

La valoración de inmuebles urbanos mediante el proceso analítico en red

Real estate appraisal using analytic network process

Jerónimo Aznar Bellver*

Javier Ferrís Oñate

Francisco Guijarro Martínez

Universidad Politécnica de Valencia

Recibido, Mayo de 2008; Versión final aceptada, Enero de 2009.

PALABRAS CLAVE: Valoración multicriterio, Valoración inmuebles urbanos, AHP, ANP

KEYWORDS: Multicriteria valuation, Urban valuation, AHP, ANP

Clasificación JEL: G32, M41, R20, R29

RESUMEN

Este trabajo presenta una nueva metodología comparativa de valoración de activos basada en el Proceso Analítico en Red (ANP), que permite abordar contextos de escasa información, considerar variables de naturaleza cualitativa y sus interdependencias, situaciones todas muy comunes en la práctica valorativa profesional. Se propone su aplicación a la valoración urbana. Para ilustrar la nueva propuesta, se presentan tres modelos de complejidad creciente sobre un caso real de valoración de un inmueble en la ciudad de Alicante, analizándose además la distinta precisión de cada modelo, y llegando a la conclusión de que cuanto mayor información se considera, incluyendo la interdependencia entre las variables explicativas del precio, mayor es la precisión de los resultados.

ABSTRACT

This work presents a new comparative methodology for the valuation of urban properties based on the Analytic Network Process (ANP), that enables to tackle contexts in which scant information is available and qualitative variables and their interdependences are considered, all very common situations in professional valuation practice.

We propose the application of ANP to urban valuation. To illustrate the new proposal, a real case study is put forward alongside three different models for solving it, with the aim of analysing the varying accuracy of each model. It may be concluded that the more information taken into account in relation to the interdependences between criteria and alternatives, the greater the accuracy of the results.

* Los autores agradecen los comentarios y sugerencias realizados por los tres evaluadores, que han contribuido a mejorar la calidad de este trabajo. También agradecen a la empresa Tasaciones de Bienes del Mediterráneo (TABIMED) la información y la ayuda suministrada para poder realizar este trabajo, así como al Ministerio de Educación y Ciencia por la financiación recibida con cargo al proyecto de investigación SEJ2007-67937.

1. INTRODUCCIÓN.

La valoración de inmuebles en general, y de inmuebles urbanos en particular, para una serie de finalidades de gran trascendencia económica viene regulada en España por la Orden ECO/805/2003 y su modificación la Orden EHA/3011/2007. La importancia de la valoración urbana se evidencia en el hecho de que las Sociedades de Tasación españolas, agrupadas en la Asociación Profesional de Sociedades de Valoración (ATASA), realizaron en el año 2006 algo más de 1,8 millones de tasaciones por un importe tasado de 862 mil millones de euros (<http://www.atasa.com>). Las valoraciones de bienes de uso residencial, tanto edificios como viviendas individuales, han supuesto el 81% del total de informes emitidos y el 63% del valor total tasado. El montante total de lo valorado equivale aproximadamente al 90% del PIB español. En las Órdenes citadas se detallan tanto los procedimientos como la metodología a utilizar en cada caso, y al referirse en concreto a los inmuebles urbanos (Título II, Capítulo II, Sección 2ª) se contemplan todos los supuestos como son: valoración para mercado hipotecario (Art. 45), valoración para entidades aseguradoras y fondos de pensión (Art. 46), y valoración para instituciones de inversión colectiva inmobiliaria (Art.47). En todos estos casos uno de los métodos propuestos es el de comparación, entendiendo como tal cualquier método que permita calcular el valor desconocido de un inmueble determinado comparándolo con inmuebles similares, que se denominan comparables¹, de los cuales se conoce su precio de venta u oferta y sus características o variables explicativas del precio. La Orden ECO/805/2003 denomina homogeneización al proceso de comparación, y lo define como “un procedimiento por el cual se analizan las características del inmueble que se tasa en relación con otros comparables con el objeto de deducir, por comparación entre sus similitudes y diferencias, un precio de compraventa o una renta homogeneizada para aquél”. Así mismo, las Normas Internacionales de Valoración 2005 (NIV 2005) denominan a dichos métodos de comparación Métodos de Ventas Comparables (Método de Comparación de Mercado o Directo de Mercado) y los definen como “el proceso de valuación utilizando precios de ventas o alquileres de activos similares al activo objeto de valuación como base para la estimación de su valor de mercado o alquiler”.

1 Según la Orden ECO/805/2003, los comparables “son inmuebles que se consideran similares al inmueble objeto de valoración o adecuados para aplicar la homogeneización, teniendo en cuenta su localización, uso, tipología, superficie, antigüedad, estado de conservación, u otra característica física relevante a dicho fin”. Se trata por tanto de una definición que deja a criterio del experto la consideración de cuándo un activo es comparable a otro en cuanto a su localización, uso, tipología, etc.; no definiendo, como sería preferible, una distancia con la que cuantificar el grado de similitud entre activos.

En la práctica valorativa son diversos los métodos comparativos que han sido propuestos y utilizados en mayor o en menor grado, viniendo condicionada su utilización a las exigencias de los mismos en cuanto a información y medios tecnológicos necesarios para llevarlos a la práctica. Una lista no exhaustiva de los utilizados en España sería: Regresión por mínimos cuadrados (Brañas y Caridad, 1996; Segura *et al.*, 1998), Programación por metas (Aznar y Guijarro, 2007a, 2007b), Regresión espacial (Chica, 1992; Montero, 2004), Método por corrección, Ratio de valuación (denominación utilizada por las NIV), Método Beta (Ballester, 1973) y Redes neuronales (Caridad y Ceular, 2001). El más común en la práctica profesional es el denominado Método de corrección múltiple, con versiones parecidas en otros países como en México (método de homologación) o en Brasil (método de homogeneización). Una clasificación de la metodología actual en valoración puede encontrarse en Aznar *et al.* (2007, 2008).

Una de las diferencias más importantes entre los distintos métodos comparativos es la cantidad de información necesaria para su aplicación, siendo los más exigentes los basados en las técnicas de regresión. Dicha información debe estar necesariamente cuantificada, por lo que la utilización de variables cualitativas, o variables cuantitativas de las que se desconoce su cuantificación, no es posible en estos métodos. En este sentido hay que indicar que la percepción del valor en las sociedades avanzadas es cada vez más dependiente de variables cualitativas, por lo que es necesario disponer de métodos que permitan incorporar estas variables en el proceso valorativo.

Los inconvenientes mencionados han llevado a los investigadores a desarrollar métodos alternativos para valorar activos. Estos nuevos enfoques se basan en las técnicas de decisión multicriterio, por ello se han denominado Métodos de Valoración Multicriterio o MVM (Aragonés-Beltrán *et al.*, 2008; García-Melón *et al.*, 2008). Los métodos del MCDA permiten abordar problemas que se caracterizan por una escasa disponibilidad de información y/o por una fuerte influencia de variables de carácter cualitativo y subjetivo. Por este motivo, la aplicación de esta familia de métodos a la valoración de activos resulta especialmente interesante, superando algunas de las deficiencias inherentes a los métodos de valoración tradicionales.

Algunos métodos del MCDA, como el método CRITIC (Diakoulaki *et al.*, 1995), la Programación por metas (GP) (Charnes y Cooper, 1961) y el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (Saaty, 1980; Moreno, 2002), se han aplicado ya con éxito a la valoración de distintos activos (Kettani y Khelifi, 2001; Aznar y Guijarro, 2004, 2007a, 2007b). El objetivo del presente trabajo es avanzar en esta línea de investigación sobre nuevos métodos de valoración multicriterio mediante la aplicación del Proceso Analítico en Red (ANP) (Saaty, 1996) en problemas de valoración de inmuebles urbanos.

