

## Capítulo 5

### Validación de Modelo FuzzyEER: Ejemplos Prácticos

*“Ese otro órgano al que llamamos cerebro, ese con el que venimos al mundo, ese que transportamos dentro del cráneo y que nos transporta a nosotros para que lo transportemos a él, nunca ha conseguido producir algo que no sean intenciones vagas, generales, difusas y, sobre todo, poco variadas, acerca de lo que las manos y los dedos deberán hacer”.*

José Saramago (escritor portugués y Nobel de Literatura en 1998, 1922-)  
En su novela “La Caverna” (2002).

Un modelo de datos conceptual es importante al momento de especificar los requerimientos de los usuarios que necesitan desarrollar sistemas de información. También es importante el tipo de datos que debe considerar dicho modelo, así como también, algunas restricciones que sean necesarias contemplar. Se muestran aquí algunos ejemplos de casos reales de requerimientos de sistemas de información que involucren incertidumbre desde el punto de vista de la teoría de conjuntos difusos de Zadeh y las ventajas de aplicar el modelo FuzzyEER en los sistemas de información actuales.

En el capítulo 4 se explicaron variadas propuestas de la aplicación de dicha teoría en la extensión del modelo FuzzyEER, y se han dado pequeños ejemplos junto a la notación de: atributos, entidades y relaciones difusas, así como de restricciones. En este apartado se pretende modelar dos casos. El primer caso, es un sistema para la *gestión de una agencia inmobiliaria*, que ha sido expuesto en Galindo (1999); Galindo et al. (1999); Galindo y Aranda (1999), Galindo et al. (1999) y Galindo et al. (2002), pero en ninguno de estos trabajos se ha tratado el diseño conceptual. El segundo caso, es un sistema para el *control de la calidad del papel* en la confección de cartulinas, estos requerimientos han inquietado a la empresa de Cartulinas CMPC en Talca, Chile, siendo su objetivo, la necesidad de modelar un tipo de datos difícil de especificar, como es el caso de los atributos imprecisos que requiere su sistema de información. Producto de esta tesis, se ha desarrollado un esquema que reúna las necesidades de los usuarios de dicha empresa y su implementación en un FSQL se muestra en el apéndice IV apartado IV.3.

Para modelar ambos casos, en el apartado 5.1 y 5.2 se utiliza el modelo FuzzyEER propuesto en esta tesis, principalmente se extienden algunos dominios de los atributos, utilizando los tipos de datos difusos Tipo 1, 2, 3 y 4, y algunos cuantificadores en interrelaciones difusas. A su vez, se analizan algunas características de las especializaciones definidas por un atributo difuso, así como restricciones de completitud, participación difusa tanto, para subclases disjuntas como solapadas. En síntesis, aquí presentamos la aplicación del modelo FuzzyEER a casos de la realidad, que permiten mostrar la necesidad de contar con las características de este tipo de modelo.

Otro ejemplo relacionado es un sistema para “Museos Digitales en Internet: Modelo EER Difuso y Recuperación de Imágenes Basada en su Contenido”, publicado por Aranda et al. (2002) que no es discutido en este apartado, sino que presentado en el Apéndice V, por ser un bosquejo inicial.

## 5.1 Caso 1: Aplicación a una Agencia Inmobiliaria

Se considera que al modelar sistemas de información, en especial un caso de una *Agencia Inmobiliaria*, permite establecer la importancia del uso de un dominio de atributos con un tratamiento de imprecisión que utilice la teoría de conjuntos difusos propuesta por Zadeh (1965), siendo este concepto parte de la especificación de requerimientos de un usuario de hoy en día. Un estudio resumido del modelo FuzzyEER que exponemos a continuación fue presentado en Urrutia y Galindo (2002).

### 5.1.1 Modelo Conceptual ER/EER Aplicado a una Agencia Inmobiliaria

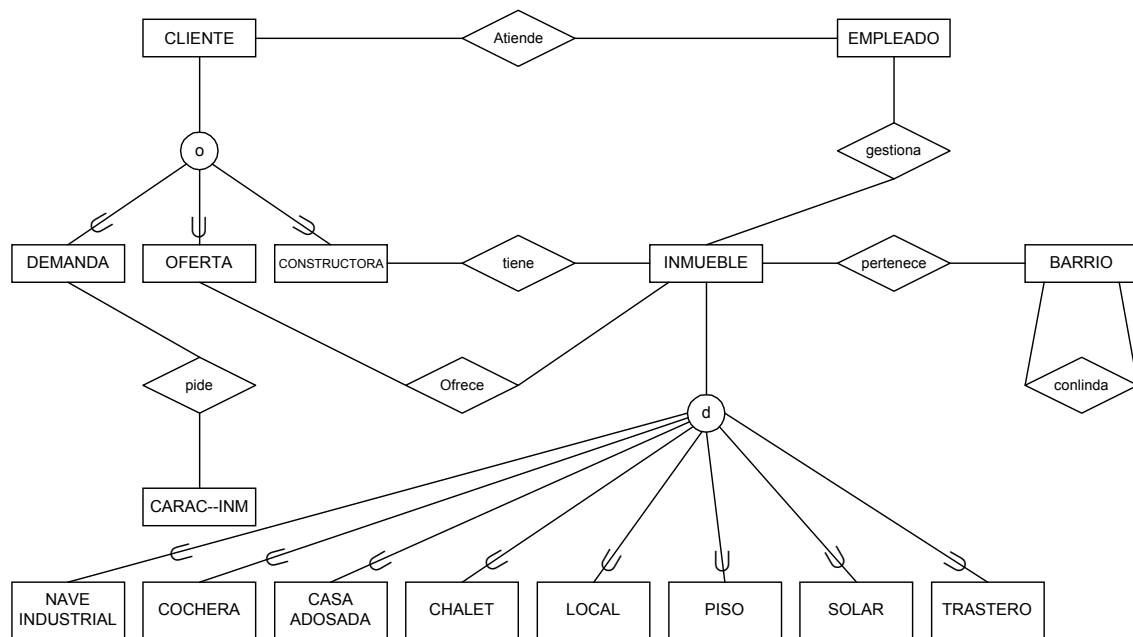
Un primer esquema de modelado, que se muestra en la Figura 5.1, está construido considerando las especificaciones expuestas en los trabajos anteriormente mencionados. Se modela un esquema, identificando las entidades y las interrelaciones existentes entre ellas, obtenidas de la especificación de requerimientos de los usuarios de algunas de las agencias inmobiliarias de Granada, especialmente la inmobiliaria InverGran.

En el modelo conceptual de una *Agencia Inmobiliaria*, se pueden distinguir entidades tales como: *CLIENTE* que requiere del servicio, *INMUEBLE* que la agencia tiene para ofrecer o

recibir, *BARRIO* donde se encuentra ubicado el inmueble y *EMPLEADO* que trabaja para la inmobiliaria. Además, se pueden encontrar algunas subclases (o subtipos) de clientes, tales como: demandantes, ofertantes, propietarios, constructoras, etc., que en algún momento pueden ser entidades disjuntas o solapadas. Por ejemplo, un cliente puede ser demandante y propietario de un inmueble que oferta.

Otra especialización es la de los tipos de inmueble clasificados como: chalet, casa adosada, piso, apartamento, dúplex, ático, cochera, nave industrial, solar, etc.. En este caso, observamos que cada subclase es disjunta, por ejemplo, un inmueble que sea una casa adosada no puede ser un chalet o un piso a la vez.

Un modelo de datos en ER/EER, considerando la descripción anterior, se muestra en la Figura 5.1 (sin expresar los atributos, por simplicidad, además de no ser parte de este estudio).



**Figura 5.1: Modelo ER/EER simplificado para una Agencia Inmobiliaria.**

Ahora, como parte de nuestro trabajo de tesis en el siguiente apartado se discuten algunos atributos y sus correspondientes dominios, tanto precisos como imprecisos. Sin embargo, para

establecer la propuesta del modelo de datos de la Agencia Inmobiliaria, se han simplificado algunos aspectos para centrarnos en aquellos puntos que son especialmente interesantes para este caso en estudio.

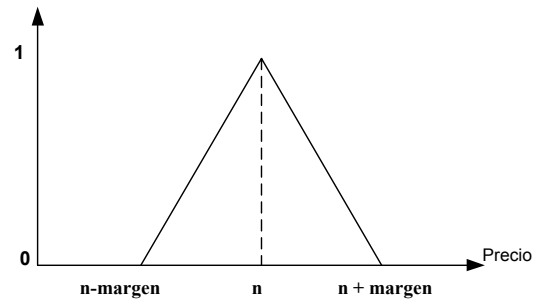
### 5.1.2 Tipos de Atributos Difusos Definidos en el Caso de la Inmobiliaria

Se han considerado las entidades de la Figura 5.1 por separado, para un mejor entendimiento de cada atributo y su dominio. Considerando este caso, analizaremos algunas representaciones de datos imprecisos (difusos) y su notación para las entidades *INMUEBLE* y *BARRIO*.

Se tiene la entidad *INMUEBLE* que define un esquema de: {Código, Dirección, Tipo\_operación, Antigüedad, Precio, Estado, Ruido}.

