

# Capítulo 2.- Modelo Entidad/Relación(ME/R)

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- ELEMENTOS DEL MODELO ENTIDAD/RELACIÓN
- 3.- RESTRICCIONES
- 4.- PRIMERA APROXIMACIÓN A LA SEMÁNTICA DE LAS INTERRELACIONES
- 5.- CONTROL DE REDUNDANCIA
- 6.- INTERRELACIONES DE GRADO SUPERIOR A DOS
- 7.- OTRAS RESTRICCIONES SOBRE INTERRELACIONES
- 8.- GENERALIZACIÓN/ESPECIALIZACIÓN
- 9.- AGREGACIÓN
- 10.- LA DIMENSIÓN TEMPORAL EN EL MODELO ENTIDAD/RELACIÓN
- 11.- REPRESENTACIÓN GRÁFICA
- 12.- EJERCICIOS

### 1.- INTRODUCCIÓN

En las grandes aplicaciones de software de gestión (en los bancos, por ejemplo), necesitamos saber las relaciones existen entre los almacenes. Para ello es necesario desarrollar un modelo de datos del sistema, lo que haremos mediante Diagramas Entidad / Relación

Este modelo fue propuesto por Peter Chen en 1976 y según este autor el modelo entidad-relación (o interrelación) puede ser usado como una base para una vista unificada de los datos, adoptando el enfoque más natural del mundo real que consiste en entidades y en relaciones.

### 2.- ELEMENTOS DEL MODELO ENTIDAD/RELACIÓN

En el modelo E/R, tal como fue propuesto por Chen, se distinguen los siguientes elementos: Entidad, Interrelación, Atributo y Dominio (para Chen *conjunto de valores*).

#### 2.1. ENTIDAD

Se puede definir una entidad como cualquier objeto (real o abstracto) que existe en la realidad y acerca del cual queremos almacenar información en la base de datos. HALL (1976) la define como "algo con realidad objetiva que existe o puede ser pensado". Según ANSI (1977), es "una persona, lugar, cosa, concepto o suceso, real o abstracto, de interés para la empresa". La estructura genérica que describe un conjunto de entidades aplicando la abstracción de clasificación se denomina *tipo de entidad*, mientras que *entidad* es cada uno de los ejemplares de ese tipo de entidad; por tanto, el tipo de entidad es el resultado de la *clasificación* de un conjunto de entidades. Así, **CURSO** es un tipo de entidad que describe las características comunes de un conjunto de cursos; un ejemplar del tipo de entidad **CURSO** será, por ejemplo, "Diseño de Bases de Datos Relacionales" y otro "Introducción a los Sistemas de Bases de Datos". Otro tipo de entidad podría ser **PROFESOR** y un ejemplar del mismo sería Sr. Sánchez.

El conjunto de ejemplares de un tipo de entidad en un momento dado será la extensión de ese tipo de entidad, mientras

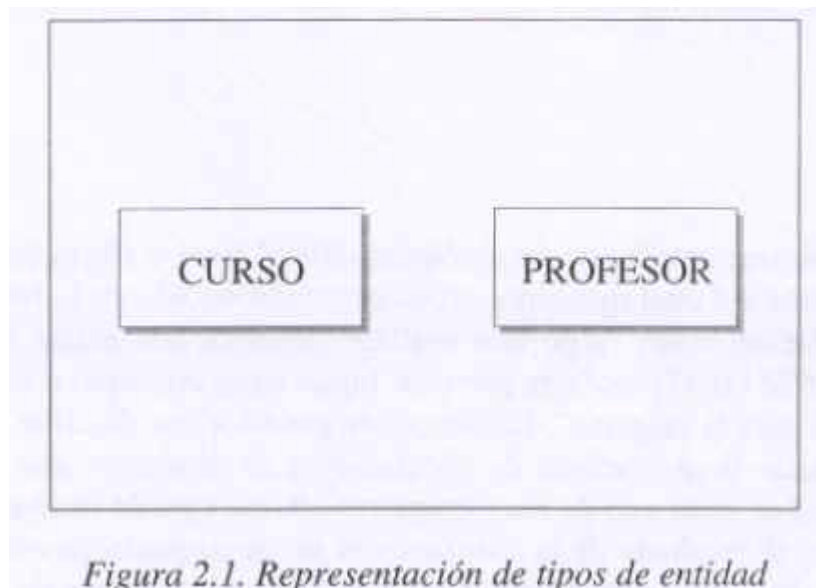
que la intensión es el tipo de entidad propiamente dicho. Cuando por el contexto se sobreentiende que nos estamos refiriendo a un tipo de entidad, se simplifica a veces la expresión y se utiliza únicamente entidad. Chen habla de *conjunto de entidades* (*entity set*), lo que para él es análogo a tipo de entidad.

Si una entidad pertenece a un tipo de entidad, ha de cumplir el predicado asociado al correspondiente tipo de entidad. Matemáticamente, un conjunto de ejemplares de un tipo de entidad se define entonces como:

$$\{ e : p(e) \}$$

siendo  $e$  un ejemplar del tipo de entidad  $E$  y  $p$  el predicado asociado a  $E$ . por ejemplo, el tipo de entidad **PROFESOR**, cuyo predicado asociado es "*Persona que ejerce o enseña una materia o arte*" tiene un ejemplar "*Sánchez*" que pertenece a él, ya que cumple dicho predicado.

La representación gráfica de un tipo de entidad en este modelo es un rectángulo etiquetado en cuyo interior está el nombre del tipo de entidad, como podemos ver en la figura 2.1.



*Figura 2.1. Representación de tipos de entidad*

Existen dos clases de entidades: *regulares*, que son aquellas cuyos ejemplares tienen existencia por sí mismos (como CURSO y

PROFESOR), Y *débiles*, en las cuales la existencia de un ejemplar depende de que exista un cierto ejemplar de otro tipo de entidad (por ejemplo, EDICION depende de CURSO), y la desaparición de un determinado curso de la base de datos hace que desaparezcan también todas las ediciones de dicho curso.

Los tipos de entidad débil se representan con dos rectángulos concéntricos con su nombre en el interior, como se puede observar en la figura 2.2.

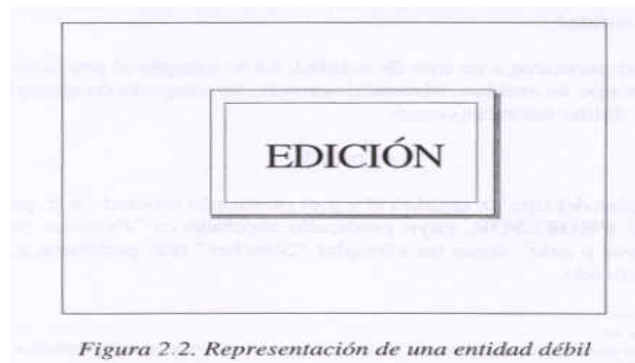


Figura 2.2. Representación de una entidad débil

Aunque es fácil entender el concepto de entidad, no lo es su definición formal; por esta razón, se ha afirmado a veces que es preferible dejar el término sin definir. En nuestra opinión, el problema, más que en la definición en sí misma, se encuentra en que un cierto objeto del mundo real se cataloga en ocasiones como una entidad, mientras que en otras se considera una propiedad de una entidad o una interrelación; un ejemplo muy repetido de ello es el *color*, el cual es en general una propiedad de una entidad (como es el caso del color de un coche); sin embargo, en una fábrica de pinturas probablemente sería apropiado modelar el color como una entidad que tendría sus propiedades.

Algunos autores han intentado precisar el concepto de entidad. Así, TARDIEU *et al.* (1979) propone tres reglas generales que debe cumplir una entidad:

- . Tiene que tener existencia propia.
- . Cada ejemplar de un tipo de entidad debe poder distinguirse de los demás.
- . Todos los ejemplares de un tipo de entidad deben tener las mismas propiedades.

Sin embargo, la primera de estas reglas no es aplicable a

las entidades débiles, cuya existencia depende de la existencia de la entidad regular de la cual dependen. En cuanto a la segunda de estas condiciones supone la obligación de un identificador que permita distinguir los distintos ejemplares de un tipo de entidad, lo que tampoco es universalmente aceptado (ni por los autores, ni por los modelos, ni por los productos). Respecto a la tercera: ¿hasta qué punto todos los ejemplares de un tipo de entidad tienen las mismas propiedades en el caso de que el modelo admita valores nulos (especialmente los inaplicables)?

### 2.2. INTERRELACIÓN

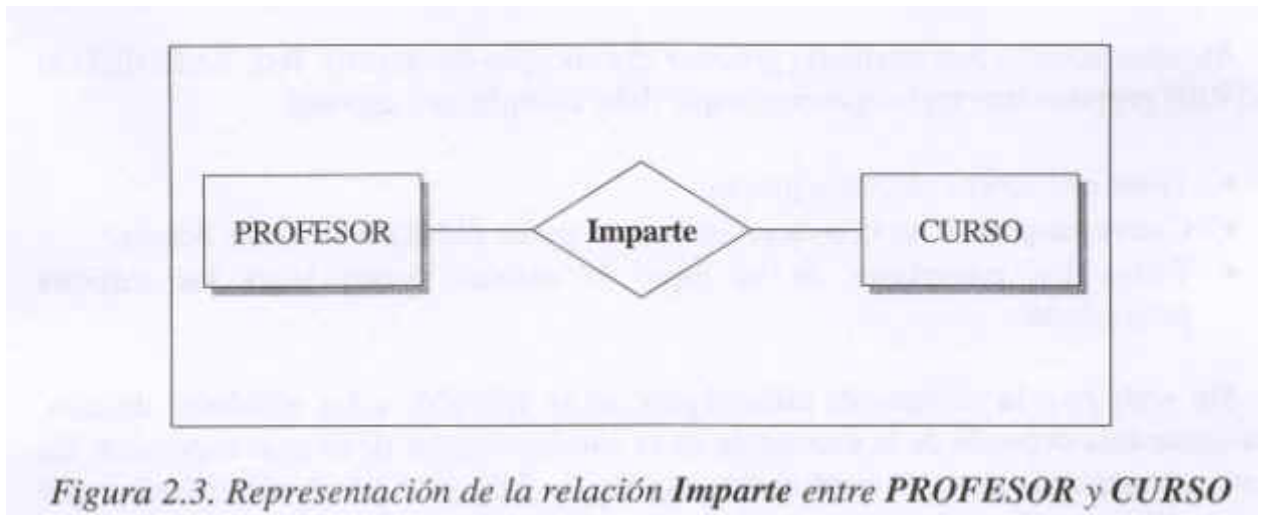
Se entiende por *interrelación* una asociación, vinculación o correspondencia entre entidades. Denominaremos *tipo de interrelación* a la estructura genérica que describe un conjunto de interrelaciones, mientras que interrelación será cada uno de los ejemplares concretos; por tanto, el tipo de interrelación es el resultado de *clasificar* un conjunto de interrelaciones. Por ejemplo, **Imparte** es un tipo de interrelación que vincula los dos tipos de entidad **PROFESOR y CURSO**; un ejemplar del tipo de interrelación **Imparte** es la vinculación entre el profesor Sr. Sánchez y el curso "Diseño de Bases de Datos Relacionales".

Matemáticamente, el conjunto de interrelaciones de un tipo de interrelación I se define como:

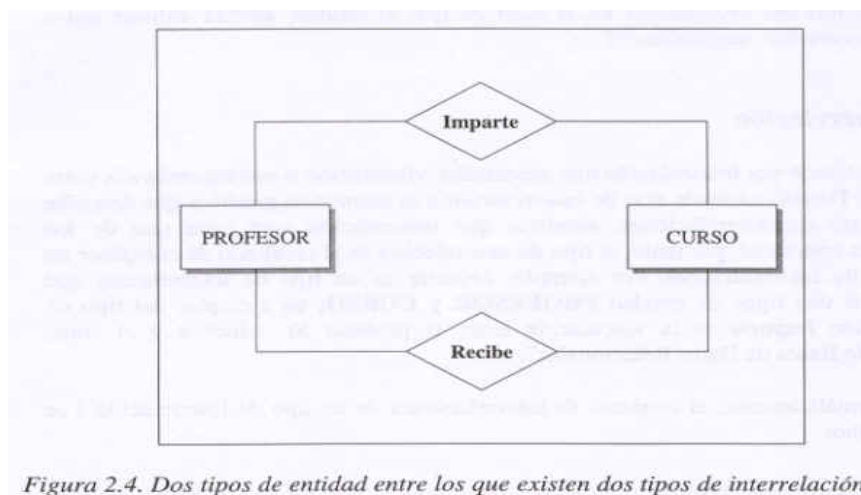
$$\{ \langle e_1, e_2, \dots, e_n \rangle \}$$

donde  $e_i$  es un ejemplar del tipo entidad  $E_i$  y  $n$  el grado del tipo de interrelación, es decir, el número de tipos de entidad que están asociados en el tipo de interrelación.

Representaremos el tipo de interrelación mediante un rombo etiquetado con el nombre de la interrelación, unido mediante arcos a los tipos de entidad que asocia, como se puede observar en la figura 2.3, en donde establecemos la interrelación **Imparte** entre **PROFESOR y CURSO**.



Entre dos tipos de entidad puede existir más de un tipo de interrelación, como se puede observar en la figura 2.4.



Varios autores no están de acuerdo en que se distinga entre entidades e interrelaciones. Así, para DATE (1993), tal distinción no tiene sentido ya que un mismo objeto del mundo real puede ser visto como entidad o como interrelación; todo depende del dominio de la aplicación. Para Date una interrelación es un tipo especial de entidad. Un ejemplo es el matrimonio, que puede ser visto como una interrelación entre dos personas o como una entidad en sí misma. Esta misma idea se recogía ya en HSU y ROUSSOPOULUS (1980). Para estos autores, las interrelaciones son entidades y difieren de éstas en que, mientras las entidades tienen propiedades propias, las interrelaciones tienen propiedades de otros objetos.

En nuestra opinión, la interrelación puede considerarse un tipo especial de entidad cuya existencia depende de la existencia de las entidades a las que relaciona, pero su especificidad hace necesario definirla como un elemento del modelo 'de datos distinto de la entidad; por otro lado, discrepamos de Date, ya que creemos que puede tener atributos propios, precisamente porque es un tipo especial de entidad. Aunque es cierto que un mismo objeto puede ser visto como una entidad o como una interrelación y que dependerá del universo del discurso que se esté analizando (al igual que ocurre, como ya se ha comentado, con los atributos y las entidades), ello no tiene por qué llevar necesariamente a la conclusión de que no se debe distinguir entre entidades e interrelaciones.

### 2.3. DOMINIO Y VALOR

Las distintas propiedades o características de un tipo de entidad o de interrelación toman valores para cada ejemplar de éstas. El conjunto de posibles valores que puede tomar una cierta característica se denomina dominio. Se define dominio como un conjunto de valores homogéneos con un nombre. Para saber si un valor pertenece a un dominio determinado, comprobaremos que cumple el predicado que el dominio lleva siempre asociado. Matemáticamente se expresa:

$$D = \{ V_i : p(v_i) \}$$

donde  $D$  es el dominio,  $V_i$  es un valor y  $p$  es el predicado asociado a dicho dominio.

Por ejemplo, el valor "inglés" se toma del dominio *Idiomas*, y cumple el predicado de ser uno de los idiomas posibles del conjunto "español", "inglés", "francés"; el dominio *Nombre\_curso* es una tira de caracteres. Un dominio puede definirse por *intensión*, especificando el tipo de datos (por ejemplo, carácter 30 para el *Nombre\_curso* o fecha para la *Fecha\_edición*); o por *extensión*, declarando el valor de cada elemento del dominio (como es el caso de *Idioma*). El dominio se representa gráficamente con un círculo u óvalo etiquetado con su nombre. En la figura 2.5 mostramos dos formas de representar un dominio.

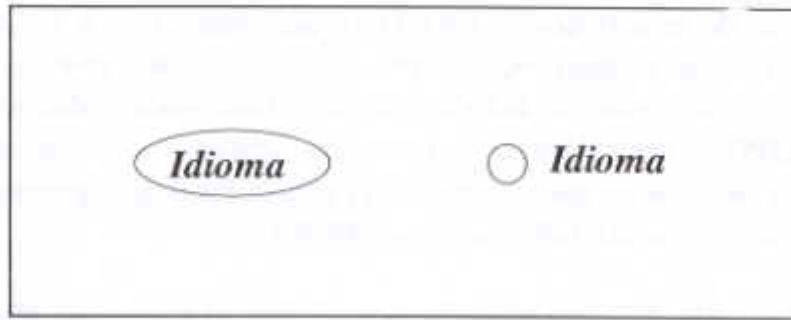


Figura 2.5. Dos formas de representación de un dominio

El dominio es un elemento del modelo que tiene existencia propia independiente de cualquier otro elemento.

#### 2.4. ATRIBUTO

Cada una de las propiedades o características que tiene un tipo de entidad o un tipo de interrelación se denomina atributo; los atributos toman valores de uno o varios dominios. Por tanto, podemos decir que el atributo le da una determinada interpretación al dominio (o a los dominios) en el contexto de un tipo de entidad o de un tipo de interrelación. Matemáticamente consiste en una función de un tipo de entidad o de interrelación sobre todos los posibles subconjuntos de los valores de un dominio o de un conjunto de dominios:

$$A : E \rightarrow S(D) \text{ ó } A : \overline{E} \rightarrow S(D_1) \times S(D_2) \times \dots \times S(D_N)$$

$$A : I \rightarrow S(D) \text{ ó } A : \overline{I} \rightarrow S(D_1) \times S(D_2) \times \dots \times S(D_N)$$

donde  $A$  es el atributo,  $S(D_i)$  todos los posibles subconjuntos de los valores de los dominios,  $E$  el tipo de entidad e  $I$  el tipo de interrelación.

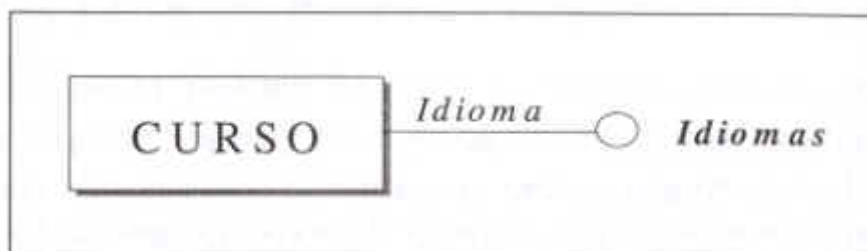
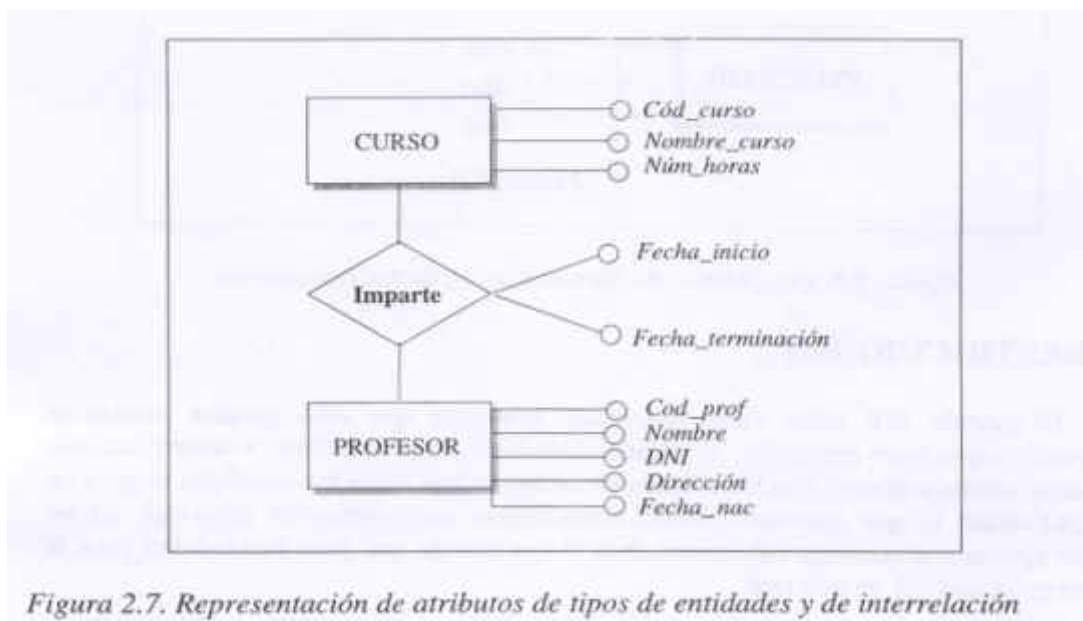


Figura 2.6. Representación de dominio y de atributo



La representación gráfica de un atributo consiste en cualificar con su nombre el arco que une el dominio con el tipo de entidad o de interrelación (ver figura 2.6). Sin embargo, para simplificar la representación gráfica y siempre que coincida el nombre del dominio con el atributo, será suficiente con el círculo u óvalo con el nombre del atributo.

En el esquema conceptual resultante del modelado sólo especificaremos los atributos más significativos; en la figura 2.7. se representan los tipos de entidad **CURSO** y **PROFESOR** Y el tipo de interrelación **Imparte** con alguno de sus atributos.

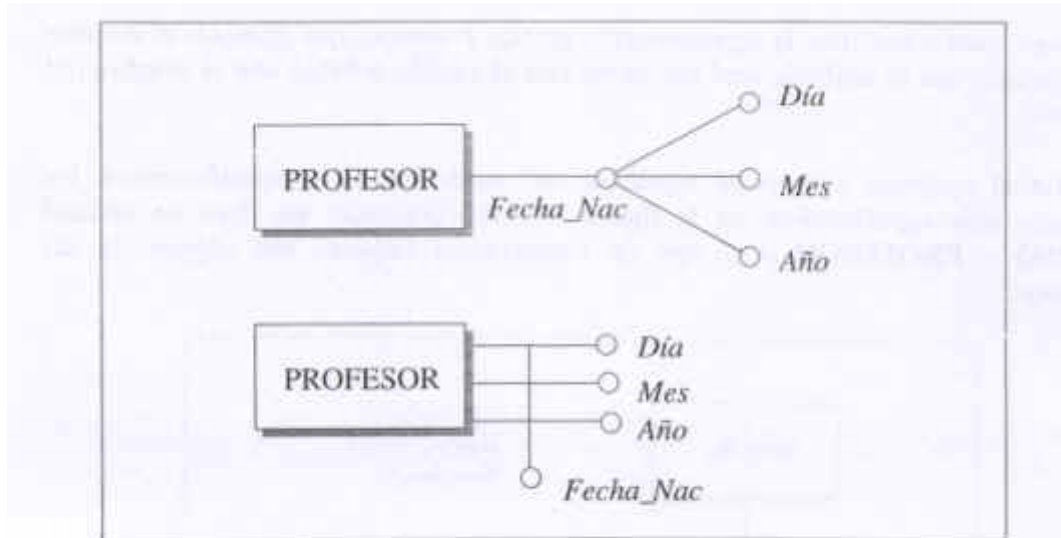


El modelo E/R admite -como se deduce de la definición de atributo- atributos compuestos, es decir, atributos definidos sobre más de un dominio; por ejemplo, el atributo *Fecha\_Nac* de la entidad **PROFESOR** puede estar definido sobre los dominios **Día**, **Mes**, y **Año**. En la figura 2.8 se muestran dos formas de representar los atributos compuestos

A diferencia de los dominios que tienen vida propia, es decir, existen por sí mismos, la existencia de un atributo está ligada a la del correspondiente tipo de entidad. Así la fecha de nacimiento de un empleado (*Fecha\_Nac*) no tiene sentido si de nuestro esquema desaparece el tipo de entidad **EMPLEADO**; sin embargo, el dominio *Fechas* puede existir con independencia de cualquier otro tipo de entidad o atributo.