El resto del trabajo se estructura como sigue. En primer lugar, la sección 2 introduce la metodología ANP. A continuación, la sección 3 describe la aplicación de ANP en la valoración de inmuebles urbanos y la importancia de las diferencias regionales en la aplicación del método, la sección 4 ilustra la propuesta con un caso real de valoración urbana. Finalmente, la sección 5 recoge las conclusiones principales derivadas del trabajo.

2. EL PROCESO ANALÍTICO EN RED.

ANP fue propuesto por Saaty (1996, 2001) como una generalización de su primer modelo AHP (1980). ANP representa un problema de decisión como una red de elementos agrupados en componentes y considera las interdependencias entre los elementos. Cada elemento (criterio o alternativa) en un componente puede interactuar o tener influencia sobre el resto de elementos de la red, lo que significa que una red puede incorporar interdependencia entre componentes (dependencia externa) y/o realimentación dentro de ellos (dependencia interna). Esta característica de ANP permite trabajar con criterios interdependientes y proporciona un enfoque preciso para modelizar entornos reales complejos. Una vez construido el modelo en red, ANP comprende de forma resumida cinco pasos principales:

- (i) Realizar comparaciones pareadas entre elementos.
- (ii) Construir una supermatriz (supermatriz original) con los vectores de pesos (autovectores) resultantes de las matrices de comparación pareada entre elementos.
- (iii) Realizar comparaciones pareadas entre componentes.
- (iv) Ponderar los bloques de la supermatriz original con los pesos de los componentes para convertirla en una matriz estocástica por columnas (supermatriz ponderada).
- (v) Elevar la supermatriz ponderada a potencias sucesivas hasta alcanzar la convergencia (supermatriz límite).

El método ANP se ha aplicado a diferentes problemas de toma de decisiones. Sin ánimo de ser exhaustivos, algunas de las aplicaciones más recientes han sido: gestión de residuos sólidos urbanos (Khan y Faisal, 2008), evaluación de estrategias de gestión forestal sostenible (Wolfslehner y Vacik, 2008), selección de medidas de recuperación de terrenos contaminados (Promentilla *et al.*, 2008), selección de proveedores (Demirtas y Üstün, 2008), evaluación de equipos de registro de vídeo digital (Chang *et al.*, 2007), entre otros. Son escasos todavía los trabajos que han aplicado ANP a la valoración de activos (Aragonés-Beltrán *et al.*, 2008; García-Melón

et al., 2008), y en ningún caso se presenta una metodología adaptada a las especiales condiciones de la valoración urbana, que requieren satisfacer determinadas condiciones legales dependiendo del país de aplicación. Por ello, el objetivo del presente trabajo es desarrollar y validar un método de valoración basado en ANP y aplicado a la valoración de inmuebles urbanos, teniendo presente la normativa española de aplicación en este campo de la valoración, que ha sido mencionada en el apartado de Introducción. La nueva propuesta metodológica se ilustra con un caso real de valoración de una vivienda en la ciudad de Alicante (España) mediante varios modelos en red, en los que se considera un número elevado de variables explicativas interdependientes y en los que se estudia por separado la contribución de las diferentes estrategias de ANP sobre la bondad de los resultados de cada modelo, lo cual constituye una aportación novedosa respecto a otros trabajos publicados anteriormente.

3. METODOLOGÍA DE VALORACIÓN DE INMUEBLES URBANOS BASADA EN ANP

3.1. *Planteamiento del problema*

En primer lugar se debe recopilar la información necesaria para poder formular correctamente el problema de valoración. Esta información debe consistir en características de la vivienda a valorar (vivienda problema) que influyan en su valor, características estructurales del edificio, características del entorno urbanístico y localización del inmueble (Ballester y Rodríguez, 1999; Bin, 2004).

3.2. *Selección de los comparables*

Posteriormente se debe realizar un análisis del segmento de mercado inmobiliario y, basándose en informaciones concretas sobre transacciones reales y ofertas firmes apropiadamente corregidas en su caso, se deben obtener viviendas con sus precios actuales de compraventa al contado. Los comparables o viviendas de referencia son inmuebles que se consideran similares al inmueble objeto de valoración, o adecuados para aplicar el proceso de homogeneización. Cuanto más similares son los comparables a la vivienda problema, mayor precisión se alcanza en la estimación del valor de mercado de la misma. En consecuencia, la similitud a la vivienda problema es un aspecto importante a la hora de seleccionar los comparables.

3.3. Selección de las variables explicativas

Las variables explicativas son atributos o características que justifican o explican el precio de un activo dado, en este caso una vivienda. Su selección depende de las características conocidas de los comparables y de su similitud al inmueble problema.

En el caso de la valoración urbana, algunas de estas variables serán directamente observables o cuantificables, como la superficie, el número de dormitorios, el número de baños, la antigüedad, entre otras. Pero también serán importantes otras variables cualitativas, como la calidad de la construcción, el entorno comercial, el entorno urbanístico, entre otras. Para cuantificar este tipo de variables se utilizarán las comparaciones pareadas, que permiten cuantificar variables de carácter cualitativo e incorporarlas en el proceso de valoración.

3.4. Modelización del problema de valoración como una red

La tarea de modelizar un problema de valoración como una red de elementos interdependientes agrupados en componentes se puede descomponer en los siguientes pasos: (i) identificar los elementos, (ii) agrupar los elementos en componentes y (iii) determinar las influencias entre elementos. La red resultante será reflejo de los conocimientos y experiencia del tasador.

3.5. Proceso de homogeneización mediante ANP

El proceso de homogeneización consiste en comparar la vivienda problema con los comparables, en base a las variables explicativas, con el objetivo de estimar el valor de mercado de la vivienda problema. Este proceso se realizará mediante ANP, que es capaz de priorizar y ponderar las viviendas de referencia y la vivienda problema mediante comparación pareada y formación de supermatrices. A partir de la supermatriz límite se podrán extraer los pesos de importancia global de las viviendas involucradas en el proceso de homogeneización. Estos pesos permitirán ordenar cuantitativamente todas las viviendas.

3.6. Determinación del ratio valor/ponderación

Tras determinar los pesos de importancia global de las viviendas, debe obtenerse un ratio que compare el peso de la vivienda problema con su valor de mercado, que es desconocido. El denominado ratio valor/ponderación (r) se puede calcular como:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} v_i}{\sum_{i=1}^{n-1} w_i} \quad [1]$$

donde $n-1$ es el número de comparables involucrados en el proceso de homogeneización (excluida la vivienda problema), v_i es el valor de mercado del comparable i -ésimo conocido a partir del análisis del segmento de mercado inmobiliario, y w_i es el peso global del comparable i -ésimo obtenido con ANP.

Una alternativa a [1] sería calcular r como la media aritmética de los ratios individuales definidos como $r_i = \frac{v_i}{w_i}$:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} r_i}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \frac{v_i}{w_i}}{n-1} \quad [2]$$

Si se aplican algunas transformaciones a [1]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} v_i}{\sum_{i=1}^{n-1} w_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{v_i w_i}{w_i} \right)}{\sum_{i=1}^{n-1} w_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} r_i w_i}{\sum_{i=1}^{n-1} w_i} = \sum_{i=1}^{n-1} r_i \left(w_i / \sum_{j=1}^{n-1} w_j \right)$$

es fácil comprobar que se trata de una media ponderada de los ratios individuales, ya que $\sum_{i=1}^{n-1} \left(w_i / \sum_{j=1}^{n-1} w_j \right) = 1$, y que la ponderación de cada r_i es proporcional al peso w_i del comparable i -ésimo.