Los atributos clásicos que se pueden definir en este ejemplo son: Código que es el identificador del Inmueble, la Dirección donde se ubica el inmueble y el atributo Tipo\_operación que puede hacer mención si el Inmueble está en venta, alquiler o traspaso. Las características de cada atributo se analizan a continuación:

- Tipo atributo difuso T2:Antigüedad: Por lo general es difícil obtener la edad exacta de un inmueble, aunque sí podemos establecer su edad aproximada, o bien se puede considerar un tipo de inmueble con una clasificación de: “nuevo”, “regular” y “viejo”, este tipo de atributo tomará valores en estas etiquetas, pero en algún momento se puede requerir definir valores como “aproximadamente 25 años” (en la Figura 5.2 n=25).
- Tipo atributo difuso T2:Precio: En algunos casos el precio establecido para un inmueble no es fijo, sino que el propietario establece un valor aproximado, permitiendo así en algunas instancias reducir cierta cantidad el precio establecido, o en general, un valor fijo indicando a la agencia que estaría dispuesto a negociar el precio final. La Figura 5.2 muestra la representación gráfica del conjunto difuso “aproximadamente n”, siendo “n” el valor establecido por un propietario y “margen” las aproximaciones autorizadas.



**Figura 5.2: Representación del atributo difuso  $T_2$ : Precio “aproximadamente  $n$ ”.**

- Tipo atributo difuso  $T_3$ :Estado: Haciendo referencia al estado de un inmueble se pueden definir las etiquetas: {Super\_lujo, Lujo, Normal, Regular, Malo}, indicando la evaluación sobre el estado general del inmueble y sobre las comodidades y servicios que ofrece. La Tabla 5.1 muestra los grados de semejanza para este conjunto difuso.

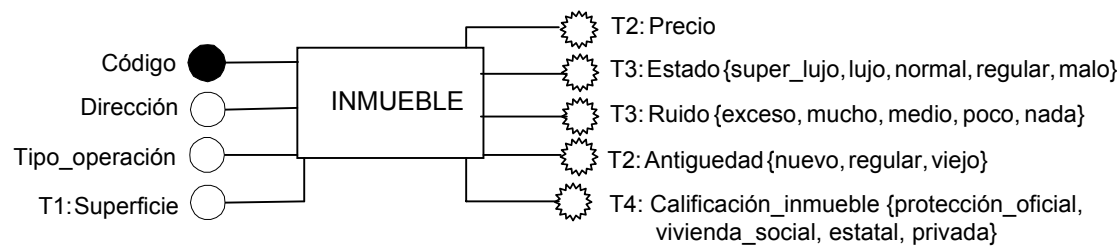
	Super_lujo	Lujo	Normal	Regular	Malo
Super_lujo	1	0.8	0.5	0.3	0.1
Lujo	0.8	1	0.8	0.5	0.3
Normal	0.5	0.8	1	0.8	0.5
rRegular	0.3	0.5	0.8	1	0.8
Malo	0.1	0.3	0.5	0.8	1

**Tabla 5.1: Tabla de semejanza para atributo difuso  $T_3$ : Estado de la entidad *INMUEBLE*.**

- Tipo atributo difuso  $T_3$ :Ruido: Supone definir para cada uno un conjunto de etiquetas escalares y grados de semejanza entre ellas, tales como: “exceso”, “mucho”, “medio”, “poco” y “nada”, por ejemplo, un inmueble puede tener el siguiente conjunto asociado {0.8/exceso, 0.6/mucho, 0.3/medio, 0/poco, 0/nada}.
- Tipo de atributo difuso  $T_4$ :Calificación inmueble: Supone definido por algunas etiquetas tales como: {Protección\_oficial, Vivienda\_social, Estatal, Privada}, estas etiquetas no tienen ninguna similitud. Por ejemplo, en el conjunto {0.5/Protección\_oficial, 0/Vivienda\_social, 1/Estatal, 0/Privada} no existe similitud entre las distintas calificaciones de inmueble, sino que es un grado asociado independientemente.

- Tipo de atributo difuso T1:Superficie toma valores clásicos, pero permite consultas difusas y en algún instante se le puede asociar tratamiento difuso, notación y significado, como por ejemplo: “aproximadamente n”, o bien, etiquetas lingüísticas.

La representación gráfica de la entidad *INMUEBLE* de los atributos difusos que se han definido, queda como lo muestra la Figura 5.3. La notación utilizada en el caso de los atributos difusos es un círculo estrellado unido a la entidad con una línea continua, junto al nombre del atributo de Tipo T1, T2, T3 o T4 y las etiquetas en caso que se requieran.



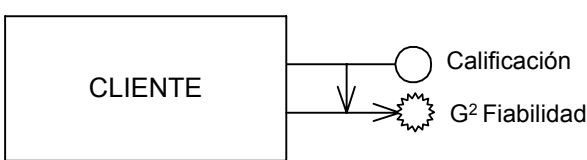
**Figura 5.3: Entidad *INMUEBLE* con atributos difusos T1, T2, T3, T4 y clásicos.**

Por otro lado, se pueden incorporar nuevos atributos difusos, por ejemplo, establecer valores para los atributos Luz y Vistas, supone definir para cada uno, un conjunto de etiquetas escalares y una relación de semejanza entre ellas, tales como por ejemplo: “pésimo”, “malo”, “normal”, “bueno”, “excelente” y “óptimo”. A la entidad *INMUEBLE* se le pueden definir variados tipos de atributos difusos, los presentados aquí han sido algunos de ellos.

### 5.1.2.1 Grado en Cada Valor de un Atributo

Como se mencionó en el apartado 4.1.2, también se puede añadir un grado para un atributo aunque este atributo sea difuso (Tipo 1, 2, 3 ó 4). Por ejemplo, decir que el valor de un *tipo de cliente* (demandante, ofertante, etc.) tiene una importancia (o un grado de cumplimiento de cierta propiedad), pero este grado no es porque sea atributo Tipo 3, sino que por ser un grado independiente.

Además, se tiene la entidad *CLIENTE* que puede establecer un grado de incertidumbre al ser calificado por la inmobiliaria por su fiabilidad, esto puede estar asociado a un atributo clásico *Calificación*. El modelo FuzzyEER que contempla un grado difuso para el atributo *calificación*, en este ejemplo, un grado  $G^2$  de incertidumbre para el atributo  $G^2$  *Fiabilidad*, se muestra en la Figura 5.4.



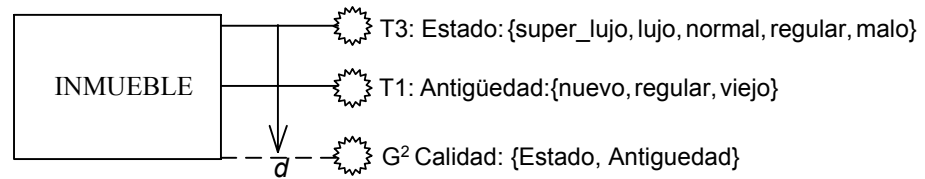
**Figura 5.4: Representación de grado difuso  $G^2$  Fiabilidad para el atributo “Calificación”.**

### 5.1.2.2 Grado en un Conjunto de Valores de Diversos Atributos

Este tipo de atributo fue tratado en el apartado 4.1.3, en lo que respecta a su notación, se tendrá algún tipo de grado asociado a uno a más atributos unidos por una flecha dirigida al atributo que contiene el grado correspondiente.

Los dominios de los atributos *Estado* y *Antigüedad*, explicados anteriormente, son conjuntos difusos con sus respectivas etiquetas. A partir de estos dos atributos se puede añadir un grado a ese grupo de atributos {*Estado*, *Antigüedad*} definiendo un atributo *Calidad*. El significado de este “grado de calidad” del conjunto difuso {*Estado*, *Antigüedad*} puede variar dependiendo del contexto. Por ejemplo, se puede dar:

- Grado de incertidumbre: Mide en qué medida los valores de los atributos {*Estado*, *Antigüedad*} son ciertos, dependiendo de cómo se hayan calculado esos dos valores. Véase el la representación de  $G^2$  *Calidad* de la Figura 5.5.
- Grado de importancia: Para un Inmueble esos atributos pueden ser más importantes que para otros. Por ejemplo, el *estado* y la *antigüedad* pueden definir un grado de *calidad* de un inmueble.



**Figura 5.5: Gráfica de atributos para grado de conjunto de valores  $G^2$  Calidad de la entidad *INMUEBLE*.**

Para el caso del atributo  $G^2$  {Estado, Antigüedad},  $d$  representa la fórmula de cálculo de derivación del atributo difuso. Considérese también que este atributo con las mismas características puede ser introducido por el usuario.

### 5.1.3 Especializaciones Disjuntas y Solapadas Definidas por un Atributo Difuso en el Caso de la Agencia Inmobiliaria

Un aporte interesante, es el tipo de atributo que define las subclases (definido en el apartado 4.4.4) de la entidad *INMUEBLE*, en este caso el atributo *Tipo\_Inmueble* puede estar definido como atributo difuso Tipo 3 en una especialización disjunta. Véase Figura 5.6.

La entidad *INMUEBLE* puede ser definida como una superclase de una especialización disjunta que define los tipos de inmuebles (chalet, casa adosada, piso, cochera, nave industrial, solar, etc.). Las subclase o subclases son disjuntas, ya que, por ejemplo un inmueble que sea una casa adosada no puede ser un chalet o un piso a la vez, todo esto está definido en el vínculo con un círculo con una “d” en su interior, pero estas subclases pueden tener una similitud definida por un tipo de atributo difuso  $T3:Tipo\_inmueble$  que además define la subentidad o subclase.

