

# Aplicación del uso de valoraciones *hesitant* lingüísticas para una consultora de inmuebles

Rosana Montes<sup>1</sup>, Ana M<sup>a</sup> Sanchez<sup>1</sup>, Pedro Villar<sup>1</sup>, Francisco Herrera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. Lenguajes y Sistemas Informáticos. ETS. Ingeniería de Informática y Telecomunicación. Universidad de Granada,

{rosana,amlopez,pvillarc}@ugr.es

<sup>2</sup>Dpto. Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. ETS. Ingeniería de Informática y Telecomunicación. Universidad de

Granada, herrera@decsai.ugr.es

## Resumen

En este trabajo aplicamos el modelo lingüístico 2-tuplas con *hesitant fuzzy linguistic term sets* (HFLTS) para evaluar un sistema de toma de decisiones lingüístico que puede implementarse online. Partiendo de la evaluación objetiva y profesional que un determinado número de agentes inmobiliarios pueden realizar sobre los pisos y casas que se muestran para venta o alquiler en un sitio web inmobiliario, se podría ofertar al usuario un sistema que ordene su selección en base a los criterios ponderados elegidos por él mismo y las valoraciones lingüísticas colectivas de los expertos.

**Palabras Clave:** computación con palabras, conjuntos difusos *hesitant*, problemas de decisión lingüística.

En este trabajo utilizaremos un modelo lingüístico basado en *hesitant* para la toma de decisiones aplicado a una consultora del sector inmobiliario. El sistema oferta a su cliente la posibilidad de comparar y seleccionar el inmueble que mejor se le ajuste para su posterior decisión de compra o alquiler. Se toma como base las evaluaciones hechas por agentes del sector. Por lo general el inmueble se describe cuantitativamente: se ofrece una ficha descriptiva y un conjunto de fotos, que obliga al cliente a visitar el inmueble para tener una verdadera valoración de su situación, estado y otras características que, por su naturaleza, se describen cualitativamente. Nosotros añadimos valoraciones cualitativas de expertos proporcionando más información que lo que actualmente se muestra en portales del sector inmobiliario. Se hace uso de HFLTS para modelar situaciones en donde los expertos no pueden determinar con exactitud cual es la mejor valoración. Por tanto los usuarios de este modelo serán dos: los agentes inmobiliarios que actuarán de expertos y los usuarios online que participan como clientes con capacidad de expresar qué criterios se deben usar preferentemente sobre otros.

En la Sección 2 describimos conceptos preliminares y descriptivos de un problema multicriterio de decisión lingüística. La Sección 3 plantea un problema enmarcado en la Toma de Decisiones Lingüística (TDL) y sus restricciones y aplica el modelo para la consecución de sus resultados. Finalizamos con conclusiones y trabajos futuros.

## 1 INTRODUCCIÓN

La toma de decisiones es una actividad diaria, que va desde la decisión más insignificante hasta la más complicada. En ocasiones no somos conscientes de la complejidad implícita en un problema, salvo cuando intentamos realizar la toma de decisiones con modelos computacionales. En este contexto se han propuesto modelos que permiten operar con información lingüística [7, 8]. Esto ofrece una ventaja a las personas que utilizan este tipo de aplicaciones: cuando los expertos evalúan el potencial de cada alternativa, pueden hacerlo mediante valores cualitativos en lugar de cuantitativos. Esto mejora la experiencia del experto que usa el modelo, puesto que en ocasiones no nos expresamos con valores exactos sino de manera más próxima al lenguaje natural. Por ejemplo, decimos que el ruido es alto, no que percibimos un valor superior a los 60 dB. Recientemente se ha habilitado en problemas de Toma de Decisiones la posibilidad de proporcionar valoraciones poco precisas [9].