Por otro lado, debemos observar que mientras los tipos de

entidad tienen atributos, sus ejemplares toman valores para cada atributo, aunque a veces, a fin de simplificar, se hable de forma poco precisa de los atributos de una entidad.



*Figura 2.8. Dos formas de representar atributos compuestos*

### 3. RESTRICCIONES

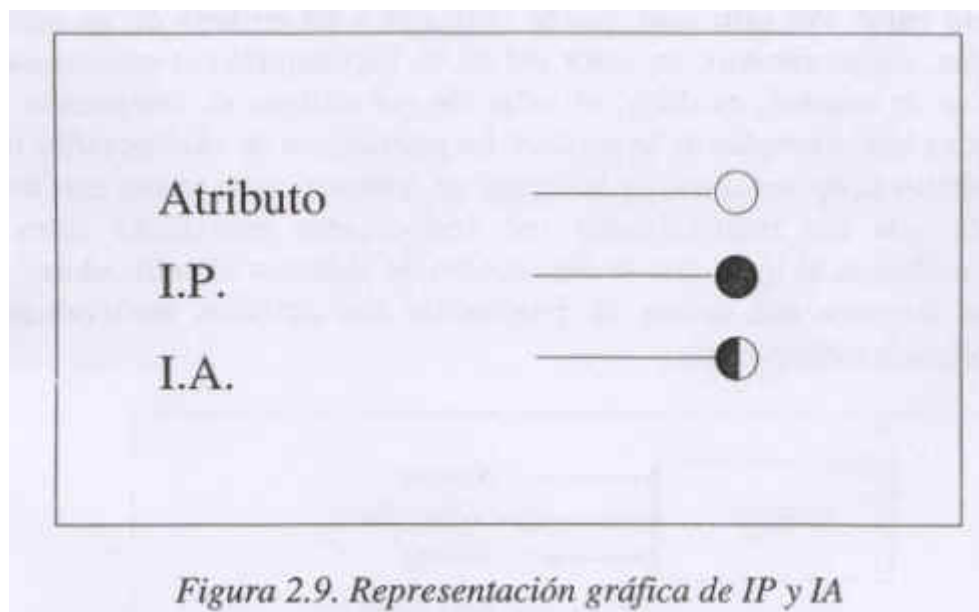
El modelo E/R tiene como restricción inherente que sólo permite establecer interrelaciones entre entidades, no estando admitidas entre entidades e interrelaciones ni entre interrelaciones. También obliga el modelo a que todas las entidades tengan un identificador, lo que asimismo podría considerarse una restricción inherente. El no tener apenas restricciones inherentes dota al modelo de una gran flexibilidad para la representación del mundo real.

En cuanto a restricciones de integridad, únicamente consideramos las restricciones específicas, distinguiendo entre las restricciones sobre valores y las estructurales.

Las restricciones sobre valores se establecen mediante la definición de dominio, la cual permite limitar los valores del dominio y, por tanto, los de los atributos sobre él definidos, a los de un determinado tipo de datos, o restringidos a los comprendidos en un rango, o bien declarar los valores posibles en el caso de que la definición se haga por extensión.

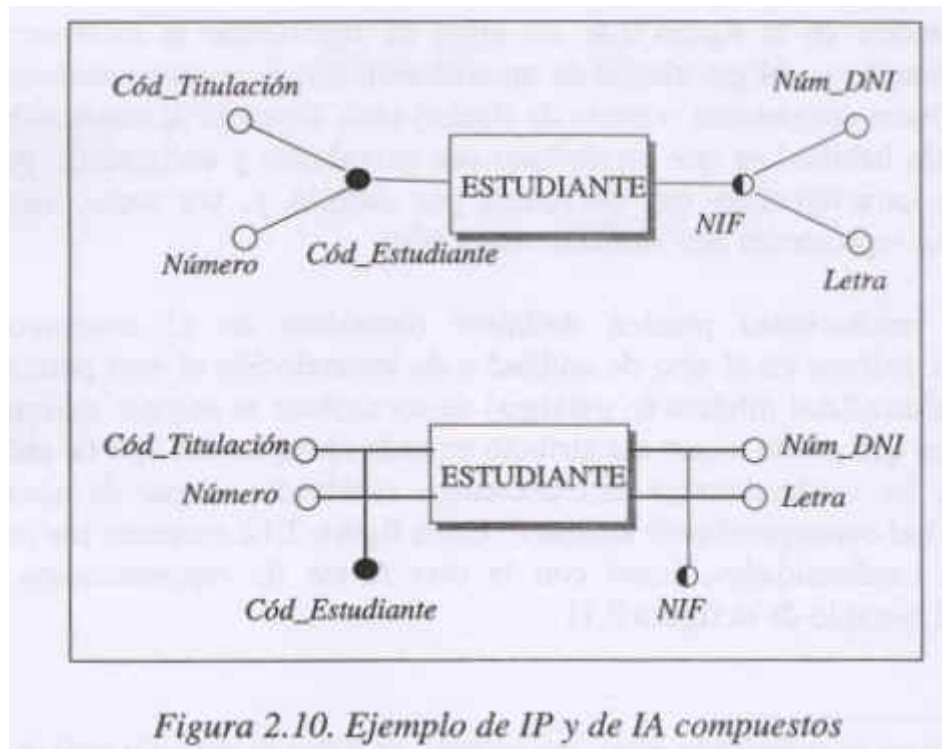
Las restricciones estructurales se refieren tanto a atributos como a interrelaciones; estas últimas las analizaremos más adelante cuando tratemos la semántica de las interrelaciones, mientras que de las que atañen a los atributos nos ocupamos a continuación.

Entre todos los atributos de un tipo de entidad han de existir uno o varios (simples y/o compuestos) que identifiquen unívocamente cada una de los ejemplares de ese tipo de entidad. Cada uno de estos conjuntos de atributos se denomina *Identificador Candidato* (IC). Cuando un IC es compuesto, el número de los atributos que lo componen debe ser mínimo, en el sentido de que la eliminación de cualquiera de ellos le haría perder su carácter identificador. Luego todo IC debe cumplir la condición de ser unívoco y mínimo. Entre los IC se elige uno como *Identificador Principal* (IP) y el resto serán *Identificadores Alternativos* (IA). La representación gráfica de estos atributos queda reflejada en la figura 2.9.



*Figura 2.9. Representación gráfica de IP y IA*

Los identificadores principales (o alternativos) compuestos se pueden representar de forma análoga a la de los atributos compuestos tal como se muestra en el ejemplo de la figura 2.10.



El modelo E/R permite también atributos *multivaluados* y *opcionales* (nulos o "faltantes"). En general un atributo toma, para cada ejemplar de entidad, un único valor de cada dominio (o dominios) subyacente(s) (un libro tiene un único título, un único ISBN, etc.), pero también existen atributos que pueden tomar más de un valor (un curso puede impartirse en más de un idioma, o un profesor puede tener más de un teléfono); estos atributos reciben el nombre de *multivaluados* frente a los *univaluados* que toman un solo valor. Por otro lado, puede obligarse a un atributo de un tipo de entidad a que tome, como mínimo, un valor del (o de los) dominio(s) subyacente(s) para cada ejemplar de entidad; es decir, el valor de ese atributo es *obligatorio* (no puede ser nulo) para todo ejemplar de la entidad. La prohibición de valores nulos para un atributo (no admitir la opcionalidad) y la de que un atributo pueda tomar más de un valor (no admitir que sea multivaluado) son restricciones específicas sobre la estructura de los atributos, al igual que la declaración de atributos identificadores. En la figura 2.11 se muestra una forma de representar los atributos multivaluados/univaluados y opcionales/obligatorios.

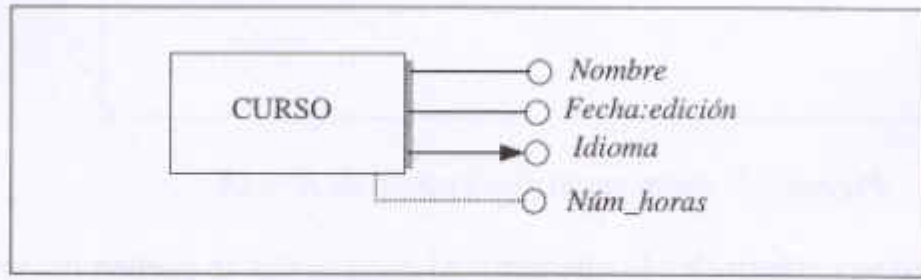


Figura 2.11. Ejemplo de atributos multivaluado (Idioma) y opcional (Núm\_Horas)

Se puede observar en la figura que, en lugar de representar la existencia de restricción (univaluación u obligatoriedad de un atributo), lo que se representa con un símbolo especial (línea discontinua o punta de flecha) es la ausencia de restricción; la razón es que lo más habitual es que un atributo sea univaluado y obligatorio, por lo que son éstas las características que se toman por defecto y, por tanto, son las contrarias las que se representan con símbolos especiales.

Todas estas restricciones pueden definirse basándose en el concepto de cardinalidad de un atributo en el tipo de entidad o de interrelación al cual pertenece. Se entiende por cardinalidad mínima (o máxima) de un atributo el número mínimo (o máximo) de valores que puede tomar ese atributo en cada ejemplar del tipo de entidad al cual pertenece; las cardinalidades se representan asociando un par de números enteros (mín, máx) al correspondiente atributo. En la figura 2.12 aparecen los cuatro tipos posibles de cardinalidades, junto con la otra forma de representación que mostrábamos en el ejemplo de la figura 2.11.

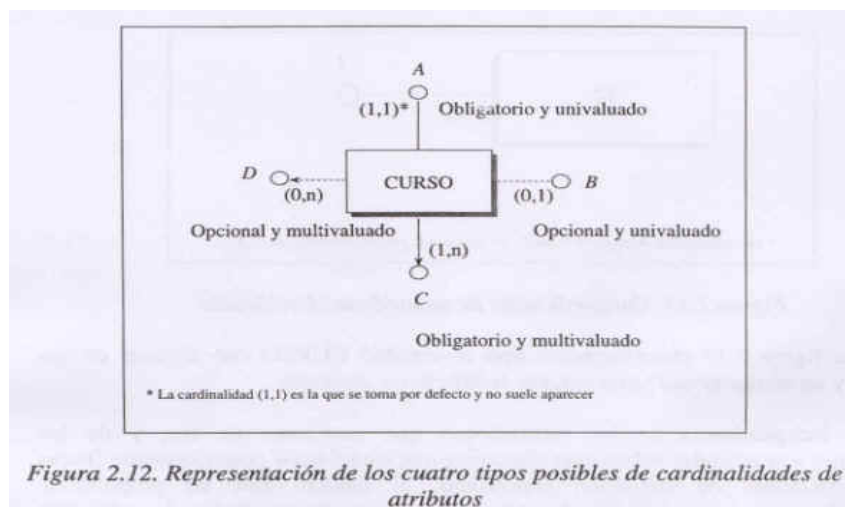
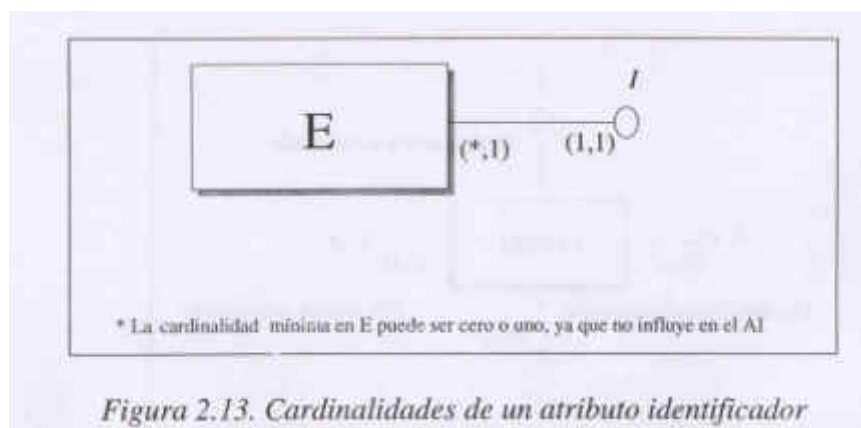


Figura 2.12. Representación de los cuatro tipos posibles de cardinalidades de atributos

También la cardinalidad, pero no del atributo sino del tipo de entidad respecto al atributo, permite representar otra restricción que es la *unicidad*, por la cual se obliga a que los valores de un atributo no puedan repetirse en distintos ejemplares de un tipo entidad, en cuyo caso la cardinalidad máxima de esa entidad respecto al atributo es uno. Debemos observar que para todo identificador de un tipo de entidad se ha de cumplir la restricción de unicidad, debiendo tener el tipo de entidad una cardinalidad máxima de uno respecto a ese atributo. Sin embargo, la recíproca no es cierta, ya que la unicidad de un atributo no implica que sea un identificador, porque si el atributo es compuesto es preciso exigir, además, la condición de minimalidad; y, en todo caso, sea o no compuesto, se debe imponer también que se cumplan las restricciones de obligatoriedad y de univaluación. La cardinalidad mínima de la entidad respecto al atributo no tiene sentido, pero sí lo tiene respecto al dominio; un valor de cero de la misma indica que puede haber valores del dominio sobre el cual esté definido el atributo que no aparezcan en el atributo para ningún ejemplar del tipo de entidad, mientras que un valor de 1 indica que todos los valores del dominio deben aparecer como valores del atributo en alguna de las instancias del tipo de entidad. En la figura 2.13 aparecen las cardinalidades del identificador de la entidad E.

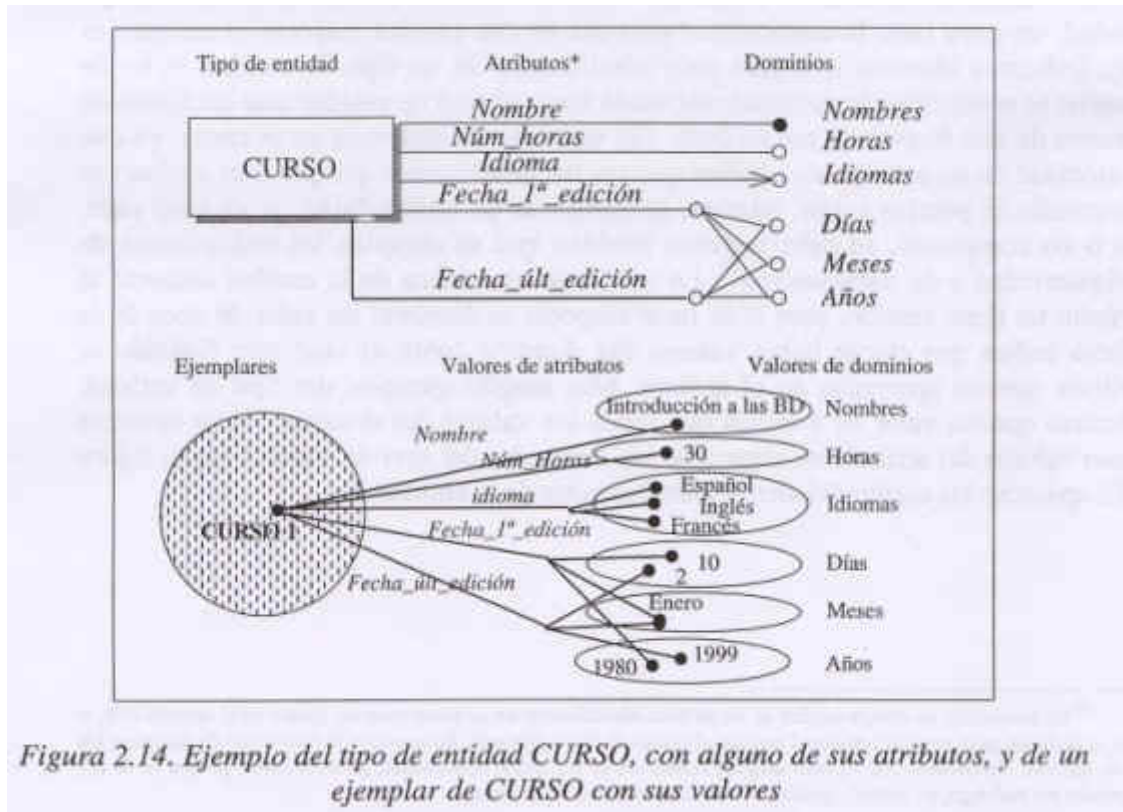


*Figura 2.13. Cardinalidades de un atributo identificador*

En la figura 2.14 observamos el tipo de entidad CURSO con algunos de sus atributos y un ejemplar que toma valores de diferentes dominios.

Con independencia de las restricciones que acabamos de ver, y de las restricciones estructurales sobre interrelaciones que estudiamos posteriormente (todas ellas restricciones de

condición específica), el modelo E/R no proporciona instrumentos para la declaración de otras restricciones (restricciones de condición general), las cuales sólo podrían ser formuladas mediante un lenguaje general de definición de restricciones, ajeno al modelo E/R o por medio de comentarios que acompañen al diagrama.



#### 4. PRIMERA APROXIMACIÓN A LA SEMÁNTICA DE LAS INTERRELACIONES

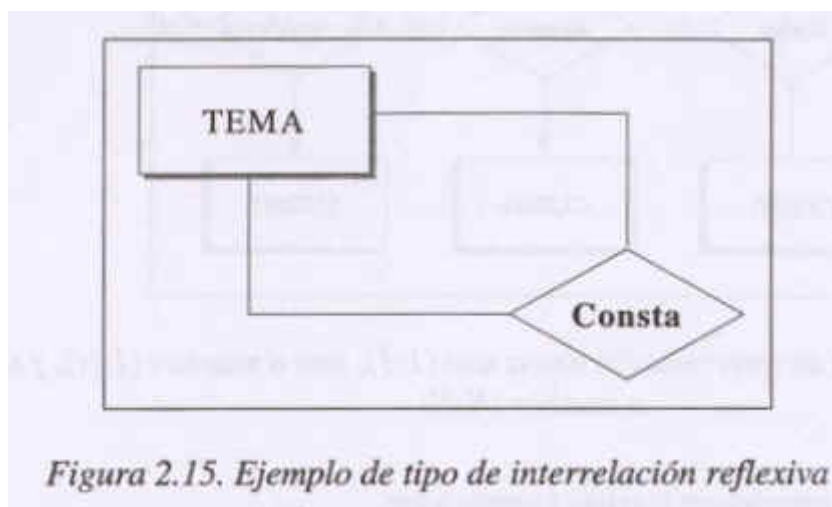
El contenido semántica de las interrelaciones se ha ido completando con conceptos tales como las cardinalidades, la dependencia en existencia y en identificación, la abstracción de generalización, etc.; en este epígrafe vamos a comenzar viendo los elementos de una interrelación que aparecen en el modelo básico así como algunos aspectos semánticos como las dependencias en existencia y en identificación. Posteriormente, en otros epígrafes, iremos extendiendo la semántica de las interrelaciones.



### 4.1. ELEMENTOS DE UN TIPO DE INTERRELACIÓN

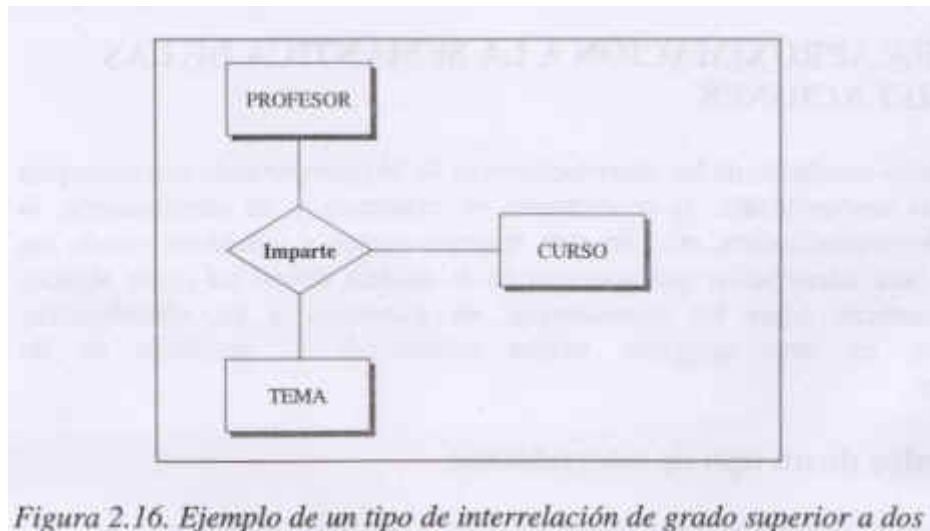
En un tipo de interrelación se pueden distinguir los siguientes elementos:

- . **Nombre:** Al igual que las entidades, los dominios y los atributos, cada tipo de interrelación tiene un nombre que lo distingue unívocamente del resto, y mediante el cual ha de ser referenciado. Como hemos indicado anteriormente, en la representación gráfica del tipo de interrelación (un rombo etiquetado) siempre ha de aparecer el nombre, el cual aporta semántica al modelo; otros modelos de datos (como el jerárquico e incluso el relacional para ciertos tipos de interrelación) no soportan esta semántica.
- . **Grado:** Es el número de tipos de entidad que participan en un tipo de interrelación. Así, un tipo de interrelación es de grado 2 (o binaria) cuando asocia dos tipos de entidad como las de las figuras 2.3 y 2.4. Un caso particular de interrelaciones de grado 2 son las *reflexivas* (también llamadas recursivas en algún texto), las cuales asocian un tipo de entidad consigo misma; en la figura 2.15 se muestra el tipo de interrelación reflexiva *Consta* que asocia TEMA con TEMA, en la que se refleja la posibilidad de que un cierto tema (por ejemplo, informática) esté compuesto por (sub )temas (por ejemplo, bases de datos, sistemas operativos, lenguajes, etc.).