Para el atributo difuso  $T3:Tipo\_inmueble$ , su notación ha sido considerada con una línea quebrada, la doble línea indica que la participación es total. Este atributo difuso permite establecer la semejanza entre las instancias pertenecientes a algunas de las subclases, por ejemplo, existe una semejanza entre un chalet y una casa adosada en algún grado, esta representación permite modelar la especificación de requerimientos que establece, por ejemplo, *“en algún momento un cliente puede buscar cierto tipo de inmueble (un chalet, por ejemplo) pero, por su semejanza también podremos ofrecerle otro tipo de inmuebles (una casa adosada,*



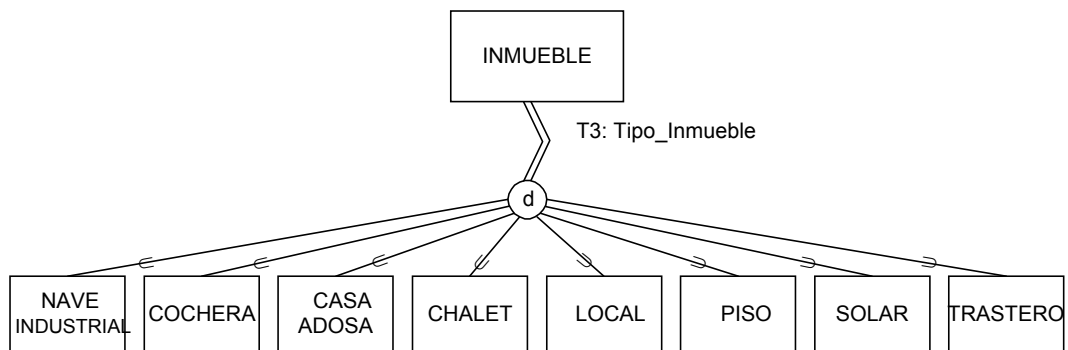
por ejemplo)”. El atributo difuso Tipo 3 permite establecer que un chalet se parece a una casa adosada en un cierto grado de forma que un cliente que busque un chalet, es un cliente potencial de las casas adosadas, por lo que deberían tomarse en cuenta a la hora de ofertarle un inmueble. En general, la relación de similitud será cero entre la mayoría de ellos, pero entre algunos será distinta de cero y puede ser de gran utilidad al usuario. Otro ejemplo, también se puede establecer una similitud entre nave industrial y un solar, entre trastero y cochera, entre piso y casa adosada, etc.

La Tabla 5.2, muestra algunas subclases que pueden ser similares, identificadas por el atributo difuso T3:Tipo\_inmueble. Por ejemplo para el tipo de inmueble Chalet se puede establecer el conjunto de similitudes por {1/Chalet, 0.8/Casa adosada, 0.5/Piso, 0.1/Local, 0/Nave Industrial, 0/Cochera, 0/Solar, 0/Trastero}.

	Nave Industrial	Cochera	Casa Adosada	Chalet	Local	Piso	Solar	Trastero
Nave Industrial	1	0.2	0	0	0.1	0	0.8	0.6
Cochera	0.2	1	0	0	0.4	0.1	0.4	0.3
Casa Adosada	0	0	1	0.8	0.2	0.6	0	0
Chalet	0	0	0.8	1	0.1	0.5	0	0
Local	0.1	0.4	0.2	0.1	1	0.2	0	0.3
Piso	0	0.1	0.6	0.5	0.2	1	0	0.1
Solar	0.8	0.4	0	0	0	0	1	0.3
Trastero	0.6	0.3	0	0	0.3	0.1	0.3	1

**Tabla 5.2:** Tabla de similitud de atributo difuso T3:Tipo\_Inmueble para una especialización.

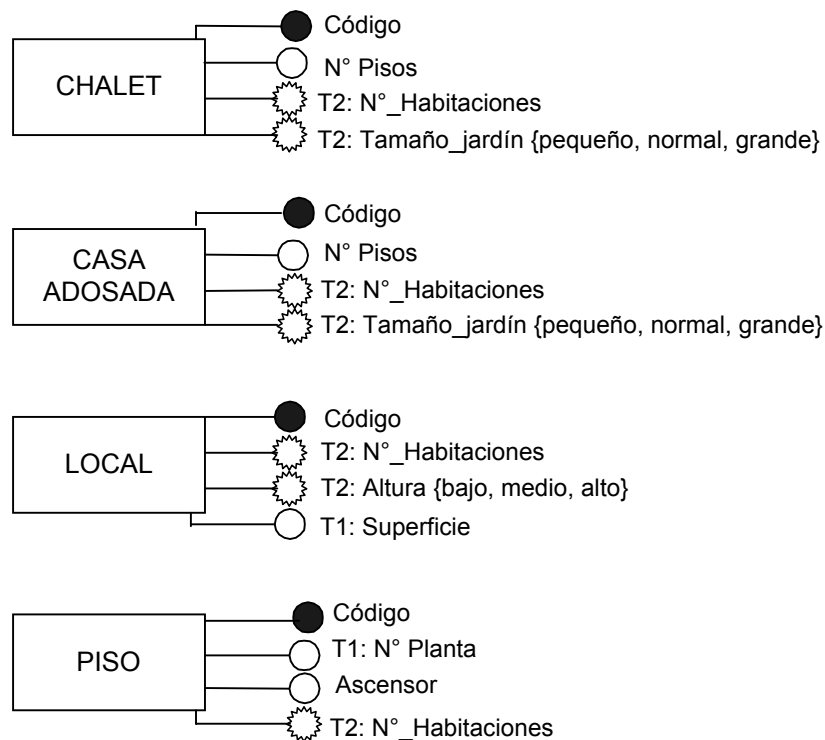
Además, en cada una de estas subclases se pueden definir atributos difusos Tipos 1, 2 y 3, como puede observarse en la Figura 5.7, la cual muestra algunos atributos difusos y otros clásicos. Este tipo de representación permite definir dominios tan flexibles como lo requiera el usuario.



**Figura 5.6:** Especialización disjunta difusa definida por atributo T3:Tipo\_Inmueble.

Otro tipo de especificación de requerimientos típico de una Agencia Inmobiliaria podría ser la necesidad de que, por ejemplo, “*un tipo de vivienda, con unos seis dormitorios que tenga un jardín y que no sea muy grande*”. Para esta consulta, un tipo de atributo difuso T2:Tamaño\_Jardín está dado por las etiquetas lingüísticas {pequeño, normal, grande} y un tipo de atributo difuso T2:N°\_Habitaciones puede ser una etiqueta “aproximadamente 6”, por ejemplo, la subclase casa adosada en la Figura 5.7.

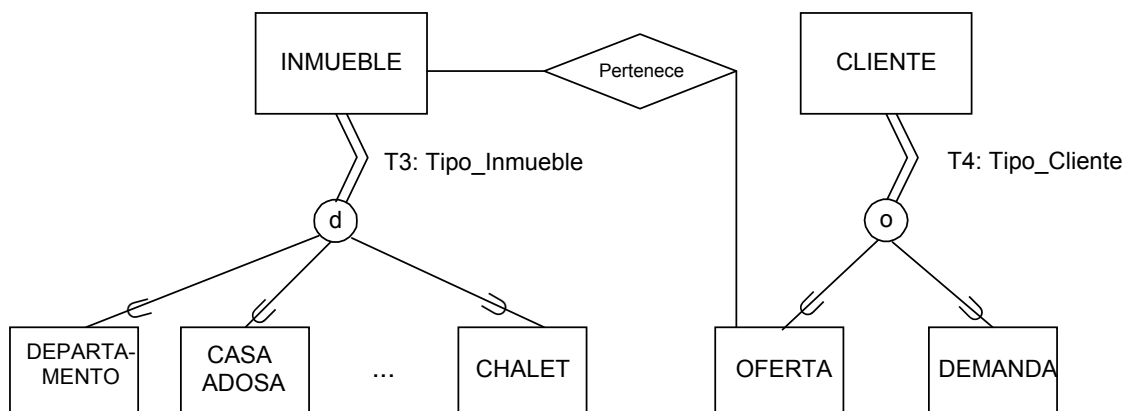
En este ejemplo, se puede definir el atributo *Superficie* como un atributo Tipo 1, suponiendo que se conoce con exactitud ese dato, pero se requiere en ocasiones de consultas difusas sobre dicho atributo. En la Figura 5.7 la entidad *LOCAL* incorpora este atributo, pero se debe tener en cuenta que las otras entidades también pueden tener este atributo.



**Figura 5.7: Atributos de algunas subclases según distintos Tipos de Inmuebles.**

Otro caso de especialización pueden ser solapadas con un atributo difuso, se puede encontrar al definir un tipo de atributo difuso  $T4: \text{Tipo\_Cliente}$ .

La entidad *CLIENTE*, puede definir una especialización en este caso solapada de subclases *OFERTA* y *DEMANDA*, y todo propietario de inmueble tiene un dueño, el cual es el cliente. Otra clase de cliente es el demandante quien está buscando una propiedad, en ese caso, la especialización solapada hace que un cliente pueda ser propietario y demandante al mismo tiempo, el cual es definida por un tipo de atributo difuso, que asocia un grado difuso, con que cada cliente pertenece a cada subclase (véase Figura 5.8). El atributo difuso *Tipo\_Cliente* que es de Tipo 4, permite guardar una distribución de posibilidad relativa a las subclases para representar cualquier concepto difuso. En efecto, a un cliente se le puede asociar un conjunto difuso, por ejemplo,  $\{0.4/\text{propietario}, 1/\text{demandante}\}$ . Lo que significa que se trata de un cliente que está buscando urgentemente un inmueble para alquilar y esta ofreciendo su propiedad a la Agencia Inmobiliaria, para ser arrendada, pero sin ninguna urgencia. Finalmente, nótese que las subclases no son difusas, porque un cliente es o no es propietario o demandante.



**Figura 5.8: Atributos difusos  $T3: \text{Tipo\_Inmueble}$  y  $T4: \text{Tipo\_Cliente}$ , que definen especializaciones.**

Nótese que para el caso de la especialización definida por  $T3: \text{Tipo\_Inmueble}$ , es un tipo de atributo difuso porque tiene asociada la Tabla 5.2 para las similitudes entre cada subclase. Sin embargo la especialización definida por el atributo  $T4: \text{Tipo\_Cliente}$  puede ser definida independientemente de una relación de similitud.

