

# Tema2. El modelo Entidad Relación

---

## Contenido

1	Introducción .....	2
2	Entidades y relaciones.....	2
2.1	Entidades .....	2
2.1.1	Entidades fuertes.....	3
2.1.2	Entidades débiles.....	4
2.2	Relaciones.....	5
2.2.1	Nombre, grado y cardinalidad de una relación .....	5
2.2.2	Cardinalidades de las entidades .....	6
2.2.3	Distintos grados de una relación .....	6
3	Restricciones derivadas del modelo Entidad-Relación Extendido (ERE) .....	8
3.1	Relaciones con restricciones de Exclusividad.....	8
3.2	Relaciones con restricciones de Exclusión. ....	9
3.3	Relaciones con restricciones de Inclusividad. ....	10
3.4	Relaciones con restricciones de Inclusión. ....	10
4	Atributos.....	11
4.1	Tipos de atributos.....	11
5	Generalización y especialización .....	15
6	Cardinalidad de entidades y relaciones.....	18
6.1	Cardinalidad de las entidades.....	18
6.2	Cardinalidad de las relaciones .....	19
7	Claves primarias de entidades y relaciones.....	23
7.1	Claves primarias.....	23
8	Diagramas E-R.....	24
8.1	Creación del diagrama E/R .....	25
8.2	Control de la redundancia de los diagramas E/R .....	27
9	Criterios de Calidad de un diagrama ERE .....	29

## 1 Introducción

**Gracias al** modelo conceptual **Entidad-Relación**, creado por Peter Chen en los años setenta, podemos representar el mundo real a través de una serie de símbolos y expresiones determinados. **El objetivo de este modelo es simplificar el diseño de bases de datos partiendo de las descripciones textuales de la realidad**, es decir, obtener una representación de la realidad que muestre las propiedades de la misma.

Al tratarse de un modelo conceptual, **no** está orientado a ningún sistema físico concreto: tipo de ordenador, SGBD, sistema operativo... Tampoco tiene un objetivo informático claro, podría utilizarse para explicarle a un empleado cualquiera el funcionamiento de cualquier proceso de una forma natural y sencilla, por lo que debe ser un sistema de fácil comprensión para personas sin conocimientos informáticos. Además, las características actuales de este modelo favorecen la representación de cualquier tipo de sistema y de problemas que vayan a ser tratados tanto mediante un sistema informatizado como manual.

Lo primero que tenemos que hacer cuando vamos a crear una base de datos es:

- **analizar el problema sobre el papel,**
- **pensar qué tipo de información necesitamos guardar,** o mejor dicho,
- **qué tipo de información necesitaremos obtener de nuestra base de datos.**

El modelado de bases de datos consiste justamente en realizar estas tareas.

## 2 Entidades y relaciones

El primer paso para elaborar el diagrama E-R para una base de datos, que representará la solución diseñada para ella es:

- encontrar las **entidades** que intervienen en el problema,
- las **relaciones** existentes entre esas entidades, y
- los **atributos** que tienen esas entidades y esas relaciones.

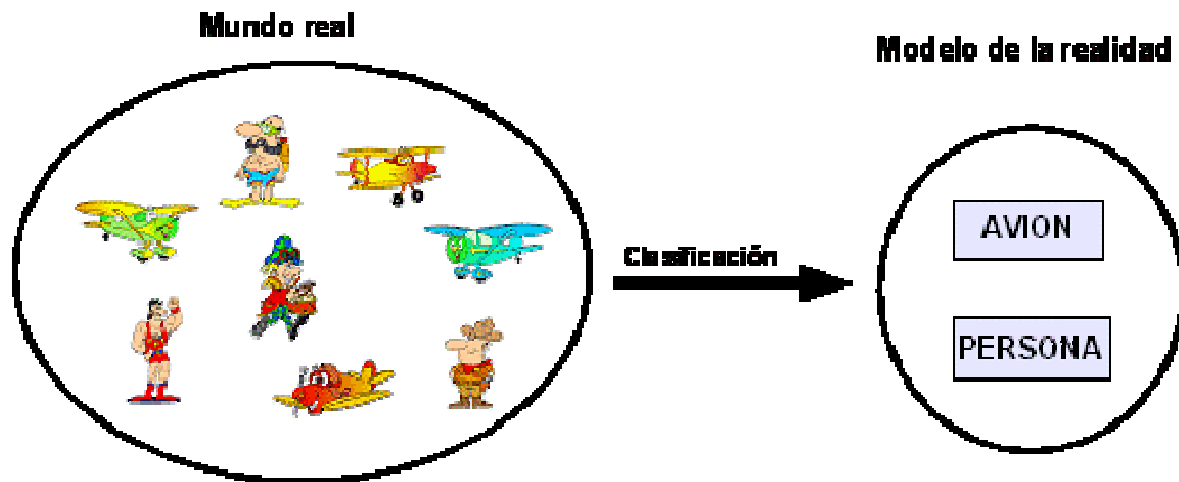
Además, para potenciar la capacidad expresiva del modelo Entidad-Relación se tiene en cuenta la definición de:

1. atributos compuestos y los
2. objetos especializados (o generalizados),

Todos estos conceptos definen lo que se conoce como Modelo Entidad-Relación Extendido (Modelo ERE) y los veremos en este tema.