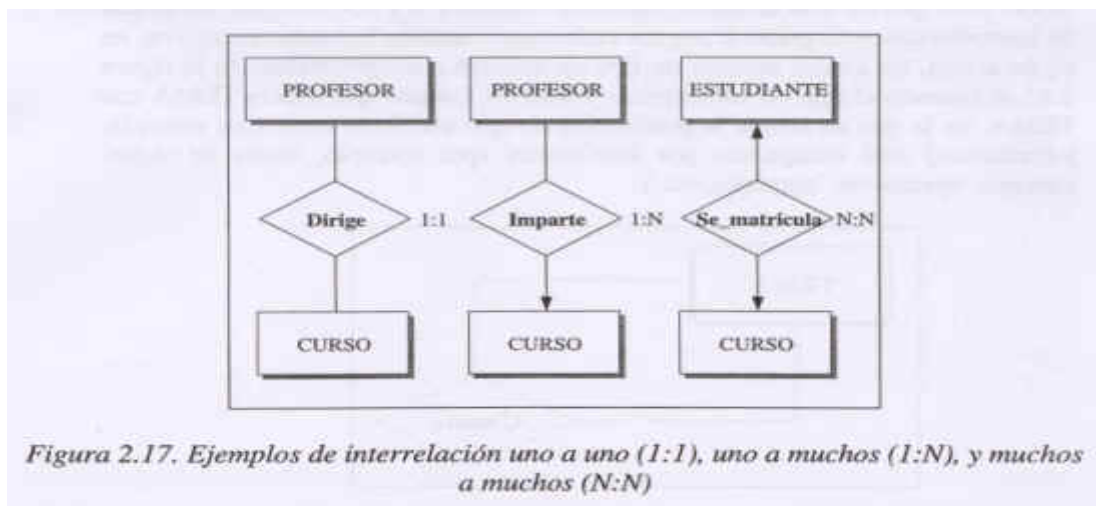
*Figura 2.15. Ejemplo de tipo de interrelación reflexiva*





Pueden existir también tipos de interrelación que asocien más de dos tipos de entidad (grado  $n$ ,  $n > 2$ ) como en la figura 2.16. En este ejemplo se muestra un profesor con los temas y cursos que imparte.

- **Tipo de correspondencia:** Es el número máximo de ejemplares de un tipo de entidad que pueden estar asociados, en una determinada interrelación, con un ejemplar de otro(s) tipo(s); para representarlo gráficamente se orienta el arco de unión en el sentido 1 a  $N$  mediante una punta de flecha, tal como aparece en la figura 2.17, donde se han incluido ambos tipos de representación en tres ejemplos de tipos de interrelación.



- **Papel ("rol"):** Es la función que cada uno de los tipos de entidad realiza en el tipo de interrelación; se representa poniendo el

nombre del **papel** en el arco que une cada tipo de entidad con el tipo de interrelación (ver figura 2.18). Siempre que no exista ambigüedad se suele prescindir de representar el papel.

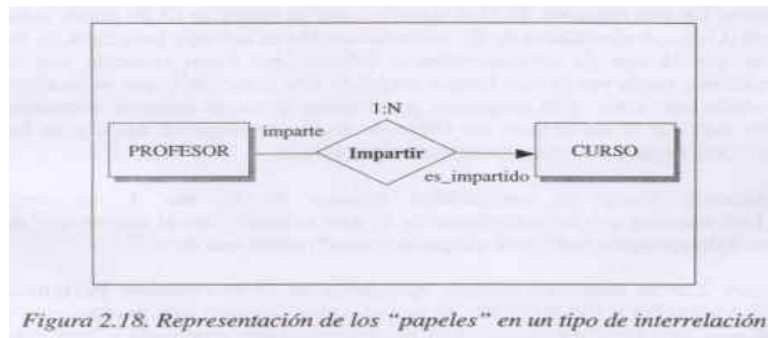


Figura 2.18. Representación de los "papeles" en un tipo de interrelación.

#### 4.2. CARDINALIDAD DE UN TIPO DE ENTIDAD

Se define como el número máximo y mínimo de ejemplares de un tipo de entidad que pueden estar interrelacionadas con un ejemplar del otro, u otros tipos de entidad que participan en el tipo de interrelación. Se representa gráficamente mediante una etiqueta del tipo  $(0,1)$ ,  $(1,1)$ ,  $(0,N)$  ó  $(1,N)$ , según corresponda, al lado de los tipos de entidades asociados por el tipo de interrelación, tal como aparece en la figura 2.19. El concepto de cardinalidad, tal y como se ha definido aquí, no coincide exactamente con el propuesto en TARDIEU *et al.* (1979), el cual contempla la cardinalidad como el número mínimo y máximo de ejemplares de cada tipo de entidad que intervienen en una interrelación; en el caso de interrelaciones binarias las etiquetas aparecerían intercambiadas de lugar con respecto a nuestra definición, pero si se trata de interrelaciones de grado superior a dos los valores de las cardinalidades cambian porque el concepto es distinto.

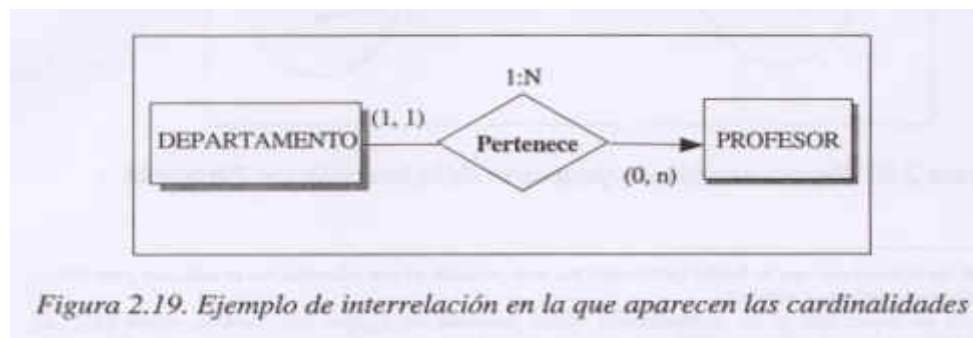


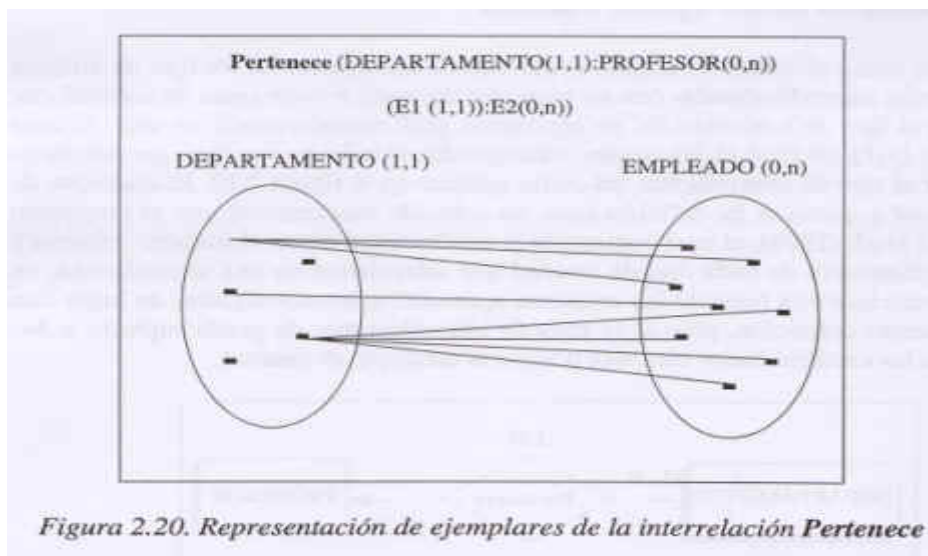
Figura 2.19. Ejemplo de interrelación en la que aparecen las cardinalidades

Sea I un tipo de interrelación binaria y  $E_1$  Y  $E_2$  los tipos

de entidad asociados por ella. Si no se impone restricción alguna a  $I(I:E_1 \quad E_2 \text{ y } 1/I:E_2 \quad E_1)$ , cualquier número de ejemplares de entidad, ninguno o varios a la vez, de  $E_1$  pueden estar relacionados con uno de  $E_2$  y viceversa. Se utilizará la notación  $I(E_1(0,n):E_2(0,n))$  para denotar esta clase de interrelaciones. En esta notación,  $E_1(0,n)$  significa que un ejemplar de  $E_2$  puede estar relacionado con  $0,1,2,\dots,n$  ejemplares de  $E_1$ ; el razonamiento es análogo para  $E_2(0,n)$ . Se puede observar que el tipo de correspondencia definido por Chen coincide con la cardinalidad máxima, razón por la cual hemos preferido esta notación, que es también utilizada por algún otro autor, a la propuesta por Tardieu que está bastante extendida (probablemente más que la anterior en los libros de diseño de bases de datos y en las herramientas CASE, aunque no así en los modelos de objetos).

Una aplicación donde la cardinalidad mínima de  $E_2$  sea 1, es decir  $I(E_1(0,n):E_2(1,n))$ , requiere que todo ejemplar de  $E_1$  esté asociado con al menos uno de  $E_2$ , pero no que todo ejemplar de  $E_2$  esté vinculado con al menos uno de  $E_1$ .

En la figura 2.20 se muestran algunos ejemplares de la interrelación **Pertenece** entre DEPARTAMENTO y PROFESOR, en la que se ha supuesto que pueden existir departamentos que (por estar recién creados) no tienen ningún empleado y que todo empleado tiene que pertenecer siempre a un único departamento.

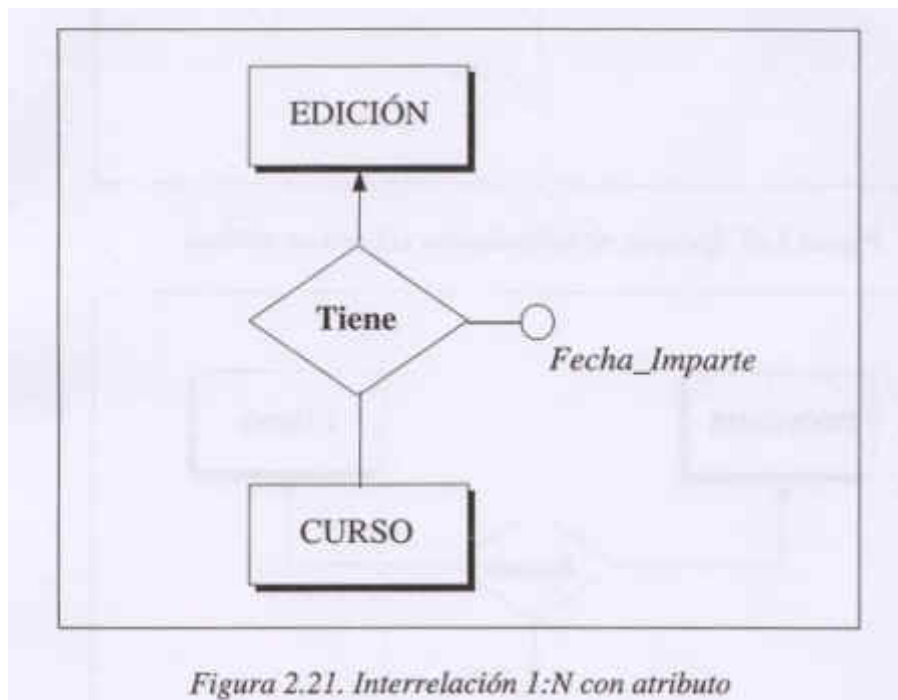


Si bien las cardinalidades máximas coinciden con el tipo de correspondencia, la capacidad semántica es superior en las

primeras, ya que las flechas con que se representa el tipo de correspondencia no permiten precisar, aunque se conozca, el número exacto de ejemplares vinculados en la interrelación.

### 4.3. ATRIBUTOS DE LAS INTERRELACIONES

Cuando una interrelación 1:N tiene un atributo asociado (tal como aparece en la figura 2.21), es inmediata la demostración matemática (véase, por ejemplo, STOREY y GOLDSTEIN [1988]) de que el atributo puede llevarse a la entidad cuya cardinalidad máxima es N (en el ejemplo de la figura el atributo *Fecha\_Imparte* podría llevarse a EDICIÓN), con independencia de los valores de las cardinalidades mínimas.



*Figura 2.21. Interrelación 1:N con atributo*

Semánticamente, sin embargo, puede ser, en ocasiones, de interés conservar el atributo dependiendo de la interrelación. Éste es el caso, por ejemplo, del esquema de la figura 2.22 donde tenemos el tipo de interrelación **Matrimonio** (1:1) entre HOMBRE y MUJER, que tiene el atributo *fecha* (del matrimonio). Por ser la interrelación 1: 1, para cada par (hombrex, mujery) existe una sola fecha válida de celebración del matrimonio, fecha que no es una propiedad de ninguno de los dos ejemplares, sino del hecho de la unión entre ellos, es decir, de la interrelación.

Los atributos de las interrelaciones N:M, son propios de la

misma y no de las entidades vinculadas por la interrelación; pueden incluso ser multivaluados como en el ejemplo de la figura 2.23 donde un profesor puede dar el mismo curso en varias fechas distintas, por lo que *Fecha* es un atributo multivaluado.

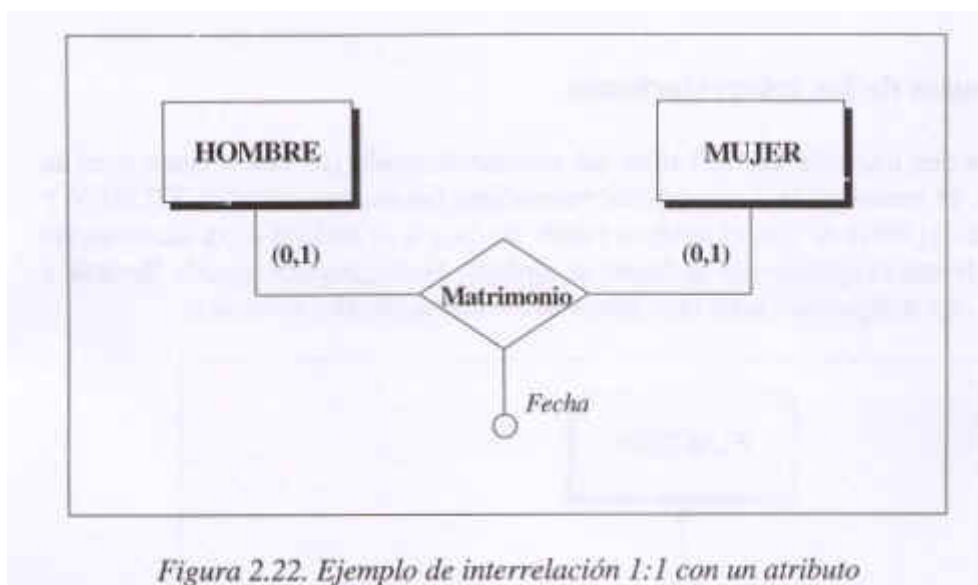


Figura 2.22. Ejemplo de interrelación 1:1 con un atributo

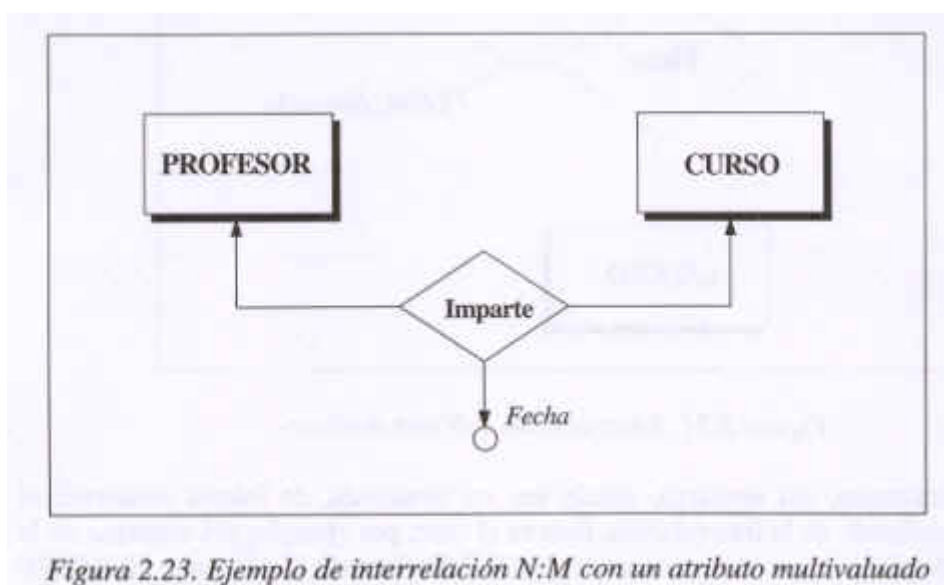


Figura 2.23. Ejemplo de interrelación N:M con un atributo multivaluado

#### 4.4. DEPENDENCIA EN EXISTENCIA Y EN IDENTIFICACIÓN

Como en el caso de los tipos de entidad, los tipos de interrelación se clasifican también en *regulares* y *débiles*, según estén asociando dos tipos de entidad regulares, o un tipo de entidad débil con un tipo de entidad (regular o débil), respectivamente. Es interesante distinguir, dentro del tipo de interrelación débil, la dependencia en *existencia* y la dependencia en *identificación*. Se dice que hay dependencia en existencia cuando los ejemplares de un tipo de entidad (entidad débil) no pueden existir si desaparece el ejemplar del tipo de entidad regular del cual dependen. Se dice que existe dependencia en identificación cuando además de cumplirse la condición anterior, los ejemplares del tipo de entidad débil no se pueden identificar por sí mismos, es decir, mediante los propios atributos del tipo de entidad, y exigen añadir el identificador principal del tipo de entidad regular del cual dependen. Se ve claramente que una dependencia en identificación es siempre una dependencia en existencia (no ocurre lo contrario), y el tipo de interrelación es débil en ambos casos.

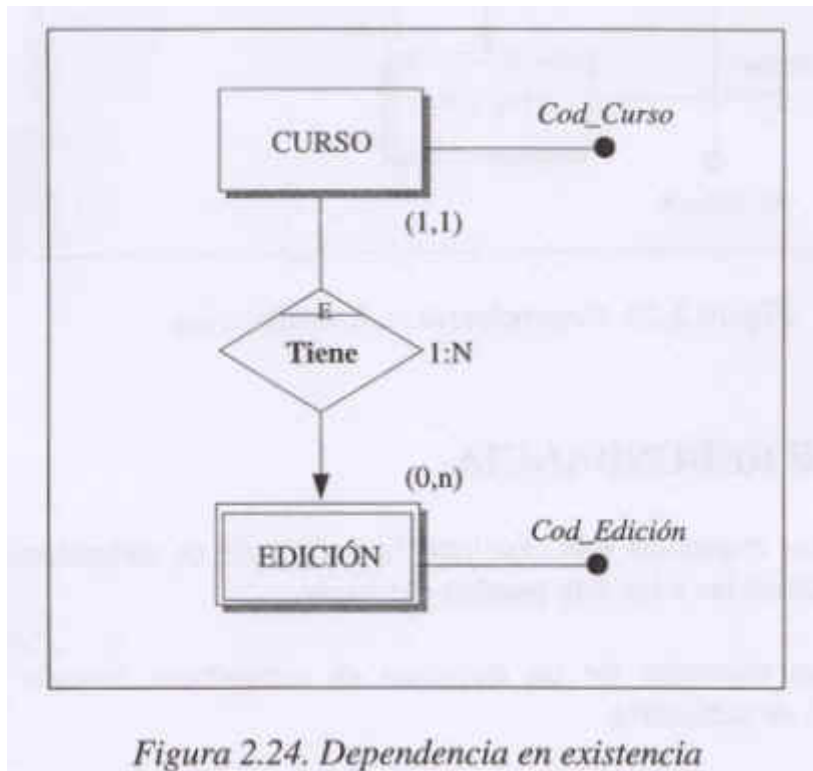


Figura 2.24. Dependencia en existencia

Si existe dependencia en identificación, el rombo que representa la interrelación va etiquetado con **ID**, y con una **E** (o sin etiqueta) en caso de que la dependencia sea en existencia. En la figura 2.24 se puede observar que los datos acerca de las ediciones de un curso sólo tendrán interés en tanto éste permanece en la base de datos, con lo que hay una dependencia en

existencia. Sin embargo, cada edición tiene un identificador que lo distingue del resto independientemente del curso al que pertenezca. Por ejemplo, para el curso uno E1, E2, para el curso dos E3, E4, E5, etc.

En el supuesto de que las ediciones no tuvieran un identificador único, por ejemplo, E1, E2 fuesen ediciones del curso C1, E1, E2, E3 del curso C2, etc., entonces se dice que edición depende en identificación de curso. En la figura 2.25 se representa una dependencia en identificación donde se indica que el identificador de EDICIÓN (al que hemos llamado *Id\_Edición*) se forma mediante el código de edición (*Cód\_Edición*) más el identificador de la entidad de la cual depende EDICIÓN en la interrelación **Tiene**, es decir, *Cód\_Curso*.