Frente a estas dos posibilidades, en este trabajo se plantea calcular el valor del ratio r a partir del modelo de programación por metas [3]:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{i=1}^{n-1} (n_i + p_i) \\ \text{s.a.} \quad & w_i r + n_i - p_i = v_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, (n-1) \end{aligned} \quad [3]$$

Así, r es calculado de forma que los valores estimados a partir de él sean próximos a los valores observados v_i . La diferencia en valor absoluto, norma L_1 , entre precios estimados y precios observados es minimizada por la función objetivo de [3].

También puede plantearse un modelo similar pero utilizando la norma L^∞ o distancia de Tchebychev (minimizar la máxima distancia), o un modelo de programación por metas extendido, entre otras alternativas. Para un análisis más detallado de diferentes modelos de programación por metas puede consultarse Romero (1991).

3.7. Cálculo del precio de la vivienda problema

A partir del ratio obtenido en el paso anterior, y conocido el peso global de la vivienda problema w_n , su valor de mercado v_n se calcula como:

$$v_n = r \cdot w_n \quad [4]$$

3.8. Análisis de la bondad del resultado

Con el objeto de analizar la bondad del resultado obtenido en el paso anterior, puede emplearse el índice de adecuación I_s (Aznar y Guijarro, 2004). Este índice compara la solución obtenida a través de la metodología propuesta con la que se obtendría si la única información conocida sobre los comparables fuera su valor de mercado. Si este fuera el caso, el tasador podría proponer como valor de mercado del activo problema el promedio de los valores de los comparables, lo que se podría denominar solución ingenua (*naïve*).

El índice de adecuación se calcula como:

$$I_s = \frac{z' - z}{z'} = 1 - \frac{z}{z'} \quad [5]$$

donde z es la suma de las desviaciones absolutas entre los valores reales de mercado de los comparables y los valores obtenidos con la metodología propuesta, y z' es la suma de las desviaciones absolutas entre los valores reales de mercado de los comparables y los valores obtenidos con la solución *naïve*. Valores del índice de adecuación próximos a 100% indican una mayor calidad del modelo obtenido.

$$z = \sum_{i=1}^{n-1} |v_i - w_i r| \quad [6]$$

$$z' = \sum_{i=1}^{n-1} |v_i - \bar{v}| \quad \bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} v_i}{n-1} \quad [7]$$

3.9. Diferencias regionales

Es evidente que el método propuesto es general en cuanto a su tratamiento operativo, pero en su aplicación práctica debe ser adaptado a las particularidades de cada zona, comarca o región; fundamentalmente en lo que se refiere a los tres primeros pasos de aplicación. Más especialmente en el caso concreto del tercer paso, en el que se realiza la selección de las variables explicativas, ya que las características que explican el valor de los inmuebles son muy diferentes en función de la región en la que nos encontremos y, sobre todo, su relevancia en la explicación del precio puede igualmente diferir según la zona geográfica analizada. Por ejemplo, la existencia de calefacción en una vivienda es una variable importante en el norte de España, pero no lo es tanto en una ciudad del sur del país. Y lo contrario puede suceder con la presencia de aire acondicionado. Por lo tanto, la adecuada selección de las variables explicativas es una función esencial para el tasador, que deberá estar muy atento a las particularidades de cada región. En menor medida, pero también a tener en cuenta, existen diferencias regionales en cuanto a la existencia de bases de datos con suficiente información para encontrar los comparables. Esto suele darse, sobre todo, en regiones poco pobladas, por lo que el concepto de comparable deberá ser más flexible en estos casos, aunque siempre manteniéndose dentro de lo fijado en la Orden ECO/805/2003.

4. CASO DE ESTUDIO.

4.1. Planteamiento del problema de valoración

El objetivo de este caso de estudio es estimar el valor de mercado de una vivienda situada en la ciudad de Alicante (España), de la que se conoce una serie de características relevantes para su valoración. Se dispone de la información almacenada en la base de datos de una sociedad de tasación sobre características y valores de mercado de diferentes viviendas representativas del segmento de mercado inmobiliario. En el ámbito español, la valoración de viviendas se rige por la Orden ECO/805/2003, que exige un mínimo de seis comparables para poder realizar el informe de valoración. Asumiendo esta restricción, se escogen seis viviendas de la base de datos (viviendas 1 a 6) de características similares a la vivienda a valorar (vivienda X) y situadas en un entorno próximo a la vivienda X. El Cuadro 1 recoge la información conocida de las siete viviendas.

CUADRO 1
CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS

	Vivienda 1	Vivienda 2	Vivienda 3	Vivienda 4	Vivienda 5	Vivienda 6	Vivienda X
Valor de mercado (€)	237.000	182.000	274.000	208.000	288.000	225.173	Desconocido
Superficie útil (m ²)	100,57	94,71	86	120	120	83,49	100
Número de dormitorios	3	2	2	3	3	3	3
Número de baños	2	1	2	1	2	1	1
Número de planta	8	0	8	3	2	4	8
Superficie de terraza (m ²)	0	0	0	8	0	0	35
Vistas	Calle	Plaza	Calle	Calle	Calle	Calle	Calle
Orientación	NE	E	SE	SE	SE	S	NE
Edad (años)	23	25	0	7	0	13	3
Calidad de la construcción	Superior a VPO	VPO antigua	Superior a VPO	VPO actual	VPO actual	VPO actual	VPO con ligeras mejoras
Calidad de la urbanización	Sin zonas verdes	No hay	No hay	Zonas verdes	Sin zonas verdes	Zonas verdes	No hay
Número de ascensores	1	0	2	0	1	1	1
Entorno comercial	Muy bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno	Muy bueno
Entorno urbano	Muy bueno	Aceptable	Bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno
Nivel de renta	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Alto
Densidad de población	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Media

Fuente: Elaboración propia.

El valor de mercado de los comparables, expresado en euros, corresponde al precio actual de compraventa de las viviendas conocido a partir de transacciones recientes. La superficie útil es una variable cuantitativa que se mide en metros cuadrados y que influye sobre el tamaño de las habitaciones de las viviendas. El número de dormitorios, el número de baños, el número de planta y el número de ascensores son también variables cuantitativas y observables. La superficie de la terraza se mide en metros cuadrados, indicando con un valor nulo la ausencia de terraza en la vivienda. La edad en años de las viviendas es una variable cuantitativa que influye inversamente sobre el precio de las viviendas. Las vistas se han reducido a dos opciones (vistas a una calle y vistas a una plaza) y se consideran independientes del número de planta de la vivienda. Las orientaciones observadas en las viviendas han sido noreste (NE), este (E), sureste (SE) y sur (S). La calidad de la construcción ha sido expresada tomando como referencia la calidad de la construcción de las Viviendas de Protección Oficial (VPO). La calidad de la urbanización se ha reducido a tres niveles: no hay, sin zonas verdes y con zonas verdes. El entorno comercial y el entorno urbano son dos variables cualitativas medidas con una escala subjetiva: aceptable, bueno o muy bueno. El nivel de renta y la densidad de población del entorno de la vivienda también se han expresado en una escala cualitativa (medio/a o alto/a), debido a la ausencia de información más precisa.