### 2.1 Entidades

Al observar la realidad que nos rodea podemos detectar el conjunto de objetos (físicos o abstractos) de los que queremos almacenar información. Haciendo uso de nuestra capacidad de clasificación podemos descubrir el conjunto de "**clases de objetos**" que son de interés en nuestro problema. Este mecanismo de abstracción, que la mayoría de las veces usamos de manera inconsciente, permite centrarnos en los conjuntos de instancias, sin particularizar en una instancia concreta.



De esta manera podemos decir que **los componentes básicos de un sistema de información son los objetos o entidades de los que se quiere almacenar la información.**

Todos los objetos de una misma clase se representan con un **tipo de Entidad** concreto (por simplicidad, a partir de ahora las nombraremos como **entidades** simplemente), que se diferencia de otra entidad porque posee ciertas características que la hacen única.

**Cada entidad tendrá una serie de instancias, que no son más que objetos, ocurrencias concretas de ese tipo de entidad.**

Resumiendo podemos decir que **una entidad representa cualquier persona, suceso, evento o concepto** (en otras palabras, cualquier "cosa") **sobre el que queramos almacenar información.**

Una entidad cumple las siguientes **propiedades**:

1. **Tiene existencia propia.** Es decir, desde el punto de vista en el cual se estudia el sistema y al nivel de abstracción en que es considerado, la entidad existe como un elemento que interviene en el comportamiento global del sistema.
2. **Es diferente del resto de las entidades** (objetos) que intervienen en el sistema de información.
3. **Las entidades de un mismo tipo tienen características y propiedades similares.**

Las entidades las podemos clasificar en:

- **Entidades Fuertes**, o regulares.
- **Entidades Débiles.**

### 2.1.1 Entidades fuertes

También llamadas "**Entidades Regulares**". Son aquellas entidades que **existen por sí mismas**. La existencia de una instancia en la entidad no depende de la existencia de otras instancias en otra entidad. Por ejemplo "CLIENTE", "EMPLEADO". La existencia de instancias concretas de la entidad 'EMPLEADO' no depende de la existencia de objetos concretos de la entidad 'CLIENTE'.

En el modelo E/R una entidad fuerte se representa con un rectángulo nominado, es decir con un rectángulo en cuyo interior aparece el 'nombre' de la entidad.



Es importante tener en cuenta que el diseño E-R acabará materializado en objetos de un sistema gestor de bases de datos (SGBD), por lo que es interesante respetar los nombres utilizados en el diseño, razón por la que no se utilizan tildes en los nombres de los distintos componentes del modelo E-R, ya que los SGBD no suelen aceptar este tipo de caracteres como nombres de objeto válidos.

### 2.1.2 Entidades débiles

Son aquellas entidades en las que se hace necesaria la existencia de instancias de otras entidades distintas para que puedan existir instancias en esta entidad. Un ejemplo claro de este tipo de entidades sería la entidad "MOVIMIENTO DE CUENTA CORRIENTE" que sólo existe si previamente existe la correspondiente 'CUENTA CORRIENTE'. Resulta evidente que la desaparición de una instancia de la entidad 'CUENTA CORRIENTE' provoca la desaparición de todas las instancias de 'MOVIMIENTO DE CUENTA CORRIENTE' que dependen de ella.

Por tanto, **la existencia de una instancia de una entidad débil depende de la existencia de una instancia de la entidad fuerte con la que se relaciona.**

En el modelo E/R una entidad débil se representa con un rectángulo doble nominado.

Para las entidades débiles, existen dos tipos de dependencia:

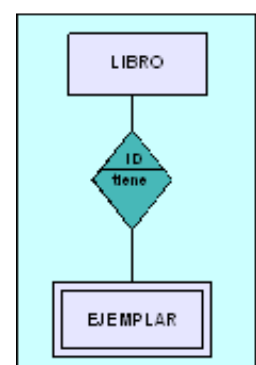
#### Dependencia en existencia (entre entidades).

Si desaparece una instancia del tipo de entidad fuerte **deben desaparecer** las instancias de la **entidad débil** que dependen de ella. Se indica con una "E" en la relación débil.

Si consideramos la entidad fuerte EMPLEADO, y la débil FAMILIAR, está claro que cada instancia de FAMILIAR queda perfectamente identificada sin necesidad de utilizar la clave primaria de la entidad EMPLEADO, aunque si eliminamos cualquier instancia de la entidad EMPLEADO, es evidente que no tiene sentido mantener las instancias de la entidad FAMILIAR que estaban asociadas dicha instancia.