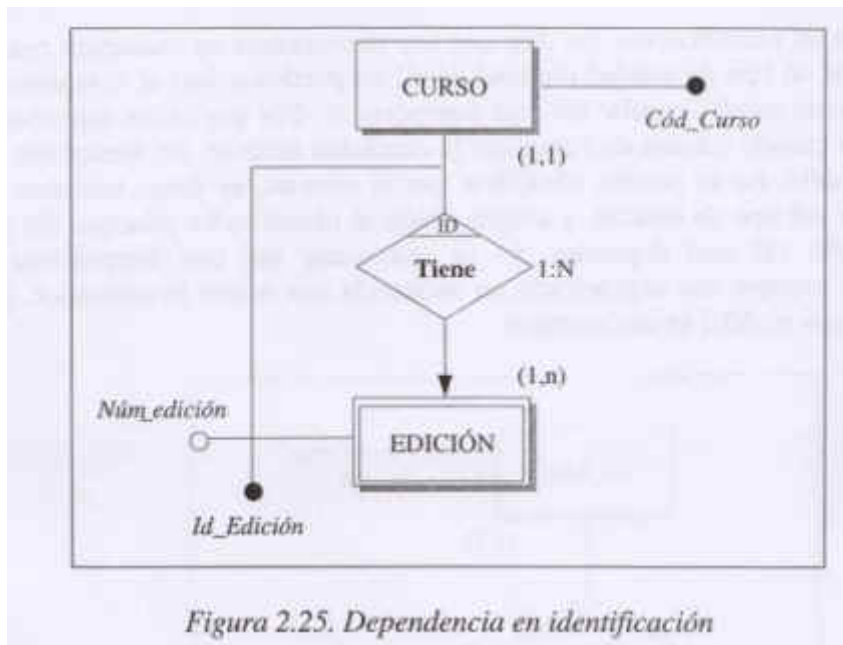


Figura 2.25. Dependencia en identificación

## 5. CONTROL DE REDUNDANCIA

Es preciso, en los esquemas E/R, analizar la existencia de redundancias, por lo problemas de inconsistencias a los que pueden dar lugar.

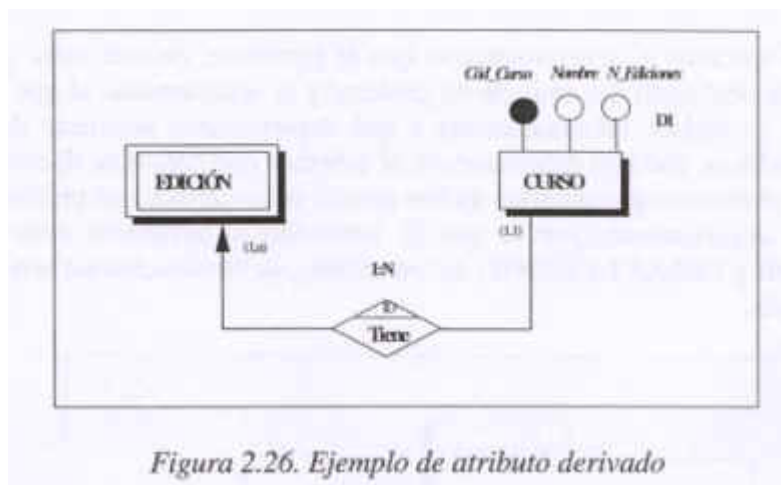
Decimos que un elemento de un esquema es redundante cuando puede ser eliminado sin pérdida de semántica.

Existen dos formas principales de redundancia, según el elemento del modelo E/R al que está asociada: redundancia en los atributos (atributos derivados) y redundancia en las interrelaciones (denominadas también por algunos autores interrelaciones derivadas).

### 5.1. ATRIBUTOS DERIVADOS

Entendemos por atributos derivados (o calculados) aquellos que se obtienen a partir de otros ya existentes, por lo que, aunque son redundantes, no dan lugar a inconsistencias, siempre que en el esquema se indique su condición de derivados y la fórmula mediante la que han de ser calculados.

En la figura 2.26 tenemos el atributo *número de ediciones*, que puede ser calculado a partir de los ejemplares de edición mediante la interrelación tiene. Para indicarlo gráficamente utilizaremos la etiqueta Di en el atributo calificado como derivado, almacenando la regla de derivación en el diccionario de datos.



*Figura 2.26. Ejemplo de atributo derivado*

Incluir en el esquema conceptual atributos derivados, a pesar de que pueden ser generados a partir de otros ya existentes, tiene a veces interés por razones semánticas. Aunque también se podría hacer por motivos de eficiencia; sólo por esta causa no se deberían incluir dichos atributos en el esquema conceptual, sino en el lógico, o mejor aún, en el físico.

Un atributo derivado puede ser calculado en dos momentos distintos: bien en actualizaciones que pueden provocar cambios en su valor, bien cuando se recupera. En el primer caso, el atributo derivado se calcula y almacena (por lo que, por



ejemplo, en el modelo de datos Codasyl se dice que es *real*); en el segundo no está almacenado y se calcula cuando se realiza una consulta (por lo que se dice que es *virtual*). El tomar una u otra decisión es propio del diseño físico, ya que se hace por motivos de eficiencia, y dependerá del número de actualizaciones frente al de recuperaciones. Tampoco hay que confundir un atributo derivado, cuyo valor no se introduce nunca sino que se calcula con las restricciones que comprueban la consistencia entre valores que están almacenados en la base de datos por haberlos introducido el usuario.

### 5.2. INTERRELACIONES REDUNDANTES

Se dice que una interrelación es redundante cuando su eliminación no implica pérdida de semántica porque existe la posibilidad de realizar la misma asociación de ejemplares por medio de otras interrelaciones.

Es condición necesaria, aunque no suficiente, para que una interrelación sea redundante que forme parte de un ciclo, por lo que hay que estudiar detenidamente los ciclos en el diagrama EIR.

En el ejemplo de la figura 2.27 se da un ciclo entre PROFESOR, CURSO y DEPARTAMENTO, por lo que en principio es posible que aparezca alguna interrelación redundante. Supongamos que un profesor sólo puede impartir cursos de doctorado que estén adscritos al departamento al que él pertenece; en este caso, si se conocen los cursos de doctorado que imparte un profesor y el departamento al que está adscrito cada curso, se deduce inmediatamente a qué departamento pertenece dicho profesor; de forma análoga, dado un departamento, si sabemos qué cursos de doctorado tiene adscritos y los profesores que imparten dichos cursos, conoceremos qué profesores pertenecen a dicho departamento, por lo que la interrelación pertenece entre las entidades PROFESOR y DEPARTAMENTO es redundante, su eliminación no produce pérdida de información.



Figura 2.27. Ciclo en el que aparece una interrelación redundante

En la figura 2.28, a pesar de que también existe un ciclo, no hay ninguna interrelación redundante. En este ejemplo la semántica es distinta y un departamento puede no tener adscritos cursos de doctorado; además un mismo curso puede estar adscrito a distintos departamentos y puede haber profesores que no impartan ningún curso. La interrelación pertenece no puede deducirse en este caso de las otras dos, ya que aunque sepamos los cursos que ha impartido un profesor y los departamentos a los que están adscritos dichos cursos, no podemos saber a qué departamento en concreto pertenece dicho profesor; tampoco se tiene esta información para los profesores que no imparten ningún curso. La interrelación imparte tampoco es redundante, ya que un curso de doctorado puede ser impartido por diversos departamentos a cada uno de los cuales pertenecen varios profesores, por lo que no se puede saber qué profesor en concreto imparte un determinado curso. Por último, la interrelación adscrito tampoco es redundante, ya que un curso impartido por un profesor no tiene por qué estar necesariamente adscrito al departamento al que pertenece dicho profesor: hay departamentos que no tienen cursos adscritos y los profesores de estos departamentos pueden colaborar en cursos adscritos a otros departamentos distintos del suyo.

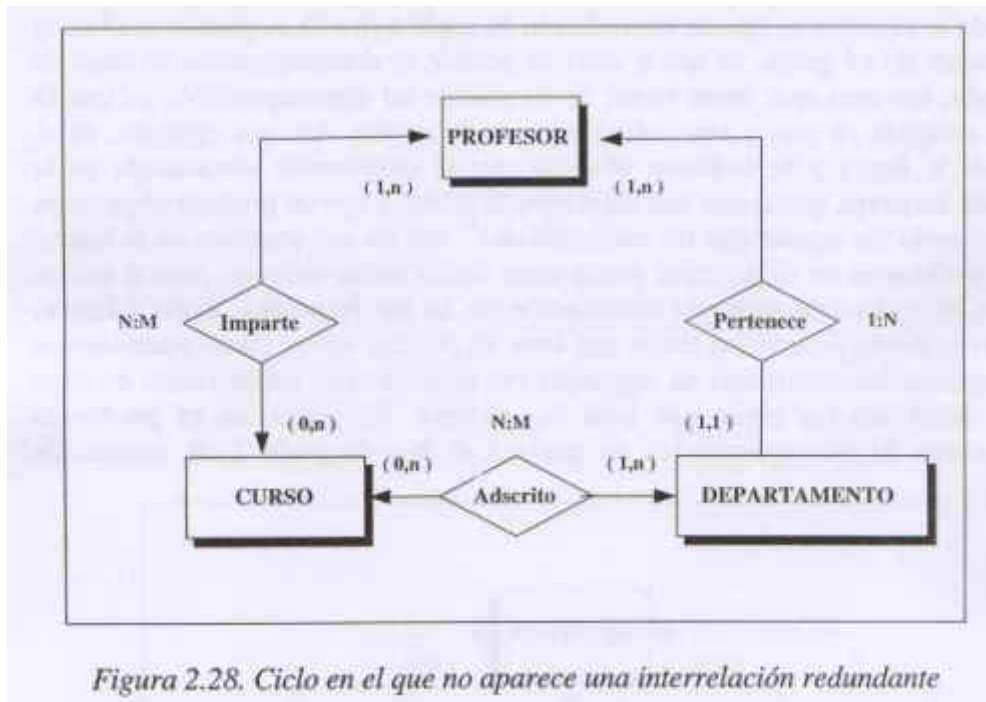


Figura 2.28. Ciclo en el que no aparece una interrelación redundante

Existen otros casos en los que la interrelación, a pesar de poder ser deducida a partir de otras presentes en el esquema, no se puede eliminar porque posee atributos.

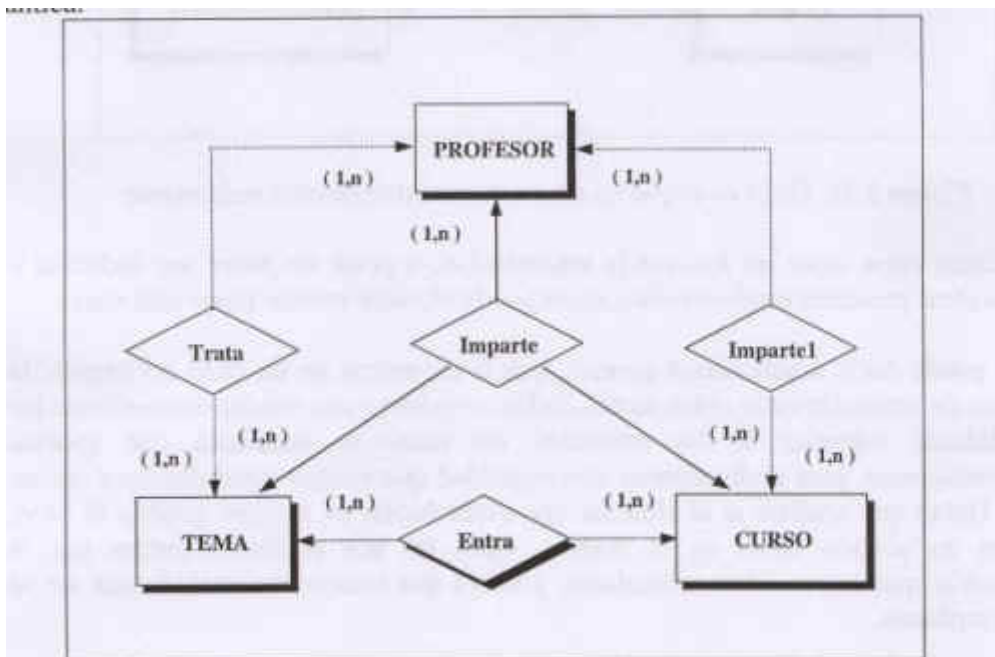
Se puede decir, como norma general, que la existencia de un ciclo no implica la existencia de interrelaciones redundantes. Deben estudiarse con mucho detenimiento las cardinalidades mínimas de las entidades, así como la semántica que aportan las interrelaciones, para poder afirmar con seguridad que existen interrelaciones redundantes. Habrá que analizar si al eliminar una interrelación es *siempre* posible el paso, tanto en un sentido como en el inverso, entre las dos entidades unidas por la interrelación que se considera redundante, y habrá que comprobar también que no se pierdan atributos.

En resumen, para que una interrelación pueda ser eliminada por redundante se tiene que cumplir:

- Que exista un ciclo
- Que las interrelaciones que componen el ciclo sean equivalentes semánticamente
- Que se puedan asociar los ejemplares de las dos entidades que estaban interrelacionadas, aún habiéndose eliminado la interrelación
- Que la interrelación o bien no tenga atributos o bien éstos puedan ser transferidos a otra a fin de no perder su semántica.

## 6. INTERRELACIONES DE GRADO SUPERIOR DOS

Cuando se presenta un tipo de interrelación de grado  $n$  ( $n > 2$ ), es preciso analizar si es propiamente de tal grado, ya que a veces es posible su descomposición en otras de menor grado; mientras que, otras veces, no es posible tal descomposición, ya que la semántica recogida en una y otra solución no es la misma. Así, por ejemplo, en el esquema de la figura 2.29 podemos observar que la información almacenada en la interrelación **Imparte**, que asocia tres entidades, se refiere a que un profesor imparte un tema en un curso (se supone que las cardinalidades son las que aparecen en la figura, donde un profesor en un cierto curso puede tratar varios temas distintos, pero al menos tratará uno, etc.); si sustituimos esta interrelación por las tres **Impartel**, **Trata** y **Entra**, de ellas no se puede deducir los temas que trata un profesor en un curso determinado, aunque sepamos los cursos que ha impartido ese profesor, qué temas entran en esos cursos y cuáles son los temas que trata ese profesor. Por tanto, no es posible la descomposición de esta interrelación de grado 3 en tres de grado 2 sin pérdida de semántica.



*Figura 2.29. Ejemplo de un tipo de interrelación de grado 3 que no puede ser descompuesta sin pérdida de semántica*

En la figura 2.30, sin embargo, se muestra la interrelación **Imparte** entre PROFESOR, CURSO Y ESTUDIANTE que sí puede ser descompuesta sin perder semántica en las interrelaciones

Imparte!, Da\_clase y Asiste, ya que éstas aportan las misma semántica que la interrelación de grado tresl6. Cuando un tipo de interrelación de grado n ( $n > 2$ ) puede ser sustituido por otros de grado menor, sin pérdida de semántica, se debe llevar a cabo tal sustitución.

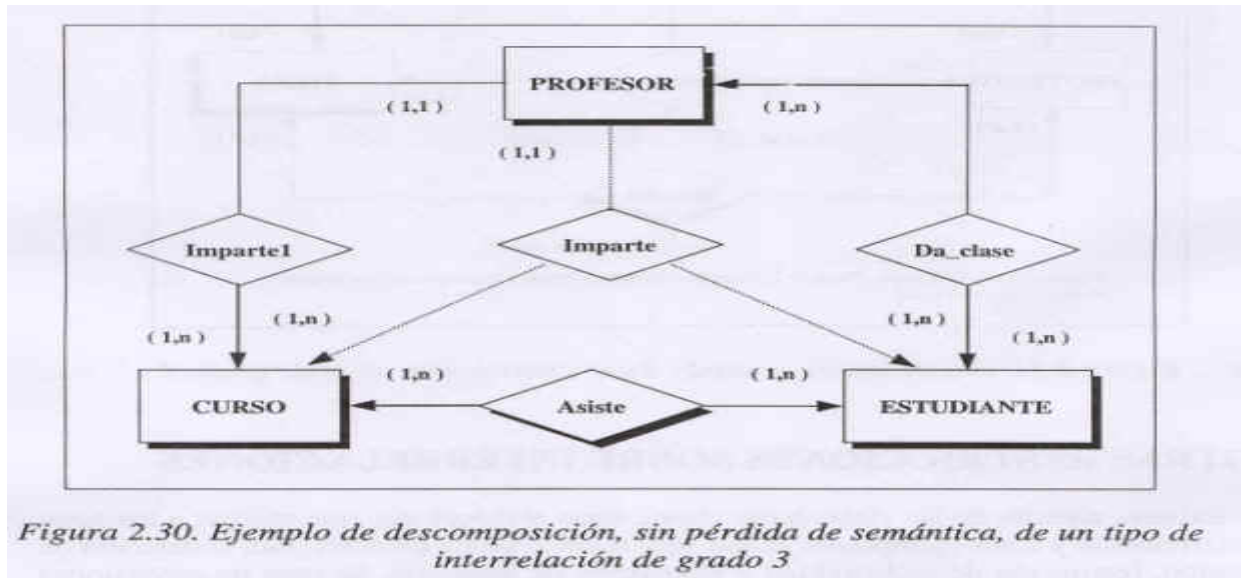


Figura 2.30. Ejemplo de descomposición, sin pérdida de semántica, de un tipo de interrelación de grado 3

La existencia de una interrelación de grado superior a 2 no es incompatible con la existencia de interrelaciones de menor grado en las que participen los mismos tipos de entidad. Por ejemplo, en la figura 2.31 la interrelación de grado 3 **Suministra** coexiste con las tres interrelaciones de grado 2 (**Puede suministrar**, **Interviene** y **Necesita**), ya que éstas recogen las piezas que puede suministrar un proveedor o para los proyectos que puede suministrar, etc., mientras que la de grado 3 representa las piezas que, de hecho, están siendo suministradas para un cierto proyecto por un determinado proveedor; por tanto, la semántica de la interrelación ternaria es distinta de la de las interrelaciones binarias y el usuario podría necesitar que se mantuvieran tres interrelaciones (**Interviene** sí es redundante con respecto a **Suministra**).

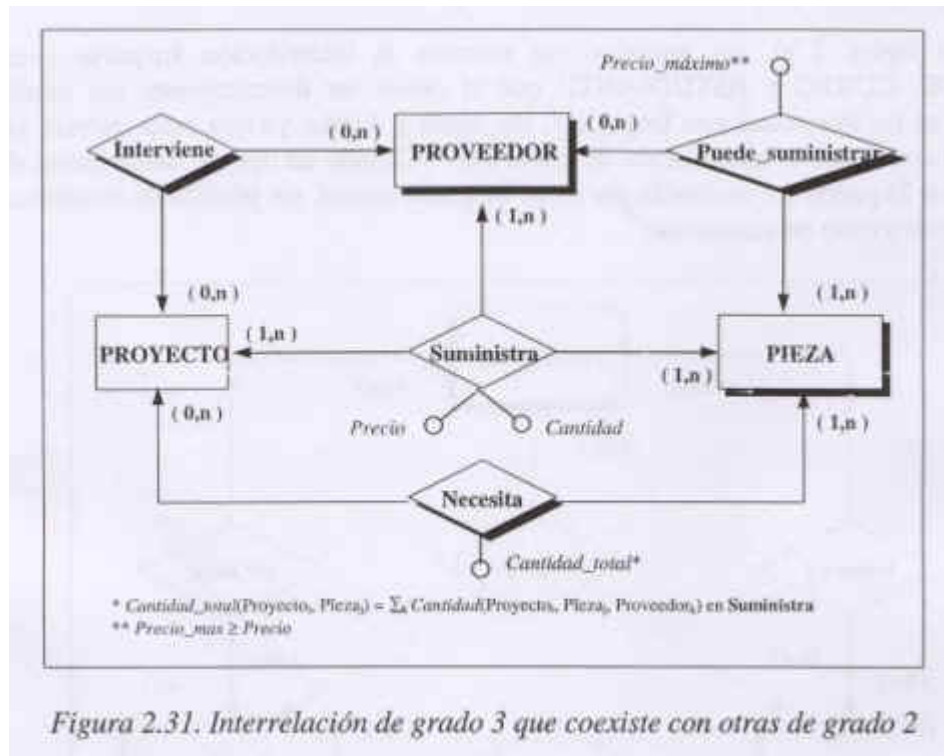


Figura 2.31. Interrelación de grado 3 que coexiste con otras de grado 2

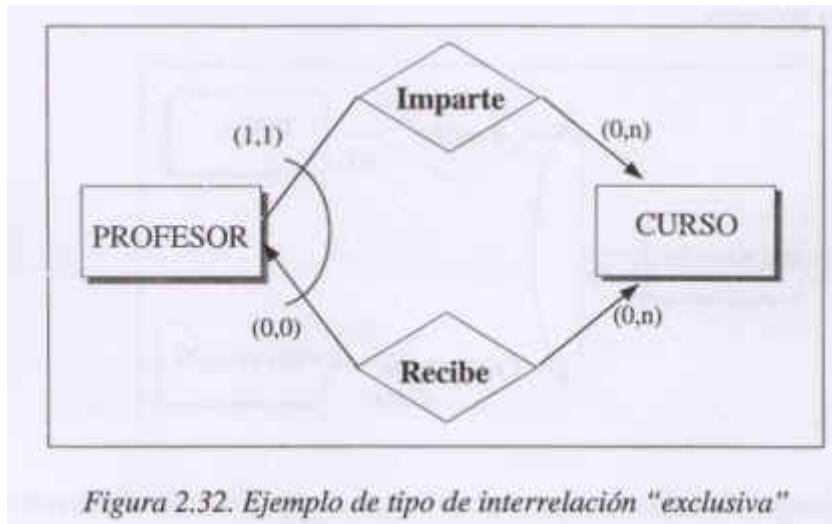
## 7. OTRAS RESTRICCIONES SOBRE INTERRELACIONES

Existen, además de las vistas hasta ahora, otras restricciones que afectan a los tipos de interrelación y a sus ejemplares, como son: restricción de exclusividad, restricción de exclusión, restricción de inclusividad y restricción de inclusión. Se trata de extensiones del modelo E/R que no es habitual recoger en conjunto, ni tampoco lo es diferenciar entre exclusión y exclusividad o entre inclusión e inclusividad. Así, por ejemplo, en DE MIGUEL Y PIATIINI (1992) se hablaba de interrelaciones exclusivas; en Merise, ROCHFELD (1992), se introduce el concepto de exclusión pero no el de exclusividad; en OMT, RUMBAUGH *et al.* (1991) o en UML, BOOCH *et al.* (1997) tan sólo se considera la restricción de inclusión. Un estudio más profundo de las restricciones sobre tipos de interrelación puede encontrarse en MARCOS (1997).