## 2 PROBLEMA DE DECISIÓN LINGÜÍSTICA MULTIEXPERTO-MULTICRITERIO

En el ámbito de la toma de decisiones definida bajo incertidumbre, se usa el Enfoque Lingüístico Difuso (ELD) que se basa en la Teoría de Conjuntos Difusos y para modelar la información se hace uso de modelos lingüísticos. La aplicación de la metodología de Computación con Palabras para enriquecer los Modelos de Decisión Lingüísticos –computing with words (CW) [7, 8, 12]– nos permite que en lugar de manipular información cuantitativa, nos apro-

ximemos más a un modelo humano de pensamiento. Nos referimos a seguir un proceso mental que se basa en información de naturaleza cualitativa, así como en semánticas comparativas (ej. esta primavera llueve más que la del pasado año), y que además permite expresar situaciones con incertidumbre en las premisas.

El modelado lingüístico de preferencias consiste en representar las preferencias de un problema mediante etiquetas lingüísticas de un conjunto de posibles etiquetas  $S^g = \{s_0, \dots, s_g\}$ . Se tienen  $N$  distintas decisiones posibles (o alternativas)  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$  y un conjunto de  $P$  expertos en la temática,  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_P\}$ . Cada experto realizará una valoración para cada variable lingüística y se obtendrá como resultado un vector de utilidad, en el que hay un valor de preferencia  $y_{ij}$  para cada una de las alternativas:

$$e_i \rightarrow (y_{i1}, \dots, y_{iN}), y_{ij} \in S^g. \quad (1)$$

Todas las valoraciones de los expertos se combinarán en un proceso denominado agregación, haciendo uso de la Computación con Palabras para obtener un conjunto final de soluciones. Las alternativas se evalúan de acuerdo a un conjunto de  $M$  criterios,  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_M\}$ , que pueden tener igual importancia o ser ponderados. Por tanto, cada experto proporciona un vector de utilidad para cada criterio y es necesario construir un orden global de preferencias.

De forma general para resolver un problema de decisión lingüística hay que considerar tanto los aspectos de representación de la información, como los del tratamiento de estos datos.

## 2.1 REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

El Enfoque Lingüístico Difuso usa palabras o frases definidos en un lenguaje natural que permite expresar información imprecisa con variables lingüísticas menos precisas y más flexibles que las numéricas (según la definición dada por Zadeh [11]). Más formalmente en [12], una variable lingüística se define por la quintupla  $\langle L, T(L), U, S, M \rangle$ , siendo  $L$  el nombre de la variable,  $T(L)$  el conjunto de palabras o valores posibles que puede tomar la variable lingüística,  $U$  el universo de discurso,  $S$  la regla sintáctica que genera términos en  $T(L)$  y  $M$  la regla semántica que asocia significado a un valor lingüístico. Pues bien, cada valor de la variable lingüística es un conjunto difuso que varía a lo largo del universo de discurso, de ahí el uso de la Teoría Clásica de Conjuntos Difusos para modelar la información.

Recientemente se han empleado también los conjuntos difusos HFS –del anglosajón Hesitant Fuzzy Sets [10]– en donde un conjunto de valores puede estar en la propia definición de función de pertenencia de un elemento. En [9] estos conjuntos difusos *hesitant*<sup>1</sup> han sido aplicados en la definición del conjunto de términos lingüísticos (Hesitant

Fuzzy Linguistic Term Set - HFLTS), permitiendo el uso de gramáticas libres de contexto, la creación de expresiones lingüísticas en las evaluaciones de los expertos, y por ende, haciendo más flexible el proporcionar información relacionada con el problema de toma de decisiones.

A continuación extendemos la idea del uso de *hesitant fuzzy linguistic term sets* para el conjunto de etiquetas lingüísticas. Sea  $S^g = \{s_0, \dots, s_g\}$  el conjunto ordenado finito de  $g + 1$  términos, o valores posibles de una variable lingüística  $\mathcal{D}$ . Sea  $H_S$  un subconjunto ordenado finito de términos de  $S^g$ . Según [9], la gramática libre de contexto  $G_H$  que produce expresiones gramaticales  $ll$  resultantes en  $H_S$  mediante la función  $E_{G_H}$ , nos permite tener expresiones lingüísticas para evaluar alternativas. Por ejemplo, para  $N = 4$  y  $S = \{nulo, bajo, medio, alto, completo\}$  las valoraciones del experto  $e_i$  se transformarían en HFLTS de la siguiente manera:

- $y_{i1}$  = inferior a bajo, siendo  $ll_1$ : menor o igual que  $s_1$  y por tanto  $H_S = \{s_0, s_1\}$ .
- $y_{i2}$  = superior a la media, siendo  $ll_2$ : mayor o igual que  $s_3$  y por tanto  $H_S = \{s_3, s_4\}$ .
- $y_{i3}$  = normal, siendo  $ll_3$ : entre  $s_2$  y  $s_4$  y por tanto  $H_S = \{s_2, s_3, s_4\}$ .
- $y_{i4}$  = media, siendo  $ll_4 = s_2$  y por tanto  $H_S = \{s_2\}$ .

Los modelos lingüísticos clásicos son dos: el modelo semántico o basado en el principio de extensión y el uso de funciones miembro, y el modelo simbólico. A este último grupo pertenece el modelo lingüístico 2-tuplas que mejora la precisión y la interoperabilidad de los datos, sobre todo en los casos en que se usen funciones triangulares de pertenencia y  $S$  se distribuya homogéneamente. La representación lingüística 2-tuplas [4, 6] se basa en la definición de traslación simbólica  $\alpha$ , valor que corresponde a la diferencia de información entre un valor resultante de un operador simbólico,  $\beta \in [0, g]$ , y un valor  $i$  de índice con correspondencia directa al término lingüístico que se espera como resultado. Usando esta representación la información se expresa con el par  $(s_i, \alpha)$ , esto es, etiqueta lingüística y valor numérico de traslación simbólica. Las operaciones de transformación de esta representación son dos:

- La función  $\Delta : [0, g] \rightarrow \langle S \rangle$ , asigna una 2-tupla asociada a  $S$  y definida como  $\langle S \rangle = S \times [-0.5, 0.5]$ :

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha), \text{ con } i = \text{round}(\beta), \alpha = \beta - i. \quad (2)$$

- La función  $\Delta^{-1} : \langle S \rangle \rightarrow [0, g]$ , identifica una 2-tupla de  $\langle S \rangle$  con un valor numérico en el intervalo  $[0, g]$ :

$$\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha = \beta \quad (3)$$

o dudoso, preferimos usar en este trabajo el término en anglosajón puesto que su aparición en bibliografía es reciente y no está clara su traducción.

<sup>1</sup>A pesar de que *hesitant* puede traducirse por vacilante, vago

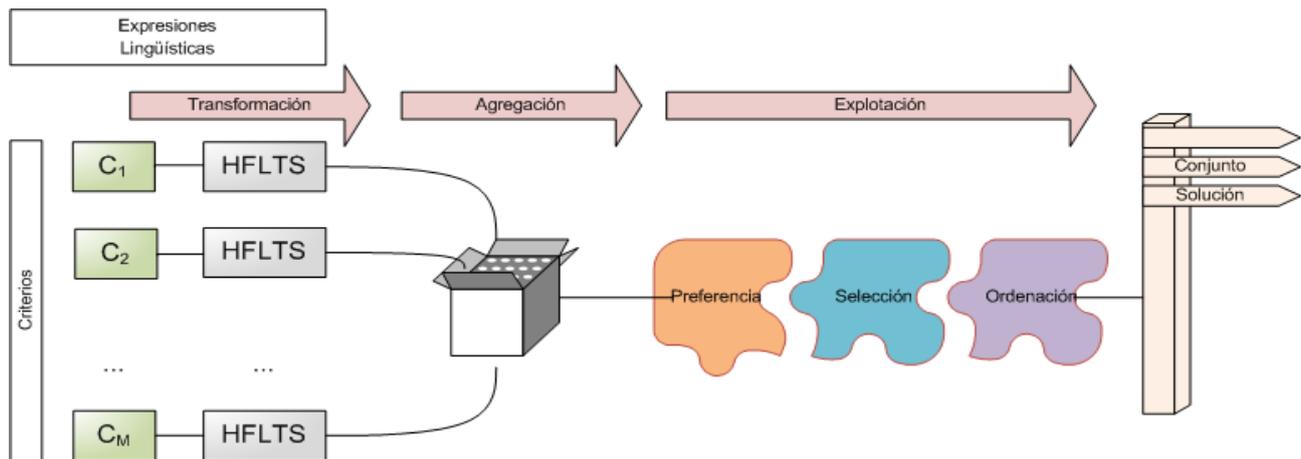


Figura 1: Proceso de toma de decisión para la resolución de un problema lingüístico basado en el modelo lingüístico 2-tuplas con HFLTS.