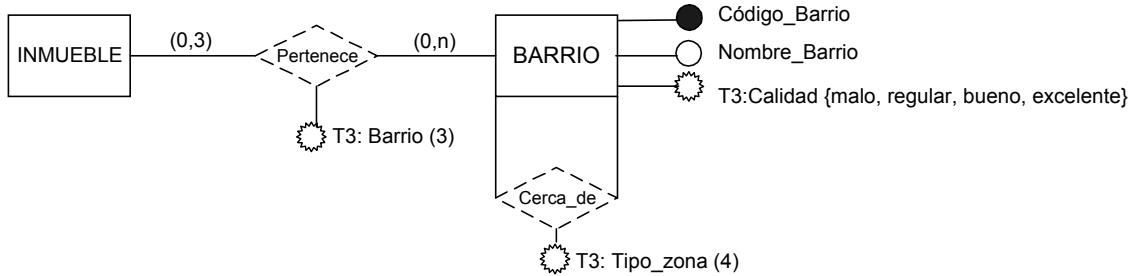
#### 5.1.4 Interrelaciones Difusas Definidas en el Caso de la Agencia Inmobiliaria

En el apartado 4.2.3 se analizaron las interrelaciones difusas definidas por un atributo difuso que asocia entidades, el caso de la agencia inmobiliaria genera gran expresión al ser aplicado en el modelo FuzzyEER, según los requerimientos del caso.

En una entidad *BARRIO*, se puede establecer un esquema de {Código\_barrio, Nombre\_barrio, Calidad, Tipo\_zona}. Los atributos de Código\_barrio y Nombre\_barrio del barrio serán atributos *crisp* o clásicos. El atributo Calidad del barrio es difuso Tipo 2 con un dominio subyacente en el intervalo [0,10] y con las siguientes etiquetas definidas {"malo", "regular", "bueno", "excelente"} que se ha establecido. El atributo Tipo\_Zona será difuso Tipo 3 con un dominio que permita establecer la clase de entorno en el que se ubica el barrio {"centro", "periferia", "urbano", "rural", "playa", etc.}. Como ya se sabe, un barrio, podría tener asociadas varias etiquetas (cada una con su grado), por ejemplo, en la Figura 5.9 se muestra un atributo difuso  $T3:Tipo\_zona(4)$ . Observe que el cuatro entre paréntesis, especifica que el máximo de zonas a la que hace referencia por cada instancia de inmueble es cuatro. Así se considera la interrelación recursiva difusa *Cerca\_de*, para la entidad *BARRIO*, que indica que cada barrio puede estar cerca de varios otros barrios. La interrelación difusa establece que para cada dos barrios que estén interrelacionados se añade un grado que indica en qué medida ambos barrios están cerca entre sí. Este tipo de especificación puede aportar gran expresividad al modelo, así como también, permite gran utilidad a los usuarios y los clientes. Así una búsqueda en un barrio permite recuperar inmuebles en barrios colindantes (más o menos según el grado establecido y su grado de cercanía).

En la Figura 5.9 se muestra la interrelación entre las entidades *INMUEBLE* y *BARRIO*. Este es un caso especial, porque cada inmueble puede estar situado en un punto tal que pertenezca a varios barrios, o bien, que pertenezca a uno pero relativamente cerca de otro u otros barrios. Por eso, se establece una interrelación difusa llamada *Pertenece*. Además, se tiene que para un inmueble determinado se propone considerar datos de posición relativa de hasta tres barrios distintos, pudiendo ser más si el usuario lo requiere. Por ejemplo, para un inmueble la intersección difusa podrá indicar que el valor de su atributo  $T3:Barrio$ , toma la siguiente distribución de posibilidad {0.5/Norte, 1/Oriente, 0.2/Plaza\_España}, indicando que está situado propiamente en la zona del barrio de Oriente más cerca del barrio Norte que del barrio de la Plaza de España. En la Figura 5.9 está representado el tipo de atributo  $T3:Barrio(3)$  debajo de la interrelación *pertenece*. Así mismo, la cardinalidad (min,max) que tiene como mínimo 0

barrios colindantes y un máximo de 3, mientras que un barrio puede tener entre 0 y n inmuebles situados en él.



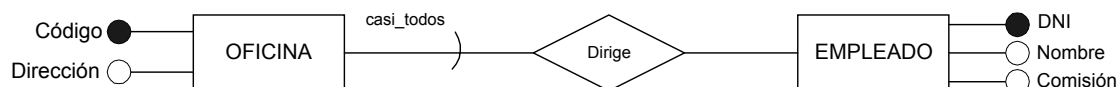
**Figura 5.9:** Atributos Tipo 3 en interrelación difusa “Pertenece” e interrelación difusa “Cerca\_de”.

Nótese que cada Barrio es una etiqueta “convertida en instancia”, con sus propios atributos (calidad, tipo\_zona, etc.).

### 5.1.5 Restricciones entre Interrelaciones Definidas en Caso de la Inmobiliaria

Los tipos de restricciones en una interrelación difusa propuestos en el apartado 4.4, pueden ser utilizadas en este caso, considerando las entidades *EMPLEADO* y *OFICINA* con una interrelación *Dirige*. Una restricción difusa la hace el uso de un cuantificador “*casi\_todos*”. El cuantificador puede ser relativo o absoluto, con uno o dos umbrales de cumplimiento que pueden flexibilizar más aún la restricción como se mostró en el apartado 4.3.1.

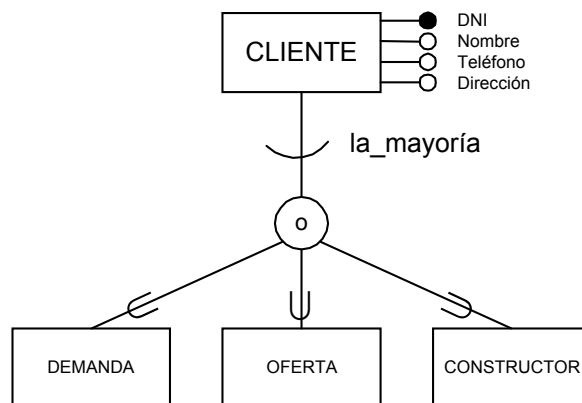
Nótese que en el modelo ER/EER clásico la participación sólo puede ser total o parcial (o todas las oficinas tienen que tener director o no), impidiendo expresar restricciones más flexibles, como el esquema en FuzzyEER de la Figura 5.10 representando la restricción “*casi todas las oficinas son dirigidas por algún empleado*”.



**Figura 5.10:** Restricción de participación en entidades *OFICINA* y *EMPLEADO* con cuantificador “*casi\_todos*”.

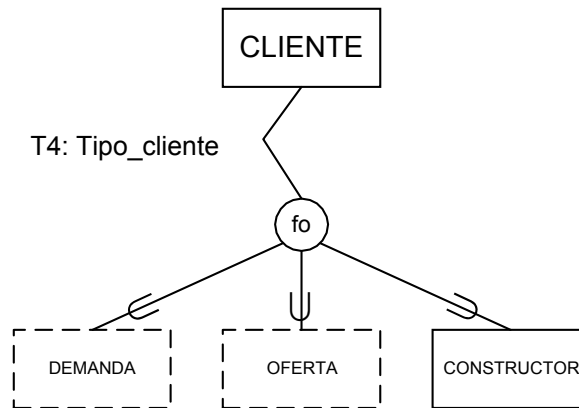
Otro tipo de restricción consiste en usar cuantificadores difusos en la restricción difusa de completitud en una especialización. Por ejemplo, tal vez sería interesante incorporar en qué medida las instancias de las superclases pertenecen a las subclases utilizando etiquetas lingüísticas como “*la mayoría*”. Por ejemplo, “*la mayoría de los Clientes tienen inmuebles en demanda, oferta o constructor*”. Esto se expresa en la Figura 5.1, como una especialización de completitud difusa con un cuantificador “*la mayoría*”. Esta información puede ser útil para clasificar a los clientes de la empresa para distintos objetivos (publicidad, ofertas, cartas de felicitaciones, etc.).

La entidad *CLIENTE* se puede definir en base a un esquema {DNI, Nombre, Teléfono, Dirección}. En este caso todos los atributos son de tipo tradicional, sin imprecisión, pudiendo en algún momento definir otros tipos de atributos. La Figura 5.11, muestra la entidad *CLIENTE* sus atributos y las subclases de una especialización solapada con una restricción de completitud difusa. Como estas subclases tienen sólo atributos clásicos no se ha considerado relevante incluirlos en detalle.



**Figura 5.11: Representación de superclase *CLIENTE* y restricción de completitud difusa en una especialización con cuantificador “*la mayoría*”.**

Otro caso interesante de esta especialización es utilizar un tipo de atributo difuso en la clasificación del tipo de cliente que sea Tipo 4 en la superclase *CLIENTE*. La Figura 5.12 muestra la especialización solapada por T4:Tipo\_Cliente con superclases difusas (tratado en el apartado 4.4.4) y completitud parcial, que indica que un cliente pertenece con un cierto grado a la subclase *DEMANDA* y *OFERTANTE* (pero algunos pueden no pertenecer a la subclases). Este ejemplo es distinto al presentado en las Figuras 5.8 y 5.11.