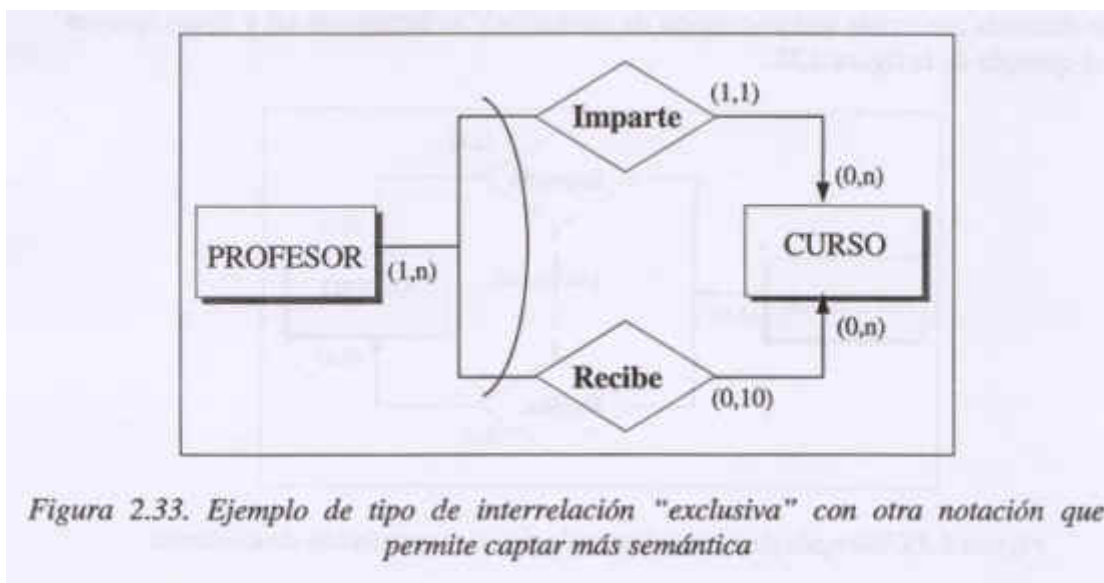
### 7.1. RESTRICCIÓN DE EXCLUSIVIDAD

Decimos que dos (o más) tipos de interrelación tienen una restricción de exclusividad con respecto a un tipo de entidad que participa en ambas interrelaciones cuando cada ejemplar de dicho tipo de entidad sólo puede pertenecer a uno de los tipos de la interrelación, pero en el momento en que pertenezca a uno ya no podrá formar parte del otro. Por ejemplo, si suponemos que

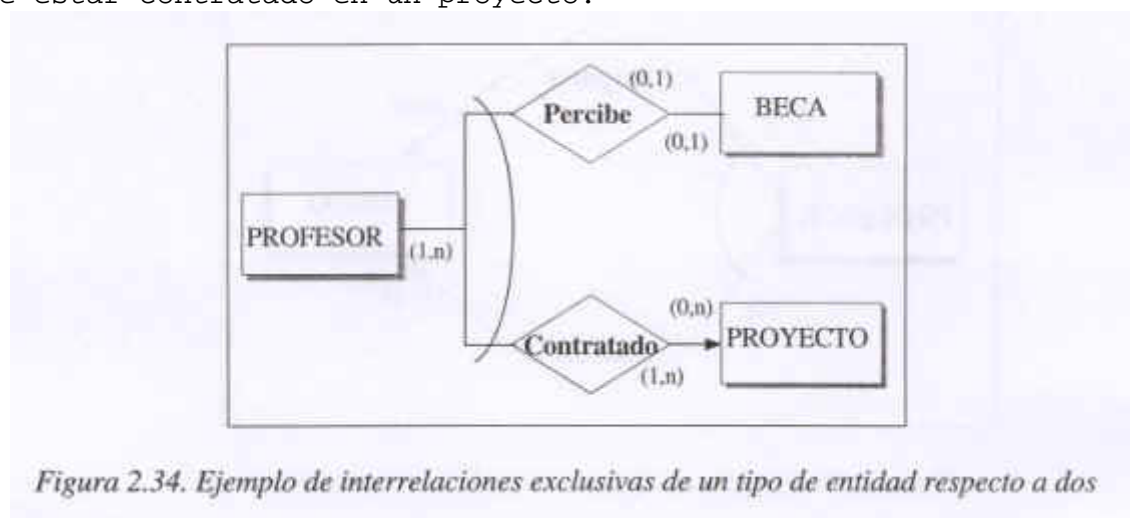
un profesor puede impartir cursos de doctorado o recibidos, pero no ambas cosas, tendríamos una interrelación **Imparte** y otra **Recibe**, entre PROFESOR y CURSO, con una restricción de exclusividad entre sí. En la figura 2.32 se muestra la representación de la exclusividad. El arco señala las interrelaciones que son exclusivas;



El significado de la figura 2.32 es el siguiente: un profesor puede impartir o no cursos de doctorado (0,n), y puede o no recibidos (0,n), pero si un profesor imparte estos cursos no puede recibidos y viceversa. Un curso de doctorado es impartido por un solo profesor (1,1), pero a él pueden asistir varios profesores o ninguno (0,n). Sin embargo, con esta notación no se representa la cardinalidad de PROFESOR con respecto a ambas interrelaciones, o dicho de otro modo, no sabemos si es obligatorio que un profesor tenga que impartir o bien recibir un curso. En la figura 2.33 se muestra otra notación para las interrelaciones exclusivas en la que, además de la cardinalidad de PROFESOR con respecto a **Imparte y Recibe**, por separado, se muestra la cardinalidad de PROFESOR con respecto a ambas interrelaciones.



No es obligatorio que las interrelaciones exclusivas lo sean respecto al mismo tipo de entidad (en este caso CURSO), sino que podrían serlo respecto a distintos tipos. Véase, por ejemplo, figura 2.34, donde si un profesor percibe una beca no puede estar contratado en un proyecto.





### 7.2. RESTRICCIÓN DE EXCLUSIÓN

La restricción de exclusividad en el ejemplo anterior indicaba que un profesor podía impartir o recibir cursos, pero no ambas cosas; si el profesor no es doctor podrá recibir cursos de doctorado y en caso contrario impartirlos. Supongamos ahora que se permite a un profesor ya doctor matricularse en cursos aunque él, a su vez, esté impartiendo otros cursos. En este caso la restricción que debemos imponer es que un profesor no esté impartiendo y recibiendo el mismo curso. Es decir, que todo ejemplar de profesor que esté unido a un ejemplar de curso mediante la interrelación *imparte*, no podrá estar unido al mismo ejemplar de curso mediante la interrelación *recibe*. En este caso decimos que existe una restricción de exclusión y se representa tal y como aparece en el ejemplo de la figura 2.35.

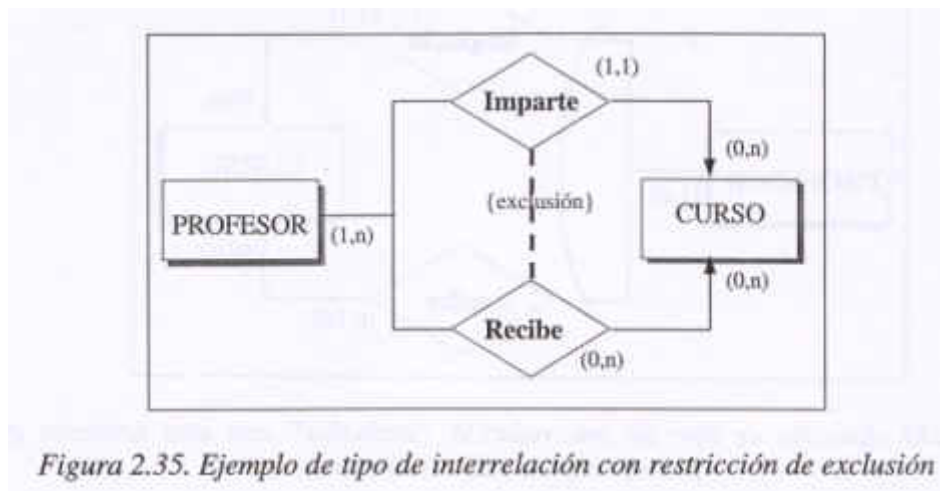
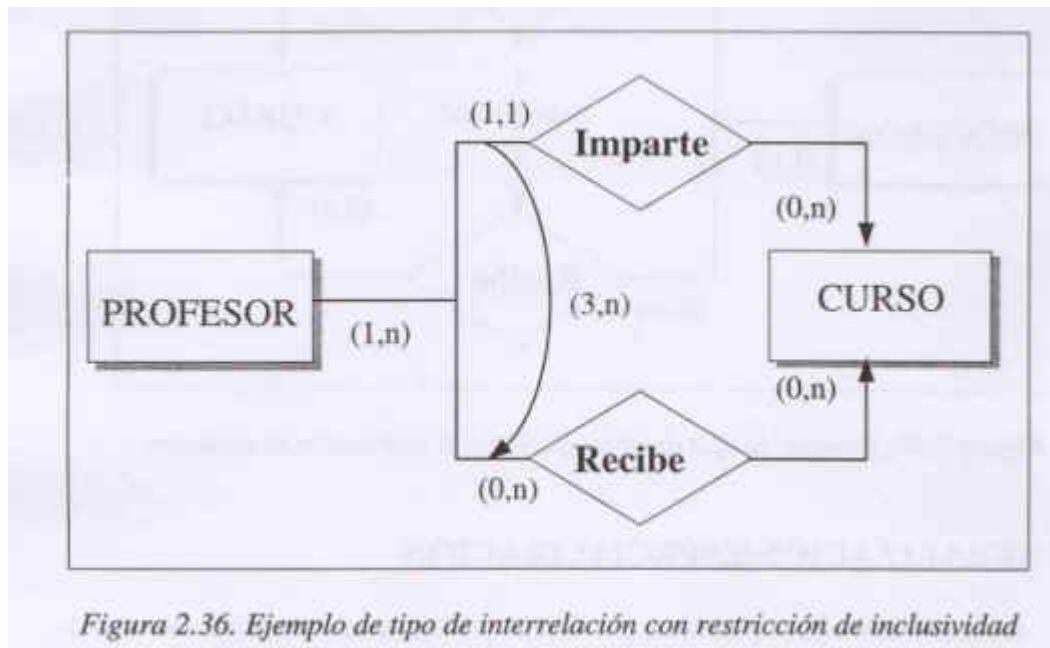


Figura 2.35. Ejemplo de tipo de interrelación con restricción de exclusión

### 7.3. RESTRICCIÓN DE INCLUSIVIDAD

Supongamos ahora que se desea imponer la restricción de que sólo pueden impartir clases en nuestro programa de doctorado aquellos profesores que hayan realizado al menos un curso dentro de este mismo programa, aunque no tiene por qué ser el mismo que él imparte. Aplicamos entonces una restricción de inclusividad entre dos (o mas) tipos de interrelación con respecto a uno de los tipos de entidad que participa en ambas interrelaciones, por la cual toda ejemplar de dicho tipo de entidad que participa en uno de los tipos de interrelación tiene necesariamente que participar en la otra. En la figura 2.36 se muestra la notación gráfica propuesta para este tipo de interrelación.



En este ejemplo se representa que si un profesor participa en Imparte tiene que participar necesariamente en Recibe. La cardinalidad sobre la flecha de inclusividad,  $(3,n)$ , indica el número mínimo y máximo de cursos que tiene que recibir un determinado profesor para que se le permita impartir cursos.

#### 7.4. RESTRICCIÓN DE INCLUSIÓN

A veces es preciso imponer una restricción más fuerte: si un profesor imparte un curso es porque previamente ha tenido que recibir dicho curso. Aplicamos pues una restricción de inclusión, representada en la figura 2.34, por la cual todo ejemplar de profesor que esté unido a un ejemplar de curso mediante la interrelación imparte, tiene necesariamente que estar unido al mismo ejemplar de curso mediante la interrelación recibe.

Si se considera la dimensión temporal se pueden tener casos más complejos de modelado, como por ejemplo que todo profesor que imparta un curso tiene que haberlo recibido antes (restricción de inclusión con el histórico de recibe) pero no puede estar recibéndolo a la vez que lo imparte (restricción de exclusión con el actual de recibe).

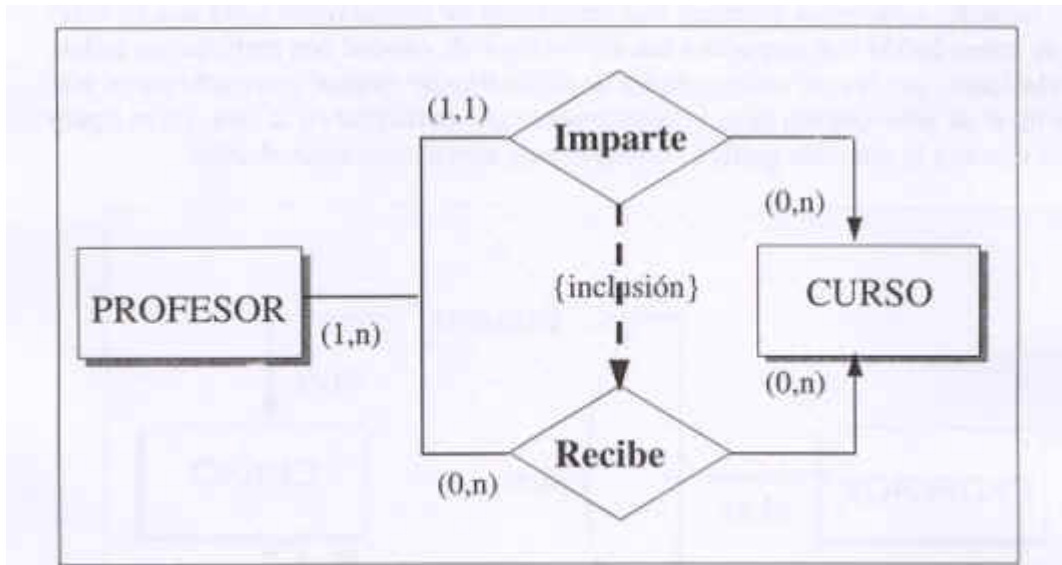


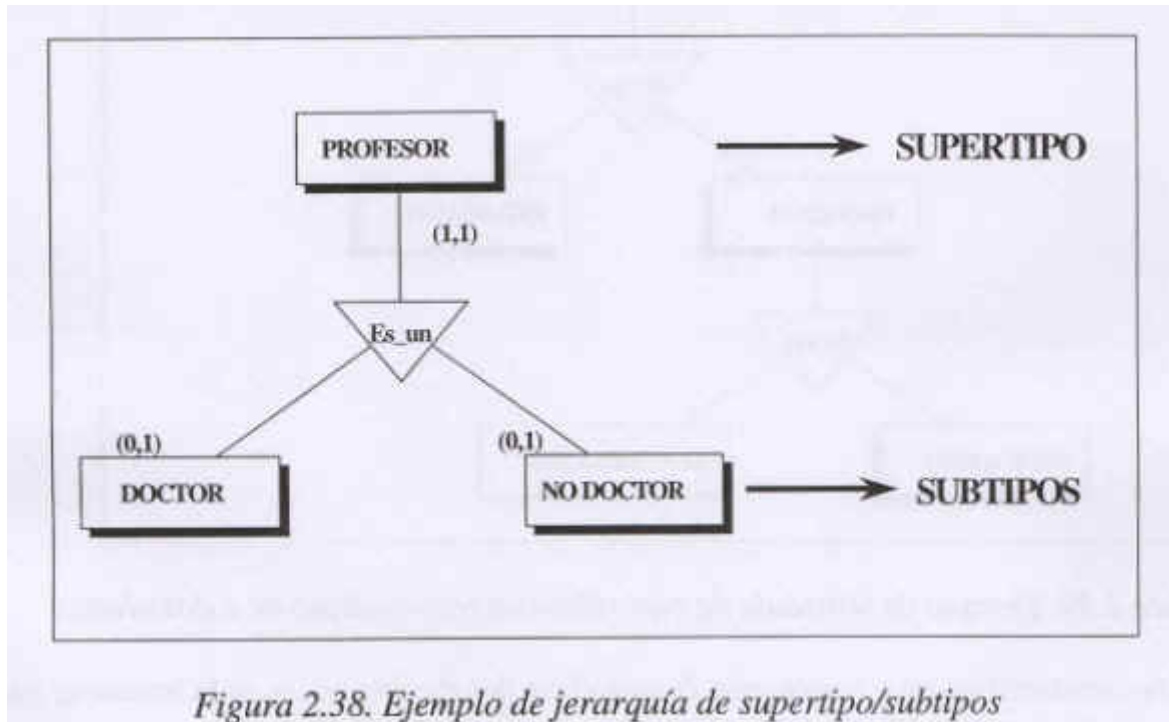
Figura 2.37. Ejemplo de tipo de interrelación con restricción de inclusión

## 8. GENERALIZACIÓN/ESPECIALIZACIÓN

En el modelo E/R básico propuesto por CHEN (1976) no se encontraba este tipo de abstracción que fue introducido en posteriores extensiones del modelo. Tiene su origen en el campo de la inteligencia artificial, introducido por Q\_LIAN (1968) en las *redes semánticas*, habiendo sido adoptado en varios modelos de datos debido a la capacidad semántica que ofrece para la representación del mundo real. La jerarquía de generalización/especialización, en el modelo E/R, se considera como un caso especial de interrelación entre varios tipos de entidad (*subtipos*) y un tipo más general (*supertipo*) cuyas características son comunes a todos los subtipos. La interrelación que se establece entre los subtipos y el supertipo corresponde a la noción de "*es\_un*" o más precisamente "*es\_un\_tipo\_de*".

Aunque existen distintas convenciones para representar estas jerarquías de generalización/especialización, nosotros utilizamos un triángulo cuya base es paralela al rectángulo que representa la entidad del supertipo al cuál está conectado; triángulo que también se une a los subtipos, tal como se muestra en la figura 2.38.

Esta clase de interrelación tiene la característica de que todo ejemplar de un subtipo es también un ejemplar del supertipo, aunque no sucede lo contrario, con lo que las cardinalidades serán siempre (1,1) en el supertipo y (0,1) en los subtipos.



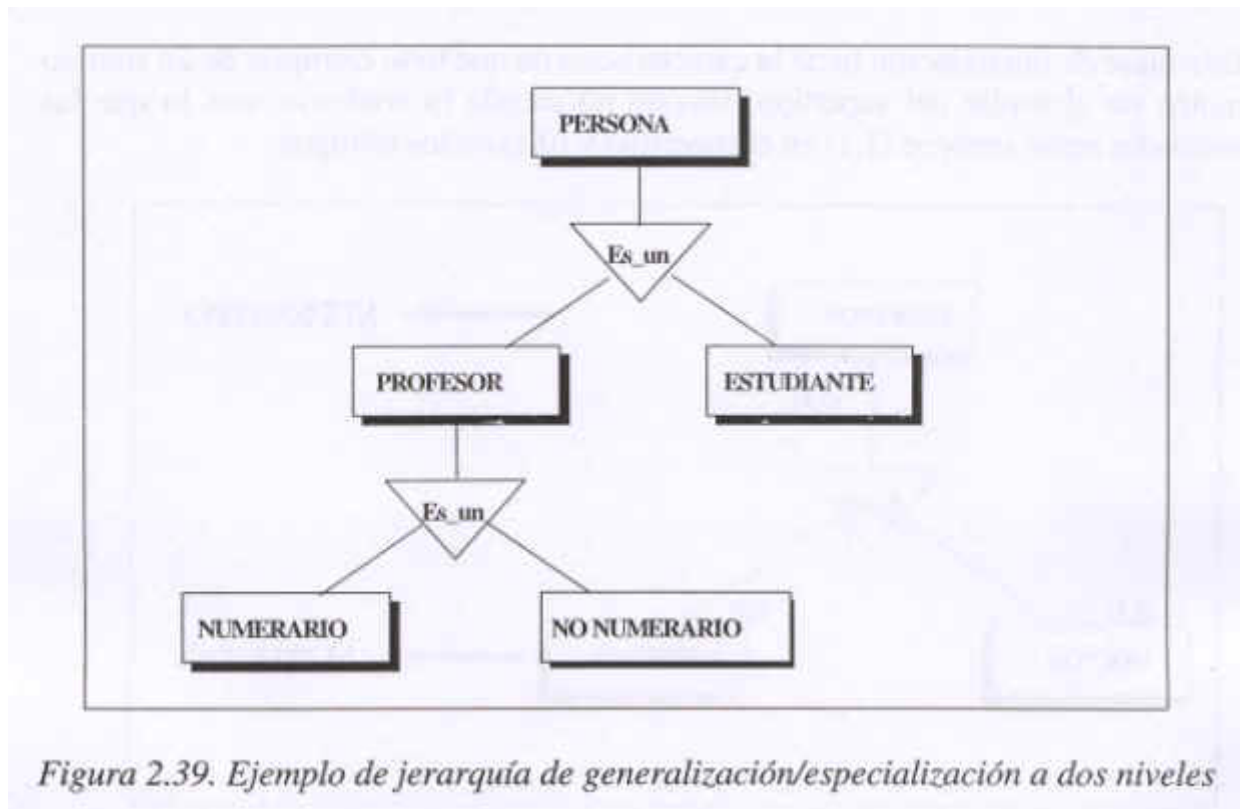
La aparición de estas jerarquías en el modelado de bases de datos puede surgir de dos formas distintas:

- Generalización.** Se observa que dos o más tipos de entidad comparten varios atributos y/o tipos de interrelación, de donde se deduce la existencia de un tipo de entidad de nivel superior (supertipo) que contiene los atributos y los tipos de interrelación comunes a todos los subtipos.
- Especialización.** Se observa que un tipo de entidad tiene ciertos atributos y/o tipos de interrelación que tienen sentido para unos ejemplares pero no para otros, por lo que es conveniente definir uno o varios subtipos que contengan estos atributos y/o tipos de interrelación específicos, dejando en el supertipo los que son comunes.

Por tanto, si nos movemos de los subtipos hacia el supertipo, se trata de una generalización; mientras que si primero identificamos el supertipo y, a partir de él, llegamos a

los subtipos, se trata de una especialización.

Puede ocurrir que se formen, por generalización y/o especialización, jerarquías a más de un nivel donde un subtipo es, a su vez, supertipo de otros, como ocurre en la figura 2.39, donde se puede observar una jerarquía a dos niveles donde uno de ellos se ha obtenido por generalización de profesor y estudiante en persona, y el otro nivel por especialización de profesor en numerario y no numerario.



*Figura 2.39. Ejemplo de jerarquía de generalización/especialización a dos niveles*

Otra característica muy importante de esta clase de interrelaciones es la herencia, ya que, en principio todo atributo del supertipo pasa a ser un atributo de los subtipos; por ejemplo, en la jerarquía de la figura 2.38 tanto los doctores como los no doctores *son* (o *son tipos de*) profesores, por lo que heredarán todos los atributos de **PROFESOR** (*Código, Nombre, DNI, Dirección, etc.*). Esta característica la diferencia de la clasificación, donde los subtipos son ejemplares por lo que al heredar los atributos del supertipo lo hacen tomando valores para cada uno de los atributos heredados, mientras que en la generalización propiamente dicha se heredan los atributos, pero sin sus valores.