Aunque se dispone de información sobre atributos medibles y observables de las viviendas (como la superficie por ejemplo), gran parte de las variables están expresadas de forma cualitativa. Ello es debido a la dificultad a la hora de cuantificar algunas variables, como la calidad de la construcción, y a la inexistencia de información más específica para definir otras variables, como en el caso de la densidad de población. Este contexto de valoración, caracterizado por una escasez de información precisa y por una fuerte influencia sobre el valor de mercado de variables cualitativas, resulta difícil de abordar con los métodos tradicionales de valoración de inmuebles urbanos. Este hecho justifica la aplicación de un método de valoración multicriterio para resolver el problema. La existencia de interdependencias entre las variables explicativas aconseja la aplicación de la metodología de valoración basada en ANP que se propone en el presente trabajo.

4.2. Selección de los comparables y de las variables explicativas

Las viviendas 1 a 6 están localizadas en el mismo entorno que la vivienda X y sus características son similares, exigencia de la normativa española, como muestra la Tabla 1. Dado que además se conoce su valor actual de mercado, las viviendas 1 a 6 se toman como comparables.

Siguiendo la definición de inmueble urbano de Ballester y Rodríguez (1999) y Bin (2004), las variables explicativas se agruparán en variables relativas a las carac-

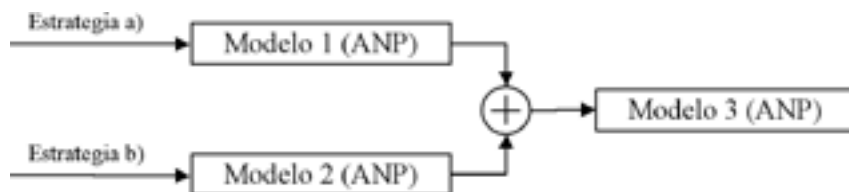
terísticas de la vivienda (VE_1), variables relativas a las características estructurales del edificio (VE_2) y variables relativas al entorno urbanístico del inmueble (VE_3). Dentro del primer grupo estarán la superficie útil (VE_{11}), el número de dormitorios (VE_{12}), el número de baños (VE_{13}), el número de planta (VE_{14}), la superficie de terraza (VE_{15}), las vistas (VE_{16}) y la orientación (VE_{17}). Dentro del segundo grupo estarán la edad (VE_{21}), la calidad de la construcción (VE_{22}), la calidad de la urbanización (VE_{23}) y el número de ascensores (VE_{24}). Dentro del tercer grupo estarán el entorno comercial (VE_{31}), el entorno urbano (VE_{32}), el nivel de renta (VE_{33}) y la densidad de población (VE_{34}).

4.3. Resolución del problema de valoración

El problema de valoración se ha resuelto con tres modelos alternativos, empleando el modelo de programación por metas [3] para el cálculo del ratio valor/ponderación y el índice de adecuación [5] para comparar la bondad de las tres soluciones con la solución *naïve*.

Los tres modelos se han resuelto con ANP, de forma que se pueden representar las interdependencias entre variables e inmuebles. El Modelo 1 especifica para cada vivienda la influencia de las variables explicativas sobre el valor de mercado (estrategia a). El Modelo 2 incorpora relaciones de interdependencia entre las variables explicativas (estrategia b). Por último, el Modelo 3 recoge simultáneamente las dependencias representadas en los Modelos 1 y 2, siendo por tanto el modelo de mayor complejidad. La Figura 1 representa de forma resumida la relación entre los tres modelos.

FIGURA 1
MODELOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS



Fuente: Elaboración propia.

Para completar las entradas de las matrices de comparación pareada que se generan a partir de cada modelo, tanto matrices de comparación entre elementos como entre componentes, se ha contado con la colaboración de un experto valorador de una conocida sociedad de tasación, que fue formado en la metodología ANP. La resolución del problema desde un punto de vista multiexperto no se ha contemplado en este trabajo, si bien se plantea como futura línea de investigación.

4.3.1. Modelo 1

El Modelo 1 resuelve el problema de valoración con ANP, planteando una red de elementos agrupados en componentes (Figura 2). Los elementos de la red son las variables explicativas y las viviendas, que se han agrupado en cuatro componentes: características de la vivienda (VE_1), características del edificio (VE_2), características del entorno (VE_3) y activos a valorar (A). Las flechas bidireccionales, que unen el componente de viviendas con cada uno de los componentes de variables explicativas, representan influencia mutua: por un lado se pondera la influencia de las variables explicativas sobre el valor de mercado de cada vivienda y por otro lado se pondera la dominancia de las viviendas respecto a cada variable explicativa. En la red del Modelo 1 se supone que no existen relaciones de interdependencia entre variables explicativas, esto es, se consideran independientes.

La dominancia de las viviendas respecto a cada variable explicativa se ha obtenido mediante matrices de comparación pareada a partir de la información del Cuadro 1. Como ejemplo, el Cuadro 2 muestra la matriz de comparación pareada que permite obtener la dominancia o preferencia de las viviendas respecto a la variable explicativa orientación (VE_{17}). Para completar las entradas de dicha matriz, al experto valorador se le ha formulado la siguiente pregunta: ¿cuánto es más preferida la vivienda situada en la fila que la vivienda situada en la columna respecto a la variable explicativa orientación? Para responder a esta pregunta se ha utilizado la escala fundamental de Saaty, que comprende valores entre 1 (misma preferencia) y 9 (preferencia extrema), así como sus recíprocos. El vector de pesos de las viviendas es el vector propio asociado al autovalor principal de la matriz de comparación pareada.

CUADRO 2
**MATRIZ DE COMPARACIÓN PAREADA DE DOMINANCIA DE LAS
VIVIENDAS RESPECTO A LA VARIABLE EXPLICATIVA ORIENTACIÓN
(VE_{17})**

VE_{17}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_X	Pesos
A_1	1	1/4	1/2	1/2	1/2	1/3	1	0,067
A_2	4	1	2	2	2	1	4	0,267
A_3	2	1/2	1	1	1	1	2	0,133
A_4	2	1/2	1	1	1	1	2	0,133
A_5	2	1/2	1	1	1	1	2	0,133
A_6	3	1	1	1	1	1	3	0,200
A_X	1	1/4	1/2	1/2	1/2	1/3	1	0,067

Fuente: Elaboración propia.

La influencia de las variables explicativas sobre el valor de mercado se ha analizado para cada vivienda de forma individual también mediante comparaciones pareadas, siguiendo la estrategia (a). Como ejemplo, el Cuadro 3 muestra la matriz de comparación pareada que permite obtener la influencia de las variables explicativas relativas a las características estructurales del edificio (VE_2) sobre el valor de mercado de la vivienda X (A_x). Para completar las entradas de dicha matriz, al experto valorador se le ha formulado la siguiente pregunta: ¿cuánto es más influyente la variable explicativa situada en la fila que la variable explicativa situada en la columna sobre el valor de mercado de la vivienda X?

CUADRO 3
MATRIZ DE COMPARACIÓN PAREADA DE INFLUENCIA DE LAS
VARIABLES EXPLICATIVAS RELATIVAS A LAS CARACTERÍSTICAS
ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO (VE_2) SOBRE EL VALOR DE MERCADO
DE LA VIVIENDA X (A_x)

A_x	VE_{21}	VE_{22}	VE_{23}	VE_{24}	Pesos
VE_{21}	1	4	4	3	0,533
VE_{22}	1/4	1	1	1/1,5	0,133
VE_{23}	1/4	1	1	1/1,5	0,133
VE_{24}	1/3	1,5	1,5	1	0,200

Fuente: Elaboración propia.