#### Dependencia en identificación.

Se produce cuando **además** de la dependencia en existencia, una instancia del tipo de entidad débil **no se puede identificar por sí misma**, y debe hacerse mediante la clave de la entidad fuerte asociada. Su clave es **(clave\_entidad\_fuerte, clave\_parcial)**. Se indica con una "ID" en la relación débil. Si consideramos la entidad fuerte LIBRO, y la débil EJEMPLAR, está claro que cada instancia de EJEMPLAR no se puede identificar únicamente mediante sus atributos propios, y exige añadir la clave de la entidad LIBRO de la que depende, es decir para identificar las instancias de un libro necesitamos el código del libro y un contador que nos diferencie cada instancia de EJEMPLAR.



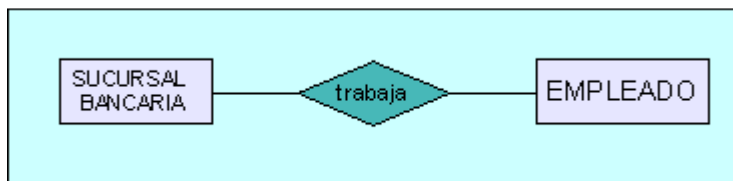
**Tanto las entidades fuertes como las débiles se nombran habitualmente con sustantivos en singular.**

## 2.2 Relaciones

Los objetos de cualquier sistema de información se asocian unos con otros, siendo también de interés modelar estas conexiones, para ello se utilizarán los tipos de relaciones o por simplicidad **relaciones**, al igual que hemos simplificado en el caso de las entidades.

**Se entiende por relación aquella asociación o correspondencia existente entre entidades.**

Se representa mediante un rombo. Por ejemplo, la relación "trabaja" se establece entre un empleado y una sucursal bancaria, de forma que con eso queremos representar que un empleado trabajará en una sucursal bancaria, y que la sucursal bancaria es el lugar de trabajo del empleado, como se indica en la figura siguiente.



En las líneas que unen las entidades con las relaciones se puede escribir el **rol** o **papel** que desempeña una entidad en la relación en caso de que dicho papel no quede claro. Los nombres de rol se deben usar sobre todo en las relaciones reflexivas, para evitar ambigüedad.

**Para definir una relación** debemos tener en cuenta los siguientes elementos:

- **Nombre** de la relación.
- Grado de la relación.
- Cardinalidad de la relación.
- Cardinalidades de las entidades.

### 2.2.1 Nombre, grado y cardinalidad de una relación

1. **Nombre:** Como todo objeto del modelo E/R, cada relación tiene un nombre que la distingue claramente del resto y mediante el cual ha de ser referenciada. Habitualmente se utiliza un verbo en forma singular. (Trabaja, tiene, produce, etc.)
2. **Grado:** Es el número de entidades que participan en una relación. Más adelante lo analizaremos con detalle.
3. **Cardinalidad de la relación (Tipo de correspondencia):** Es el número máximo de instancias de cada entidad que pueden intervenir en una instancia de relación que se está tratando. En la representación gráfica aparece como una etiqueta con 1:1, 1:N, N:1 o N:M, que se leen respectivamente como **uno a uno**, **uno a muchos**, **muchos a uno** y **muchos a muchos**.

Ejemplos:

- **Uno a uno**, es el caso de las entidades HOMBRE, MUJER y la relación 'está casado' en nuestra sociedad. Un hombre sólo puede estar casado con una mujer, y viceversa.
- **Uno a muchos**, es el caso de las entidades EMPRESA, EMPLEADO y la relación 'trabaja'. Es evidente que en una empresa concreta trabajan muchos empleados, pero un empleado sólo trabaja en una empresa concreta. (No contemplamos la posibilidad del pluriempleo en nuestra empresa, y exigimos dedicación exclusiva a nuestros trabajadores).
- **Muchos a muchos**, es el caso de las entidades CLIENTE, ARTÍCULO y la relación 'compra'. Un cliente puede comprar diferentes artículos y un artículo puede ser comprado por diferentes clientes.

### 2.2.2 Cardinalidades de las entidades

Las **cardinalidades de las entidades** se definen como el número máximo y mínimo de instancias de una entidad que pueden estar relacionadas con una instancia de otra u otras entidades que participan en la relación. Su representación gráfica es una etiqueta del tipo (0,1), (1,1), (0,n) o (1,n), según corresponda. Así, por ejemplo, si a un departamento pertenecen de 0 a n empleados, en la entidad EMPLEADO aparecerán las cardinalidades (0,n); en el otro sentido, podemos suponer que un empleado tiene que pertenecer obligatoriamente a un departamento y a lo sumo a uno, por lo que las cardinalidades de DEPARTAMENTO serán (1,1).

Aunque en este momento parezca que los conceptos "cardinalidad de una relación" y "cardinalidad de una entidad" son muy similares, su existencia se hace necesaria para la transformación del diagrama E/R al modelo relacional, como veremos más adelante.