En este tipo de abstracción los atributos comunes a todos los subtipos (incluidos los identificadores) se asignan al supertipo, mientras que los atributos específicos se asocian al subtipo al cual pertenecen. Del mismo modo, las interrelaciones que afectan a todos los subtipos se asocian al supertipo, dejándose para los subtipos las interrelaciones específicas en las que sólo participa el correspondiente subtipo.

La división en subtipos (*especialización*) puede venir determinada por una condición predefinida (por ejemplo, en función de los valores de un atributo) en cuyo caso se representará la condición (o el atributo *discriminante*) asociada al triángulo que representa la interrelación. Si no interesa considerar ninguna condición predefinida, deberá ser el usuario, en el momento de insertar un ejemplar en la base de datos, quién especifique a cuál de los subtipos pertenece.

La abstracción de generalización/especialización tiene algunas restricciones semánticas de las que nos ocuparemos a continuación. Atendiendo a si los subtipos se solapan o son disjuntos, y a si la unión de los subtipos recubre o no al supertipo, se pueden distinguir cuatro clases de generalización. Si un mismo ejemplar del supertipo puede pertenecer a más de un subtipo habrá solapamiento, y si sólo puede pertenecer a uno de los subtipos existirá *exclusividad*; por otro lado, si todo ejemplar del supertipo tiene que pertenecer a algún subtipo tendremos *totalidad*, y si, por el contrario, no tiene obligatoriamente que pertenecer a algún subtipo habrá *parcialidad*.

La combinación de estas posibilidades da lugar a cuatro tipos de jerarquías, donde representaremos por un arco el hecho de que los subtipos sean disjuntos y con un círculo la presencia de una jerarquía total, como puede observarse en la figura 2.40, en la cual se presenta una jerarquía total de subtipos disjuntos, ya que:

- . Tanto un doctor como un no doctor son profesores (por tener una jerarquía de generalización)
- . Un mismo profesor no puede ser a la vez doctor y no doctor (exclusividad)
- . Todo profesor tiene que ser obligatoriamente un doctor o un no doctor (totalidad)

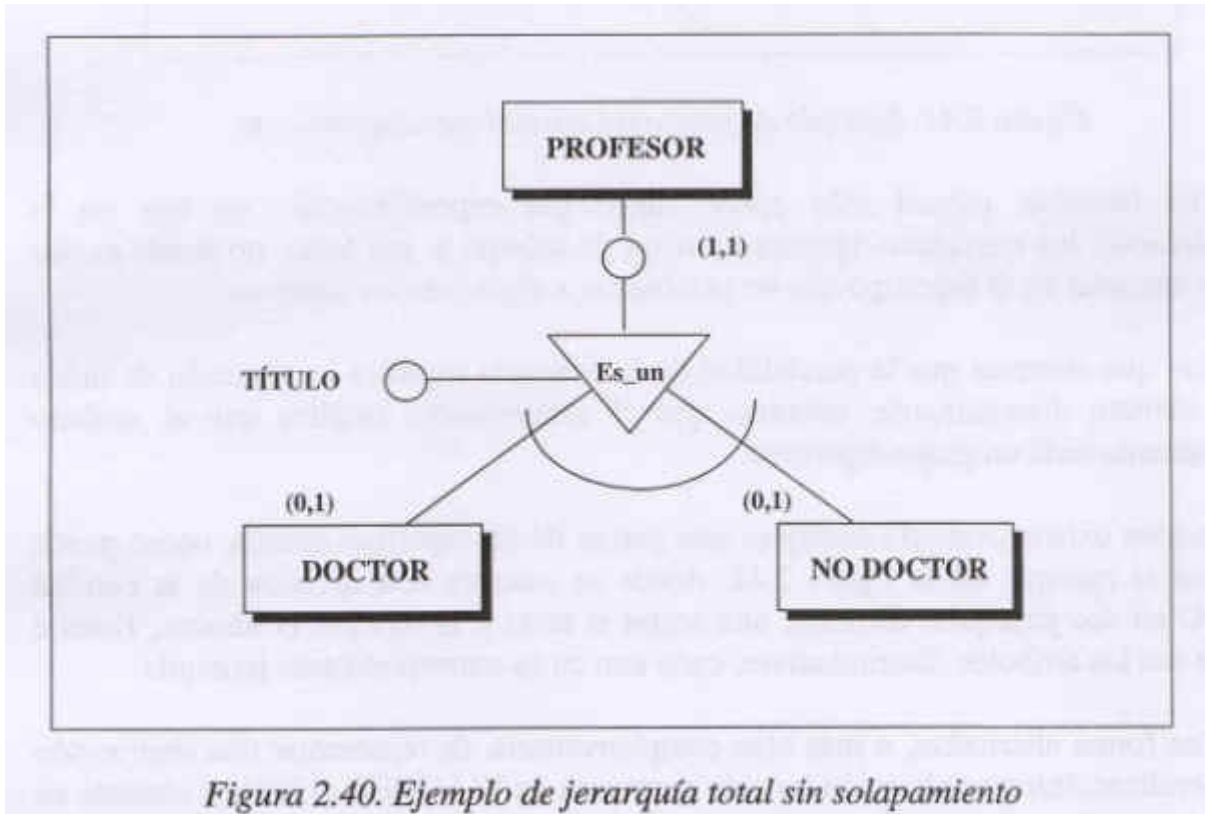


Figura 2.40. Ejemplo de jerarquía total sin solapamiento

En la figura 2.41 se puede observar cómo el supertipo DOCUMENTO y los subtipos LIBRO y ARTÍCULO forman una jerarquía disjunta y parcial, que se traduciría en lo siguiente:

- . Tanto un artículo como un libro son documentos
- . Un mismo documento no puede ser a la vez un artículo y un libro (exclusividad)
- . Un documento puede no ser ni un artículo ni un libro (parcialidad)

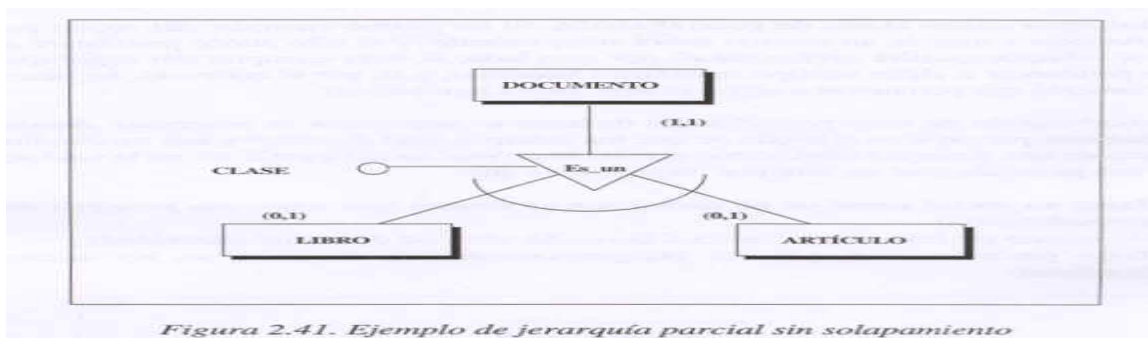


Figura 2.41. Ejemplo de jerarquía parcial sin solapamiento

Una jerarquía parcial sólo puede surgir por especialización, ya que en la generalización los ejemplares aparecen a nivel de subtipo y, por tanto, no puede existir ningún ejemplar en el supertipo que no pertenezca a alguno de los subtipos.

Hay que observar que la parcialidad de la jerarquía significa la admisión de nulos en el atributo discriminante, mientras que el solapamiento implica que el atributo discriminante sería un grupo repetitivo.

Pueden existir jerarquías múltiples que parten de un supertipo común, como puede verse en el ejemplo de la figura 2.42, donde se muestra una división de la entidad CURSO en dos jerarquías distintas, una según el tema y la otra por el idioma; *Tema* e *Idioma* son los atributos discriminantes, cada uno en su correspondiente jerarquía.

Una forma alternativa, o más bien complementaria, de representar una abstracción de generalización/especialización ha sido propuesta en W AGNER (1988), y consiste en *tablas jerárquicas*, que permiten representar la herencia con todas sus características, de manera clara y concisa, sobre todo en el caso de existir varias jerarquías que parten de un mismo supertipo.

Estas tablas, de las que se muestra un ejemplo en la figura 2.43 (relativo a la jerarquía de la figura 2.42), representan mediante "1" las combinaciones posibles. Además, en la parte inferior de la tabla se refleja la jerarquía a la que pertenecen las entidades (cuando se trate de una raíz estará vacía); el tipo de jerarquía (D-disjunta, S-solapada, P-parcial, T-total), aparece en la entrada que tiene como etiqueta "definida como"; el atributo discriminante sobre el que se define la jerarquía y la entidad de la que el subtipo hereda tienen también sus correspondientes entradas.



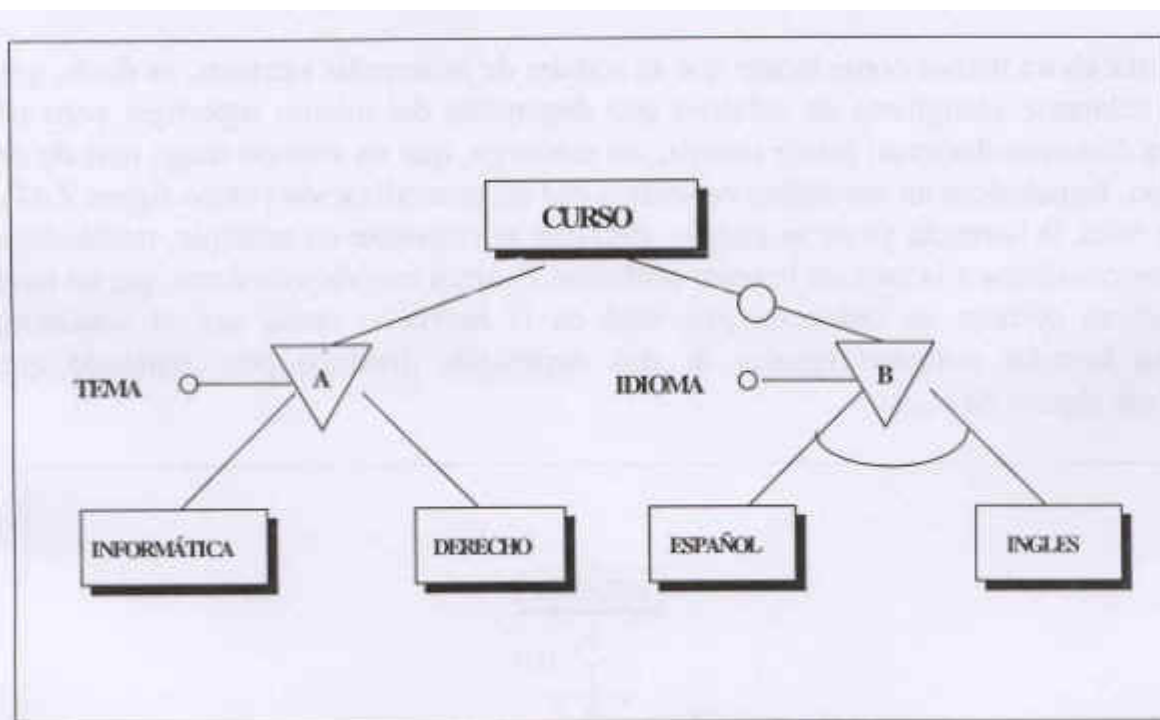


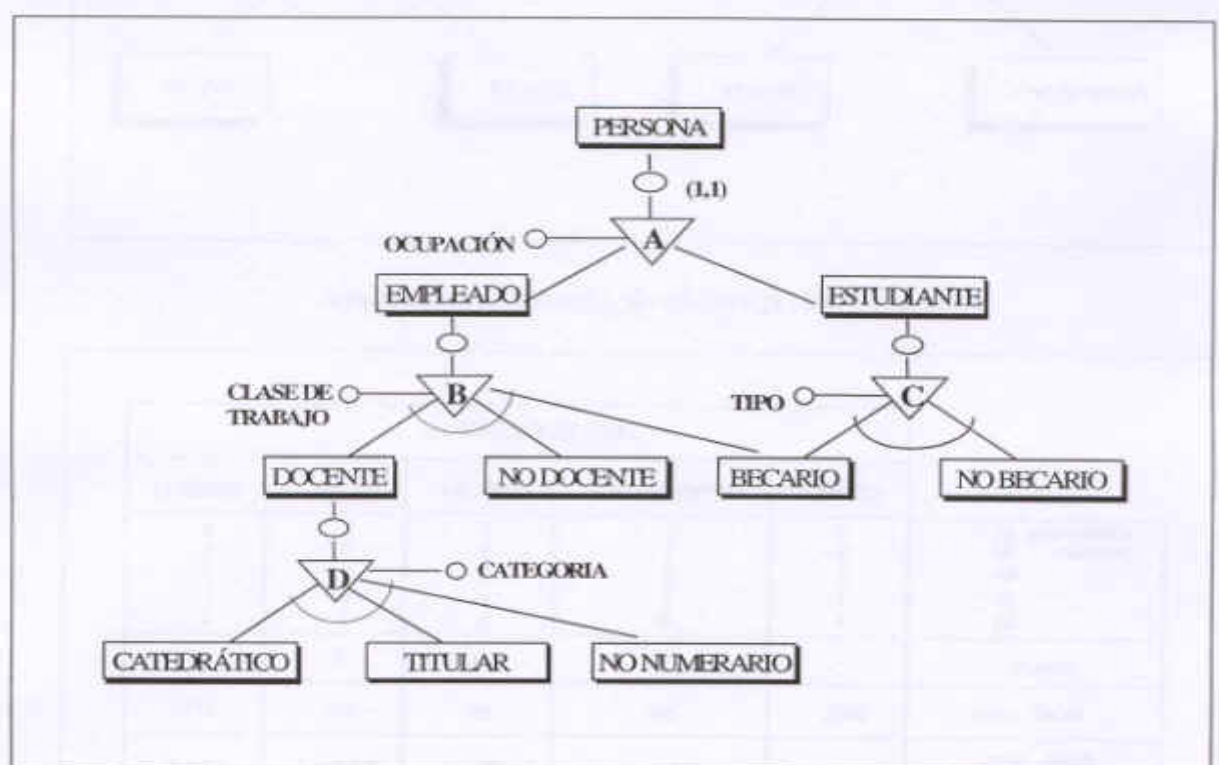
Figura 2.42. Ejemplo de jerarquías múltiples

	TIPOS DE ENTIDAD				
	CURSO	INFORMÁTICA	DERECHO	INGLÉS	ESPAÑOL
combinaciones permitidas					
(a)	1	1	0	1	0
(b)	1	1	0	0	1
(c)	1	0	1	0	1
(d)	1	1	1	0	1
(e)	1	0	0	1	1
jerarquía	-	A	A	B	B
definida como	RAÍZ	SP	SP	DT	DT
definida sobre (atributo discriminante)	-	TEMA	TEMA	IDIOMA	IDIOMA
hereda de	-	CURSO	CURSO	CURSO	CURSO

Figura 2.43. Tabla de representación de jerarquías de generalización

Así, en el ejemplo se especifica que sólo pueden darse cinco posibilidades: cursos de informática en inglés o en español, cursos de derecho en español, cursos de informática y derecho sólo en español y cursos en inglés que no son ni de informática ni de derecho; cualquiera de las otras posibilidades no se admite en nuestro universo del discurso.

Hasta ahora hemos considerado que se trataba de *jerarquías* estrictas, es decir, que podían solaparse ejemplares de subtipos que dependían del mismo supertipo, pero no subtipos de ramas distintas; puede ocurrir, sin embargo, que un subtipo tenga más de un supertipo, formándose un verdadero *retículo* o *red* de generalización (véase figura 2.44). En este caso, la herencia ya no es simple, sino que se convierte en múltiple, pudiéndose presentar conflictos a la hora de heredar atributos. Existen modelos de datos que en caso de conflicto definen un orden de prioridad en la herencia; otros, por el contrario, permiten heredar atributos iguales de dos supertipos distintos pero teniendo que renombrar alguno de ellos.



*Figura 2.44. Ejemplo de red de generalización*

## 9. AGREGACIÓN

La agregación, también llamada por algunos autores meronimia, es una abstracción que permite representar tipos de entidad compuestos que se obtienen por unión de otros más simples. Al tipo compuesto nos referimos como el *todo*, mientras que los componentes son las *partes*. Esta extensión del modelo E/R no aparece en su primera versión del mismo, pero se recoge posteriormente, en especial en todas las propuestas relativas al modelado de objetos, RUMBAUGH *et al.* (1991), BOOCH *et al.* (1997), etc.

Además de los tipos de agregación vistos en el capítulo anterior, existen otras clasificaciones de posibles tipos de agregación (véase, por ejemplo, WINSTON (1987), ODELL (1997), PASTOR Y RAMOS (1995)); pero nosotros reducimos los tipos de agregación a dos: compuesto/componente y miembro/colección, debido a que son los que tienen más aplicación en el diseño de bases de datos.

La **agregación compuesto/componente**, como su propio nombre indica, es una abstracción que permite representar que un *todo* se obtiene por la unión de diversas *partes* que pueden ser tipos de objetos distintos y que desempeñan diferentes papeles en la agregación. Por ejemplo, ver figura 2.45, un coche puede verse como la unión del chasis, el motor y las cuatro ruedas.

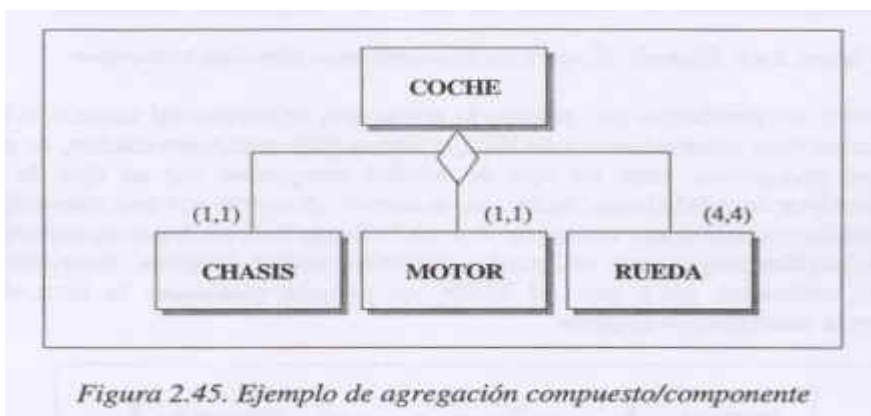
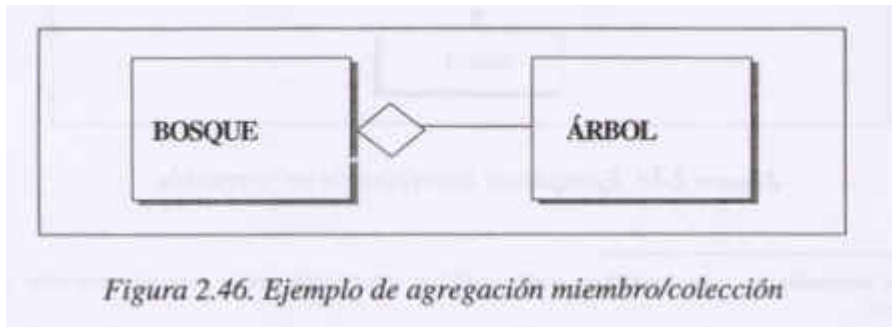


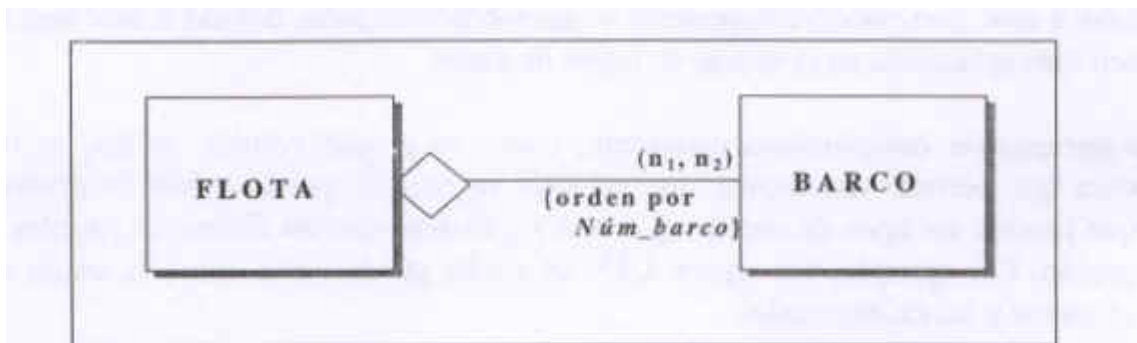
Figura 2.45. Ejemplo de agregación compuesto/componente

La agregación miembro/colección es la abstracción que permite representar un *todo* como una colección de partes, donde todas las partes son de un mismo tipo y desempeñan el mismo papel. Por ejemplo, en la figura 2.46 se puede observar cómo un bosque es un todo formado por la agregación de árboles; cada árbol es una parte, pero todos ellos son de un mismo tipo y desempeñan el mismo papel.



*Figura 2.46. Ejemplo de agregación miembro/colección*

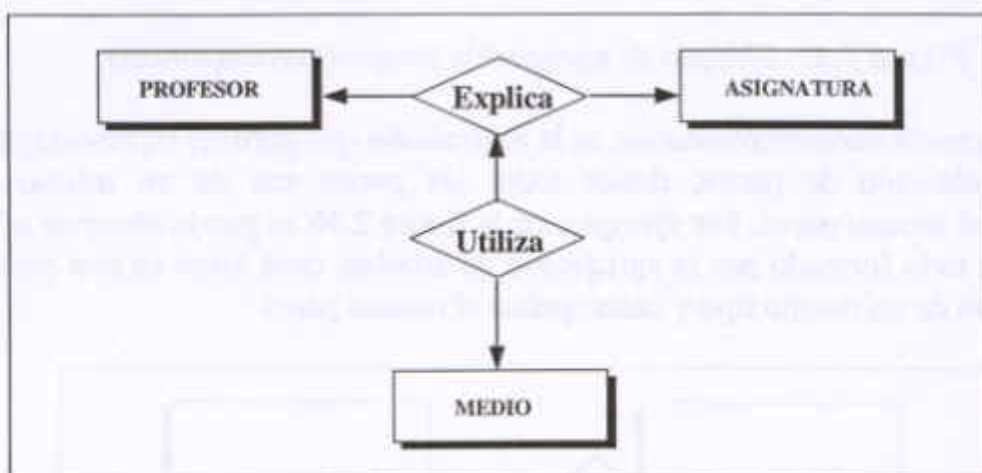
En la agregación miembro/colección a veces se desea establecer un orden entre las partes. Por ejemplo, una flota está compuesta por barcos pero, a diferencia de lo que ocurre con el bosque, en la flota cada barco tiene un determinado orden. Esto se representa mediante una restricción de orden, tal y como se puede observar en la figura 2.47, donde los barcos se ordenan, dentro de la flota, según el valor del atributo *Núm\_barco*. Esta restricción se puede recoger, igualmente, en los actuales modelos de objetos. Sin embargo, en el diseño lógico en el modelo relacional, esta restricción no se puede recoger directamente.