## 2.2 PROCESO DE COMPUTACIÓN

El proceso clásico de toma de decisiones lingüística para problemas multicriterio suele desglosarse en dos fases: agregación y explotación. Sin embargo en [4] se advierte de la conveniencia de emplear otras dos fases previas. Si además en la definición del conjunto de etiquetas lingüísticas se hace uso de expresiones lingüísticas representadas mediante HFLTS el proceso global se representa mejor mediante la Figura 1. Estas fases son:

1. Selección del conjunto de términos lingüísticos, su granularidad y su semántica. De esta forma se define el dominio en el que se expresan los expertos.
2. Transformación de las evaluaciones de los expertos dentro de un conjunto HFLTS con  $E_{GH}$ . Esto implica unificarlas a conjuntos de  $H_S^j(a_i)$ .
3. Agregación de las evaluaciones de cada experto con respecto a todos los criterios del problema. Se obtiene la actuación colectiva para las alternativas. Previamente se ha debido elegir el tipo de operador de agregación.
4. Explotación del valor de actuación colectiva. Se obtiene un ranking de valores de forma que las alternativas son ordenadas.
5. Resultado: conjunto de soluciones  $X_{ND} = \{\dots\}$ .

Para resolver las fases de agregación y explotación, el modelado lingüístico implica el uso de técnicas computacionales para realizar procesos de computación con palabras, definiendo operaciones tales como la agregación, la negación, comparación, etc. sobre datos lingüísticos. Cuando se expresa un problema de decisión lingüística multicriterio utilizando variables lingüísticas *hesitant*, representa-

dos mediante 2-tuplas lingüísticas, los operadores habituales deben ser extendidos para esta representación. Podemos extender operadores habituales de agregación simbólica, como LOWA, o bien, los habituales en la agregación numérica. Esto es, disponemos como agregación lingüística de 2-tuplas del operador de media aritmética y el de media aritmética ponderada.

Sea  $x = \{(r_1, \alpha_1), \dots, (r_n, \alpha_n)\} = \{\beta_0, \dots, \beta_n\}$  un conjunto de valores representados como 2-tuplas lingüísticas,  $W$  un vector de pesos y  $W'$  la normalización de los anteriores (tal que  $\sum_{i=0}^n w'_i = 1$ ), se define la media aritmética ponderada extendida  $\bar{x}^e$  como sigue:

$$\bar{x}^e(x) = \Delta \left( \frac{\sum_{i=1}^n \Delta^{-1}(r_i, \alpha_i) \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right) = \Delta \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i w'_i \right). \tag{4}$$

## 3 CONSULTORA DE INMUEBLES

Se tiene un sistema web que almacena ofertas de compra-venta y alquiler de inmuebles. Los clientes consultan la ficha del inmueble pero reconocen que la información descriptiva de la vivienda no es suficiente para decidirse ya que existen otros factores a considerar que no aparecen explícitamente. Esto es así porque la descripción de la vivienda viene dada por el vendedor o arrendador, que considerará que su inmueble es el mejor de todos (soleado, bien situado, etc.) y por supuesto al mejor de los precios. La realidad del mercado es distinta y quien mejor la conoce es el propio agente inmobiliario.