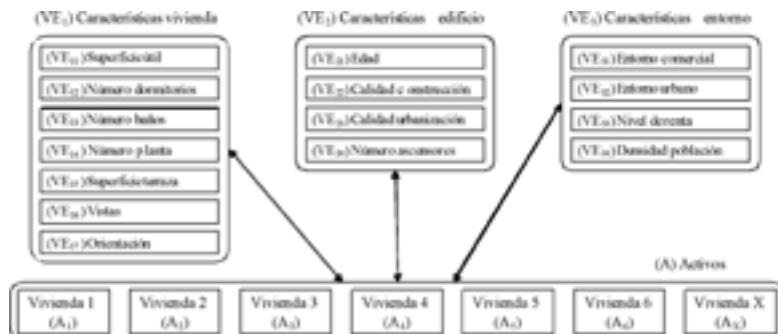
Los pesos de importancia relativa de todos los elementos de la red se recogen de forma ordenada en la supermatriz original (Cuadro 4). Asumiendo por el experto valorador que el vector de pesos [0,333, 0,333, 0,333] cuantifica la influencia de los componentes VE_1 , VE_2 y VE_3 sobre el componente A, es decir, considerando que los tres componentes tienen la misma importancia, entonces es posible obtener la supermatriz ponderada multiplicando las entradas de dicho vector por los bloques correspondientes de la supermatriz original. Elevando a potencias sucesivas la supermatriz ponderada hasta alcanzar la convergencia de sus entradas se obtiene la supermatriz límite, cuyas columnas son idénticas e iguales al vector de pesos de importancia global [0,046, 0,029, 0,026, 0,029, 0,007, 0,015, 0,016, 0,090, 0,023, 0,022, 0,031, 0,049, 0,037, 0,055, 0,025, 0,071, 0,053, 0,080, 0,062, 0,083, 0,067, 0,084]^T. Los siete últimos elementos de este vector representan la importancia global de las viviendas en la red. Después de normalizar dichos valores para que sumen la unidad (Tabla 5, columna 'Peso normalizado'), se calcula el ratio valor/ponderación según [3] y el valor de la vivienda X (Cuadro 5), que asciende a 286.662 €, con un índice de adecuación de 89,35% (Cuadro 6).

CUADRO 4
SUPERMATRIZ ORIGINAL EN EL MODELO 1

	VE ₁					VE ₂					VE ₃					A																		
	VE ₁₁	VE ₁₂	VE ₁₃	VE ₁₄	VE ₁₅	VE ₁₆	VE ₁₇	VE ₁₈	VE ₁₉	VE ₂₀	VE ₂₁	VE ₂₂	VE ₂₃	VE ₂₄	VE ₂₅	VE ₂₆	VE ₂₇	VE ₂₈	VE ₂₉	VE ₃₀	VE ₃₁	VE ₃₂	VE ₃₃	VE ₃₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈		
VE ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,269	0,226	0,277	0,294	0,283	0,277	0,277	0,277	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,192	0,161	0,170	0,157	0,189	0,170	0,170	0,168	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,154	0,129	0,170	0,157	0,151	0,170	0,170	0,168	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,154	0,161	0,170	0,196	0,189	0,170	0,170	0,168	
VE ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,038	0,032	0,043	0,039	0,038	0,043	0,043	0,050	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,077	0,194	0,085	0,078	0,075	0,085	0,085	0,079	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,115	0,097	0,085	0,078	0,075	0,085	0,085	0,119	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,516	0,533	0,571	0,516	0,588	0,516	0,533	0,533	
VE ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,161	0,133	0,143	0,129	0,118	0,129	0,133	0,133	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,129	0,133	0,114	0,161	0,118	0,161	0,161	0,133	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,194	0,200	0,171	0,194	0,176	0,194	0,200	0,200	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,294	0,294	0,294	0,250	0,294	0,294	0,318	0,318	
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,235	0,235	0,235	0,200	0,235	0,235	0,235	0,182	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,353	0,353	0,353	0,300	0,353	0,353	0,353	0,273	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,118	0,118	0,118	0,250	0,118	0,118	0,118	0,227	
	0	0	0	0	0	0,091	0,067	0,100	0,258	0,125	0,167	0,167	0,172	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0	0	0	0	0	0	0	0	
A	0,134	0,105	0,129	0,008	0	0,455	0,267	0,095	0,032	0,083	0	0,100	0,103	0,091	0,176	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,122	0,105	0,161	0,241	0	0,091	0,133	0,190	0,258	0,083	0,333	0,133	0,138	0,091	0,176	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,170	0,158	0,129	0,090	0,167	0,091	0,133	0,144	0,097	0,250	0	0,133	0,138	0,091	0,059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,170	0,158	0,161	0,060	0	0,091	0,133	0,190	0,097	0,125	0,167	0,167	0,172	0,273	0,176	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,118	0,158	0,129	0,120	0	0,091	0,200	0,127	0,097	0,250	0,167	0,167	0,138	0,091	0,176	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,142	0,158	0,129	0,241	0,833	0,091	0,067	0,154	0,161	0,083	0,167	0,167	0,138	0,273	0,059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,142	0,158	0,129	0,241	0,833	0,091	0,067	0,154	0,161	0,083	0,167	0,167	0,138	0,273	0,059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,142	0,158	0,129	0,241	0,833	0,091	0,067	0,154	0,161	0,083	0,167	0,167	0,138	0,273	0,059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,142	0,158	0,129	0,241	0,833	0,091	0,067	0,154	0,161	0,083	0,167	0,167	0,138	0,273	0,059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,142	0,158	0,129	0,241	0,833	0,091	0,067	0,154	0,161	0,083	0,167	0,167	0,138	0,273	0,059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 2
MODELO 1 (ANP)



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 5
CÁLCULO DEL VALOR DE LA VIVIENDA PROBLEMA EN EL MODELO 1

Vivienda	Valor (€)	Peso supermatriz	Peso normalizado	Ratio	Valor vivienda X (€)
A_1	237.000	0,071	0,143		
A_2	182.000	0,053	0,107		
A_3	274.000	0,080	0,159		
A_4	208.000	0,062	0,123		
A_5	288.000	0,083	0,166		
A_6	225.173	0,067	0,134	1.708.660	
A_x		0,084	0,168		286.662

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 6
CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ADECUACIÓN EN EL MODELO 1

Vivienda	Valor (€)	Ratio*peso	IDiferencial	Valor medio	IDiferencial	I_s (%)
A_1	237.000	244.295	7.295	235.696	1.305	89,35
A_2	182.000	182.000	0	235.696	53.696	
A_3	274.000	271.912	2.088	235.696	38.305	
A_4	208.000	210.947	2.947	235.696	27.696	
A_5	288.000	284.212	3.788	235.696	52.305	
A_6	225.173	228.632	3.459	235.696	10.523	
		$z =$	19.577	$z' =$	183.827	

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Modelo 2

El Modelo 2 (Figura 3) resuelve el problema de valoración con ANP, planteando una red con los mismos elementos y componentes que el Modelo 1 pero añadiendo relaciones entre elementos, siguiendo la estrategia (b), por lo que aparecen dependencias entre los componentes de variables explicativas y dentro de ellos. En concreto, se han asumido y reflejado en el modelo las siguientes hipótesis: (i) la influencia del número de dormitorios y de baños sobre el valor de una vivienda depende de la superficie útil de la misma (dadas dos viviendas con el mismo número de dormitorios y baños, la vivienda de mayor superficie tendrá más valor porque los dormitorios y baños serán más grandes), (ii) la influencia del número de dormitorios sobre el valor de una vivienda depende del número de baños (dadas dos viviendas con el mismo número de dormitorios, la vivienda con mayor número de baños tendrá más valor por la comodidad que ello supone) y (iii) la influencia del número de planta sobre el valor de una vivienda depende del número de ascensores (la presencia de ascensores es más valorada en las viviendas de mayor altura que en las que ocupan las primeras plantas del edificio). Las interdependencias (i) y (ii) se han representado en el Modelo 2 mediante una realimentación (flecha continua) en el componente VE_1 y flechas discontinuas entre las variables explicativas implicadas. La interdependencia (iii) se ha representado con una flecha continua del componente VE_1 hacia el componente VE_2 para indicar la influencia de la variable VE_{24} sobre la variable VE_{14} (flecha discontinua).

