1,17	0,241	3,25
COS	708	224	3,16	<b>0,002</b>	1,35	4	248	160	1,55	0,121	2,79
EQ	78,8	11,2	7,04	<b>0,000</b>	2,00	5	220,2	57,6	3,82	<b>0,000</b>	2,37
EG	4,93	1,40	3,53	<b>0,000</b>	1,79	6	973	122	7,98	<b>0,000</b>	1,63
CON	323	118	2,74	<b>0,006</b>	1,51	P					
VG	6,80	2,35	2,90	<b>0,004</b>	3,29	2	-423	112	-3,78	<b>0,000</b>	2,55
FR	-1,454	0,395	-3,68	<b>0,000</b>	1,29	3	-51,2	43,1	-1,19	0,235	2,47
Sexo						4	-194,8	57,7	-3,38	<b>0,001</b>	2,53
2	211,2	38,0	5,56	<b>0,000</b>	1,90	NSOC					
TI						2	321,2	44,8	7,16	<b>0,000</b>	2,01
2	494	450	1,10	0,273	1,19	3	535,1	54,8	9,77	<b>0,000</b>	3,54
3	427	181	2,36	<b>0,019</b>	5,61	4	1187,8	79,2	15,00	<b>0,000</b>	3,00
4	321	203	1,58	0,115	1,45	5	1566	153	10,22	<b>0,000</b>	1,63
5	59,0	60,1	0,98	0,326	3,47	UA					
6	196	131	1,49	0,136	4,71	2	170	305	0,56	0,577	1,09
Z						3	325	128	2,53	<b>0,012</b>	1,61
2	530	196	2,70	<b>0,007</b>	9,92	4	-316	161	-1,96	<b>0,050</b>	5,58
3	317	183	1,73	0,084	15,10	5	-20,4	70,6	-0,29	0,773	4,43
4	1068	215	4,96	<b>0,000</b>	6,90	6	-56	176	-0,32	0,749	1,62
US						7	84	128	0,65	0,514	4,74
2	-59,9	44,1	-1,36	0,174	2,49	CA					
3	184,0	54,2	3,40	<b>0,001</b>	3,38	2	22,5	75,5	0,30	0,766	3,99
4	-152,5	88,3	-1,73	0,085	2,77	3	46,7	70,5	0,66	0,508	5,00
5	438	105	4,16	<b>0,000</b>	1,96	4	664	156	4,27	<b>0,000</b>	2,79
	69	125	0,55	0,580	3,52	5	140	125	1,13	0,261	1,61

Fuente: elaboración propia, Minitab, V. 18.1

## IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES INFLUYENTES EN EL VALOR DEL SUELO EN AGUASCALIENTES

Puede observarse en la tabla 4 que se utilizaron 939 datos, en donde  $R^2$  (coeficiente de determinación) es = 0.6699 o \$66.99; este porcentaje denota la variación del modelo que es detectada por la variable dependiente y que se considera como bueno. El número de variables influyentes es de 16, a saber: I (índice de lotes baldíos por manzana), EQ (equipamiento urbano), Z (clasificación de la zona), US (uso de suelo), P (población), NSOC (nivel socioeconómico), UA (uso actual), CA (calidad), COS (factor por la superficie total del predio que define la máxima superficie edificable del mismo, excluyendo sótanos), EG (edad general), CON (id conservación), VG (vida general), FR (frente), TI (tipo de inmueble), TC (tipo de construcción) y sexo (del valuador).

Las primeras seis variables tienen que ver con la zona donde está ubicado el inmueble, las siguientes nueve son variables inherentes al inmueble mismo, y la variable de género representa un hallazgo, porque la hipótesis de que el trabajo del valuador no influye en el valor del suelo se ve contradicha por este resultado. En la codificación (0,1), cada coeficiente representa la diferencia entre la media del nivel y la del nivel de referencia, es decir, por ejemplo, la variable "sexo" es una variable categórica, en donde vale 1 si el valuador es mujer y 0 si el valuador no es mujer. En el modelo reducido, el coeficiente correspondiente indica que los avalúos hechos por el sexo femenino influyen en promedio 211.2 veces más que los hechos por los varones.