Al igual que las entidades, las relaciones se clasifican también en:

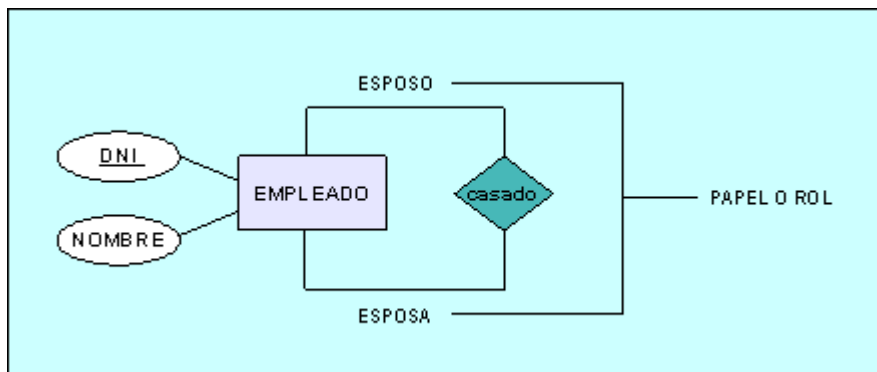
- **Fuertes.** Asocian dos entidades fuertes.
- **Débiles.** Asocian una entidad débil con otra fuerte.

### 2.2.3 Distintos grados de una relación

Hemos visto que el grado de una relación es el número de entidades que participan en dicha relación.

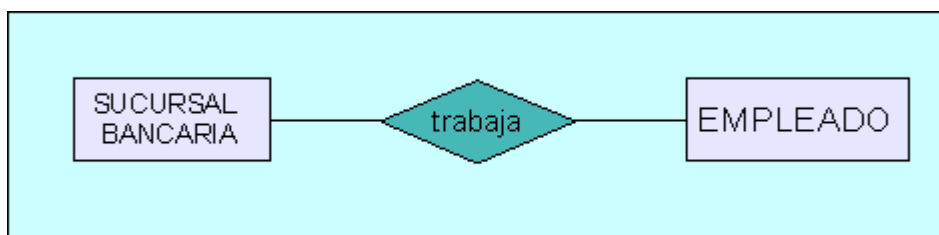
Podemos distinguir los siguientes **tipos de relaciones** según su grado:

- **Unaria:** Es aquella relación en la que participa una única entidad. Por ejemplo:



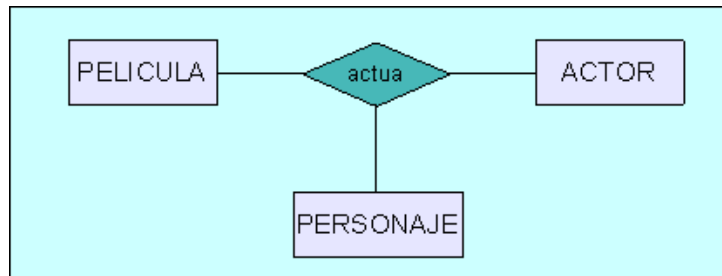
En él se expresa que dos empleados pueden relacionarse entre sí, de forma que uno es el esposo y el otro la esposa. También se aprecia que los atributos del empleado son el DNI y el NOMBRE.

- **Binaria:** Es aquella relación en la que participan dos entidades, es el tipo más habitual de relación. Mira el ejemplo de la figura:



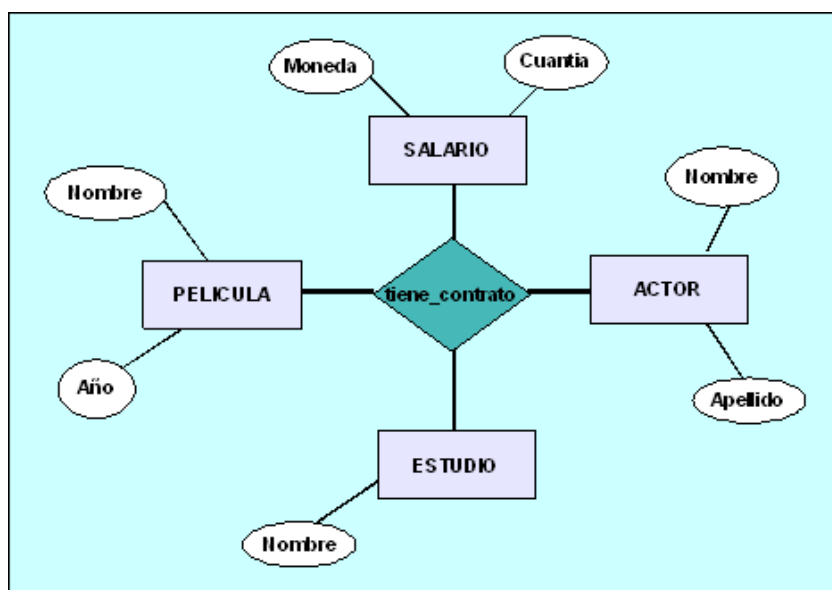
En él se expresa que un empleado se relaciona con una sucursal bancaria, que es en la que trabaja. También puede verse como que una sucursal bancaria se relaciona con un empleado cuando ese empleado trabaja en ella.