Una mejora a estos servicios puede venir por el hecho de añadir un sistema de ayuda a la decisión que recomiende uno o varios inmuebles al comprador/arrendatario. Este sistema se basaría en un conjunto de criterios ponderados por

el cliente, ya que habrá situaciones en las que sea más importante para el cliente el espacio de la vivienda, o su estado, y en otros casos lo será el número de servicios públicos existentes en la zona. Muchas de estas apreciaciones se expresan mejor con variables lingüísticas que con valores numéricos. Si el sistema permite que a la descripción habitual del inmueble se le añada la valoración de varios expertos, sería viable implementar un sistema de ayuda a la toma de decisiones que recomiende uno o varios inmuebles al comprador según sus propios criterios y su ponderación.

Los expertos son agentes inmobiliarios que conocen la zona y la situación actual del mercado, y por su actividad diaria tienen una visión más amplia de cómo caracterizar el inmueble, por lo que su valoración sobre éste enriquecerá en gran medida los datos que el vendedor o arrendatario haya añadido al dar de alta el inmueble en el portal anunciante.

### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE SOLUCIÓN

El inmueble, que suele ser caracterizado mediante atributos numéricos (nº de habitaciones,  $m^2$ ) o lógicos (ej. plaza de garaje sí/no), debe ahora ser adicionalmente valorado cualitativamente por varios expertos, atendiendo a los criterios que se listan en la Tabla 1. Esta información quedará almacenada en la ficha del inmueble. El modelo aquí propuesto trabajará únicamente con las expresiones lingüísticas representadas mediante HFLTS y realizará los procesos computacionales mediante el modelo lingüístico computacional 2-tupla.

El cliente tras realizar una búsqueda en el portal anunciante, debería poder hacer una selección de los inmuebles que les son más interesantes (el conjunto de alternativas), así como de su lista de características imprescindibles: lista de criterios y pesos asociados a dichos criterios. Como resultado obtendría el conjunto de inmuebles candidatos seleccionados por los expertos según los criterios del usuario. Este esquema de toma de decisiones puede verse reflejado en la Figura 2.

Tenemos un caso de uso que parte de una selección de  $N = 3$  inmuebles que han sido evaluados por un conjunto de expertos registrados en el sistema. Para el propósito de este ejemplo, tomaremos  $P = 3$  expertos que consideramos de igual relevancia, por lo que confiamos por igual en sus evaluaciones. Cada evaluación ha considerado los  $M = 9$  criterios lingüísticos que se listan en la Tabla 1. El usuario online, pondera los criterios mediante pesos  $\{w_1, \dots, w_M\}$ . Para este ejemplo usaremos  $Q = 2$  clientes que nos aportarán dos vectores de pesos para los criterios y por tanto nos mostrarán como obtener valoraciones diferentes de acuerdo al peso que los usuarios den a los criterios considerados. Siendo éste un problema multi-criterio y multi-experto, el vector de utilidad de alternativas definido en Eq. 1, dado

por el experto  $e_i$ , se extiende a una matriz  $N \times M$ :

$$e_i \rightarrow \begin{pmatrix} y_{i,11} & y_{i,21} & \dots & y_{i,N1} \\ y_{i,12} & y_{i,22} & \dots & y_{i,N2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{i,1M} & y_{i,2M} & \dots & y_{i,NM} \end{pmatrix}, \text{ donde } y_{i,jk} \in S^6. \quad (5)$$

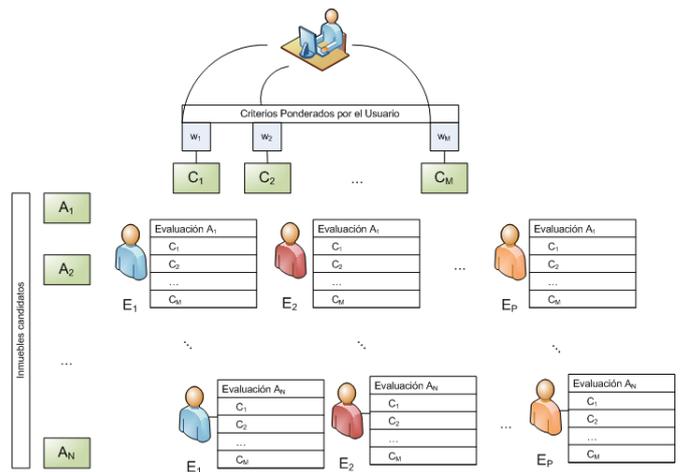


Figura 2: Ejemplo del proceso de decisión.