**Tabla 5. Comparación de resultados con los del modelo anterior (Ramos *et al.*, 2019)**

	Modelo reducido actual	Modelo reducido anterior
Total de casos útiles	939	909
Variables independientes inicial	27	23
Variables independientes final	16	7
$R^2$	0.6544	0.4988

Fuente: elaboración propia.

De lo visto en la tabla 5, resulta inoperante la comparación prevista con un trabajo anterior (Ramos *et al.*, 2019) porque a todas luces se observa que el actual modelo matemático sí detecta influencia del equipamiento urbano, lo que no ocurre con el anterior, como puede verse en el modelo propuesto antes:

$$VUT = -1172.80 + 81.36V + 56.08TI + 414.21Z + 7.64I + 378.17NSOC - 1.8FR - 0.01SUP$$

## MODELO MATEMÁTICO PROPUESTO AHORA

De la tabla 4, se obtiene el modelo:

$$\begin{aligned} \text{VUT} = & -1753 + 5.13 I + 708 \text{COS} + 78.8 \text{EQ} + 4.93 \text{EG} + 323 \text{CON} + 6.80 \text{VG} \\ & - 1.454 \text{FR} + 211.2 \text{Sexo}_2 + 494 \text{TI}_2 + 427 \text{TI}_3 + 321 \text{TI}_4 + 59.0 \text{TI}_5 \\ & + 196 \text{TI}_6 + 530 \text{Z}_2 + 317 \text{Z}_3 + 1068 \text{Z}_4 - 59.9 \text{US}_2 + 184.0 \text{US}_3 \\ & - 152.5 \text{US}_4 + 438 \text{US}_5 + 69 \text{US}_6 - 202 \text{TC}_3 + 248 \text{TC}_4 + 220.2 \text{TC}_5 \\ & + 973 \text{TC}_6 - 423 \text{P}_2 - 51.2 \text{P}_3 - 194.8 \text{P}_4 + 321.2 \text{NSOC}_2 \\ & + 535.1 \text{NSOC}_3 + 1187.8 \text{NSOC}_4 + 1566 \text{NSOC}_5 + 170 \text{UA}_2 \\ & + 325 \text{UA}_3 - 316 \text{UA}_4 - 20.4 \text{UA}_5 - 56 \text{UA}_6 + 84 \text{UA}_7 + 22.5 \text{CA}_2 \\ & + 46.7 \text{CA}_3 + 664 \text{CA}_4 + 140 \text{CA}_5 \end{aligned}$$

Se constató el cumplimiento de los supuestos inherentes a este modelo, mostrando la evidencia en el anexo A.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa en la tabla 2 que los valores con rojo denotan significancia al 5%, y que no hay valores mayores a 0.7, con lo que el riesgo de la multicolinealidad no es evidente.

La tabla 4 muestra que se utilizaron 939 casos de los 1346, lo que indica que la calidad de la información obtenida no fue la óptima, pero tampoco está mal.

Se revisaron los residuales de la prueba, observándose un poco menos de 40 datos discrepantes (*outliers*), los cuales fueron retirados por considerarse irrelevantes para este estudio, con lo que mejoró el modelo final.

## CONCLUSIONES

La variable “equipamiento urbano” (EQ) consta de guarniciones, banquetas, pavimentos, educación, abasto, áreas verdes, salud y recreación, y se obtuvo de sumar 1, si contaba con ello el predio urbano, y 0, si no. Es una variable significativa en el modelo obtenido, lo que indica que efectivamente tiene influencia en proporción directa en el valor del suelo en la ciudad de Aguascalientes.

Las variables que tienen influencia en el valor del suelo de la Ciudad de Aguascalientes son:

I, COS, **EQ**, EG, CON, VG, **FR**, Sexo\_2, **TI\_2**, **TI\_3**, **TI\_4**, TI\_5, **TI\_6**, **Z\_2**, **Z\_3**, **Z\_4**, US\_2, TC\_3, TC\_4, TC\_5, TC\_6, P\_2, P\_3, P\_4, **NSOC\_2**, **NSOC\_3**, **NSOC\_4**, NSOC\_5, UA\_2, UA\_3, UA\_4, UA\_5, UA\_6, UA\_7, CA\_2, CA\_3, CA\_4, CA\_5

16 variables en total, de las cuales 1 (FR) corresponde a características de terreno, 14 son de características de tipo urbanas y 1 de género (ver tabla 1).