**Figura 5.12: Especialización por tipo de atributo difuso T4: Tipo\_Cliente.**

Generalizando la propuesta de modelado difuso FuzzyEER para el caso de una Agencia Inmobiliaria, hemos discutido algunos de los atributos difusos y restricciones difusas que intervienen en este caso, pero sabemos que se pueden incorporar otras características difusas, considérese que las mostradas aquí son las más representativas. Obsérvese que el modelo presentado puede satisfacer consultas como: “*Seleccione los inmuebles del tipo chalet o similar (con grado 0.8), que tienen unas seis habitaciones o más y están situados en el barrio Sur o en sus cercanías (con grado 0.3)*”.

## 5.2 Caso 2: Aplicación al Control de la Calidad del Papel

Aquí recogemos los requerimientos de un sistema de *control de la calidad del papel* de la planta Maule CMPC, cuyo rubro es la fabricación de cartulinas estucadas, donde se da el caso de tener que representar atributos con y sin imprecisión. La importancia que tiene este tipo de sistema para la empresa, es que debe discernir claramente la calidad del papel que ofrece, para dar el mejor servicio a sus clientes. Un estudio resumido de este caso fue presentado en Urrutia (2002).

### 5.2.1 Modelo Conceptual para el Control de Calidad del Papel en ER/EER

La Planta Maule de CMPC se especializa en la producción de cartulinas estucadas. Estas cartulinas se dividen en cuatro tipos, que se diferencian principalmente por las características o color del reverso de éstas. Los tipos de Cartulinas son:

- Cartulina Maule Café (RC).
- Cartulina Maule Reverso Blanco (RB).
- Cartulina Maule Reverso Manila (GC2).
- Cartulina Maule Reverso Estucado (Graphics).

Cada cartulina tiene asociado un gramaje estándar (correspondiente al grosor y espesor de la cartulina). Este gramaje estándar se distribuye en varias capas de fibras y de estuco. Las capas se clasifican en:

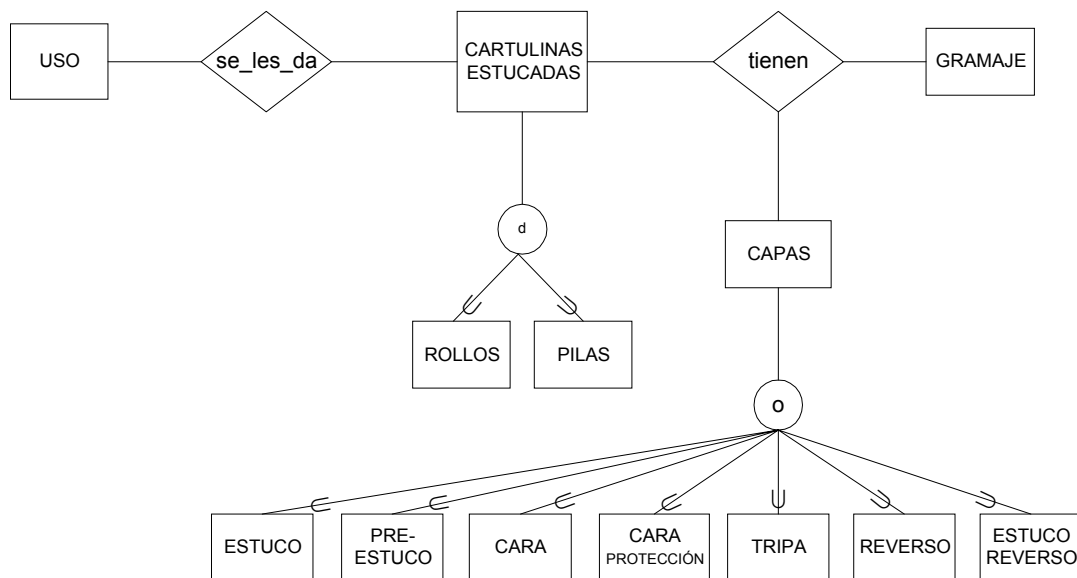
- Capa de Estuco.
- Capa de Pre-estuco.
- Capa Cara.
- Capa Protección.
- Capa Tripa.
- Capa Reverso.
- Capa de Estuco Reverso.

Los distintos tipos de cartulinas y gramajes son producidos teniendo como referencia un recetario estándar y en la fabricación de las cartulinas se obtienen dos productos terminados, llamados: Rollos y Pilas. Durante todo el proceso de conversión de las cartulinas se pueden detectar diferentes defectos, tales como: rollos o pilas mojadas, orillas picadas, orillas blandas, sucias, arrugadas, superficies englobadas, humedad, entre otros. En un modelo conceptual, tal como lo muestra la Figura 5.13, se identifican las entidades y las interrelaciones existentes entre ellas, obtenidas de la especificación de requerimientos definidas por los expertos de la Planta Maule.

En este caso de estudio, que hemos llamado *Control de Calidad del Papel en la CMPC*, se han distinguido algunas entidades tales como: *CARTULINAS ESTUCADAS* de las cuales provienen los productos terminados *ROLLOS* y *PILAS*, también las cartulinas Estucadas están



relacionadas con la entidad *CAPAS* las que componen los diferentes tipos de *GRAMAJE* y *USO* que se les da a cada uno de los distintos tipos de cartulinas. Además, se pueden establecer algunas subclases (o subtipos) de cartulinas estucadas como: Rollos y Pilas que son disjuntas ya que, por ejemplo, una cartulina estucada que sea un rollo no puede ser una pila a la vez. También se puede establecer otra subclase de capas (estuco, pre-estuco, cara, cara protección, etc), que en algún momento pueden ser solapados, por ejemplo, una capa tripa puede ser también en alguna proporción similar a la capa estuco. Un modelo de datos en ER/EER, considerando la descripción anteriormente mencionada se muestra en la Figura 5.13 (como en el caso anterior, sin expresar los atributos, por simplicidad).

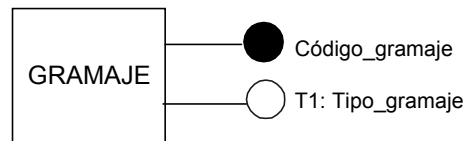


**Figura 5.13: Modelo ER/EER simplificado para el Control de la Calidad del Papel.**

Para el modelo presentado en la Figura 5.13, nuestra propuesta considera que el sistema de control de calidad del papel presenta en su mayoría atributos con imprecisión o que son representados por etiquetas, como por ejemplo: color del papel, tipo de capa. Por consiguiente, en el siguiente apartado intentamos modelar a partir de los distintos tipos de dominio que tienen estos atributos. Ahora, para una mejor comprensión hemos considerado, independientemente, cada entidad. Para el caso de las distintas tablas que se asocian a los esquemas, ellas han sido llenadas con valores ficticios a solicitud de la empresa

### 5.2.2 Tipos de Atributos Difusos Definidos en las Entidades del Caso del Control de Calidad del Papel

**Entidad Gramaje:** Se puede definir en la entidad *GRAMAJE* un esquema como: {Código, Tipo\_gramaje}. En este caso el atributo identificador Código es de tipo tradicional o crisp que es la clave, es decir, sin imprecisión, y Tipo\_gramaje es un atributo difuso Tipo 1, que pueden ser identificado por etiquetas o valores indicando distintos tipos de gramaje. La Figura 5.14 muestra esta entidad y sus atributos.

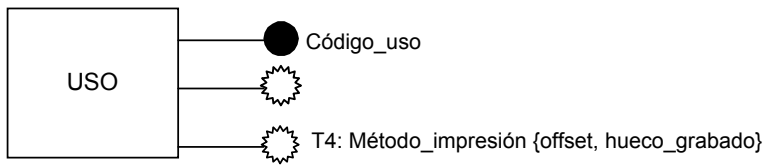


**Figura 5.14: Atributos difusos T1: Tipo\_gramaje de la entidad GRAMAJE.**

**Entidad Uso:** Se asocia a la entidad *USO* el conjunto de atributos {Código\_uso, Tipo\_uso, Método\_impresión}. En esta entidad se encuentra un atributo clásico Código\_uso, además, un atributo difuso Tipo 3: Tipo\_uso y un atributo difuso Tipo 4: Método\_impresión, en ambos casos se considera una definición de etiquetas lingüísticas. Para el atributo difuso T3: Tipo\_uso se asocia al conjunto difuso {Alimenticios, Industrial, Aplicaciones\_gráficas, Fármacos, Cosméticos} cuyos valores de similitud se muestra en la Tabla 5.3, y para el atributo difuso T4: Método\_impresión las etiquetas lingüísticas consideradas son el conjunto {Offset, Hueco\_grabado}, este último, puede tener un conjunto difuso, como {0.5/Offset, 0.8/Hueco\_impresión}. La Figura 5.15 representa esta entidad y sus atributos definidos.

	Alimenticios	Industrial	Aplicaciones_gráficas	Fármacos	Cosméticos
Alimenticios	1	0	0	0.3	0.3
Industrial	0	1	0.8	0.5	0.5
Aplicaciones_gráficas	0	0.8	1	0.5	0.6
Fármacos	0.3	0.5	0.5	1	0.8
Cosméticos	0.3	0.5	0.6	0.8	1

**Tabla 5.3: Grados de semejanza del atributo difuso T3: Tipo\_uso de la entidad USO.**



**Figura 5.15: Atributos difusos T3:Tipo\_uso y T4:Método\_impresión de la entidad USO.**

**Entidad Cartulinas Estucadas:** En la esta entidad *CARTULINAS ESTUCADAS*, se definen un conjunto de atributos dado por: {Código, Tipo, Tono\_Cara, Tono\_reverso}. Aquí algunos atributos se consideran de Tipo 3, por ejemplo: Tono Cara, Tono Reverso, etc., ya que el dominio de estos atributos difusos es no ordenado. Las características de cada atributo se analizan a continuación:

- **Tono\_cara:** En algunos casos el color de la cara de la cartulina no es fijo, puede variar, es por ello que se definen las etiquetas lingüísticas {Blanco, Amarillo, Café, Manila}. Al respecto, este tipo de atributo difuso es conveniente especificarlo como atributo difuso Tipo 3, ya que, en algún instante se requiere saber por ejemplo, “*cual es el tipo de cartulina que tiene su cara blanca o similar a blanca y se usa para envasar alimentos*”. La Tabla 5.4 muestra la relación de similitud para T3:Tono\_cara.