$ll$	$A_1$			$H_S(A_1)$		
	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_1$	$E_2$	$E_3$
$c_1$	m-a	a	a-ma	{m,a}	{a}	{a,ma}
$c_2$	b-m	m	b	{b,m}	{m}	{b}
$c_3$	a-ma	a	m-a	{a,ma}	{a}	{m,a}
$c_4$	ma	a-ma	m	{ma}	{a,ma}	{m}
$c_5$	p	$\geq a$	ma	{p}	{a,ma,p}	{ma}
$c_6$	m	b-m	a	{m}	{b,m}	{a}
$c_7$	ma	$\geq m$	$\geq a$	{ma}	{m,a,ma,p}	{a,ma,p}
$c_8$	b-m	m-a	m	{b,m}	{m,a}	{m}
$c_9$	ma	a	p	{ma}	{a}	{p}

Tabla 2: Expresiones lingüísticas dadas por los expertos sobre la alternativa  $A_1$ . En esta tabla  $s_i - s_j$  representa la expresión entre  $s_i$  y  $s_j$ . Transformación de cada expresión lingüística en HFLTS para el inmueble  $A_1$ .

### 3.2 SOLUCIÓN AL CASO DE ESTUDIO

A continuación describimos los pasos a seguir en el modelo propuesto. Primeramente se recogen las evaluaciones de los expertos mediante el sistema web indicado, y el uso de expresiones lingüísticas tomando un conjunto de etiquetas de 7 términos:  $S = \{\text{Nada (n), Muy Bajo (mb), Bajo (b), Medio (m), Alto (a), Muy Alto (ma), Perfecto (p)}\}$ . Posteriormente, y según el proceso mostrado en la Figura 1, se debe efectuar una transformación a conjuntos HFLTS. En

Criterio	Descripción
$c_1$ Calidad / Precio	Representa el precio de venta del inmueble no como un valor absoluto sino como un valor condicionado al beneficio que se consigue con la disposición (alquiler o compra) de éste.
$c_2$ Estado del inmueble	Determina la necesidad de reforma frente a la posibilidad de ocupar el inmueble de forma inmediata. Indirectamente representa el esfuerzo económico que hay que añadir a los gastos directos y el tiempo que será necesario invertir antes de poder disfrutar del bien en cuestión.
$c_3$ Luminosidad	Evalúa de forma conjunta el número de planta(s) que ocupa el inmueble, si las habitaciones son exteriores o no, la proximidad y altura de los inmuebles cercanos y también la orientación.
$c_4$ Molestia acústica	La existencia de fábricas, comercios o de servicios como un parque de bomberos puede incrementar el umbral de ruido acústico exterior.
$c_5$ Servicios básicos	Considera la oferta de servicios públicos (colegios, hospitales, ...) accesibles para el usuario de a pie.
$c_6$ Ocio y comercio	Considera la oferta de servicios relacionados con el ocio (cine, restaurantes, gimnasios) y comercios en general (peluquería, ferretería, talleres de reparación, etc) accesibles para el usuario de a pie.
$c_7$ Transporte público	Describe la oferta conjunta de transporte público en la zona (taxis, autobús, metro, etc.).
$c_8$ Comunicaciones	Indica la cercanía con puntos de acceso a autovía o carreteras de la red viaria nacional.
$c_9$ Otros gastos	Gastos asociados como cuota de la comunidad, portero o IBI.