En el Modelo 2 la dominancia de las viviendas respecto a cada variable explicativa se ha tomado directamente del Modelo 1. La influencia de las variables explicativas sobre el valor de mercado se ha recalculado, asumiendo que es la misma para todas las viviendas (como en AHP). La interdependencia entre las variables explicativas se ha obtenido mediante comparación pareada. Los pesos de importancia relativa de todos los elementos de la red se recogen de forma ordenada en la supermatriz original (Tabla 7). Asumiendo por el experto valorador que el vector de pesos $[0,333, 0,333, 0,333]$ cuantifica la influencia de los componentes VE_1 , VE_2 y VE_3 sobre el componente A, y que el vector de pesos $[0,467, 0,267, 0,267]$ cuantifica la influencia de los componentes VE_1 , VE_2 y A sobre el componente VE_1 , se obtiene la supermatriz ponderada multiplicando las entradas de dichos vectores por los bloques correspondientes de la supermatriz original. Elevando a potencias sucesivas la supermatriz ponderada hasta alcanzar la convergencia de sus entradas se obtiene la supermatriz límite con un vector de pesos de importancia global $[0,079, 0,032, 0,030, 0,025, 0,006, 0,013, 0,013, 0,084, 0,021, 0,021, 0,044, 0,046, 0,037, 0,056, 0,019, 0,066, 0,050, 0,076, 0,059, 0,081, 0,063, 0,079]^T$. De la supermatriz límite se pueden extraer los pesos de importancia global de las

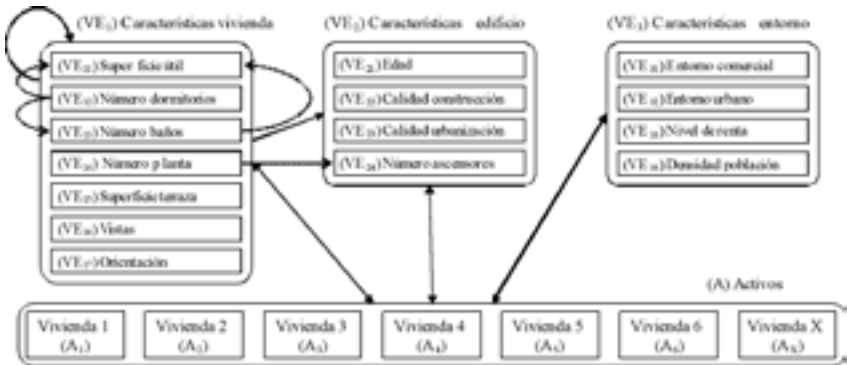
CUADRO 7
SUPERMATRIZ ORIGINAL EN EL MODELO 2

	VE ₁				VE ₂				VE ₃				A			
	VE ₁₁	VE ₁₂	VE ₁₃	VE ₁₄	VE ₁₅	VE ₁₆	VE ₁₇	VE ₁₈	VE ₁₉	VE ₂₀	VE ₂₁	VE ₂₂	VE ₂₃	VE ₂₄	VE ₂₅	VE ₂₆
VE ₁	VE ₁₁	0	0,750	1,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₁₃	0	0,250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VE ₂	VE ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₁₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₁₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₁₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VE ₃	VE ₁₉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₂₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₂₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₂₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	VE ₂₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₂₄	0	0	0	1,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₂₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₂₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	VE ₂₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₂₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₂₉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₃₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	VE ₃₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₃₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₃₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VE ₃₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	A ₁	0,143	0,158	0,161	0,241	0	0,091	0,067	0,100	0,258	0,125	0,167	0,167	0,172	0,091	0,176
	A ₂	0,134	0,105	0,129	0,008	0	0,455	0,267	0,095	0,032	0,083	0	0,100	0,103	0,091	0,176
	A ₃	0,122	0,105	0,161	0,241	0	0,091	0,133	0,190	0,258	0,083	0,333	0,133	0,138	0,091	0,176
	A ₄	0,170	0,158	0,129	0,090	0,167	0,091	0,133	0,144	0,097	0,250	0	0,133	0,138	0,091	0,059
A	A ₅	0,170	0,158	0,161	0,060	0	0,091	0,133	0,190	0,097	0,125	0,167	0,167	0,172	0,273	0,176
	A ₆	0,118	0,158	0,129	0,120	0	0,091	0,200	0,127	0,097	0,250	0,167	0,133	0,138	0,091	0,176
	A ₇	0,142	0,158	0,129	0,241	0,833	0,091	0,067	0,154	0,161	0,083	0,167	0,167	0,138	0,273	0,059
	A ₈	0,142	0,158	0,129	0,241	0,833	0,091	0,067	0,154	0,161	0,083	0,167	0,167	0,138	0,273	0,059

Fuente: Elaboración propia.

viviendas para calcular el ratio valor/ponderación según [3] y el valor de la vivienda X (Cuadro 8). El valor de la vivienda X obtenido es de 284.116 €, con un índice de adecuación de 94,19% (Cuadro 9).

FIGURA 3
MODELO 2 Y MODELO 3 (ANP)



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 8
CÁLCULO DEL VALOR DE LA VIVIENDA PROBLEMA EN EL MODELO 2

Vivienda	Valor (€)	Peso supermatriz	Peso normalizado	Ratio	Valor vivienda X (€)
A ₁	237.000	0,066	0,140		
A ₂	182.000	0,050	0,105		
A ₃	274.000	0,076	0,160		
A ₄	208.000	0,059	0,124		
A ₅	288.000	0,081	0,171		
A ₆	225.173	0,063	0,133	1.695.935	
A _x		0,079	0,168		284.116

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9
CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ADECUACIÓN EN EL MODELO 2

Vivienda	Valor (€)	Ratio*peso	IDiferencial	Valor medio	IDiferencial	I _s (%)
A ₁	237.000	237.000	0	235.696	1.305	94,19
A ₂	182.000	177.741	4.259	235.696	53.696	
A ₃	274.000	272.112	1.888	235.696	38.305	
A ₄	208.000	209.468	1.468	235.696	27.696	
A ₅	288.000	290.691	2.691	235.696	52.305	
A ₆	225.173	224.808	365	235.696	10.523	
		z =	10.672	z' =	183.827	

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Modelo 3

El Modelo 3 resuelve el problema de valoración con ANP, planteando la misma red que la Figura 3. La dominancia de las viviendas respecto a cada variable explicativa y la influencia de las variables explicativas sobre el valor de mercado de las viviendas se han tomado del Modelo 1, siguiendo la estrategia (a). La interdependencia entre las variables explicativas se ha tomado del Modelo 2, siguiendo la estrategia (b). Los pesos de importancia relativa de todos los elementos de la red se recogen de forma ordenada en la supermatriz original (Cuadro 10). El experto valorador ha asumido los mismos vectores de pesos de influencia entre componentes que en el Modelo 2, obteniéndose la supermatriz ponderada multiplicando las entradas de los vectores por los bloques de la supermatriz original. Elevando a potencias sucesivas la supermatriz ponderada hasta alcanzar la convergencia se obtiene la supermatriz límite, con un vector de pesos de importancia global [0,075, 0,027, 0,029, 0,027, 0,006, 0,015, 0,015, 0,086, 0,021, 0,021, 0,043, 0,046, 0,035, 0,053, 0,024, 0,066, 0,051, 0,077, 0,058, 0,081, 0,063, 0,079]^T. De la supermatriz límite se extraen los pesos de importancia global de las viviendas para calcular el ratio valor/ponderación según [3]. El valor de la vivienda X en el Modelo 3 asciende a 280.650 € (Cuadro 11) y el índice de adecuación a 98,61% (Cuadro 12).