*Figura 2.47. Ejemplo de agregación miembro/colección con orden*

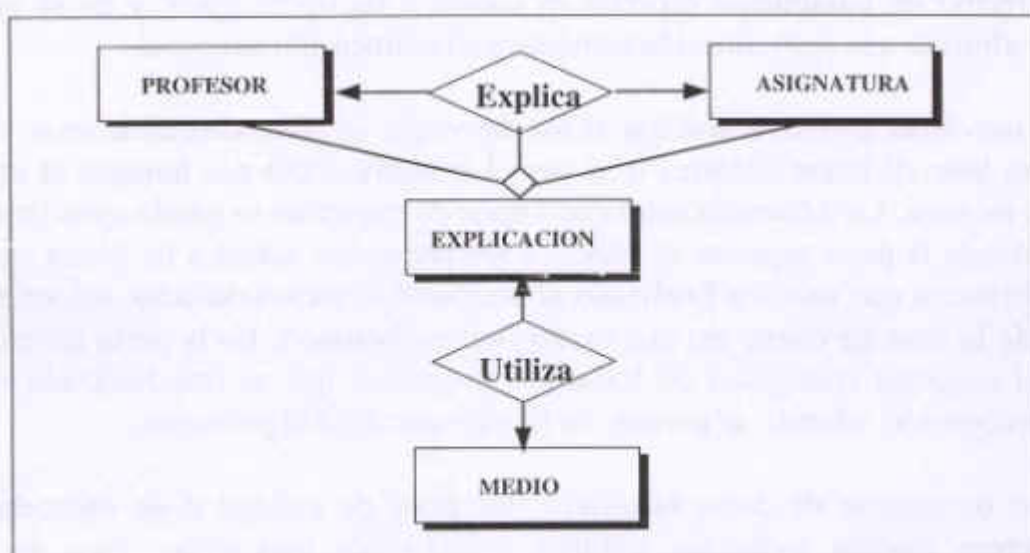
Para paliar los problemas que plantea la restricción inherente del modelo E/R que no permite establecer interrelaciones de las que forma parte una interrelación, se puede, mediante una agregación, crear un tipo de entidad compuesto por un tipo de interrelación y los tipos de entidad vinculados por la misma, de modo que este nuevo tipo de entidad se pueda interrelacionar con otros. Así, en la figura 2.48 se desea representar que un profesor explica asignaturas utilizando distintos medios (pizarra, transparencias, diapositivas,

ordenador, etc.), pero el ME/R no permite establecer la interrelación **Utiliza** sobre la interrelación **Explica**.



*Figura 2.48. Ejemplo de interrelación no permitida*

Una solución a este problema aparece en la figura 2.49, en la cual se crea un tipo de entidad "EXPLICACIÓN" por agregación de PROFESOR **Explica** ASIGNATURA.



*Figura 2.49. Solución por agregación del ejemplo de la figura 2.48*

## 10. LA DIMENSION TEMPORAL EN EL MODELO E/R

El tratamiento de la dimensión temporal en las bases de datos es un tema complejo sobre el cual hay una intensa labor de investigación. Su estudio en el marco del modelo E/R es poco habitual, aunque sí existen algunas propuestas, por ejemplo FERG (1985) Y KLOPROGGE (1983), para extender el modelo en este sentido; nosotros lo vamos a tratar muy brevemente.

Es indudable la necesidad de establecer un método semántico y gráfico que recoja de algún modo, en el esquema conceptual, el transcurso del tiempo y su influencia en la forma en que varían los datos. La aproximación más simple la constituyen atributos de tipo fecha que aparecen asociados a algunas entidades (véase la figura 2.50).

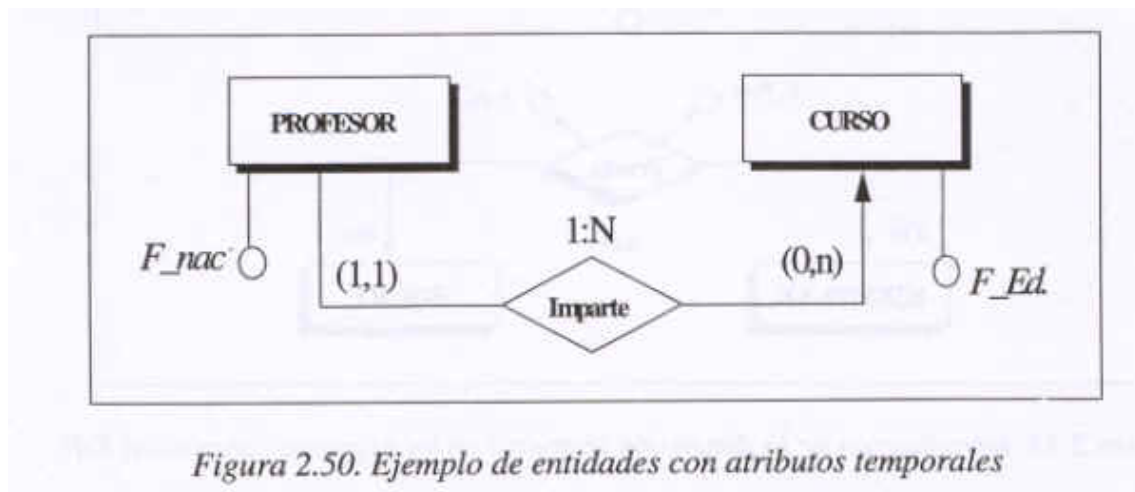


Figura 2.50. Ejemplo de entidades con atributos temporales

En este caso, la fecha de nacimiento de un profesor o la fecha en la que se impartió un curso son datos temporales recogidos en el esquema, pero se trata sólo de atributos que han de recibir un tratamiento especial en cuanto a las operaciones, y no se puede considerar realmente una aproximación semántica a la dimensión temporal.

Por otro lado, podemos analizar si los datos que se pretenden almacenar van a constituir una base de datos histórica o, si por el contrario, sólo nos interesa el estado actual de los mismos. La diferencia entre estos tipos de esquemas se puede apreciar en la figura 2.51 donde la parte superior se refiere a los préstamos actuales de libros en una biblioteca, de forma que una vez finalizado el préstamo la correspondiente información desaparece de la base de datos, sin que exista fichero histórico. En la parte inferior se representa el esquema

conceptual de todos los préstamos que se han realizado en la biblioteca, recogiendo, además, el periodo de tiempo que duró el préstamo.

En caso de tratarse de datos históricos, los tipos de entidad o de interrelación correspondientes tendrán asociados siempre atributos de tipo *fecha*. Para sucesos puntuales, es decir, sin duración, bastará con un solo atributo de este tipo, mientras que para poder almacenar hechos que transcurren en un periodo de tiempo determinado necesitaremos una *fecha\_inicio* y una *fecha\_fin*.

En las bases de datos históricas en las que una interrelación entre dos ejemplares concretos se pueda repetir en el tiempo, el atributo fecha será multivaluado, como ocurre en la parte inferior de la figura 2.51, donde el mismo ejemplar se puede prestar al mismo socio en repetidas ocasiones.

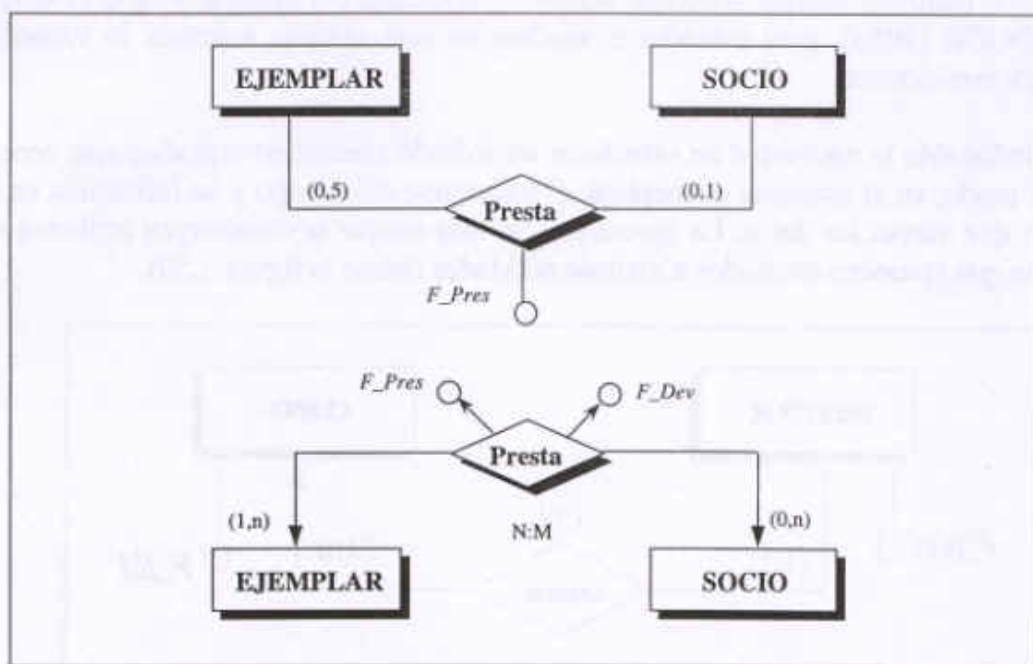


Figura 2.51. Introducción de la dimensión temporal en un esquema conceptual E/R

A veces resulta interesante representar la evolución de un tipo de entidad a lo largo del tiempo y aparece la noción de estado. Por ejemplo, si deseamos reflejar si un libro está en la biblioteca o se encuentra prestado, añadiremos al tipo de entidad un atributo que denominamos *estado*, que indicará en qué estado concreto se encuentra la entidad y que en muchos casos

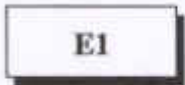




lleva asociado otro atributo, que es la fecha en la que se ha producido el cambio de estado; es también habitual en este tipo de aplicaciones que se desee tener constancia de la evolución de los estados, en cuyo caso se podría crear una nueva entidad, como SITUACIÓN, que tendría como atributos, entre otros posibles, *estado* y *fecha*. Observando el mundo real de los sistemas de información nos damos cuenta de que este mecanismo se utiliza sobre todo en la gestión de expedientes.





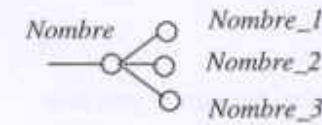
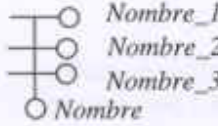





### 11. REPRESENTACION GRAFICA

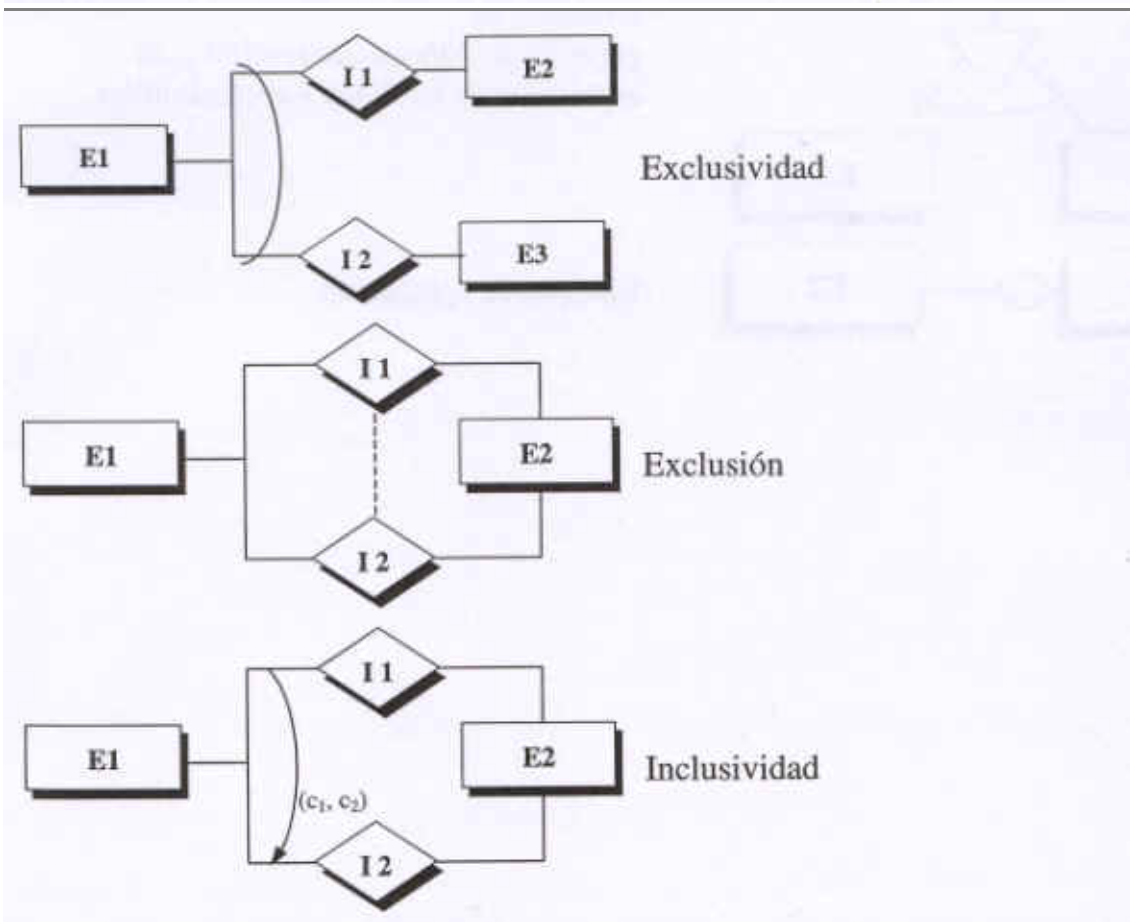
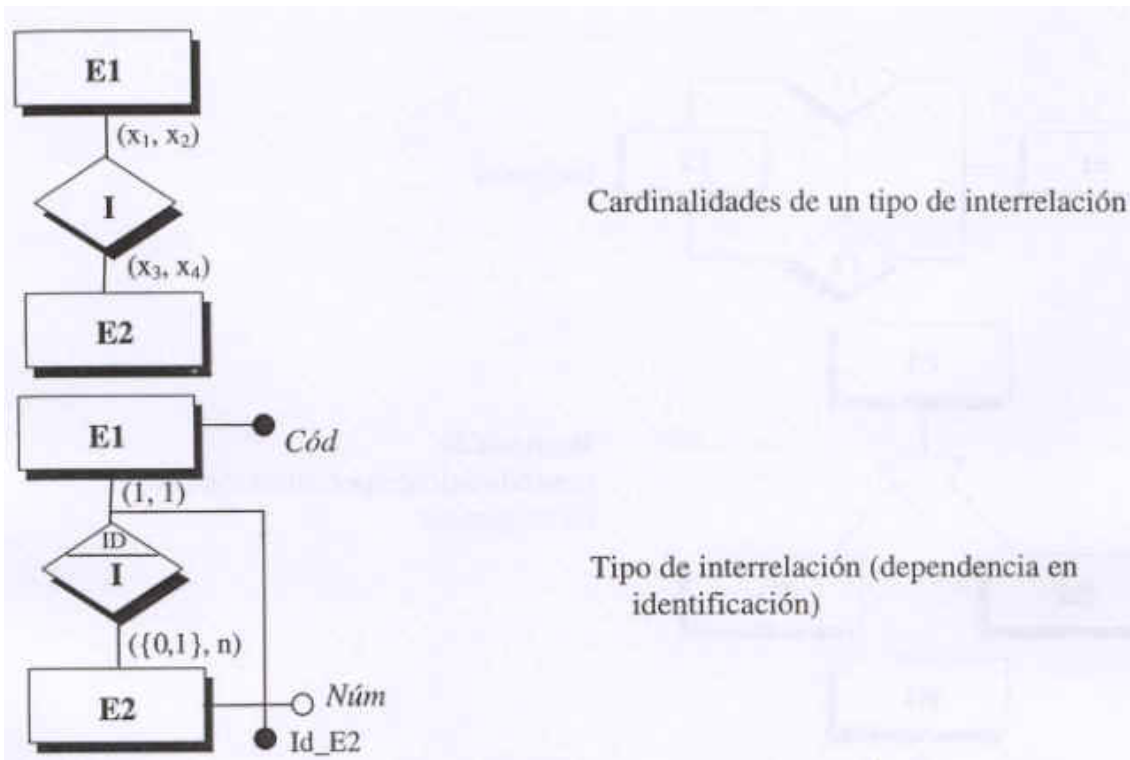
CHEN (1976), al presentar el ME/R, propone tanto una representación en grafos como en tablas, lo que se comprende si se tiene en cuenta que la finalidad del modelo era, como se indicaba en el mismo título del artículo, conseguir "una vista unificada de los datos", por lo que no se podía limitar a un único tipo de diagramas. Sin embargo, la representación en tablas apenas ha tenido difusión en tanto que los grafos propuestos han tenido una amplia aceptación. Por esta razón nosotros sólo hemos considerado de interés la representación en grafos y la hemos ido realizando al tiempo que íbamos presentando cada uno de los elementos del modelo. Creemos, sin embargo, conveniente mostrar en su conjunto todas las convenciones que hemos utilizado, tal como se puede ver en el anexo a este capítulo.

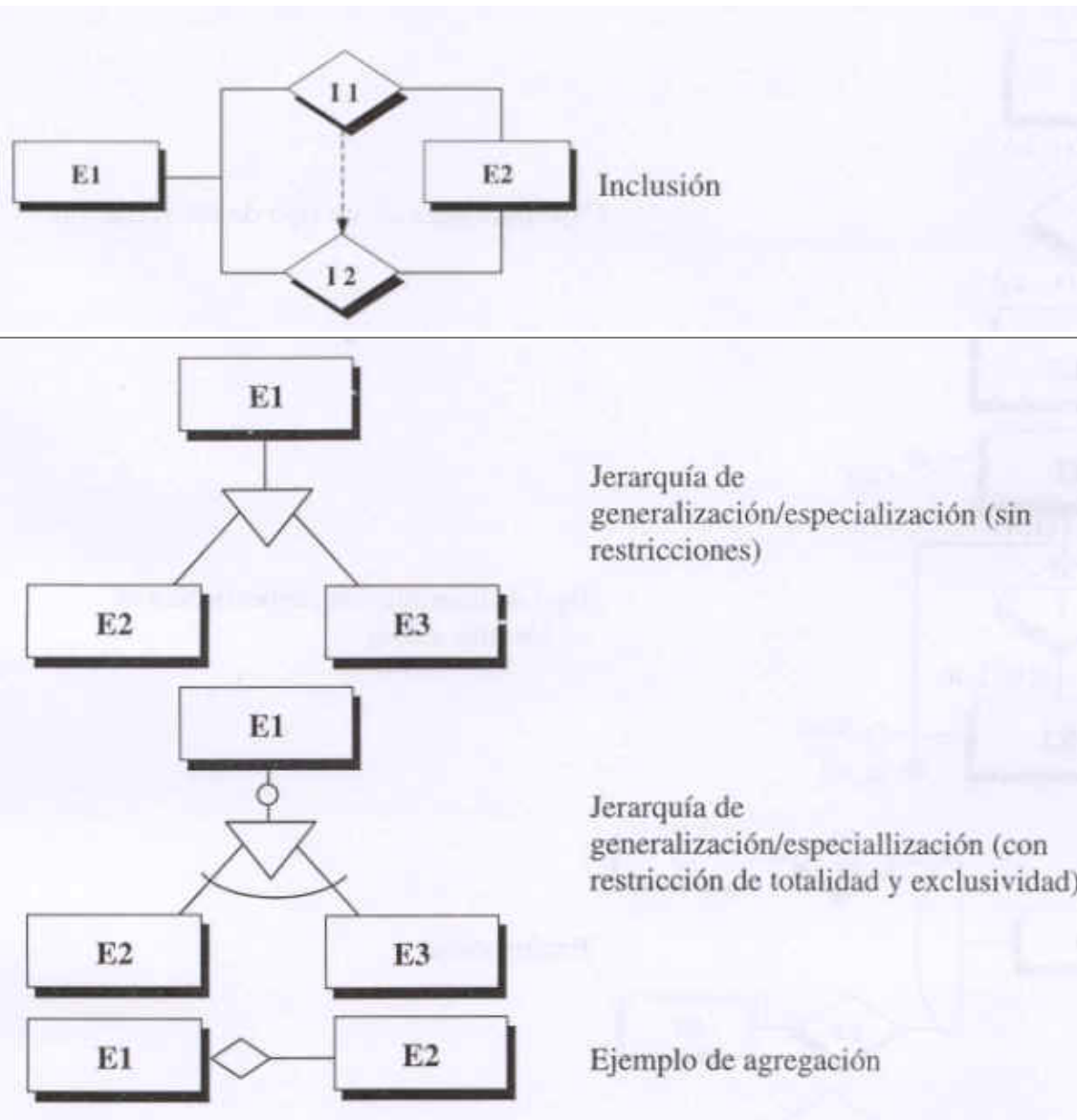
#### ANEXO: SIMBOLOGÍA DEL MODELO ENTIDAD/RELACIÓN

Símbolo	Significado
	Tipo de entidad regular
	Tipo de entidad débil
	Tipo de interrelación



	Tipo de interrelación (dependencia en existencia)
 Nombre	Atributo
 Nombre	Identificador Principal (IP)
 Nombre	Identificador Alternativo (IA)
	Atributo compuesto
	Representación 1
	Representación 2
 Nombre	Atributo derivado (D es la etiqueta que contendrá la fórmula de derivación)
 (0,n) Nombre	Atributo opcional y multivaluado <sup>21</sup> (sin restricciones)
 (1,1) Nombre	Atributo obligatorio y univaluado <sup>22</sup>
 (0,1) Nombre	Atributo opcional y univaluado <sup>21</sup>
 (1,n) Nombre	Atributo obligatorio y multivaluado <sup>21</sup>





## 12.- EJERCICIOS

### 1º.- RED DE METRO:

Se desea diseñar una base de datos que almacene información sobre la red del metro.