- **Ternaria:** Es aquella relación en la que participan tres entidades al mismo tiempo. Mira el ejemplo de la figura:



En él se expresa que una película se relaciona con un actor que ha interpretado un determinado personaje de los que forman parte del guión. O que un personaje se relaciona con la película de la que forma parte y con el actor que lo interpreta. O que un actor se relaciona con el personaje que interpreta y con la película en la que interviene... a fin de cuentas son distintas formas de decir lo mismo.

- **N-aria:** Es aquella relación en la que participan **n** conjuntos de entidades. Es muy poco frecuente su aparición y debe disminuirse el grado de la relación para hacer más intuitivo el modelado de nuestro sistema a representar.



Si consideramos por ejemplo una relación de orden 4, como la de la figura, veamos cómo podemos disminuir su orden.

En principio las relaciones que expresa el diagrama son más o menos evidentes. Un actor se relaciona con una película en la que interviene, que es producida por un estudio, y lo hace a cambio de un determinado salario de la tabla salarial que tienen establecida en ese estudio, y todas esas relaciones son en realidad contractuales, es decir, derivadas de contratos. (Podríamos incluso

haberlo complicado más manteniendo la entidad personaje, pero no hay que pasarse, que estamos empezando)

### ¿Cómo podemos disminuir el grado de esa relación?

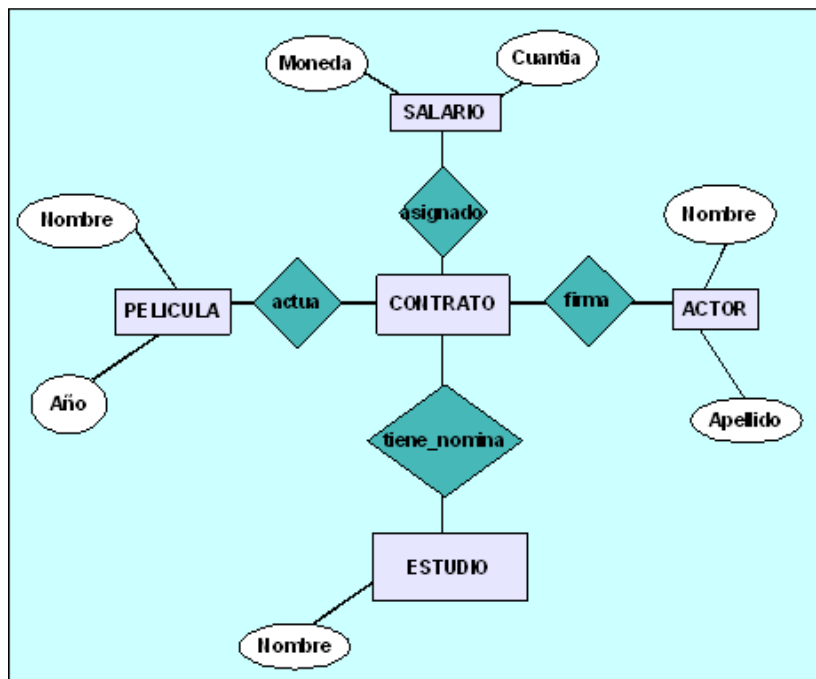
Sustituimos la relación 'tiene\_contrato' por una entidad nueva llamada CONTRATO y convertimos todas las relaciones en binarias de la manera que puede apreciarse en la figura:

Ahora, cada entidad de PELÍCULA, SALARIO, ESTUDIO y ACTOR se relaciona con las demás entidades sólo y exclusivamente a través de la entidad CONTRATO. Así un actor firma un contrato,

para una película que produce un determinado estudio, que lo tiene en nómina, a cambio de un determinado salario que tendrá asignado.

Evidentemente, un estudio se relacionará con muchos actores con los que tendrá contrato, y con muchas películas que son las que produce, y pagará diversos salarios. También podemos decir que una película se relacionará con un único estudio que es el que la produce, y que será el único que ha firmado contratos con actores para esa película (normalmente será así, aunque

podríamos suponer que varios estudios se pueden asociar para producir una misma película). La película se relaciona con muchos actores, que son los que han firmado contrato para intervenir en esa película, y con muchos salarios, que son los que establecen los contratos de los distintos actores que intervienen en ella....Y podríamos seguir así... A fin de cuentas son distintos puntos de vista sobre una misma realidad, y distintas formas de contarla.



### 3 Restricciones derivadas del modelo Entidad-Relación Extendido (ERE)

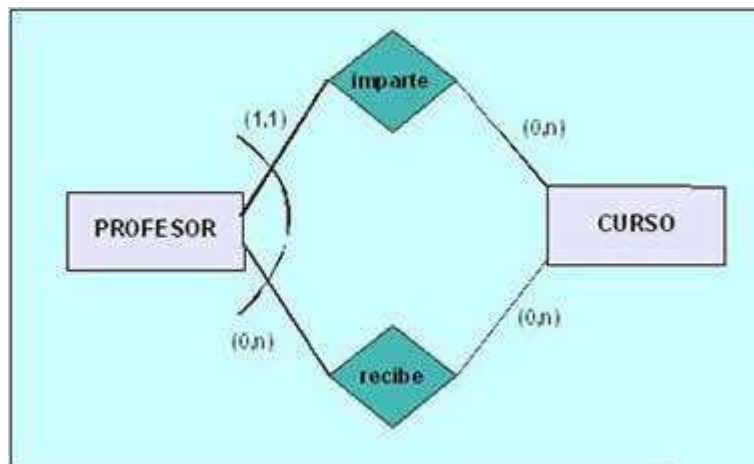
Gracias al modelo Entidad-Relación Extendido podemos considerar ciertas restricciones acerca de las relaciones que el modelo Entidad-Relación no contemplaba y que nos permite representar con mayor exactitud determinados comportamientos de las entidades, y sus correspondientes relaciones.