CUADRO 10
SUPERMATRIZ ORIGINAL EN EL MODELO 3

	VE ₁				VE ₂				VE ₃				A												
	VE ₁₁	VE ₁₂	VE ₁₃	VE ₁₄	VE ₁₅	VE ₁₆	VE ₁₇	VE ₁₈	VE ₁₉	VE ₂₀	VE ₂₁	VE ₂₂	VE ₂₃	VE ₂₄	VE ₂₅	VE ₂₆	VE ₂₇	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	
VE ₁	VE ₁₁	0	0.750	1.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.269	0.226	0.277	0.294	0.283	0.277	0.277	0.277
	VE ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.192	0.161	0.170	0.157	0.189	0.170	0.158	
	VE ₁₃	0	0.250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.154	0.129	0.170	0.157	0.151	0.170	0.158	
	VE ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.154	0.161	0.170	0.196	0.189	0.170	0.158	
VE ₂	VE ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.038	0.032	0.043	0.039	0.038	0.043	0.050	
	VE ₁₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.077	0.194	0.085	0.078	0.075	0.085	0.079	
	VE ₁₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.115	0.097	0.085	0.078	0.075	0.085	0.119	
	VE ₁₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.516	0.333	0.571	0.516	0.588	0.516	0.533	
VE ₃	VE ₁₉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.161	0.133	0.143	0.129	0.118	0.129	0.133	
	VE ₂₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.129	0.133	0.114	0.161	0.118	0.161	0.133	
	VE ₂₁	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.194	0.200	0.171	0.194	0.176	0.194	0.200	
	VE ₂₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.294	0.294	0.294	0.250	0.294	0.294	0.318	
A	VE ₂₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.235	0.235	0.235	0.200	0.235	0.235	0.182	
	VE ₂₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.353	0.353	0.353	0.300	0.353	0.353	0.273	
	VE ₂₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.118	0.118	0.118	0.250	0.118	0.118	0.227	
	A ₁	0.143	0.158	0.161	0.241	0	0.091	0.067	0.100	0.258	0.125	0.167	0.167	0.172	0.091	0.176	0	0	0	0	0	0	0	0	
A	A ₂	0.134	0.105	0.129	0.008	0	0.455	0.267	0.095	0.032	0.083	0	0.100	0.103	0.091	0.176	0	0	0	0	0	0	0	0	
	A ₃	0.122	0.105	0.161	0.241	0	0.091	0.133	0.190	0.258	0.083	0.333	0.133	0.138	0.091	0.176	0	0	0	0	0	0	0	0	
	A ₄	0.170	0.158	0.129	0.090	0.167	0.091	0.133	0.144	0.097	0.250	0	0.133	0.138	0.091	0.059	0	0	0	0	0	0	0	0	
	A ₅	0.170	0.158	0.161	0.060	0	0.091	0.133	0.190	0.097	0.125	0.167	0.167	0.172	0.273	0.176	0	0	0	0	0	0	0	0	
A	A ₆	0.118	0.158	0.129	0.120	0	0.091	0.200	0.127	0.097	0.250	0.167	0.133	0.138	0.091	0.176	0	0	0	0	0	0	0	0	
	A ₇	0.142	0.158	0.129	0.241	0.833	0.091	0.067	0.154	0.161	0.083	0.167	0.167	0.138	0.273	0.059	0	0	0	0	0	0	0	0	

CUADRO 11
CÁLCULO DEL VALOR DE LA VIVIENDA PROBLEMA EN EL MODELO 3

Vivienda	Valor (€)	Peso supermatriz	Peso normalizado	Ratio	Valor vivienda X (€)
A ₁	237.000	0,066	0,140		
A ₂	182.000	0,051	0,108		
A ₃	274.000	0,077	0,161		
A ₄	208.000	0,058	0,123		
A ₅	288.000	0,081	0,170		
A ₆	225.173	0,063	0,133	1.695.952	
A _X		0,079	0,165		280.650

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 12
CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ADECUACIÓN EN EL MODELO 3

Vivienda	Valor (€)	Ratio*peso	IDiferencial	Valor medio	IDiferencial	I _s (%)
A ₁	237.000	237.000	0	235.696	1.305	98,61
A ₂	182.000	182.350	350	235.696	53.696	
A ₃	274.000	273.409	591	235.696	38.305	
A ₄	208.000	207.875	125	235.696	27.696	
A ₅	288.000	288.496	496	235.696	52.305	
A ₆	225.173	226.171	998	235.696	10.523	
		z =	2.560	z' =	183.827	

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Resumen de resultados

El Cuadro 13 recoge de forma resumida los resultados obtenidos con cada modelo. Se muestra el valor real de mercado de los comparables, conocido a priori, y el valor estimado de las viviendas para cada uno de los tres modelos planteados (entre paréntesis se muestra la diferencia entre el valor real y el valor estimado de los comparables). Asimismo, también se ha incluido el valor del índice de adecuación para poder comparar la bondad de los diferentes modelos.

Todos los modelos presentan índices de adecuación elevados, indicador de la calidad de los modelos. La opción de definir la influencia de las variables explicativas sobre el valor de mercado de cada vivienda (Modelo 1) proporciona un índice de adecuación menor que la opción de incorporar relaciones de interdependencia entre variables explicativas (Modelo 2). Al aplicar simultáneamente ambas interdependencias se obtiene el mayor índice de adecuación (Modelo 3), lo que demuestra que cuanta más información se incorpora en el modelo, mayor es la precisión de los resultados.

El Modelo 3 es el de mayor índice de adecuación, con un valor de 98,61% y con un error máximo en la estimación del valor de los comparables de 998 €, una cantidad que tan sólo representa el 0,44% del valor del inmueble en cuestión. Por tanto, el valor de la vivienda problema obtenido con el Modelo 3 (280.650 €) resulta el más adecuado para la estimación de su valor de mercado. No obstante, esta afirmación debe tomarse con cierta cautela, puesto que aunque el Modelo 3 es ciertamente el que registra un mayor índice de adecuación, también es el más exigente en cuanto al número de preguntas que debe responder el tasador. En este sentido, si el índice de adecuación del Modelo 2, 94,19%, puede considerarse aceptable y suficiente, podría darse por bueno su resultado ya que dicho modelo conlleva un coste mucho menor en cuanto a número de preguntas que el Modelo 3.

CUADRO 13
RESUMEN DE RESULTADOS

	Valor real (€)	Valor Modelo 1 (€)	Valor Modelo 2 (€)	Valor Modelo 3 (€)
Vivienda 1	237.000	244.295 (-7.295)	237.000 (0)	237.000 (0)
Vivienda 2	182.000	182.000 (0)	177.741 (+4.259)	182.350 (- 350)
Vivienda 3	274.000	271.912 (+2.088)	272.112 (+1.888)	273.409 (+ 591)
Vivienda 4	208.000	210.947 (-2.947)	209.468 (-1.468)	207.875 (+ 125)
Vivienda 5	288.000	284.212 (+3.788)	290.691 (-2.691)	288.496 (- 496)
Vivienda 6	225.173	228.632 (-3.459)	224.808 (+ 365)	226.171 (- 998)
Vivienda X	Desconocido	286.662	284.116	280.650
I _s (%)		89,35	94,19	98,61

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

Los métodos clásicos de valoración de inmuebles urbanos presentan dificultades a la hora de abordar contextos de escasa información, o en los que intervienen variables explicativas de carácter cualitativo. Ante esta situación, y dentro de la línea de investigación de valoración multicriterio, este trabajo presenta una nueva metodología comparativa de valoración de inmuebles urbanos basada en ANP, con el doble objetivo de aportar solución a los inconvenientes de los métodos clásicos de valoración de inmuebles urbanos y de enriquecer el conjunto actual de herramientas disponibles para el valorador.