	Blanco	Amarillo	Café	Manila
Blanco	1	0.5	0.1	0.8
Amarillo	0.5	1	0.7	0.9
Café	0.1	0.7	1	0.3
Manila	0.8	0.9	0.3	1

**Tabla 5.4: Función de Similitud para atributo difuso T3:Tono\_cara.**

- **Tono\_reverso:** Al igual que el atributo anterior, no es fácil decir que un tipo de cartulina tiene en su parte posterior un color determinado, sino que se asemeja con un cierto grado a un determinado color. En este caso se establecen ciertos grados de semejanzas entre los colores que habitualmente son manejados por la empresa. Así se da el caso del conjunto: {1/Blanco, 0.4/Amarillo, 0/Café, 0.8/Manila}, por ejemplo.

Para la entidad *CARTULINAS ESTUCADAS*, se adopta una especialización disjunta también reflejándose herencia. En la Figura 5.20 una cartulina estucada puede fabricar un rollo o una pila pero no una pila y un rollo a la vez.

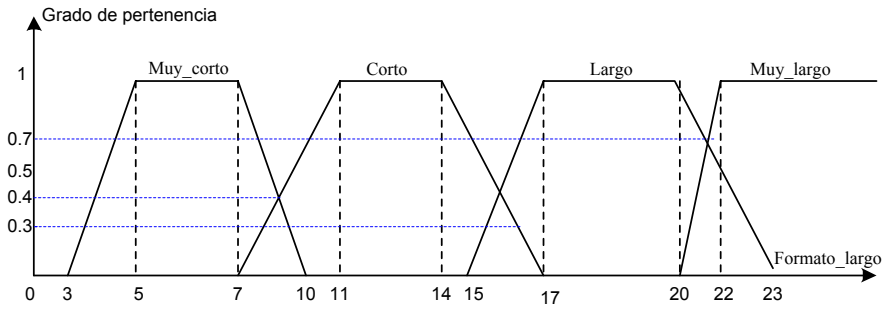
Estos atributos los heredan las entidades de nivel inferior, por lo cual los *ROLLOS* y *PILAS* también cuentan con atributos como *Tono\_cara* y *Tono\_reverso*, además de los atributos que cada uno tiene por separado. La Figura 5.20 muestra el esquema FuzzyEER generado para este caso de estudio.

**Entidad Rollos:** En la entidad *ROLLOS* se definen los atributos dado por el esquema; {Código\_rollo, Formato\_largo, Formato\_ancho, Estado}, definidos como:

- Tipo de atributo difuso  $T2:Formato\_largo$ , asociado al conjunto de etiquetas {Muy\_corto, Corto, Largo, Muy\_largo}, con un referencial ordenado, es definido como atributo difuso Tipo 2.
- Tipo de atributo difuso  $T2:Formato\_ancho$ , que corresponde al diámetro del rollo asociado al conjunto de etiquetas {Muy\_angosto, Angosto, Ancho, Muy\_ancho}, con un referencial ordenado, es definido como atributo difuso Tipo 2.
- Tipo de atributo difuso  $T3:Estado$ , por el tipo de característica que presenta define un atributo difuso Tipo 3, ya que su dominio subyacente es no ordenado. Se definen así, etiquetas asociados al conjunto {Englobada, Deslaminado, Humedad, Sucio, Rayas, Curvas, Emplame\_defectuoso, Orilla\_crespa, Disparejo, Rollo\_corrido}.

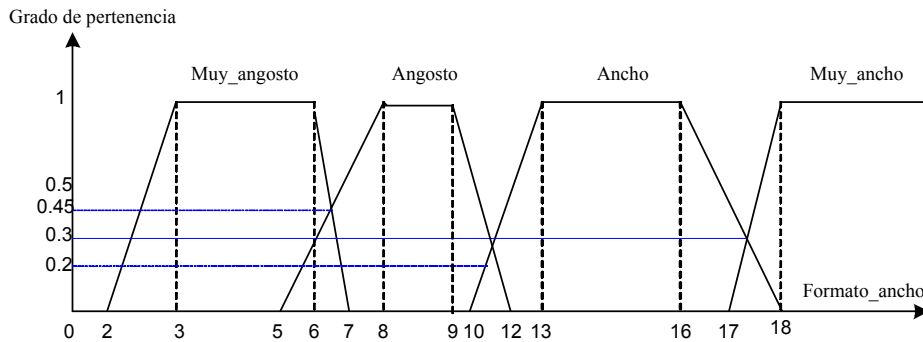
Los atributos  $T2:Formato\_largo$ ,  $T2:Formato\_Ancho$ , representan las características de un rollo en particular, mientras que el atributo  $T3:Estado$ , es el estado actual de un rollo como, por ejemplo, “Sucio, Mojado, etc.”.

Para el atributo  $T2:Formato\_largo$ , su dominio corresponderá a un conjunto difuso correspondiente a los metros considerados como el largo de un Rollo. Por ejemplo, el conjunto difuso “Largo” es un trapecio dado por sus cuatro valores característicos {0/15, 1/17, 1/20, 0/23}. En la Figura 5.16, se pueden ver todas las etiquetas definidas para este atributo.



**Figura 5.16:** Etiquetas lingüísticas para atributo **T2 : Formato\_largo** de la subclase **ROLLOS**.

Para el atributo difuso **T2 : Formato\_ancho**, su dominio corresponde a un dominio continuo sobre los que existe una relación de orden, correspondiente a los metros que generan el ancho de un rollo. En la Figura 5.17, se pueden ver todas las etiquetas definidas para este atributo.



**Figura 5.17:** Etiquetas lingüísticas para el atributo **T2 : Formato\_ancho** de la subclase **ROLLOS**.

Para el atributo **T3 : Estado**, la función de similitud está representada en la Tabla 5.5. El dominio son valores simples, por ejemplo {1/sucio} o distribuciones de posibilidad sobre el mismo {1/sucio, 0.8/rayas, 0.5/Orilla crespas}.

	Englob.	Deslamin.	Hum.	Sucio	Rayas	Curvas	Emp. Defect.	Orilla. Crespa	Disparejo	Rollo. Corrido
Englobado	1	0	0	0	0	0,3	0,5	0,6	0	0
Deslamin.	0	1	0	0	0	0	0,8	0	0,1	0,3
Humedad	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sucio	0	0	0	1	0,8	0	0	0	0	0
Rayas	0	0	0	0,8	1	0	0	0	0	0
Curvas	0,3	0	0	0	0	1	0	0,8	0,5	0,3
Emp. Defect.	0,5	0,8	0	0	0	0	1	0,1	0,3	0,5
Orilla Crespa	0,6	0	0	0	0	0,8	0,1	1	0,8	0,8
Disparejo	0	0,1	0	0	0	0,5	0,3	0,8	1	0,3
Rollo Corrido	0	0,3	0	0	0	0,3	0,5	0,8	0,3	1

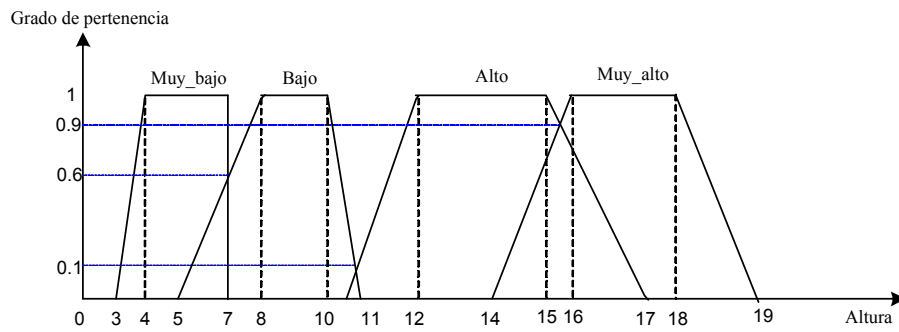
**Tabla 5.5: Función de similitud para atributo difuso T3: Estado de la subclase *ROLLOS*.**

**Entidad Pilas:** En la entidad *PILAS* se definen un conjunto de atributos dado por {Código\_pila, Formato\_largo, Formato\_ancho, Altura, Peso, Tono, Estado}. Aquí los atributos pueden ser definidos como:

- Tipo de atributo difuso T2:Formato\_largo, asociado al conjunto de etiquetas {Muy\_corto, Corto, Largo, Muy\_largo}, con un referencial ordenado, es definido como atributo difuso Tipo 2.
- Tipo de atributo difuso T2:Formato\_ancho, asociado al conjunto de etiquetas {Muy\_angosto, Angosto, Ancho, Muy\_ancho}, con un referencial ordenado, es definido como atributo difuso Tipo 2.
- Tipo de atributo difuso T2:Altura, asociado al conjunto de etiquetas {Muy\_baja, Baja, Alta, Muy\_Alta}, es definida como atributo difuso Tipo 2, con un referencial ordenado, correspondiente a los metros de altura de un rollo.
- Tipo de atributo difuso T2:Peso, asociado al conjunto de etiquetas {Bajo, Optimo, Sobre}, con un referencial ordenado es definido como atributo difuso Tipo 2.