#### 3.1 Relaciones con restricciones de Exclusividad.

Se dice que dos (o más) relaciones tienen una **restricción de exclusividad** con respecto a una entidad que participa en ambas relaciones cuando cada instancia de dicha entidad sólo puede pertenecer a una de las relaciones, pero en el momento en que pertenezca a una ya no podrá formar parte de la otra.

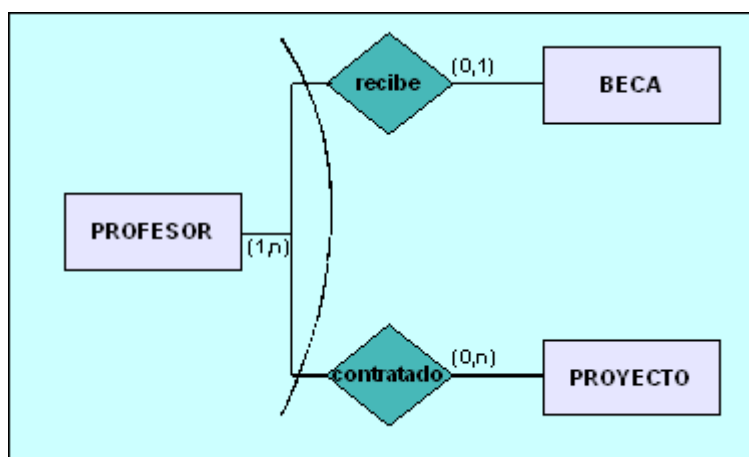
Por **ejemplo**, si suponemos que un profesor puede impartir cursos de doctorado o recibirlos, pero no ambas cosas, tendríamos una relación "Imparte" y otra "Recibe", entre PROFESOR y CURSO, con una restricción de exclusividad entre sí. En la siguiente figura se muestra la representación de la exclusividad. El arco señala las relaciones que son exclusivas.





El significado de la figura anterior es el siguiente: un profesor puede impartir, o no, cursos de doctorado (0,n), y puede o no, recibirlos (0,n), pero si un profesor imparte estos cursos no puede recibirlos 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).

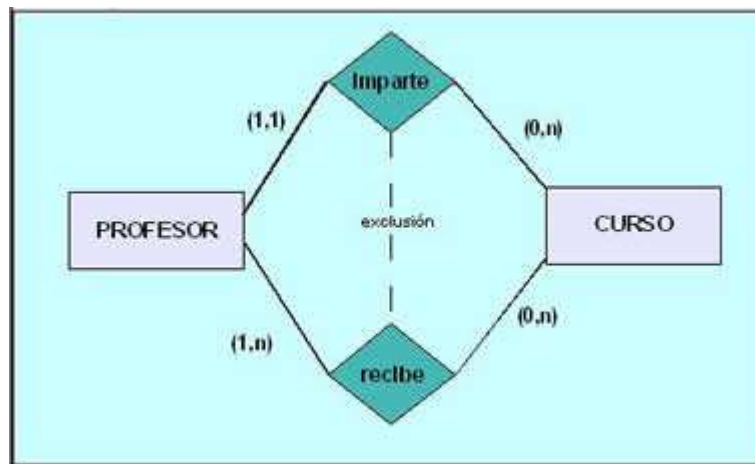
Las relaciones exclusivas no tienen que serlo respecto al mismo tipo de entidad (en este caso CURSO), sino que podrían serlo respecto a diferentes tipos.



El significado de esta figura es el siguiente: un profesor puede recibir, o no, una beca (0, 1), y puede o no, ser contratado en un proyecto (0, n), pero si un profesor recibe una beca, no puede ser contratado en un proyecto.

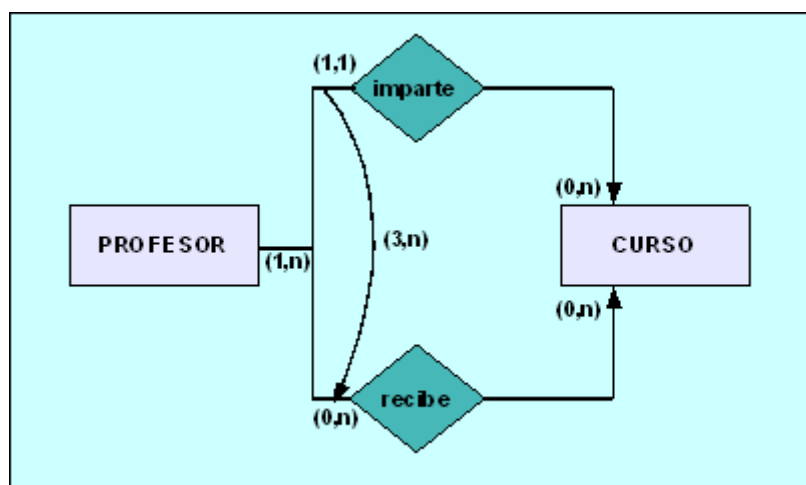
### 3.2 Relaciones con restricciones de Exclusión.