Tabla 1: Criterios sobre los inmuebles que deberán ser valorados por los expertos.

la Tabla 2 se muestra esta primera acción de transformación para el caso del inmueble  $A_1$ . La expresiones completas y todos los datos de este ejemplo están disponibles en un Anexo web<sup>2</sup>. El siguiente paso consiste en agregar las opiniones de los expertos de forma que consigamos un valor colectivo que exprese la información de un conjunto de valores. Partimos de un vector de utilidad como el dado por los expertos para  $A_1$  y  $c_1$ :  $(\{m, a\}, \{a\}, \{a, ma\})$ . Primero calculamos el límite superior  $H_{S^+}^J(A_i)$  y posteriormente seleccionamos el mínimo  $H_{S_{min}^+}$  para cada HFLTS, empleando el operador *min\_upper* [9]. Esto es, con  $(\{a\}, \{a\}, \{ma\})$ , seleccionamos  $\{a\}$ . Seguidamente calculamos el límite inferior  $H_{S^-}^J(A_i)$  para cada HFLTS, y nos quedamos con el máximo  $H_{S_{max}^-}$  haciendo uso del operador *max\_lower* [9]. Esta vez tenemos  $(\{m\}, \{a\}, \{a\})$ , lo que nos deja  $\{a\}$ . El intervalo lingüístico resultante se define por  $H_{S_{min}^+}$  y  $H_{S_{max}^-}$ , siendo  $[a, a]$  en el ejemplo. Para los demás criterios, los intervalos lingüísticos resultantes de este proceso de agregación quedan expresados en la Tabla 3.

A continuación, agregamos la información proporcionada por los diferentes expertos para cada criterio y alternativa. Sea el intervalo lingüístico  $[s_i, s_j]$  con  $s_i, s_j \in S$ , su representación lingüística 2-tuplas según Eq. 2 es  $[(s_i, 0), (s_j, 0)]$ . Representando los valores de la Tabla 3 de esta forma, obtenemos intervalos lingüísticos 2-tuplas. Sean  $W_{U_1} = \{1, 1, 0.5, 0.8, 0.7, 0.7, 1, 0.8, 0.4\}$  los pesos dados por un usuario del sistema,  $U_1$ , y que corresponden a la importancia que le da el cliente a cada criterio. Utilizando el operador promedio ponderado  $\bar{x}^e$  de Eq. 4 por separado para los límites superiores e inferiores del intervalo se calcula el intervalo colectivo. Para  $A_1$  dicho intervalo es  $[(s_4, -0.260)$ ,

Criterios	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$c_1$	[a,a]	[m,a]	[m,a]
$c_2$	[b,m]	[a,ma]	[m,a]
$c_3$	[a,a]	[a,a]	[a,a]
$c_4$	[m,ma]	[a,a]	[b,b]
$c_5$	[ma,p]	[m,m]	[m,m]
$c_6$	[m,a]	[b,b]	[m,m]
$c_7$	[ma,ma]	[m,m]	[b,m]
$c_8$	[m,m]	[m,a]	[a,ma]
$c_9$	[a,p]	[b,m]	[m,a]

Tabla 3: Intervalos lingüísticos resultantes de la evaluación de los expertos.

$(s_4, 0.318)$ ]. El siguiente paso sería ordenar cada alternativa.

La determinación del conjunto solución, pasa por la selección de un criterio de ordenación, y la transformación inversa de la 2-tupla con Eq. 3 a una etiqueta lingüística. Para la ordenación hemos usado:

- Criterio pesimista: ordena por el valor más alto de todos los intervalos inferiores.
- Criterio optimista: ordena por el valor más alto de todos los intervalos superiores.
- Promedio: ordena por el valor medio de los intervalos.
- Agregación *hesitant*: emplea el grado de no-dominancia entre las alternativas [9].

Si introdujeramos otro usuario, los cálculos de la fase de

<sup>2</sup><http://lsi.ugr.es/rosana/estylf14>

agregación serían los mismos, y tan solo variaría el resultado de la fase de explotación. Por ejemplo, sea  $W_{U_2} = \{0.8, 0.5, 1, 0.6, 1, 0, 0.3, 0.4, 1, 0.5\}$ , la 2-tupla resultante para  $A_1$  es  $[(s_4, 0.019), (s_5, 0.411)]$ . Los resultados totales aparecen expresados en la Tabla 4 y muestran la alternativa  $A_1$  como predominante según la selección y ponderación dada por el usuario  $U_1$ . El mismo resultado se obtiene para el usuario  $U_2$  aunque hay que notar que el conjunto solución es diferente, y por tanto ante una misma evaluación de expertos, los pesos que el cliente aplica a cada criterio pueden resultar decisivos.