Con relación al anterior modelo propuesto con 7 variables, en este se ven confirmadas 5 de aquellas, las cuales aparecen en rojo, a saber: I, FR, TI, Z, NSOC.

Cabe agregar que se introdujo una variable inédita correspondiente al género, la cual mostró significancia, lo que no deja de sorprender, porque no se esperaba que la participación personal influya en el valor.

Se confirma la hipótesis planteada de que el equipamiento urbano y otras 15 variables involucradas en avalúos afectan el valor del suelo de la ciudad de Aguascalientes.

Se reduce la dimensión del modelo (parsimonia) al contar con que 16 variables pueden estimar lo que hacen las 27 variables independientes contenidas en los avalúos.

Es importante mantener actualizada la matriz de datos y, así, dar seguimiento al comportamiento de estas variables y las que en algún momento podrían dejar de influir, sin menoscabo de otras que podrían incorporarse como influyentes en el valor, porque explicarían muchas cosas del mercado inmobiliario y de los cambios en lo cotidiano de la ciudad. Con este seguimiento, anualizado, preferentemente, podría obtenerse un modelo robusto para múltiples aplicaciones.

## ANEXO A

Verificación de los supuestos del modelo obtenido.

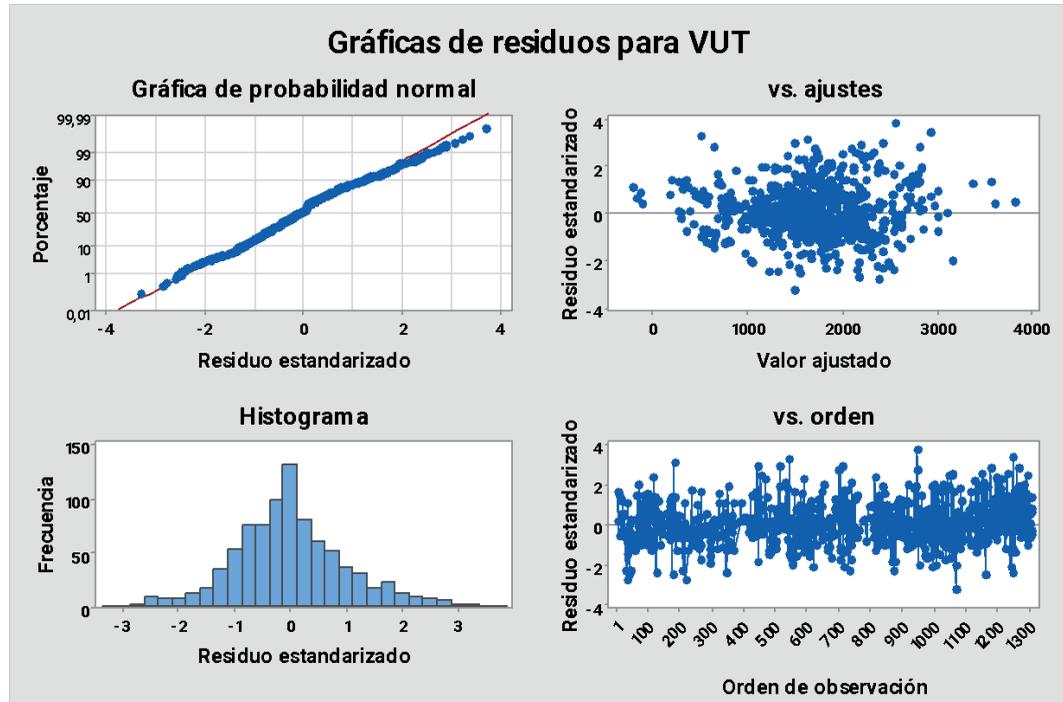


Figura 2. Cumplimiento de los supuestos del ARM. Estadístico de Durbin-Watson = 1.79426

## REFERENCIAS

- Borrero, O. (2002). *Formación de los precios del suelo urbano*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Lincoln Institute of Land Policy.
- Chávez, G. A. (2014). *Diseño de una metodología para realizar avalúos especiales en zonas urbanas*. (Tesis de ingeniería). Universidad de las fuerzas armadas, Sangolquí, Ecuador.
- Dilmore, G. (2001). Multiple Regression Analysis as an Approach to Value. *Appraisal Journal*, 2, 459-461.
- Franco, M. A. (2014). Influencia de algunas variables urbanas en la calidad de vida de pobladores en condición de vecindad con parques lineales: la situación de los fraccionamientos de la "línea verde" de la ciudad de Aguascalientes. (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Garrocho, C. (2003). La teoría de interacción espacial como síntesis de las teorías de localización de actividades comerciales y de servi-