El método ANP, al igual que su antecesor AHP, es capaz de abordar contextos de escasa información y de incorporar en el modelo variables explicativas de naturaleza cualitativa, por lo que representa una herramienta de gran utilidad para los profesionales de la valoración. El método ANP permite además dos estrategias: (a)

especificar para cada vivienda la influencia de las variables explicativas sobre el valor de mercado y (b) incluir relaciones de interdependencia entre variables explicativas. Dichas estrategias resultan de gran ayuda a la hora de modelizar los problemas reales de valoración de inmuebles urbanos.

La nueva metodología de valoración se ilustra con un caso real de estudio en el que se ha considerado un número elevado de variables explicativas interdependientes, y en el que se ha estudiado por separado la contribución de las estrategias de ANP sobre la bondad de los resultados, lo cual constituye una aportación novedosa sobre otros trabajos anteriores en los que dicha contribución no se analiza de forma aislada con diferentes modelos. De los resultados obtenidos se puede concluir que la estrategia (b) proporciona un mejor resultado que la estrategia (a), y que la aplicación simultánea de las dos estrategias tiene efectos sinérgicos sobre la bondad del modelo, evidenciando que cuanta más información se incorpora en el modelo mayor es la bondad de los resultados que se obtienen.

En definitiva, se puede afirmar que la nueva metodología presentada en este trabajo constituye un buen complemento a los métodos clásicos de valoración de inmuebles urbanos, y como se ha comprobado con la ayuda de los expertos de una sociedad de tasación resulta una herramienta que permite al tasador abordar situaciones complejas desde enfoques distintos a los tradicionales. Es necesario destacar que para la utilización de esta metodología se hace imprescindible un profundo conocimiento y experiencia por parte del experto, pero esta necesidad es, por otra parte, común a cualquier otro método utilizado. Otra característica importante del método propuesto es que puede utilizarse para valorar cualquier clase de activo siempre que se identifiquen correctamente las variables explicativas y los activos de referencia conforme a la legislación de aplicación en cada caso y, en el caso específico de la vivienda, a las particularidades regionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aragonés-Beltrán P, Aznar J, Ferrís-Oñate J, García-Melón M. Valuation of urban industrial land: An analytic network process approach. *European Journal of Operational Research* 2008; 185(1); 322-339.
- Aznar J, Guijarro F. Métodos de valoración basados en la programación por metas: modelo de valoración restringida. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 2004; 204; 29-45.
- Aznar J, Guijarro F. Estimating regression parameters with imprecise input data in an appraisal context. *European Journal of Operational Research* 2007a; 176(3); 1896-1907.
- Aznar J, Guijarro F. Modelling aesthetic variables in the valuation of paintings: an Interval Goal Programming approach. *Journal of the Operational Research Society* 2007b; 58; 957-963.
- Aznar J., Guijarro F., Moreno-Jiménez, J.M. Valoración agraria multicriterio en un entorno con escasa información. *Estudios de Economía Aplicada* 2007; 25(2); 389-409.
- Aznar J., Guijarro F., Moreno-Jiménez, J.M. Mixed Valuation Methods: A combined AHP-GP procedure for individual and group multicriteria agricultural valuation. En evaluación, 2008.
- Ballester, E. Nota sobre un Nuevo método rápido de valoración. *Revista de Estudios Agrosociales* 1973; 85; 75-78.
- Ballester, E., Rodríguez, J.A. El precio de los inmuebles urbanos. CIE Inversiones. Editorial Dossat 2000. 1999. 2ª edición.
- Bin O. A prediction comparison of housing sales prices by parametric versus semi-parametric regressions. *Journal of Housing Economics* 2004; 13; 68-84.
- Brañas, P.; Caridad, J.M. Demanda de características de la vivienda en Córdoba: un modelo de precios hedónicos. *Revista de Estudios Regionales* 1996; 46; 139-153.
- Caridad, J.M.; Ceular, N. Un análisis del mercado de la vivienda a través de redes neuronales artificiales. *Estudios de Economía Aplicada* 2001; 18; 67-81.
- Chang CW, Wu CR, Lin CT, Lin HL. Evaluating digital video recorder systems using analytic hierarchy and analytic network processes. *Information Sciences* 2007; 177; 3383-3396.
- Charnes A, Cooper W. *Management models and industrial applications of linear programming*. John Wiley & Sons, New York, 1961.
- Chica, J.M. Análisis de la estructura especial del precio de la vivienda. El caso de la ciudad de Granada. *Revista Española de Financiación de la Vivienda* 1992; 21; 67-77
- Demirtas EA, Üstün Ö. An integrated multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation. *Omega* 2008; 36; 76-90.
- Diakoulaki D, Mavrotas G, Papayannakis L. Determining objective weights in multiple criteria problems: the critic method. *Computers & Operations Research* 1995; 22(7); 763-770.
- García-Melón M, Ferrís-Oñate J, Aznar-Bellver J, Aragonés-Beltrán P, Poveda-Bautista R. Farmland appraisal based on the analytic network process. *Journal of Global Optimization* 2008; 42; 143-155.
- Kettani O, Khelifi K. ParITOP: A goal programming-based software for real estate assessment. *European Journal of Operational Research* 2001; 133(2); 362-376.
- Khan S, Faisal MN. An analytic network process model for municipal solid waste disposal options. *Waste Management* 2008; 28(9); 1500-1508.
- Montero, J.M. El precio medio del metro cuadrado de la vivienda libre: Una aproximación metodológica desde la perspectiva de la Geoestadística. *Estudios de Economía Aplicada* 2004; 22(3); 675-693.
- Moreno-Jiménez, J.M. El Proceso Analítico Jerárquico. Fundamentos. Metodología y Aplicaciones. En Caballero, R. y Fernández, G.M. Toma de decisiones con criterios múltiples. *RECT@ Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, Serie Monografías 2002; 1; 21-53.
- NIV (2005). Normas Internacionales de Valoración. Asociación Profesional de Sociedades de Valoración (edición española).
- Promentilla MAB, Furuichi T, Ishii K, Tanikawa N. A fuzzy analytic network process for multi-criteria evaluation of contaminated site remedial countermeasures. *Journal of Environmental Management* 2008; 88; 479-495.
- Romero, C (1991). Handbook of critical issues in Goal Programming. Pergamon Press, Oxford.

- Saaty TL. The Analytic Hierarchy Process. RWS Publications, Pittsburgh, 1980.
- Saaty TL. The Analytic Network Process: decision making with dependence and feedback. RWS Publications, Pittsburgh, 1996.
- Saaty TL. Decision making with dependence and feedback: The Analytic Network Process. RWS Publications, Pittsburgh, 2001.
- Segura, BAST; García, R. Vidal, F. Modelos econométricos de valoración. Aplicación a la valoración fiscal. *Inves-tigación Agraria: Producción y Protección Vegetal* 1998; 13; 221-241.
- Wolfslehner B, Vacik H. Evaluating sustainable forest management strategies with the Analytic Network Process in a Pressure-State-Response framework. *Journal of Environmental Management* 2008; 88; 1-10.