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 toda instancia de PROFESOR que esté unida a una instancia de CURSO mediante la relación **Imparte**, no podrá estar unida a la misma instancia de CURSO mediante la relación **Recibe**. En este caso decimos que existe una restricción de exclusión y se representa como se ve en la figura.



### 3.3 Relaciones con restricciones de Inclusividad.

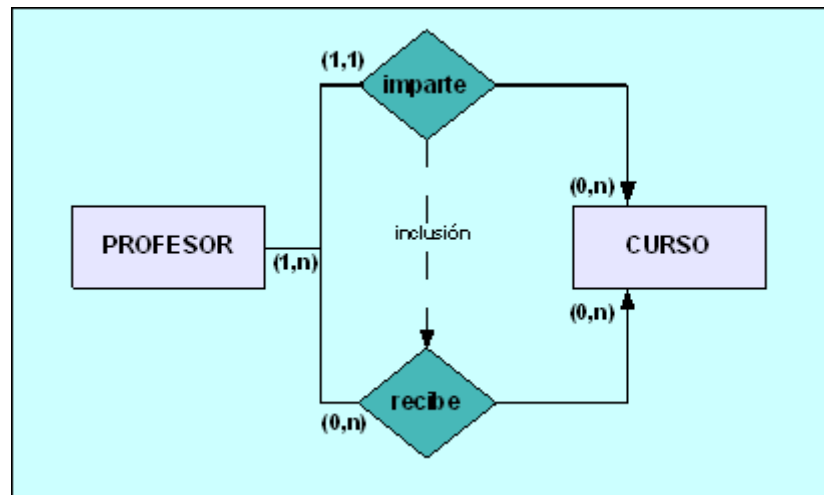
Supongamos ahora que se desea imponer la restricción de que sólo pueden impartir clases en nuestro programa de doctorado aquellos profesores que hayan realizado al menos un curso dentro de este mismo programa, aunque no tiene por qué ser el mismo que él imparte. Aplicamos entonces una restricción de **inclusividad** entre dos relaciones (o más) con respecto a una de las entidades que participa en ambas relaciones, **por lo cual toda instancia de dicho tipo de entidad que participa en una de las relaciones tiene necesariamente que participar en la otra.**



En este ejemplo se representa que si un profesor participa en la relación **Imparte** tiene que participar necesariamente en la relación **recibe** (todo profesor que imparte un curso tiene que figurar como receptor de algún otro). 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 (en este caso, antes de impartir un curso, debe haber recibido al menos 3 veces, sin que haya límite superior)

### 3.4 Relaciones con restricciones 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**, por la cual toda instancia de PROFESOR que esté unida a una instancia de CURSO mediante la relación **Imparte**, tiene necesariamente que estar unida a la misma instancia de CURSO mediante la relación **Recibe**.



## 4 Atributos

Son **atributos** los nombres que identifican propiedades, cualidades, identificadores o características de entidades o relaciones

También hay que tener en cuenta si los atributos son simples o compuestos, o si son obligatorios u opcionales, monovalentes o polivalentes, su cardinalidad, buscar si alguno de ellos es un atributo derivado y otros conceptos adicionales.

**Un atributo es cualquier detalle que sirve para calificar, identificar, clasificar, cuantificar o expresar el estado de algo, en nuestro caso de una entidad, es decir un atributo es cualquier descripción de una característica de importancia.**

Un atributo puede ser un texto, un color, un dibujo, un sentimiento, etc., según la información que sea necesaria sobre la entidad que queremos guardar. Cuando los atributos toman un valor, señalan una instancia particular de la entidad.

**Los atributos de una entidad se representan mediante elipses o círculos etiquetados, que se conectan por una línea recta a la entidad que califica, cada uno de los cuales tiene que tener un nombre único y que haga referencia a su contenido. Los nombres de los atributos deben ir en minúsculas.**

Cada **atributo** tiene un conjunto de valores asociados denominado dominio. El dominio define todos los valores posibles que puede tomar un atributo. Generalmente, los dominios nos sirven para limitar el tamaño de los atributos. Puede haber varios atributos definidos sobre un mismo dominio.