$H'_{U_1}$	Pesimista		Optimista		Promedio		Agr. <i>hesitant</i>	
	$\beta$	#	$\beta$	#	$\beta$	#	$\beta$	#
$A_1$	3.739	1	4.318	1	4.028	1	1	1
$A_2$	3.173	2	3.637	2	3.405	2	0.025	2
$A_3$	2.927	3	3.536	3	3.231	3	0	3

$H'_{U_2}$	Pesimista		Optimista		Promedio		Agr. <i>hesitant</i>	
	$\beta$	#	$\beta$	#	$\beta$	#	$\beta$	#
$A_1$	4.019	1	5.411	1	4.715	1	1	1
$A_2$	2.686	3	4.254	3	3.470	3	0.158	3
$A_3$	2.901	2	4.411	2	3.656	2	0.270	2

Tabla 4: Ordenación de las alternativas que resultan para los usuarios  $U_1$  y  $U_2$  dados los intervalos lingüísticos  $H'$  y la agregación para cada criterio. Leyenda de ordenación (#): 1 - preferente, 3 - el menos preferente.

#### 4 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo hemos aplicado la representación lingüística 2-tuplas con HFLTS a un problema real de toma de decisiones, como es el caso de la búsqueda de inmuebles, pisos o casas para alquiler o compra dentro de un mercado real. Si bien existen sistemas de apoyo a la decisión para sistemas web y móvil, ninguno de los portales inmobiliarios oferta en la actualidad un servicio al usuario similar a un sistema de decisión basado en modelos lingüísticos. Como hemos explicado en este trabajo, este problema de apoyo a la toma de decisiones multiexperto-multicriterio es resoluble y el uso de *hesitant* es fundamental para modelar en situaciones de incertidumbre las evaluaciones cualitativas de los agentes inmobiliarios. Además, el modelo de solución puede ampliarse con la inclusión de un factor de confianza en los agentes expertos.

Finalmente comentar que el sistema puede ser implementado en una plataforma online de una inmobiliaria o asociaciones de éstas, por lo que su uso por parte de expertos y su oferta a clientes es plausible.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de investigación TIN2011-28488 del Ministerio de Ciencia e Innovación.

#### Referencias

- [1] C. Alsina, E. Trillas: On the symmetric difference of fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems* 153, pp. 181–194, 2005.
- [2] D. Dubois, H. Prade: *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*, Kluwer Academic, New York, 1980.
- [3] P.C. Fishburn: *Utility Theory for Decision Making*. Wiley, Nueva York, 1970.
- [4] F. Herrera, F., E. Herrera-Viedma: Linguistic decision analysis: steps for solving decision problems under linguistic information. *Fuzzy Sets and Systems*, 115, pp. 67–82, 2000.
- [5] F. Herrera, L. Martínez: A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 8(6), pp. 746–752, 2000.
- [6] F. Herrera, L. Martínez: The 2-tuple linguistic computational model. Advantages of its linguistic description, accuracy and consistency. *International Journal of Uncertainty, fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 9, pp. 33–48, 2001.
- [7] F. Herrera, S. Alonso, F. Chiclana, E. Herrera-Viedma, Computing With Words in Decision Making: Foundations, Trends and Prospects. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 8:4, 2009.
- [8] L. Martínez, D. Ruan, F. Herrera, Computing with Words in Decision support Systems: An overview on Models and Applications. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 3:4 (2010)
- [9] R.M. Rodríguez, L. Martínez, F. Herrera: Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets for Decision Making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol.10(1), pp. 109–118, 2012.
- [10] V. Torra, Y. Narukawa: On hesitant fuzzy sets and decision, *Fuzzy Systems IEEE International Conference*, pp. 1378–1382, 2009.
- [11] L.A. Zadeh: The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning. *Information Sciences, Part I, II, III*, 8,8,9: pp. 199–249, pp. 301–357, pp. 43–80, 1975.
- [12] L.A. Zadeh: Fuzzy logic = computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 94(2), pp. 103–111, 1996.