Además se tendrán en cuenta los siguientes supuestos semánticos:

- a.- Los trenes están asignados a una línea determinada.
- b.- Cada tren se guarda en una cochera determinada.
- c.- En una línea cada estación tiene un número de orden.

### 2º.- MUNICIPIOS-VIVIENDAS:

Queremos tener información de municipios, viviendas y personas. Las viviendas se encuentran en un solo municipio, pero pueden existir municipios sin viviendas.

Toda persona está empadronada en un municipio y vive en una vivienda.

Cada persona sólo puede habitar en una vivienda pero puede ser propietaria de más de una vivienda.

Nos interesa conocer las personas que dependen del cabeza de familia ( observar que éste a su vez es una persona).

Elaborar:

- Diagrama Entidad/Relación
- Esquema de las tablas que se generarán, indicando los campos clave.

### 3º.- En la Opera:

a.- Una Orquesta puede interpretar varios conciertos.

b.- La orquesta tiene un director titular pero puede contar con directores invitados.

c.- En un mismo concierto puede interpretarse varias obras y las pueden interpretar varios solistas.

d.- Un solista puede participar en varios conciertos.

e.- Cada obra es escrita por un solo compositor.

f.- En una obra pueden participar varios solistas.

Construir el modelo E/R relacionado con el ejercicio suponiendo que la información se pretende almacenar en una base de datos.

4º.- Compañía aérea:

a.- En una compañía aérea los pasajeros reservan plazas para las partidas. Una partida es un número de vuelo y una fecha.

b.- Un mismo vuelo puede tener lugar en diferentes fechas.

c.- Las aeronaves se encuadran en grupos según el tipo de avión.

d.- Un mismo piloto es capaz de tripular diversos tipos de aviones.

e.- Los empleados de la compañía pueden formar parte de la tripulación de diferentes partidas.

f.- Un piloto es un empleado más de la compañía

5º.- Elaboración de proyectos:

Diseñar un modelo Entidad/Relación para una empresa que se dedica a la elaboración de proyectos.

a.- Los proyectos son encargados por clientes.

b.- Cada uno de los proyectos está dividido en fases y de cada uno de ellos nos interesa conservar la información relativa a su desarrollo.

c.- En la empresa hay empleados y cada uno de ellos está asignado a un único proyecto, sin embargo un empleado ha trabajado en muchos proyectos de los que queremos conservar información.

d.- Los empleados son todos titulados universitarios pertenecientes a diferentes carreras y se quiere destacar la existencia de las carreras y la pertenencia de algún empleado a alguna de ellas.

e.- La empresa está dividida en departamentos que tienen un único jefe.

f.- Un empleado no puede pertenecer a más de un departamento

6º.- La cadena de Videoclubs Glob-Gusters ha decidido, para mejorar su servicio, emplear una base de datos para almacenar la información referente a las películas que ofrece en alquiler. Esta información es la siguiente:

a.- Una película se caracteriza por su título, nacionalidad, productora y fecha (por ejemplo, Quo Vadis, Estados Unidos, M.G.M., 1955)

b.- En una película pueden participar varios actores (código de actor, nombre, nacionalidad, sexo), algunos de ellos como actores principales.

c.- Una película está dirigida por un director (código de director, nombre, nacionalidad).

d.- De cada película se dispone de uno o varios ejemplares diferenciados por un número de ejemplar y caracterizados por su estado de conservación.

e.- Un ejemplar se puede encontrar alquilado a algún socio (código socio, nombre, dirección, teléfono). Se desea almacenar la fecha de comienzo de alquiler y la de devolución.

f.- Un socio tiene que ser avalado por otro socio que responda de él en caso de tener problemas en el alquiler.

7º.- La asociación "Amigos de la Fiesta" desea recoger en una base de datos toda la información acerca de las corridas de toros que se celebran en España y de todos los datos relacionados con ellas.

a.- Se desea tener información acerca de cada corrida, identificada conjuntamente por un número de orden, la feria en la que se celebra y el año de celebración(por ejemplo, orden = 2, feria = San Isidro, año = 1990).

b.- En una determinada corrida actúan una serie de toreros (mínimo 1 y máximo 3) de los que se desea guardar su D.N.I., nombre, apodo y fecha en que tomó la alternativa(fecha en la que se convirtió en matador de toros). Además se desea saber quién fue el torero que le dio la alternativa(padrino) en su día(un torero puede dar la alternativa a varios compañeros o a ninguno).

c.- En cada corrida un torero obtiene una serie de premios(nº de orejas, nº de rabos, si salió por la puerta grande o no) de los que se desea mantener la información.

d.- Cada torero puede tener un apoderado del que es protegido. A su vez, un apoderado lo puede ser de varios toreros. De él se desea saber su D.N.I., nombre, dirección y teléfono.

e.- Una corrida se celebra en una plaza de toros de la que se desea saber su nombre que se supone único, localidad, dirección y aforo. En una misma plaza se pueden celebrar varias corridas de toros.

f.- En cada corrida son estoqueados al menos 6 toros. Cada toro viene identificado por el código de la ganadería a la que pertenece, el año en el que nació y un número de orden. Además se desea mantener información acerca de se nombre y color así como del orden en que fue toreado.

g.- Cada toro pertenece a una ganadería determinada. De cada ganadería se pretende saber su código, nombre, localidad y antigüedad (fecha de creación).

8º.- El Ministerio de Educación y Ciencia desea mantener información acerca de todos los cuadros que se encuentran en las pinacotecas españolas y toda la información relacionada con ellos.

a.- De cada pinacoteca se desea saber el nombre(que se supone único), la ciudad en que se encuentra, la dirección y los metros cuadrados que tiene.

b.- Cada pinacoteca tiene una serie de cuadros de los que se quiere mantener información acerca de su código, nombre, dimensiones, fecha en que fue pintado y técnica utilizada.

c.- Cada cuadro es pintado por un determinado pintor(nombre, país, ciudad, fecha de nacimiento y fecha de defunción). Un pintor puede tener a otro como maestro; a su vez, un maestro puede serlo de varios (o de ninguno).

d.- Los pintores pueden pertenecer o no a una escuela de la que se desea saber su nombre y en qué país y en qué fecha apareció.

e.- Los pintores pueden tener también uno o varios mecenas que les protegen(nombre, fecha, país, ciudad de nacimiento y fecha de muerte). A su vez un mismo mecenas puede serlo de varios pintores.



9º.- En el gimnasio "Siempre en Forma" se quiere implantar una base de datos para llevar el control de los socios, recursos utilizados, etc. Las especificaciones que nos han dado son las siguientes:

a.- Existen varias salas, de las cuales se quiere guardar información, como los metros cuadrados que ocupa, ubicación y el tipo de sala(cardio, general, muscular). Cada sala se identifica por un número.

b.- Hay salas que tienen aparatos y salas que no. En las salas se pueden impartir clases o no.

c.- Cada aparato está asignado a una única sala y de cada uno de ellos se quiere tener almacenado su código, descripción y estado de conservación.

d.- También se quiere mantener información relacionada con las clases que se imparten (descripción y día/hora en la que se imparten); cada clase se identifica por un código de clase. Cada clase tiene asignada una sala en la que se imparte y un monitor.

e.- De cada monitor se quiere conocer el DNI, nombre, teléfono, si tienen o no titulación y experiencia profesional, así como las clases que pueden impartir (preparación como monitor de aeróbic, step, stretching, etc).

f.- De cada socio se quiere conocer el número de socio, nombre, dirección, teléfono, profesión y datos bancarios así como las clases a las que asiste.

g.- El gimnasio dispone también de pistas de squash, de las que se quiere conocer el número de pista, ubicación y estado. Las pistas de squash pueden ser utilizadas por socios, y existe u servicio de reserva de pista(en una fecha y a una hora).

10º.- El gimnasio "Siempre en Forma" del ejercicio anterior impone además las siguientes restricciones:

h.- Las pistas de squash se consideran salas.

i.- Las clases solo se imparten en salas sin aparatos. Las salas con aparatos se siguen clasificando en sala de cardio, general, etc.

11º.- El gimnasio "Siempre en Forma" del ejercicio anterior elimina la restricción de que una clase sólo se imparte en salas sin aparatos.

12º.- La gestión de una farmacia requiere poder llevar control de los medicamentos existentes, así como de los que se van sirviendo, para lo cual se pretende diseñar un sistema acorde a las siguientes especificaciones:

a.- En la farmacia se requiere una catalogación de todos los medicamentos existentes, para lo cual se almacenará un código de medicamento, nombre del medicamento, tipo de medicamento (jarabe, comprimido, pomada, etc), unidades en stock, unidades vendidas y precio. Existen medicamentos de venta libre y otros que solo pueden dispensarse con receta médica.

b.- La farmacia compra cada medicamento a un laboratorio, o bien los fabrica ella misma. Se desea conocer el código del laboratorio, nombre, teléfono, dirección y fax, así como el nombre de la persona de contacto.

c.- Los medicamentos se agrupan en familias, dependiendo del tipo de enfermedades a las que dicho medicamento se aplica. De este modo, si la farmacia no dispone de un medicamento en concreto, puede vender otro similar aunque de distinto laboratorio.

d.- La farmacia tiene algunos clientes que realizan los pagos de sus pedidos a final de cada mes(clientes con crédito). La farmacia quiere mantener las unidades de cada medicamento comprado (con o sin crédito) así como la fecha de compra. Además, es necesario conocer los datos bancarios de los clientes con crédito, así como la fecha de pago de las compras que realizan.

13°.- La empresa "X" desea llevar un control de sus departamentos, empleados y proyectos según las siguientes especificaciones:

a.- Se desea conocer el nombre, salario y número de la seguridad social de cada empleado, así como el nombre fecha de nacimiento y estudios que cursa cada uno de sus hijos. Existen tres tipos de empleados: directores(encargados de un departamento), representantes de ventas(se ocupan de la representación de un número de regiones) e ingenieros(encargados de realizar los proyectos de la empresa). Un director no puede ejercer ninguna otra función; sin embargo un representante de ventas puede desempeñar también las funciones de un ingeniero y viceversa.

b.- Los distintos departamentos conceden becas de estudio a los hijos de los empleados. Se desea conocer la fecha de concesión de cada beca así como la cuantía de ésta.

c.- Un ingeniero puede tener varias especialidades que se desean conocer.

d.- De los departamentos se necesita el nombre, localización y empleados que trabajan en él. Un departamento tiene como mínimo 2 empleados y como máximo 30, y está al cargo de un único director. Cada departamento tiene un director distinto.

e.- Un departamento puede controlar un número de proyectos, de los que se desea conocer su nombre y fecha de comienzo.

f.- En la realización de un proyecto no puede haber involucrados más de 5 ingenieros. Todo ingeniero debe estar asociado a un proyecto como mínimo y a 2 como máximo.

14º.- Se trata de diseñar una base de datos para una red de agencias franquiciadas a TECHNOHOUSE, empresa especializada en el alquiler y compra de inmuebles.

a.- Cada agencia tiene un titular propio y un conjunto de vendedores. Tanto el titular como los vendedores solo pueden pertenecer a una agencia. Sobre las agencias interesa almacenar su dirección, teléfonos(que pueden ser varios) fax, etc. Además cada agencia tiene asignada una zona de actuación que es única.

b.- Las agencias disponen de inmuebles tanto para alquilar como para vender(incluso ambas cosas)en el primer caso figurará el precio de alquiler y la fianza a depositar, mientras que en el segundo caso además del precio de la venta, se indica si el inmueble está hipotecado o no.

c.- Por otro lado los inmuebles pueden ser locales comerciales, o pisos. En ambos casos se identifican por un código, e interesa conocer el propietario la dirección y la superficie en metros cuadrados.

d.- Además en el caso de los pisos interesa conocer el número de habitaciones(incluyendo el salón) el número de cuartos de baño, el tipo de gas(natural, ciudad,butano) y si es interior o exterior. Para los locales comerciales se debe conocer si dispone de licencia de apertura.

e.- Un cliente puede acudir a varias agencias, en cada una se le asigna un vendedor, que es el encargado de seleccionar los inmuebles que cumplen las características deseadas, y en caso de estar interesado, el cliente debe dar una señal para reservar el inmueble(o los inmuebles) que desea.

15º.- CURSOS DE FORMACION:

El departamento de formación de una empresa desea construir una base de datos para planificar y gestionar la formación de sus empleados.

La empresa organiza cursos internos de formación de los que desea conocer el código de curso, el nombre, descripción, duración y coste.

Un curso puede tener como prerrequisito haber realizado otro(s) previamente, y, a su vez la realización de un curso puede ser prerrequisito de otros. Un curso que es un prerrequisito de otro puede serlo de forma obligatoria o solo recomendable.

Un mismo curso tiene diferentes ediciones, es decir, se imparte en diferentes lugares, fechas y con diferentes horarios(intensivo, de mañana o de tarde). En una misma fecha de inicio solo puede impartirse una edición de un curso.

Los cursos se imparten por personal de la propia empresa.

De los empleados se desea almacenar su código de empleado, nombre y apellidos, dirección, teléfono NIF, fecha de nacimiento, nacionalidad, sexo, firma y salario, así como si está capacitado para impartir cursos.

Un mismo empleado puede ser docente en una edición de un curso y alumno en otra edición, pero nunca pueden ser ambas cosas a la vez(en una misma edición de un curso o lo imparte o lo recibe).

16º.- CAMPEONATO DE AJEDREZ:

El club de Ajedrez de Villatortas de Arriba, ha sido encargado por la Federación Internacional de Ajedrez de la organización de los próximos campeonatos mundiales que se celebrarán en la citada localidad. Por este motivo, se desea llevar a una base de datos toda la gestión relativa a participantes, alojamientos y partidas. Teniendo en cuenta que:

a.- En el campeonato participan jugadores y árbitros; de ambos se quiere conocer el número de asociado, nombre, dirección, teléfono y campeonatos en los que ha participado (como jugador o como árbitro). De los jugadores se precisa además el nivel de juego en una escala de 1 a 10.

b.- Ningún árbitro puede participar como jugador.

c.- Los países envían al campeonato un conjunto de jugadores y árbitros, aunque no todos los países envían participantes. Todo jugador y árbitro es enviado por un único país. Un país puede ser representado por otro país.

d.- Cada país se identifica por un número correlativo según su orden alfabético e interesa conocer además de su nombre, el número de clubes de ajedrez existentes en el mismo.

e.- Cada partida se identifica por un número correlativo (Cód\_P), la juegan dos jugadores y la arbitra un árbitro. Interesa registrar las partidas que juega cada jugador y el color (blancas o negras) con el que juega. Ha de tenerse en cuenta que un árbitro no puede arbitrar a jugadores enviados por el mismo país que le ha enviado a él.

f.- Todo participante participa en al menos una partida.

g.- Tanto jugadores como árbitros se alojan en uno de los hoteles en los que se desarrollan las partidas, se desea conocer en qué hotel y en qué fechas se ha alojado cada uno de los participantes. Los participantes pueden no permanecer en Villatortas durante todo el campeonato, sino acudir cuando tienen que jugar alguna partida, alojándose en el mismo o distinto hotel. De cada hotel, se desea conocer el nombre, la dirección y el teléfono.

h.- El campeonato se desarrolla a lo largo de una serie de jornadas (día, mes, año) y cada partida tiene lugar en una de las jornadas aunque no tengan lugar partidas todas las jornadas.

i.- Cada partida se celebra en una de las salas de las que pueden disponer los hoteles, se desea conocer el número de entradas vendidas en la sala para cada partida. De cada sala, se desea conocer la capacidad y medios de que dispone (radio, televisión, video...) para facilitar la retransmisión de los encuentros. Una sala puede disponer de varios medios distintos.

j.- De cada partida se pretende registrar todos los movimientos que la componen, la identificación de movimiento se establece en base a un número de orden dentro de cada partida: para cada movimiento se guardan la jugada (5 posiciones) y un breve comentario realizado por un experto.

17°.- ENERGÍA ELÉCTRICA:

Se pretende llevar a cabo un control sobre la energía eléctrica que se produce y consume en un determinado país. Se parte de las siguientes hipótesis:

a.- Existen productores básicos de electricidad que se identifican por un nombre, de los cuales interesa su producción media, su producción máxima y fecha de entrada en funcionamiento. Estos productores básicos lo son de una de las siguientes categorías: Hidroeléctrica, Solar, Nuclear o Térmica. De una central hidroeléctrica o presa nos interesa saber su ocupación, capacidad máxima y número de turbinas. De una central solar nos interesa saber la superficie total de paneles solares, la media anual de horas de sol y tipo(fotovoltaica o termodinámica). De una central nuclear, nos interesa saber el número de reactores que posee, el volumen de plutonio consumido y el de residuos nucleares que produce. De una central térmica, nos interesa saber el número de hornos que posee, el volumen de carbón consumido y el volumen de su emisión de gases.

b.- Por motivos de seguridad nacional interesa controlar el plutonio de que se provee una central nuclear, este control se refiere a la cantidad de plutonio que compra a cada uno de sus posibles suministradores(nombre y país) y que porta un determinado transportista(nombre y matrícula), ha de tenerse en cuenta que el mismo suministrador puede vender plutonio a distintas centrales nucleares y que cada porte, (un único porte por compra), puede realizarlo un transportista diferente.

c.- Cada día, los productores entregan la energía producida a una o varias estaciones primarias, las cuales pueden recibir diariamente una cantidad distinta de energía de cada uno de estos productores. Los productores entregan siempre el total de su producción. Las estaciones primarias se identifican por su nombre y tienen un número de transformadores de baja a alta tensión y son cabecera de una a varias redes de distribución.

d.- Una red de distribución se identifica por un número de red y solo puede tener una estación primaria como cabecera. La propiedad de una red puede ser compartida por varias compañías eléctricas, a cada compañía eléctrica se la identifica por su nombre.

e.- La energía sobrante en una de las redes puede enviarse a otra red. Se registra el volumen total de energía intercambiada entre dos redes.

f.- Una red está compuesta por una serie de líneas, cada línea se identifica por un número secuencial dentro del número de red y tiene una determinada longitud. La menor de las líneas posibles abastecerá al menos a dos subestaciones.

g.- Una subestación es abastecida solo por una línea y distribuye a una o varias zonas de servicio, a tales efectos, las provincias(código y nombre), se encuentran divididas en tales zonas de servicio, aunque no puede haber zonas de servicio que pertenezcan a más de una provincia. Cada zona de servicio puede ser atendida por más de una subestación.

h.- En cada zona de servicio se desea registrar el consumo medio y el número de consumidores finales de cada de las siguientes categorías: particulares, empresas e instituciones.

### 18º.- CONFLICTOS BÉLICOS:

Una organización internacional pretende realizar un seguimiento de los conflictos bélicos que se producen en todo el mundo. Para ello creará una base de datos que responderá al siguiente análisis:

a.- Se entiende por conflicto cualquier lucha armada que afecte a uno o varios países y en la cual se produzcan muertos y/o heridos. Todo conflicto se identificará por un nombre que habitualmente hará referencia a la zona o causa que provoca el conflicto, aunque dado que este nombre puede cambiar con el paso del tiempo, dentro de la base de datos cada conflicto se identificará mediante un código numérico sin significado alguno. Para cada conflicto se desea recoger los países a que afecta, así como el número de muertos y heridos contabilizados hasta el momento.

b.- Los conflictos pueden ser de distintos tipos según la causa que los ha originado, clasificándose, a lo sumo, en cuatro grupos: territoriales, religiosos, económicos o raciales, en cada uno de estos grupos se recogerán diversos datos. En los conflictos territoriales se recogerán las regiones afectadas, en los religiosos las religiones afectadas, en los económicos las materias primas disputadas y en los raciales las etnias enfrentadas.

c.- En los conflictos intervienen diversos grupos armados(al menos dos) y diversas organizaciones mediadoras(podría no haber ninguna). Los mismos grupos armados y organizaciones mediadoras pueden intervenir en diferentes conflictos. Tanto los grupos armados como las organizaciones mediadoras podrán entrar y salir del conflicto, en ambos casos se recogerá tanto la fecha de incorporación como la fecha de salida. Temporalmente, tanto un grupo armado como una organización mediadora podrían no intervenir en conflicto alguno.

d.- De cada grupo armado se recoge el código que se le asigna y un nombre. Cada grupo armado dispone de al menos una división y es liderado al menos por un líder político. Las divisiones de que dispone un grupo armado se numeran consecutivamente y se registra el número de barcos, tanques, aviones y hombres de que dispone, asimismo se recoge el número de bajas que ha tenido. Para los grupos armados se recoge el número de bajas como suma de las bajas producidas en todas sus divisiones.

e.- Los traficantes de armas suministran diferentes tipos de arma a los grupos armados. De cada tipo de armas se recoge un nombre y un indicador de su capacidad destructiva. De cada traficante se recoge su nombre, los diferentes tipos de arma que puede suministrar y cantidad de armas de cada uno de los tipos de arma que podría suministrar. Se mantiene el número total de armas de cada uno de los diferentes tipos de armas suministrado por cada traficante a cada grupo armado.

f.- Los líderes políticos se identifican por su nombre y por el código de grupo armado que lideran. Además se recoge una descripción textual de los apoyos que éste posee.

g.- Cada división la pueden dirigir conjuntamente un máximo de tres jefes militares, aunque cada jefe militar no dirige más de una división. A cada jefe militar se le identifica por un código, además se recoge el rango que éste posee, y dado que un jefe militar no actúa por iniciativa propia sino que siempre obedece las órdenes de un único líder político de entre aquellos que lideran el grupo armado al que el jefe pertenece, se registra el líder político al que obedece.

h.- De las organizaciones mediadoras se recogerá su código, su nombre, su tipo(gubernamental, no gubernamental o internacional), la organización de que depende(una como máximo), el número de personas que mantiene desplegadas en cada conflicto y el tipo de ayuda que presta en cada conflicto que será de uno y solo uno de los tres tipos siguientes: médica, diplomática o presencial.

i.- Con diversos fines, los líderes políticos dialogan con las organizaciones; se desea recoger explícitamente esta información. Así para cada líder se recogerán aquellas organizaciones con que dialoga y viceversa.