- cios. *Economía, Sociedad y Territorio*, IV(14), 203-251. Recuperado de <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11101402>>.
- Google. (s.f.). [Ubicación de un punto dentro de la Ciudad de Aguascalientes México] Recuperado el 2 de marzo de 2023, de <[https://earth.google.com/web/search/21°+51'+53.52',+102°+17'+23.05/@21.86476841,-102.28986464,1873.1153951a,184.50497839d,35y,-0h,0t,0r/data=Cm8aRRl\\_CiUweDg0MjllZGU0MjQ1NTY0ZjM6MHg1YmM-0NjFkNzBIMWUxMzk5KhZDZW50cm8gZGUgRm9ybWFjaW9uIE-tDGAIgASImCiQJ1E9vzN\\_eNUARX8rviOPbNUAZH2sE9-2RWcAh-5n14USyTWcA](https://earth.google.com/web/search/21°+51'+53.52',+102°+17'+23.05/@21.86476841,-102.28986464,1873.1153951a,184.50497839d,35y,-0h,0t,0r/data=Cm8aRRl_CiUweDg0MjllZGU0MjQ1NTY0ZjM6MHg1YmM-0NjFkNzBIMWUxMzk5KhZDZW50cm8gZGUgRm9ybWFjaW9uIE-tDGAIgASImCiQJ1E9vzN_eNUARX8rviOPbNUAZH2sE9-2RWcAh-5n14USyTWcA)>.
- Hair, J. F., Anderson, R. E. y Tatham, R. L. (1999). *Análisis Multivariante*. Hoboken: Prentice hall.
- Meloni, O. y Ruiz, N. F. (2002). El Precio de los Terrenos y el Valor de sus Atributos. Un enfoque de precios hedónicos. *Económica, La Plata, XLVIII(1-2)*, 69-88.
- Minitab V. 18.1 Statistical Software (2017). [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. Recuperado de <[www.minitab.com](http://www.minitab.com)>.
- Pagourtzi, E., Assimakopoulos, V., Hatzichristos, T. y French, N. (2003). Practice briefing Real estate appraisal: a review of valuation methods. *Journal of Property Investment & Finance*, 21(4), 383-401.
- Ortiz, R., Arias, F., Da Silva, C. y Cardozo, O. (2015). Análisis espacial del precio del suelo con modelos de regresión lineal múltiple (MRLM) y Sistemas de Información Geográfica (SIG), Resistencia (Argentina). *Rev. geogr. Valpso.*, (51), 57.-74.
- Quintana, J., Ojeda, A. y García. J. F. (2018a). Factores que explican el valor del suelo. Caso Hermosillo, Sonora, México. *Contexto*, XII(16), 93-108. Recuperado de <[https://www.researchgate.net/publication/Factores\\_que\\_explican\\_el\\_valor\\_del\\_suelo\\_urbano](https://www.researchgate.net/publication/Factores_que_explican_el_valor_del_suelo_urbano)>.
- Quintana, J., Ojeda, A., Ramírez, G. y Ortiz, J. (2018b). El valor del suelo habitacional. En Roca, J., Arenas, R., López, M. y Silvestro, J. (Eds.), *Libro de proceedings, CTV. XII Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual. Ciudades y Territorios Inteligentes* (pp. 165-180). Barcelona: Centro de Política de Suelo y Valoraciones.
- Ramos, P. M. (2016). *Factores que influyen en el valor del suelo de inmuebles aledaños a equipamiento urbano en la ciudad de Aguascalientes*. (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Ramos, P. M., Franco, M. R., Puron, C. G., Acosta, C. A. y Medina, E. E. L. (2019). Factores de avalúos que influyen en el valor del suelo en la ciudad de Aguascalientes. En Acosta, A. (Coord.), *Convergencias del diseño y de la construcción VI: Alteraciones antrópicas de la ciudad y el medio ambiente* (pp. 66-75). Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes.