

# Property Appraisals with Multicriteria Analysis in Urban Buildings in the Historic Center of Cajamarca - Peru

Ana María León Ortiz, Bach.<sup>1</sup> and Tulio Edgar Guillén Sheen, Ing.<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú, [N00168783@upn.pe](mailto:N00168783@upn.pe)

<sup>2</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú, [tulio.guillen@upn.pe](mailto:tulio.guillen@upn.pe)

*Abstract. The present study is justified in the acquisition of real estate at present, its objective is to analyze the appraisal process applying the valuation methods by multicriteria analysis in the historic center of Cajamarca (ZTI); It is a non-experimental investigation, various methods are used in the data analysis process, the results will be developed according to the characteristics of the property to be appraised and the most probable market value, in order to demonstrate the multiple benefits of multicriteria analysis.*

*In the multicriteria methods, the Baricentric method was analyzed, which gave us a value per square meter in a range of "1,485.31 U.S./m<sup>2</sup>" to "1,542.43 U.S./m<sup>2</sup>", by the Entropy method, a value of "1,491.89 U.S. /m<sup>2</sup>", in the Diakoulaki method, a value of "1,491.80 U.S./m<sup>2</sup>", with the Weighted Sum method and applied to the Entropy method, a value per square meter of "1,467.76 U.S./m<sup>2</sup>" was obtained, and applied to the Diakoulaki method, the unit value is "1,491.42 U.S./m<sup>2</sup>". As a result, we conclude that the Manhattan distance method together with the Baricentric method helps us to improve the appraisal process by 98% effectively.*

**Keywords:** Valuation, appraisal, real estate, historic center, multicriteria methods.

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

# Tasaciones de Inmuebles con Análisis Multicriterios en Edificaciones Urbanas en el Centro Histórico de Cajamarca - Perú

Ana María León Ortiz, Bach.<sup>1</sup> and Tulio Edgar Guillén Sheen, Ing.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú, N000168783@upn.pe

<sup>2</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú, tulio.guillen@upn.pe

**Resumen-** El presente estudio se justifica en la adquisición de bienes inmuebles en la actualidad, su objetivo es analizar el proceso de tasación aplicando los métodos de valoración por análisis multicriterios en el centro histórico de Cajamarca (ZTI); es una investigación de tipo no experimental, se utilizan diversos métodos en el proceso de análisis de datos, los resultados se desarrollarán de acuerdo a las características del inmueble que se quiere tasar y el valor de mercado más probable, con la finalidad de demostrar los múltiples beneficios de los análisis multicriterios.

En los métodos multicriterios se analizó: el método Baricentrico el cual nos da un valor por metro cuadrado en un rango de “1,485.31 U.S.\$/m<sup>2</sup>” a “1,542.43 U.S.\$/m<sup>2</sup>”, por el método de Entropía, un valor de “1,491.89 U.S.\$/m<sup>2</sup>”, en el método Diakoulaki, un valor de “1,491.80 U.S.\$/m<sup>2</sup>”, con el método de Suma Ponderada y aplicado al método de Entropía se obtuvo un valor por metro cuadrado de “1,467.76 U.S.\$/m<sup>2</sup>”, y aplicado al método de Diakoulaki el valor unitario es de “1,491.42 U.S.\$/m<sup>2</sup>”. Como resultado se concluye que el método de la distancia de Manhattan junto con el método Baricentrico el cual sirve para mejorar un 98% de manera efectiva el proceso de las tasaciones. El estudio es la aplicación de una nueva metodología para Calcular el Valor Comercial de Bienes Inmuebles.

**Palabras Clave:** Valuación, tasación, inmuebles, centro histórico métodos multicriterio.

## I. INTRODUCCIÓN

Dada la actual situación económica y la incertidumbre que ocurre en el mercado inmobiliario, es importante analizar los valores y métodos en todo el territorio global, en la actualidad los modelos de valoración automatizada (AVM), se encuentran establecidos de forma sólida con una normativa vigente en tres países a nivel mundial: Noruega, Suecia y Estados Unidos [1].

En Noruega, la mayor parte de las entidades financieras del País, utilizan un mismo proveedor de servicios de tasación que fue implantado en el año 2000 por los cuatro mayores bancos del país, la base de datos se actualiza diariamente con la información recibida del registro de propiedad y de la mayoría de agentes de la propiedad inmobiliaria; en la actualidad los bancos de Noruega utilizan estos servicios para valoraciones al inicio de un préstamo y para realizar el seguimiento de “Loan to Value” o “Ratio préstamo-valor” el cual mide el porcentaje entre la cantidad del crédito y el valor del inmueble que queda como garantía.

En Suecia, los modelos de valor inmobiliario tienen una larga trayectoria, pues la utilización de estos modelos se basa en información recogida para cálculo de impuestos sobre bienes inmuebles el cual es de carácter público; los registros de la propiedad inmobiliaria recogen datos identificativos de los inmuebles como las características de los inmuebles e información sobre la propiedad y derechos sobre la propiedad, siendo todos estos datos accesibles para cualquiera individuo que lo solicite.

En España, el número de tasaciones de inmuebles entre enero y setiembre del año 2021 ascendió a 850,240 (ochocientos cincuenta mil doscientos cuarenta) operaciones, lo que supone un crecimiento del 21% respecto al año anterior, las valoraciones crecieron un 21% hasta setiembre del año 2021, alcanzando niveles del año 2018 según ha explicado la Asociación Española de Análisis de Valor (AEV), debido a que el gran volumen de tasaciones de viviendas registrado en el primer semestre respondía a la acumulación de operaciones que no se pudieron cerrar durante los meses de confinamiento del año 2020 [2]

La referencia [3], es la Normativa de valoración de bienes inmuebles dentro de la legislación Española que anuncia el valor del inmueble determinado por una tasación que brinda la posibilidad futura de negociar con el inmueble, teniendo en cuenta los aspectos duraderos a largo plazo, las condiciones del mercado actuales, el uso al momento de la tasación y sus usos alternativos correspondientes, la presente [3] nos establece también los métodos de valuación los cuales se deberán tener como guía al momento de realizar la tasación: método del coste, método de comparación, método de actualización de rentas, método Residual [3].

En México, la valuación es un proceso metodológico de técnicas, herramientas y normas establecidas dentro de rangos razonables, dictaminadas por diferentes instituciones de crédito, que regulan la valuación de predios, las reglas que establecen la metodología para la valuación de inmuebles, las cuales fueron publicadas en el Diario Oficial de la Sociedad Hipotecaria Federal, el día lunes 27 de septiembre del año 2004, donde se establece que para la realización de tasaciones antes mencionados se deben aplicar los tres enfoques de valuación como son: el físico, el de mercado y el de rentas [4].

Según [5] referenciado por Pellice, R. (2012, pág. 22), “La civilización Inca, fueron los primeros tasadores en América Latina, ya que el mercado Inca no tenía moneda, ni mercado y

su desarrollo sólo podía tener un desempeño eficiente con la participación de los tasadores o llamados Chaninchaqkuna”.

En Argentina, el mercado inmobiliario se ha ido consolidando a través de la urbanización, se presenta de tal manera que ya había 589 localidades y el 73% de los habitantes eran urbanos, durante este período la población urbana creció con índices superiores a la población total, de esta forma se convirtió en la mayor zona urbana del país, la segunda de Sudamérica y una de las 20 más grandes del mundo. Luego de la crisis del año 2011, según diversos analistas, en la década entre el 2003 y el 2013, el sector inmobiliario y de la construcción tuvo un desarrollo importante, pasando de emplear 70.000 (setenta mil) obreros en el año 2002, a 380.000 (trescientos ochenta) obreros en el año 2013, siendo una fuente importante de empleo, vivienda, turismo, economía y desarrollo [6]

En Colombia, [7] ha realizado varios estudios en esta el área de tasaciones, los cuales publicó en varios libros como: *MÉTODOS DE AVALÚOS PARA DETERMINAR LA PLUSVALÍA URBANA* en este texto pretende explicar las características, alcances, reglamentos y los procedimientos de los métodos de evaluación establecidos por la legislación colombiana; el autor [7] en el año 2000 también escribe: *EL METODO COMPARATIVO AVALUO DEL LOTE*, que establece que el tasador o evaluador una vez obtenido los datos de tasación, los emplea para realizar la comparación de los mismos por medio de la homogeneización de valores.

El derecho a la propiedad, se establece en la constitución política del Perú como en el código civil, como el derecho real más completo y uno de los más fundamentales para la persona humana [8].

En el Perú, la tasación de un bien inmueble corresponde a la ejecución de inspecciones, estudios y análisis de las características y cualidades de un inmueble en una fecha determinada con el precio actualizado, en donde se toma en consideración los valores arancelarios de los terrenos, así como los valores oficiales de edificación aprobados de acuerdo a la normativa vigente [9]

Actualmente se está atravesando una crisis financiera global, especialmente en Perú debido a la combinación de distintos factores coyunturales por lo que se desestabiliza el mercado inmobiliario específicamente en los departamentos del Perú [10]

De acuerdo a [11], el objetivo de una tasación es realizar una comparación entre los diferentes valores de bienes inmuebles obtenidos mediante los distintos tipos de tasaciones solicitadas aplicando métodos y normas del Reglamento Nacional de Tasaciones con las fluctuaciones económicas, la demanda, valores actuales e históricos que impliquen vínculo con la propiedad, la situación actual económica y con la fecha de valuación del bien inmueble.

Conforme a [12] En el artículo denominado Sistema de valuación masiva de inmuebles para tasaciones, siendo su objetivo el identificar los componentes espaciales con

injerencia en el valor inmobiliario para una valuación efectiva y consciente, se aplica herramientas teóricas y metodológicas desde la disciplina de la valuación. siendo las conclusiones que la accesibilidad al predio determina los valores inmobiliarios a escala regional, el nivel de renta que se paga por impuestos se afianza la teoría de la renta de ubicación. De acuerdo al estudio determina áreas de la valuación inmobiliaria, en su modelo de valuación masiva nos representa que el nivel de varianza es el (85%) es decir que tendrá un error de (564.91 Pen/m2).

En Cajamarca, la crisis del Covid-19 ha generado repercusiones negativas sobre la actividad en todos los sectores, debido a las restricciones relacionadas con el aislamiento social obligatorio. En el año 2020, el empleo del pueblo Cajamarquino descendió un 29%, lo cual significó la pérdida de más de 8 mil puestos de trabajo en la región, como repercusión la población incurrió en la venta de sus inmuebles, requiriendo de un valor comercial adecuado al panorama actual, ya que las elevadas propuestas desestimaban la transacción de dicha propiedad. La demanda de propiedades a nivel del centro histórico por tener la capacidad de concentración de oficinas públicas y privadas lo cual genera fuentes de empleo, impacta positivamente al turismo, la cultura y múltiples beneficios sociales, es así que el desarrollo territorial de esta zona se aprecia como una alternativa para alcanzar un desarrollo integral de estos espacios, siendo estos motivos por los cuales se incrementó considerablemente la oferta y demanda de esta zona, de esta manera y razón por la cual es necesario analizar el mercado inmobiliario en la Ciudad de Cajamarca, aplicando los métodos de valuación por análisis multicriterio de manera que se compare con diferentes zonas con características similares y estando dentro de la limitación de la Zona ZT1 (según plano de la Municipalidad Distrital de Cajamarca), se planteó como problema de investigación: ¿De qué manera los métodos de valuación por análisis multicriterio ayudan a alcanzar el valor comercial de venta en tasaciones de edificaciones urbanas del Centro Histórico de Cajamarca?; esta comparación de distintas propiedades más la aplicación de los métodos de valuación nos muestran los beneficios que aportan las tasaciones dentro de un marco racional y aplicable a la realidad con herramientas útiles para determinar la valuación de las edificaciones urbanas del centro histórico de la ciudad de Cajamarca y poder beneficiar a la población Cajamarquina de manera óptima con valores comerciales cercanos.

Teniendo como objetivo principal obtener el valor comercial de venta próximo en tasaciones aplicando los métodos de valuación por análisis multicriterio de inmuebles en edificaciones urbanas del centro histórico de la ciudad de Cajamarca y como objetivos específicos: Comparar los métodos de análisis multicriterios para tasaciones respecto al centro histórico de Cajamarca de acuerdo al valor del mercado actual; elaborar tasaciones eficientes y con valores aproximados al precio más cercano del inmueble en edificaciones urbanas en el centro histórico de la ciudad de

Cajamarca, llegando al coste más aproximado; determinar la conformación y aspectos en la conformación espacial de los valores inmobiliarios de acuerdo a los métodos multicriterios; analizar la valoración comercial de un inmueble con la propuesta de los métodos de estimación multicriterio, de este modo planteamos nuestra hipótesis de estudio: Los métodos de valoración por análisis de multicriterio sirven para mejorar un 98%, de tal manera que nos ayudan a alcanzar el valor comercial referencial de venta ayudándonos de manera efectiva en el proceso de las tasaciones de edificaciones urbanas del Centro Histórico de Cajamarca.

## II. METODOLOGÍA

La presente investigación por su finalidad, es básica ya que pretende conocer, explicar y comprender los fenómenos de investigación, se interesa por problemas de conocimiento de cualquier tipo y pretende enriquecer el conocimiento que ya se encuentra disponible [13].

La investigación según su alcance, es descriptiva ya que tiene como objetivo central describir el comportamiento de una o más variables dependientes de una población definida y con ciertos criterios de clasificación que nos sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio [14].

La investigación según su diseño, es no experimental porque se desarrollará sin manipular deliberadamente la variable de estudio. Es decir, sólo se observan los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos [13] Además, nos basamos en la observación de hechos y fenómenos que se presentan dentro de su contexto natural, y que seguidamente son analizados, de acuerdo a los lapsos de tiempo en los cuales se reúnen los datos por lo que la investigación es transversal [15].

La investigación según su secuencia temporal, es transversal o transeccional porque se recolectan datos en un solo momento; es decir en el año 2022, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e intercalación en un momento dado. [13]

De acuerdo con los criterios, la población de estudio está enmarcada en ochocientos veintidós (822) predios inmuebles (conformados por las edificaciones urbanas sujetas a valuación y tasación en el mercado inmobiliario) dentro del Centro Histórico de la Ciudad de Cajamarca con código ZT1. Zona de estudio delimitado en la (figura 8).

El presente estudio se direcciona a estimar la relación funcional del valor de predios de valuación y tasación inmueble de casa ubicadas dentro del Centro Histórico, teniendo como funcionalidad vivienda, comercio, empresa, entidades e instituciones; también se tiene inmuebles de uso mixto, es decir comercio y vivienda en la zona del centro histórico de Cajamarca.

Para exponer la presente investigación se inició con la muestra del estudio, las cuales están conformadas por un grupo representativo de los inmuebles del Centro Histórico de la Ciudad de Cajamarca zona (ZT1). Para la obtención de esta muestra, se optó por utilizar la siguiente formula estadística:

$$n = \frac{Z^2 PQN}{E^2(N - 1) + Z^2 PQ} \quad (1)$$

Donde:

Z= Coeficiente de confianza (90% = 1.645≈1.65).

P = Probabilidad de éxito (50% = 0.5).

Q = Probabilidad de fracaso (50%=0.5).

N = Tamaño de la población (822 predios dentro de la zona histórica con código ZT1)

E = Error o precision (10%).

$$n = \frac{(1.65)^2(0.5)(0.5)(822)}{(10\%)^2(822 - 1) + (1.65)^2(0.5)(0.5)}$$

**$n \approx 63$  predios o inmuebles**

La metodología que empleamos es la valuación directa, donde se emplean plantillas que realizan la evaluación hallando los costos unitarios del predio y de la infraestructura, con aporte de las tablas de valores unitarios, el sistema de cálculo se ejecuta con la introducción de las características del inmueble que se quiere valorar y el valor de mercado más probable [16]

Lo que se propone es la aplicación de una nueva metodología para Calcular el Valor Comercial de Bienes Inmuebles, para demostrar los múltiples beneficios de la información realizamos una discusión acerca de la variación en los valores por metro cuadrado de la zona de intervención del proyecto, así como la variación de estos dentro de cada zona evaluada.

El desarrollo del método hipotético deductivo implicó los siguientes pasos: Paso 1) Definir un fenómeno que se desea investigar; Paso 2) Formular hipótesis para explicar la realidad objeto de estudio; Paso 3) Deducir los resultados esperados de cada hipótesis para formular predicciones; Paso 4) Contrastar estas predicciones con las observaciones del fenómeno en estudio; Paso 5) Descartar aquellas hipótesis cuyas predicciones.

Las técnicas e instrumentos a emplearse en el presente estudio son: 1) Plantilla de Observación, 2) Análisis documental y 3) Análisis de contenido; para recolectar la información se realiza un recorrido en la ciudad de Cajamarca por zonas geográficas determinadas (ZT1) y de particularidades específicas, en cada zona se determina un comparable y consecutivamente se llena una tabla, las variables a elegir serán inmuebles urbanos con transacción reciente, inmuebles a la venta o inmuebles que tuvieron una valuación previa para tasación.

En el procedimiento de recolección de datos nos basamos en la evaluación masiva de inmuebles teniendo como referencia la [10], se realiza una muestra de tasaciones a partir de un conjunto de variables obtenidas durante el desarrollo de esta investigación, las cuales están distribuidas en la zona de influencia del proyecto, ubicación del inmueble respecto a lugares de interés (económico, comercial y ambiental); es decir características demográficas, económicas y físicas de acuerdo al entorno, para así explicar el valor entre ellos en correlación con los precios. [15]

TABLA 1  
PLANTILLA DE INFORME DE TASACIÓN

N°	Comparables	Valor (USD/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Distancia a la puerta (metros)	Antigüedad (años)	Ubicación (Piso)
1	Comparable 1					
2	Comparable 2					
3	Comparable 3					
4	Comparable 4					
5	Comparable 5					
.	.					
.	.					
n°	Comparable x					

Para el procedimiento de tratamiento y análisis de datos, se utiliza las dos formas del desarrollo de datos obtenidos, cuales se dividen en dos etapas:

Primera etapa, está la recolección de data que se realiza haciendo un recorrido en la ciudad de Cajamarca por zonas geográficas delimitadas en el centro histórico de Cajamarca con código (ZT1), llenando la plantilla de investigación.

Segunda etapa, el procesamiento electrónico, este procedimiento consiste en disponer de hojas de Excel para emplear la teoría antes mencionada, la data obtenida durante dicho desarrollo es considerada 100% verídica ya que utilizamos información recolectada *in situ*, posteriormente procesada mediante un programa informático desarrollado y distribuido por la Corporación Microsoft (Microsoft Excel), en cuanto al análisis de datos y en concordancia con los objetivos y las hipótesis, se utilizará el método descriptivo de acorde a los resultados obtenidos.

Lo desarrollado en el presente estudio es una propuesta de una nueva metodología para Calcular el Valor Comercial de Bienes Inmuebles.

### III. RESULTADOS

La investigación se realizó en la ciudad de Cajamarca, ubicada geográficamente en la Sierra Norte del país, a una altitud de 2,750 m.s.n.m., el clima es templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada [18] cabe remarcar que el centro histórico de Cajamarca, es decir la zona ZT1 es el núcleo de esta ciudad imperial.

El ámbito de estudio, se encuentra inmerso en el centro histórico de la ciudad de Cajamarca zona ZT1, en esta zona el movimiento comercial y laboral es alto, se encuentran

instituciones y empresa estatales y privadas. La presente investigación se enfoca en la tasación de inmuebles destinados a la vivienda, al comercio, a la empresa, entidades e instituciones; también se tiene inmuebles de uso mixto, en donde existe un uso comercial y de vivienda.



Fig. 1. Delimitación de la zona de estudio de la ciudad de Cajamarca.

### Selección de los comparables y variables a emplear

La elección de los comparables, se tomaron de la zona delimitada que es el centro histórico intangible de la ciudad de Cajamarca Zona ZT1 (Figura 8). La zona en mención tiene una gran afluencia de público local y foráneo y limita, las comparables a tomar fueron seleccionadas según su ubicación (dentro de la Zona ZT1), algunas de estas comparables estaban a la venta y otras fueron elegidas por conveniencia.

TABLA 2  
NÚMERO DE EDIFICACIONES URBANAS ANALIZADAS POR JIRÓN

Jr. 5 Esquinas (2)	Jr. Eten (2)	Jr. Huánuco (7)
Jr. Horacio Urteaga (5)	Jr. Marañón (2)	Jr. José Sabogal (3)
Jr. Cruz de Piedra (2)	Jr. Amalia Puga (3)	Jr. Sara Magdugal (1)
Jr. El Comercio (7)	Jr. Junín (2)	Jr. Ayacucho (2)
Jr. Amazonas (5)	Jr. José Gálvez (2)	Jr. Apurímac (4)
Jr. Tarapacá (4)	Jr. Dos de Mayo (2)	Jr. Pisagua (2)
Av. El Maestro (2)	Jr. Jequetepeque (1)	Jr. 13 de Julio (1)



Fig. 2 Ubicación de los 63 predios comparables

Para el desarrollo del estudio es necesario que la data recolectada se filtre, para esto se aplica el criterio de Chauvenet y el método de coeficiente de correlación.

### Criterios de Chauvenet

Este criterio nos aporta para hallar los comparables que no tienen variables que se enmarquen dentro del rango de los valores máximos y mínimos, así como las variables que tengan una distorsión muy diferenciada en relación a la media.

Seguidamente se procede a hallar si el comparable es idóneo y se encuentra dentro de los parámetros del modelo propuesto, para esto se determina la desviación media entre el valor de la variable cuantitativa y la media, resultado que nos aporta para hallar que comparable es el más idóneo y que se encuentre dentro de los parámetros del modelo propuesto.

$$\text{Desviación a la media} = D_m = r_i - r_m \quad (2)$$

Con la data obtenida, procedemos a realizar el comparativo de resultados con los puntos críticos de Chauvenet, lo cual nos aproxima a definir si es que los comparables son idóneos para el modelo propuesto o no.

TABLA 3  
INTERPOLACIÓN DE VALORES DE COMPARABLES

Número de datos		Punto Crítico (P <sub>ca</sub> )
50	→	2.576
63	→	X
X		3.246

Tenemos que el modelo propone que todos los cocientes que se calcularon tienen que tener valores menores a 3.246, por ser el punto crítico de Chauvenet. Realizando la ecuación lógica en el programa Excel, denotando la condición de que las variables se encuentren dentro de los parámetros de puntos críticos de Chauvenet, se obtiene la palabra “Verdadero”

TABLA 4  
RESPUESTAS A LA APLICACIÓN DEL CRITERIO CHAUVENET

Nº COMPARABLES	VALOR U.S./m2	ÁREA (m2)	ANTIGÜEDAD (Años)	UBICACIÓN (Pisos)
1 Comparable 1	1,000.00	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
2 Comparable 2	1,742.00	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
3 Comparable 3	1,300.00	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
4 Comparable 4	1,333.00	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
5 Comparable 5	1,011.00	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
...	...	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
60 Comparable 60	2,105.00	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
61 Comparable 61	1,425.20	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
62 Comparable 62	1,200.00	VERDADERO	VERDADERO </td <td>VERDADERO</td>	VERDADERO
63 Comparable X	0.00	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO

### Determinación del Coeficiente de Correlación

El coeficiente de correlación nos aporta para determinar la relación que se da entre el valor y cada una de las variables de los comparables, porque la relación puede ser inversa o como directamente promocional.

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

En esta fórmula, r representa la correlación entre X e Y, X e Y son las medidas,  $\sum$  es la suma, y las variables X e Y, determinando la relación entre valor-área, valor-antigüedad, valor – ubicación.

Nº	VALOR U.S./m2	ÁREA (m²)	(X-X')	(Y-Y')	(X-X')²	(Y-Y')²	(X-X')*(Y-Y')
1	1,000.00	300	-467.37	-76.30	218,431.79	5,820.95	35,657.83
2	1,742.00	283	274.63	-93.30	75,423.36	8,703.99	-25,621.94
3	1,300.00	260	-167.37	-116.30	28,011.67	13,524.56	19,463.96

El resultado del proceso nos proporciona una matriz comparativa, en donde podemos dilucidar si la relación entre las variables es Alta, Media o Baja.

TABLA 5  
MATRIZ DE COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE COMPARABLES

Coefficiente	Área	Antigüedad	Ubicación
Índice	0.0096	0.0642	0.2781
Valor	0.96%	6.42%	27.81%

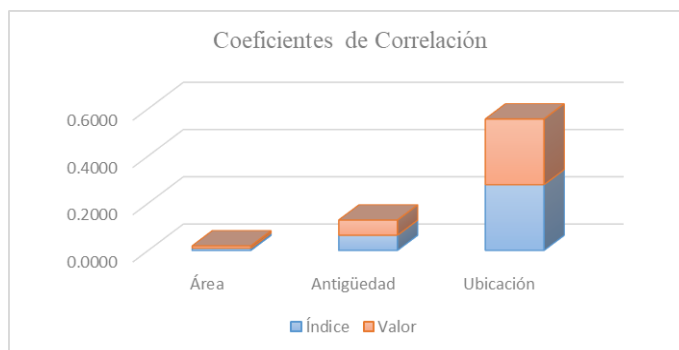


Fig. 3 Coeficientes de Correlación dentro del parámetro intermedio

### Método Baricentrico

La ratio Baricentrico (cociente de las cantidades comparables) es un promedio empleado con el propósito de conseguir el valor final del inmueble a tasar. El método en mención accede a lograr la correlación entre los precios y la ponderación de las variables empleadas en el análisis.

El promedio es la resultante de la división de la suma de los valores de los inmuebles comparables, dividido entre la sumatoria de los promedios ponderados de cada una de las variables. Esta ratio se multiplica por el peso del predio a valorar y obteniendo el monto de tasación investigado.

Para obtener la correlación se transforma cada variable de las Tablas a su inversa, debido a que la correlación del valor y las tres variables como son el área, la antigüedad y la ubicación tienen un proceder inversamente proporcional.

TABLA 6  
CONSOLIDADO DE RATIOS POR VARIABLES

Ratios variables	R <sub>A</sub>	R <sub>E</sub>	R <sub>U</sub>
Ratio/m <sup>2</sup>	92,510.11	92,519.17	92,462.06
Valor comparable/m <sup>2</sup>	1,533.37	1,542.43	1,485.31
Valor Total en 220m <sup>2</sup>	337,341.14	339,333.70	326,768.50

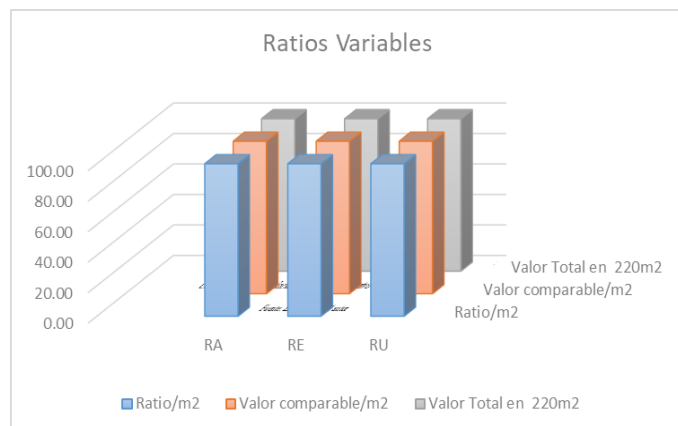


Fig. 4 Ratios Variables (Valor comparable, ratio/m<sup>2</sup>, y valor total en m<sup>2</sup>)

### Método de la entropía

Este método se basa en que una variable tendrá mayor significancia en cuanto mayor sea la diversidad de análisis de las alternativas, por lo que se aplica la siguiente relación:

$$E_j = -K \sum_i a_{ij} \log a_{ij}$$

En donde se tiene que:

$$K = 1/\log m$$

m = Número de comparables (alternativas) = 63

a<sub>ij</sub> = Variables normalizadas

De acuerdo al cálculo de la inversa y la normalizada Determinada en las Tablas calculamos el logaritmo de base 10 de las variables.

Pasamos a estimar el valor para cada variable, por lo que nos basamos en el método del baricentro, en donde ya determinamos los ratios correspondientes.

TABLA 7  
VALOR DE VARIABLES POR RATIO

	Área (m <sup>2</sup> )	Antigüedad (años)	Ubicación (piso)
Ratio Baricentrico	92,510.11	92,519.17	92,462.06
Peso variable normalizado	0.0054	0.0054	0.0054
Valor unitario (US\$/m <sup>2</sup> )	496.90	496.72	498.27

Con los ratios, determinamos el valor unitario de cada una de las variables al multiplicar la ratio con el peso de la variable.

TABLA 8  
PESOS DE LAS VARIABLES

VARIABLE	PESOS NORMALIZADO
AREA	0.0054
EDAD	0.0054
UBICACIÓN	0.0054
Σ	0.0161
Media	0.0054
Desv. estándar	0.0000

El valor unitario es la sumatoria de los valores de las variables en U.S.\$/m<sup>2</sup>:

$$\text{Valor Unitario (U.S.\$/m}^2) = (496.90 + 496.72 + 498.27) = 1,491.89 \text{ U.S.\$/m}^2$$

Valor que, si es multiplicado por los 220 metros cuadrados del inmueble comparable x, nos proporciona el valor total del inmueble:

$$\text{Valor Final (U.S.\$)} = 328,215.42 \text{ U.S.\$/m}^2$$

### Método de Diakoulaki

En este método se toma en consideración que el peso de una variable se cuantifica si es mayor la varianza respectiva (mayor desviación típica), además de que tenga más información distinta respecto a las demás variables de aporte (menor coeficiente de correlación entre datos de una variable). En este método se emplea la siguiente ecuación:

$$W_j = s_j \sum_k (1 - r_{jk})$$

En donde tenemos que:

W<sub>j</sub> = Ponderación de la variable j.

S<sub>j</sub> = Desviación estándar de la variable j.

r<sub>jk</sub> = Coeficiente de correlación de Pearson en las variables.

TABLA 9  
PESOS NORMALIZADOS DE LAS VARIABLES

	Área (m <sup>2</sup> )	Edad (años)	Ubicación (piso)
Ratio Baricentrico	92,510.11	92,519.17	92,462.06
Peso variable normalizado	0.0073	0.0024	0.0064
Valor unitario (US\$/m <sup>2</sup> )	674.21	223.26	594.34

Para determinar el valor unitario final por metro cuadrado en dólares americanos se da por la sumatoria de las variables, siendo de:

$$\text{U.S.\$ } 1,491.81 / \text{m}^2$$

Multiplicando el valor unitario por el área del terreno (220 m<sup>2</sup>), tenemos que:

$$\text{Valor final del predio es de U.S.\$ 328,198.55}$$

De acuerdo a la Tabla anterior notamos que el área y la ubicación tienen pesos considerables respectivamente, por lo que se tiene que tener en consideración para estimar la valoración de un predio.

### Método de la suma ponderada

Este método determina mediante la ponderación las variables, teniendo como resultante de la sumatoria del producto del peso de cada una de las variables (datos calculados por el método de entropía), por el valor que adopta para la alternativa de la variable en estudio. Para este método se aplica la ecuación siguiente:

$$W_i = \sum (W_j * x_{ij})$$

- En donde tenemos:

$W_i$  = Ponderación final resultante de cada alternativa.

$W_j$  = Peso de cada variable resultante de uno de los métodos de ponderación.

$x_{ij}$  = Valor de cada variable para cada una de las alternativas.

Determinando el ratio:

$$R = \frac{90,976.75}{(1-0.01613)} = 91,000.87$$

Siendo el valor final de:

$$\text{Valor final} = 91,000.87 * 0.00027 = 1,467.76 \text{ U.S.\$/m}^2$$

Como el comparable X tiene 220 m<sup>2</sup>, entonces el valor Final es de:

$$\text{U.S.\$/} 322,906.315.$$

Luego de haber obtenido el valor por suma ponderada con las ponderancias con el método de Entropía, determinamos los valores ahora con el método Diakoulaki.

Determinando el ratio:

$$R = \frac{90,976.75}{(1-0.01613)} = 92,468.17$$

Siendo el valor final de:

$$\text{Valor final} = 92,468.17 * 0.01613 = 1,491.42 \text{ U.S.\$/m}^2$$

Como el comparable X tiene 220 m<sup>2</sup>, entonces el valor Final es de

$$\text{U.S.\$} 328,112.854$$

### Distancia de Manhattan

Luego de haber estimado los costos por los diversos métodos y cada uno con resultados diferentes, es necesario determinar la elección del método con el que se emplea. Para esto se emplea el método Manhattan.

Con el fin de determinar que método se emplea como definitivo, se adquiere un método en base a la definición de distancia referida por Minkowsky y en el axioma de Zeleny, sustento de la metodología de la Programación de compromiso el cual cita "Dadas dos soluciones posibles en el espacio de los objetivos  $f_1$  y  $f_2$ , la solución de preferencia se elige a la que se ubique más próxima al punto ideal" (Zeleny, 1982), El fundamento del método de Manhattan es de tener una resultante de la diferencia entre el valor real de la comparable en relación al valor estimado con el método, a la cantidad obtenida se le denomina distancia, de acuerdo a estos espaciados se elige el método adecuado, siendo el elegido el que tenga como resultante la menor distancia.

Para el cálculo de la distancia de Manhattan, se toma en consideración cada uno de los métodos que se desarrollaron, los que son:

1. Método Baricentrico
2. Método de Entropía
3. Método de Diakoulaki

### Distancia de Manhattan con el Método de Baricentrico:

Se inicia con el normalizado de las variables, las cuales fueron obtenidas en las tablas, luego se estima la ratio en cada variable normalizada en relación al valor y con la ratio se calcula las distancias de manhattan de cada una de las variables

### Distancia de Manhattan con el Método de Entropía:

Para trabajar con el método de Entropía utilizamos los pesos que se determinaron en el método, el producto de la multiplicación del peso por el ratio de cada una de las comparables nos dará la cantidad que luego será diferenciada.

### Distancia de Manhattan con el Método de Diakoulaki:

El procedimiento a seguir es similar al seguido en el método de entropía, porque cada método llega a calcular el peso de sus variables, de acuerdo a la Tabla de (Ratio de cada comparable), se procede a determinar el producto de las variables por sus comparables.



TABLA 10  
CONSOLIDADO DE DISTANCIAS MANHATTAN

Distancia de Manhattan	Distancia
<b>Método Baricentrico:</b>	
a) V. Area	0.00
b) V. Edad	0.00
c) V. Ubicación	0.00
<b>Método Entropía</b>	<b>3,011.59</b>
<b>Método Diakoulaki</b>	<b>3,006.89</b>
<b>Método Suma ponderada</b>	<b>2,959.18</b>

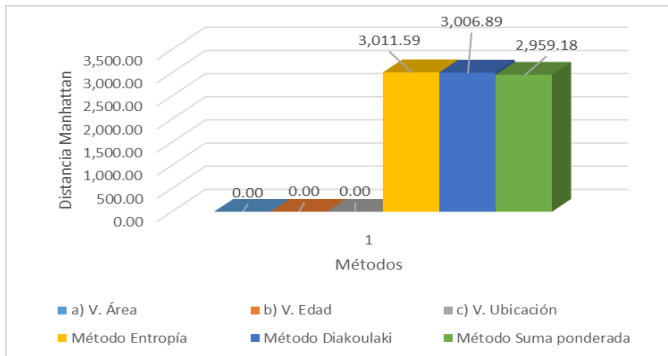


Fig. 5 Distancia de Manhattan comparativa con los diversos métodos.

Con la evaluación comparativa de la Figura anterior, podemos determinar que la menor distancia corresponde al método Diakoulaki, con una distancia de “3,006.89”, a la vez se tiene de referencia al método Baricentrico en donde la distancia es más estrecha con respecto a la variable comparable, de este modo se erradica la opinión subjetiva del perito tasador para la decisión de los valores, y se procede a obtener seguridad en el procedimiento de elección del monto comparable X de la zona en estudio.

También se toma en consideración que la distancia de Manhattan con ratio de edad, es posible que se pueda utilizar, pero su método no es muy consolidado como los métodos de Diakoulaki y Baricéntrico, porque estos últimos métodos integran todas las variables y pesos estadísticos, proveyéndonos datos confiables y de acuerdo a la realidad de la zona en estudio. Por lo tanto, obtenemos el valor del inmueble a valorar, que es:

De valor unitario final por metro cuadrado de U.S.\$ 1,491.81/m<sup>2</sup>

**Valor final del predio es de U.S.\$ 328,198.20**

#### IV. CONCLUSIONES

- Luego de realizar el análisis de datos, se tiene que los métodos de análisis multicriterio son variados y tienen valores similares, del mismo modo se nota que agrupando dichos métodos nos da un resultado más preciso. Es así que el método de La distancia de Manhattan unido con el Método Baricentrico ofrece mayor exactitud al determinar y mejorar el valor del inmueble en un 98% respecto a los sesenta y tres comparables, la unión de estos métodos tiene distancia de 0 con respecto al valor de la ratio de área, distancia y ubicación. También se tiene la agrupación del método de la distancia de manhattan aplicado al método de entropía dando como resultado una distancia de 3,011.59, siendo ligeramente mayor al método de diakoulaki con una distancia de 3,006.89, el cual es mayor en 4.7, siendo el método de diakoulaki, más eficiente que el de Entropía.
- Se puede puntualizar que el coeficiente de correlación entre el valor y el área es de 0.96%, mientras que la correlación del valor y la antigüedad fue de 6%, y entre la relación valor y ubicación se obtuvo un 28%.
- Empleando el método baricentrico se obtuvo la ratio de área de 92,510.11, ratio de antigüedad de 92,519.17, en la de ubicación se obtuvo una ratio por metro cuadrado de 92,464.06, llegando a obtener un valor por metro cuadrado en un rango de “U.S.\$ 1,485.31 /m<sup>2</sup> a U.S.\$/ 1,542.43/m<sup>2</sup>”.
- De acuerdo al método de entropía, se obtuvo pesos normalizados de 0.0054 respecto al área, a la antigüedad y a la ubicación, obteniendo un valor de U.S. \$ 1,491.89/m<sup>2</sup>.
- En el método diakoulaki, se obtuvo pesos normalizados de área, antigüedad y ubicación de 0.4519, 0.1496 y 0.3985 respectivamente, obteniendo un valor unitario de U.S.\$ 1,491.81/m<sup>2</sup>.
- En el método de suma ponderada, aplicado al método de entropía, se obtuvo el valor final por metro cuadrado de U.S.\$/1,467.76/ m<sup>2</sup>, y aplicado al método de diakoulaki el valor unitario es de U.S.\$ 1,491.42/m<sup>2</sup>
- Empleado la distancia de manhattan con los tres métodos antes analizados se tiene que con el método baricentrico obtenemos la menor distancia entre cada comparable con su valor de tasación respecto al cálculo estadístico, pero haciendo la sumatoria de las distancias obtenidas nos da 0 en las variables de área, edad y ubicación. Seguidamente la menor distancia por el método manhattan corresponde al método diakoulaki con una distancia de 3,006.89. Por lo tanto, el valor unitario final por metro cuadrado es de U.S.\$ 1,491.81/m<sup>2</sup> y el Valor final del predio es de U.S.\$ 328,198.20.
- Se realizó la comparación de métodos de análisis multicriterios para tasaciones llegando así a la conclusión que, los métodos diakoulaki y baricentro son los métodos

que nos ayudan a aproximarnos al valor comercial más cercano del mercado actual

- Se desarrollaron los métodos de valoración por análisis multicriterio, gracias a esto concluimos que, en la conformación espacial del valor inmobiliario, es primordial, la ubicación, antigüedad de construcción, material que prima, área del predio y precio por metro cuadrado, estos nos cuales brindan los valores inmobiliarios más próximos al valor in situ de acuerdo a las características evaluadas.
- Analizamos la valuación comercial del inmueble mencionado en el presente estudio y gracias a este pudimos emplear la propuesta de métodos de estimación multicriterios alcanzado su valor comercial referencial y trayendo beneficios a la población, que está interesada en vender o comprar una propiedad, ya que se ha podido observar como a elevadas propuestas se desestima la compra de dicho predio.
- En las implicancias prácticas como teóricas, se recomienda los diversos métodos de valoración de predios que se aplicaron ya que van a simplificar casos complejos, siendo así que estos métodos pueden aplicarse en la valorización de áreas agrícolas y ganaderas, bienes muebles, maquinarias, equipos entre otros.
- Concluimos que en la valorización de otros bienes muebles e inmuebles se tomará en cuenta las particularidades más relevantes y empleo de índices de corrección, y factores de homologación, los cuales nos brindan un panorama amplio y seguro de la tasación de dicho inmueble.
- Se concluye que, en el presente estudio, se cumple tanto con el objetivo principal, así como con los objetivos específicos planteados.
- Finalmente, podemos concluir que el estudio analizado es una nueva metodología para Calcular el Valor Comercial de Bienes Inmuebles.

## V. REFERENCIAS

- [1] Guillen, A. (2016) La aplicación de métodos estadísticos en la valoración masiva de inmuebles: Una propuesta de regulación en el marco normativo del Banco de España [Tesis Doctoral] Universidad Politécnica de Madrid.
- [2] Asociación AEV Asociación Española de Análisis de Valor. (2020). Asociacionaev.org. Recuperado de <https://www.asociacionaev.org/el-sector-de-la-tasacion-factura-un-14-mas-en-2021-segun-la-aev.htm>
- [3] Orden ECO/805/2003, de 27 de marzo, Ministerio de Economía «BOE» sobre normas de valoración de bienes inmuebles y de determinados derechos para ciertas finalidades financieras. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2003/BOE-A-2003-7253-consolidado.pdf>
- [4] Sociedad Hipotecaria Federal, S.N.C. Reglas de carácter general que establecen la metodología para la valuación de inmuebles objeto de créditos garantizados a la vivienda (2004) Gobierno de México. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/127541/05\\_Reglas\\_de\\_Car\\_cter\\_General\\_que\\_establecen\\_la\\_Metodolog\\_a\\_para\\_la\\_Valuaci\\_n\\_de\\_Inmuebles\\_Objeto\\_de\\_CrC\\_ditos\\_Garantizados\\_a\\_la\\_Vivienda\\_\\_DOF\\_27-septiembre-2004\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/127541/05_Reglas_de_Car_cter_General_que_establecen_la_Metodolog_a_para_la_Valuaci_n_de_Inmuebles_Objeto_de_CrC_ditos_Garantizados_a_la_Vivienda__DOF_27-septiembre-2004_.pdf)

- [5] Caballer, V (2008) Tasación y Valoración. Situación Actual y Perspectiva de Futuro. Estudios de Economía Aplicada, vol. 25, núm. 1, abril, 2008, pp. 25-48
- [6] INFOBAE. (2013). En 2013 el mercado inmobiliario sigue en caída y renuente a la pesificación. INFOBAE. <https://www.infobae.com/2013/01/31/694305-en-2013-el-mercado-inmobiliario-sigue-caida-y-renuente-la-pesificacion/>
- [7] Oscar Borrero (2016) Métodos de avalúo para determinar la plusvalía Urbana. Recuperado de <https://docplayer.es/19356180-Metodos-de-avaluo-para-determinar-la-plusvalia-urbana.html>
- [8] Oscar Borrero (2000) Capítulo 3 El método comparativo avalúo Del Lote. Recuperado de <https://nanopdf.com/download/capitulo-3-el-metodo-comparativo-avaluo-del-lote.pdf>
- [9] Política, C., & Perú, D. (1993) Constitución Política del Perú de 1993 Preámbulo. El Congreso Constituyente Democrático, Art.70. Recuperado de <https://pdba.georgetown.edu/Parties/Peru/Leyes/constitucion.pdf>
- [10] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (26 de junio 2020). Resolución Ministerial N° 124-2020-VIVIENDA Recuperado de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/892165/RM\\_124-2020-VIVIENDA.pdf?v=1593195745](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/892165/RM_124-2020-VIVIENDA.pdf?v=1593195745)
- [11] Bardález, P. C., & Rondán, D. B. (2009). Crisis Financieras y Manejo de Reservas en el Perú. Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Estudios-Economicos/17/Estudios-Economicos-17-3.pdf>
- [12] Olaechea, L. Análisis comparativo de los aspectos influyentes en la tasación de inmuebles. Universidad de Piura. Piura – 2019.
- [13] Fitch, O. Artículo denominado Sistema de valuación masiva de inmuebles para tasaciones. Universidad Autónoma de Nueva León. España. 2016.
- [14] Hernández S, Fernández C, Baptista L., 2018. Metodología de la Investigación. 6ta Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana
- [15] Guía Ingeniería UPN (2018). Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-del-norte/metodos/guia-ingenieria-upn-2018/13023098>
- [16] Fitch, O. (2017). Sistema de valuación masiva de inmuebles para tasaciones. Contexto: Revista de la Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Nuevo León, 10(13),51–63. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6336537.pdf>
- [17] Joseph, E., & Carlos, J. (2016). Propuesta de nueva metodología para calcular el valor comercial de bienes inmuebles en la provincia de Trujillo. Extraído de Upao.edu.pe. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12759/1982>