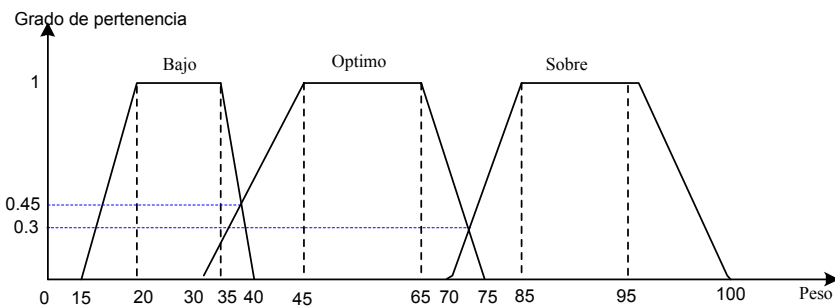
- Tipo de atributo difuso T3:Estado, definiendo las etiquetas {Englobada, Deslaminado, Humedad, Sucio, Rayas, Curvas, Emplame\_defectuoso, Orilla\_crespa, Disparejo, Rollo\_corrido}.

Considérese que en la subclase *PILAS* los dominios de: T2:Formato\_largo son definidos en la Figura 5.16, T2:Formato\_ancho son definidos en Figura 5.17 y T3:Estado son definidos en la Tabla 5.5. Estos atributos son ubicados independientemente para cada una de las subclases *ROLLOS* y *PILAS*, ya que poseen sus propias características. Por otro lado, en la Figura 5.18 se pueden apreciar todas las etiquetas para este atributo. La Figura 5.20 muestra el esquema FuzzyEER para estas representaciones.



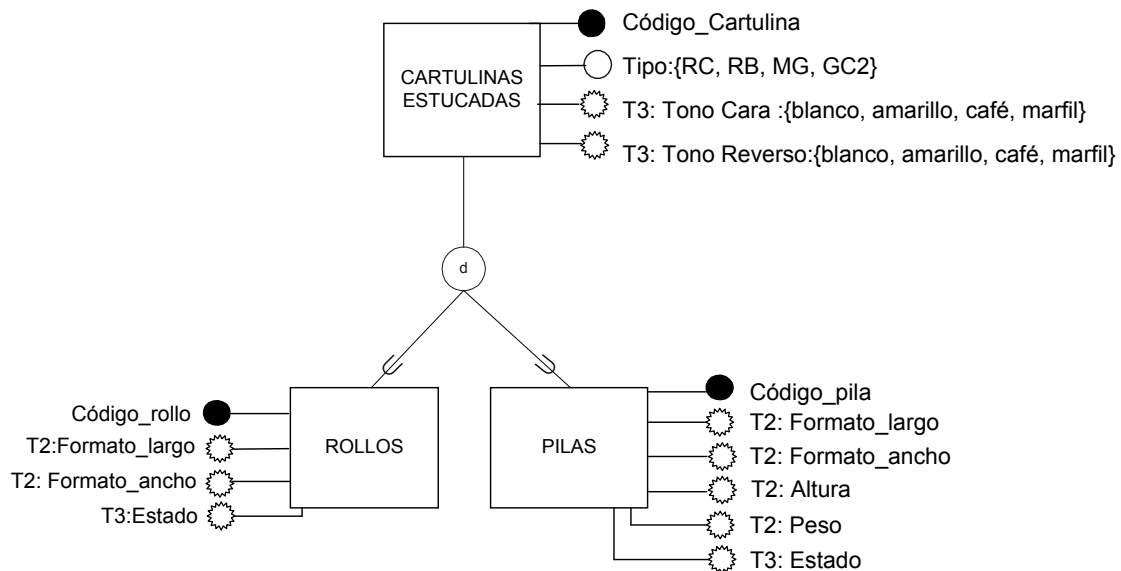
**Figura 5.18:** Etiquetas lingüísticas para el atributo T2 : *Altura* de la subclase *PILAS*.

Para atributo difuso T2: *Peso*, su dominio subyacente es ordenado y corresponderá a un conjunto difuso correspondiente a los metros considerados como la altura de las pilas. En la Figura 5.19, se pueden observar todas las etiquetas para este atributo.



**Figura 5.19:** Etiquetas lingüísticas para el atributo T2 : *Peso* de la subclase *PILAS*.

La Figura 5.20 muestra la superclase *CARTULINAS ESTUCADAS* y las subclases definidas por el vínculo “d” (disjunta) para las subclases *PILAS* y *ROLLOS*, con sus respectivos atributos clásicos y difusos en un modelo FuzzyEER. Se omiten algunas etiquetas por dar simplicidad al esquema.



**Figura 5.20: Atributos de la superclase *CARTULINAS ESTUCADAS*, subclase *ROLLOS* y *PILAS* en especialización disjunta.**

### 5.2.3 Especializaciones Solapadas por Tipo de Atributo Difuso

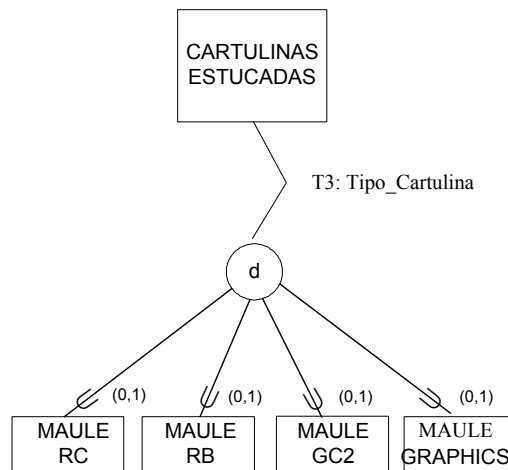
Otra característica que puede presentar la superclase *CARTULINAS ESTUCADAS*, es definir una especialización disjunta, con atributo difuso Tipo 3 para Tipo\_Cartulina. Este tipo de atributo define características de pertenencia a las instancias de la superclase a las subclases. La notación empleada para la especialización definida por el atributo difuso T3:Tipo\_Cartulina que muestra la Figura 5.21 es una línea quebrada en forma de ángulo entre la superclase y el vínculo de la especialización disjunta. Este atributo difuso permite establecer la semejanza entre los distintos tipos de cartulinas, mostrada en la Tabla 5.6. Por ejemplo existe una semejanza entre una cartulina Maule Reverso Manila (Maule GC2) y la cartulina Maule Reverso Estucado (Maule Graphics).



	Maule RC	Maule RB	Maule GC2	Maule Graphics
Maule RC	1	0.2	0.8	0.6
Maule RB	0.2	1	0.5	0.7
Maule GC2	0.8	0.5	1	0.8
Maule Graphics	0.6	0.7	0.8	1

**Tabla 5.6 Función de similitud para atributo difuso T3:Tipo\_Cartulina.**

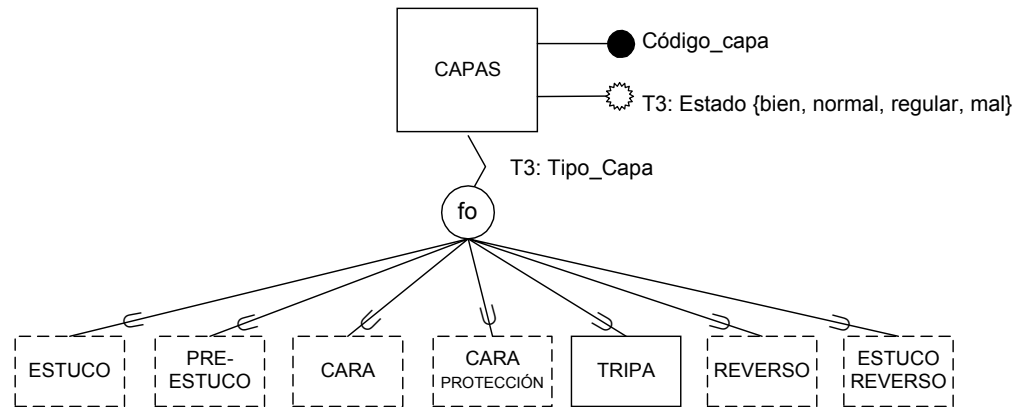
La Figura 5.21 muestra que la especialización es disjunta, es decir, que una cartulina que sea Maule RC no puede ser Maule RB a la vez. La notación (min,max) de (0,1), indica que cada instancia de cartulina de la superclase pertenece, como mínimo 0 y máximo 1 a la subclase definida por T3:Tipo\_Cartulina.



**Figura 5.21: Especialización disjunta definida por un atributo T3:Tipo\_Cartulina.**

Un aporte interesante al modelado de datos, es cuando se necesita representar una especificación de semejanza entre subclases de la superclase *CAPAS*. Obviamente que en este caso, el atributo de similitud debe estar definido como atributo difuso Tipo 3. En la Figura 5.22 el atributo T3:Tipo\_Capa es de una especialización solapada, su notación ha sido considerada con una línea quebrada en forma de ángulo entre la superclase y el vínculo de la especialización. Este atributo difuso permite establecer la semejanza entre las instancias pertenecientes a alguna de las subclases. Por ejemplo, existe una semejanza entre Capa Estuco y Pre\_Estuco en algún grado, la Tabla 5.7 muestra un ejemplo de la similitud. Nótese que la especialización es definida como solapada difusa “fo”, ya que, una capa puede en algún

momento pertenecer con un cierto grado al mismo tiempo a distintas subclases, esto fue definido en el apartado 4.4.3 y 4.4.4.



**Figura 5.22: Atributos de la entidad *CAPAS*, y especialización solapada difusa con atributo **T3: Tipo\_Capa**.**

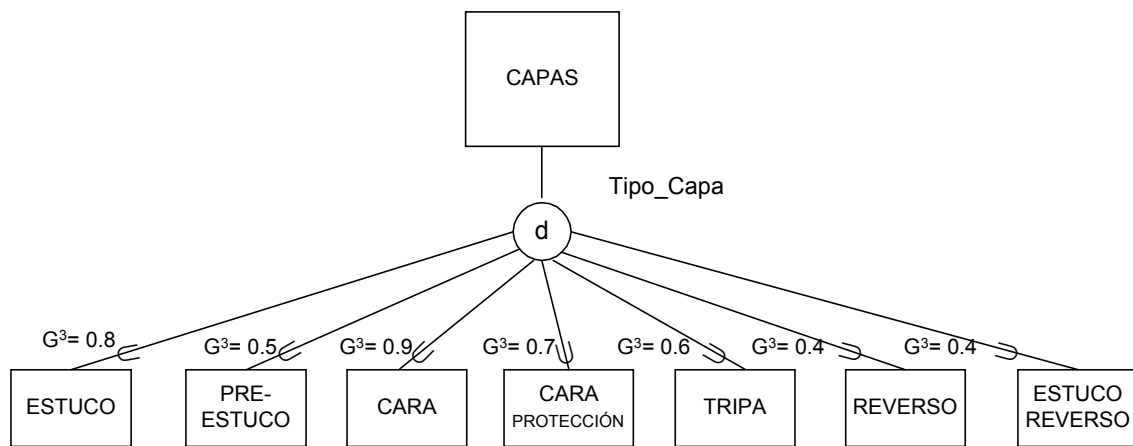
Esta representación permite modelar la especificación de requerimientos que establece que, “*en algún momento un cliente puede necesitar una cartulina estucada para cierto uso, pudiendo su empresa ofrecer bajo alguna circunstancia determinada, otra cartulina semejante a la composición de capas solicitada*”. El atributo difuso Tipo 3 permite establecer que una Capa estuco y Estuco Reverso son semejantes en un cierto grado.

	Estuco	Pre Estuco	Cara	Cara Protección	Tripa	Reverso	Estuco reverso
Estuco	1	0.8	0.3	0.5	0	0.5	0.4
Pre Estuco	0.8	1	0.4	0.4	0	0.6	0.7
Cara	0.3	0.4	1	0.6	0	0.5	0.4
Cara Protección	0.5	0.4	0.6	1	0	0.4	0.6
Tripa	0	0	0	0	1	0	0
Reverso	0.5	0.6	0.5	0.4	0	1	0.7
Estuco reverso	0.4	0.7	0.4	0.6	0	0.7	1

**Tabla 5.7: Tabla de similitud para la especialización por atributos **T3: Tipo\_Capa**.**

En general, la relación de similitud puede ser cero entre la mayoría de sus componentes, existiendo la posibilidad que sea distinta de cero, dando así al usuario mayores alternativas a partir de la clasificación de sus datos.

Otra forma de analizar la especialización de la superclase *CAPAS*, es definir grados de importancia  $G^3$  en la especialización, tal como lo muestra la Figura 5.23. La superclase se define por un vínculo disjuncto y por Tipo de capa.



**Figura 5.23: Especialización con grado de importancia  $G^3$  en las superclases.**

Con la Figura 5.23, se puede lograr un estudio de *tolerancia a la perfección* del producto Capas, ya que, tenemos un tipo de grado asociados a las materias primas (subclases) que forman las capas, de tal forma que si a un usuario quiere un producto mas barato se puede bajar el costo a partir del grado de importancia de los elementos que forman el producto, con lo podemos discernir que elementos se puede eliminar o bien bajar en cantidad.

### 5.3 Discusión del Capítulo

Para el **Caso 1**, comparando el modelo de datos *crisp* (clásicos o tradicionales) presentado en la Figura 5.1 sobre la inmobiliaria y las flexibilizaciones aplicando la notación del modelo FuzzyEER, se destaca que para los requerimientos de los usuarios actuales, este tipo de tratamiento que se ha presentado aquí es de gran utilidad, considerando que, por lo general, las solicitudes de los clientes demandantes son un poco ambiguas y en ocasiones buscan algo que

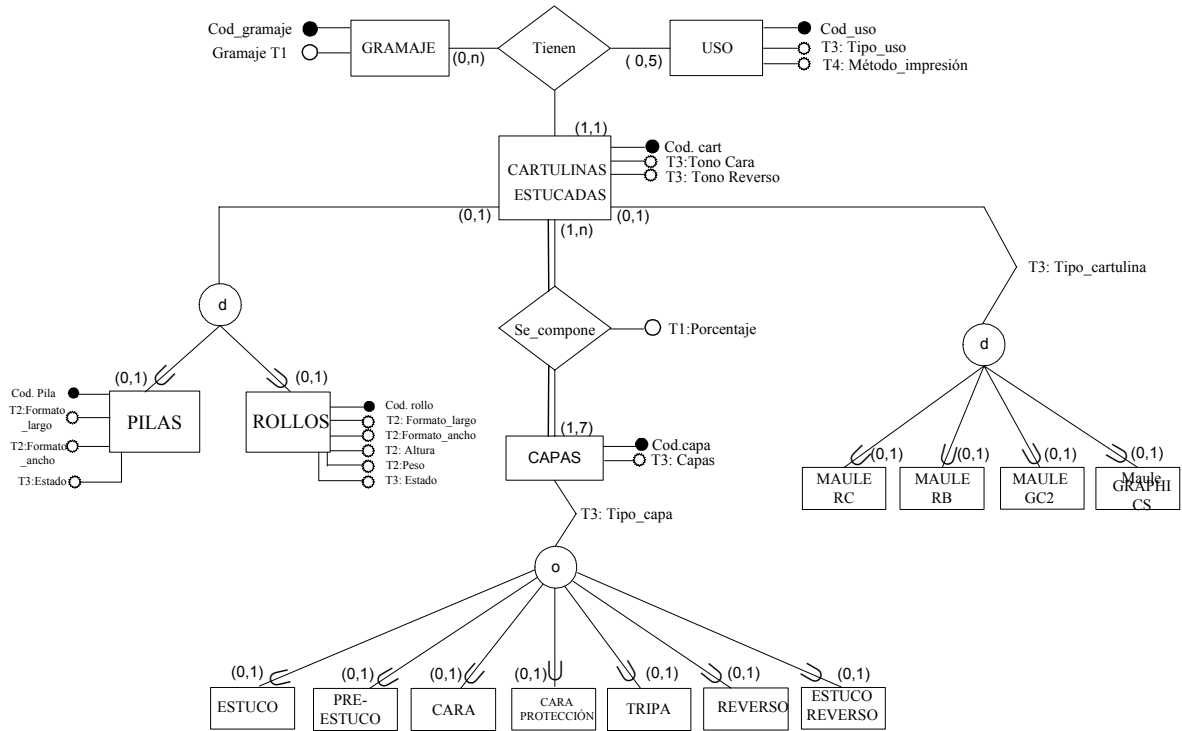
no tienen muy definido. Este tipo de especificación de requerimientos amplía el modelo ER/EER a un modelo FuzzyEER y éste lo hace más robusto, expresivo y flexible.

Además, la especificación de esos requerimientos se expresa en modelo FuzzyEER de forma bastante intuitiva, dado que dicha herramienta es de fácil uso.

Se ha presentado aquí una aplicación de la lógica difusa al modelado conceptual de datos, en un caso para la gestión de una Agencia Inmobiliaria, tratando atributos, interrelaciones, restricciones y características difusas del modelo. Algunos fundamentos teóricos han sido ya expuestos en otros trabajos Galindo (1999) y Galindo et al. (1999), pero aquí presentamos un modelado conceptual y algunas definiciones novedosas, como las interrelaciones difusas (visto en Figura 5.9) y las especializaciones basadas en un atributo difuso Tipo 3 (visto en Figura 5.6 y 5.8) en forma especial la extensión del dominio de algunos atributos difusos (visto en Figuras 5.3, 5.4, 5.5, 5.7). El caso de la Agencia Inmobiliaria genera la definición de un modelo FuzzyEER, que da mayor robustez y flexibilidad a un modelo conceptual en la captura de la especificación de requerimientos de un usuario.

El tipo de atributo difuso T3:Barrio (visto en Figura 5.9), permite dar respuestas más exactas a los requerimientos de un cliente de una inmobiliaria, sobre todo en el caso que sus requerimientos sean ambiguos o vagos de la cercanía de un Barrio específico con otro. Pero incluso aunque sus requerimientos sean exactos y precisos, es muy posible que no exista tal inmueble en la base de datos de la inmobiliaria, por lo que resulta muy útil ofrecerle a los clientes aquellos inmuebles que más se aproximen a sus requerimientos.

Para el **Caso 2** del Control de la Calidad del Papel, tenemos que al comparar el Modelo ER/EER presentado en la Figura 5.13 y las flexibilizaciones de las Figuras 5.14, 5.15, 5.20, 5.21, 5.22 y 5.23, para los requerimientos de los usuarios de dicho sistema, el tipo de tratamiento que se ha presentado aquí es de gran utilidad, ya que, si deseamos controlar la calidad del papel con las características presentadas aquí, y las solicitudes de algún cliente, que por lo general resultan ambiguas, este tipo de especificación de requerimientos se refleja de mejor forma, con el uso de las herramientas de modelo FuzzyEER y lo hace más robusto y flexible, dando solución a la problemática planteada. La Figura 5.24, muestra el modelo final presentado a la empresa en cuestión.



**Figura 5.24: Modelo FuzzyEER para el Control de la Calidad del Papel.**

El modelo presentado en la Figura 5.24 fue implementada en FIRST (Medina, 1994, Gaindo, 1999) para ser empleada el servidor FSQL de Galindo (1999). Alguna de sus características de esta implementación son expuestas en el Apéndice IV.