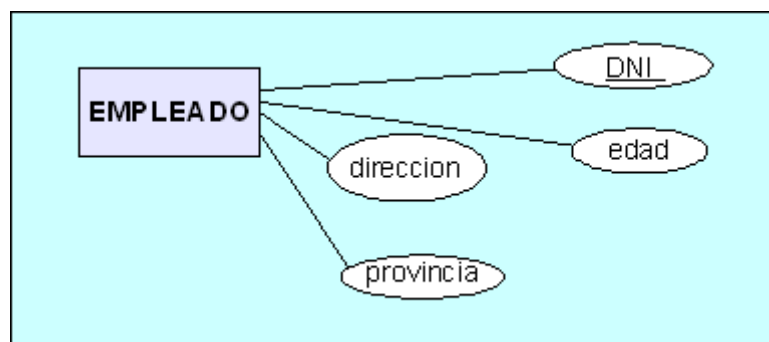
En general los **dominios** serán más bien amplios, aunque cuando se lleva a cabo la implementación de la base de datos para un sistema gestor de bases de datos es preferible restringir los dominios lo más posible de manera que el gestor de bases de datos automáticamente haga algunas verificaciones sobre los datos que se almacenan, para asegurar la integridad de los mismos.

### 4.1 Tipos de atributos

Todos los atributos no son iguales. Algunos de los atributos de una entidad son especiales.

De partida es necesario distinguir y definir cuáles de ellos son obligatorios y cuáles opcionales para la correcta definición de la entidad, y esta distinción es la primera clasificación que podemos hacer de los atributos.

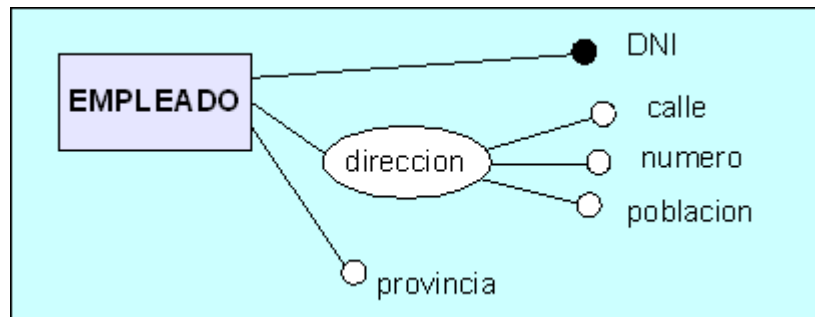
- Un **atributo obligatorio** es aquél que siempre debe estar definido para la entidad. Un ejemplo de atributo obligatorio es el atributo identificador de la entidad. Está claro que si tenemos una entidad EMPLEADO, un atributo obligatorio de esa entidad debe ser 'DNI', que no se puede dejar vacío porque gracias a él tenemos perfectamente identificadas todas y cada una de las instancias de esa entidad.
- Un **atributo opcional**, en cambio, puede quedar sin definir para algunas de las instancias de la entidad. En el caso de la entidad EMPLEADO un atributo opcional podría ser 'edad', que es un atributo que no es imprescindible para la identificación de las instancias de la entidad. En general, es deseable que la mayor cantidad de atributos posible se definan como obligatorios, puesto que permite simplificar mucho algunas operaciones, al tiempo que asegura una mejor integridad de los datos. En apartados posteriores estudiaremos estos tipos de atributos con más detenimiento.



En la figura puede apreciarse que el atributo DNI aparece **subrayado** para expresar que se trata de un atributo obligatorio mientras que los demás, que no son obligatorios, no aparecen subrayados.

Otra clasificación que se puede realizar de los atributos es si son **simples o compuestos**.

- Un atributo simple es un atributo que tiene un solo componente, que no se puede dividir en partes más pequeñas que tengan un significado propio, un ejemplo claro sería el DNI de una persona.
- Un atributo compuesto es un atributo con varios componentes, cada uno con un significado por sí mismo, por ejemplo si consideramos la dirección de una persona como la unión de la calle donde vive, el número y la población. Un grupo de atributos se representa mediante un atributo compuesto cuando tienen afinidad en cuanto a su significado, o en cuanto a su uso.



En la figura se aprecia la forma de representar los atributos simples y los compuestos, al mismo tiempo que se indica si son obligatorios o no. DNI es simple y obligatorio, y por eso se representa con un círculo sombreado. Dirección es un atributo compuesto, que consta de varios componentes simples no obligatorios (calle, número, población). Finalmente, provincia es un atributo simple no obligatorio.

Los atributos también pueden clasificarse según los valores que toman en **monovalentes o polivalentes**.

- Un atributo monovalente es aquél que tiene un solo valor para cada instancia de la entidad o relación a la que pertenece, como es el caso del DNI en nuestro ejemplo.
- Un atributo polivalente es aquél que tiene varios valores para cada instancia de la entidad o relación a la que pertenece, como es el caso del atributo 'teléfono' en nuestro ejemplo podríamos estar interesado en guardar la información del teléfono de casa, el móvil y el que tenemos en el trabajo. A estos atributos también se les denomina multivaluados, y pueden tener un número máximo y un número mínimo de valores.

La cardinalidad de un atributo indica el número mínimo y el número máximo de valores que puede tomar para cada ejemplar de la entidad o relación a la que pertenece.

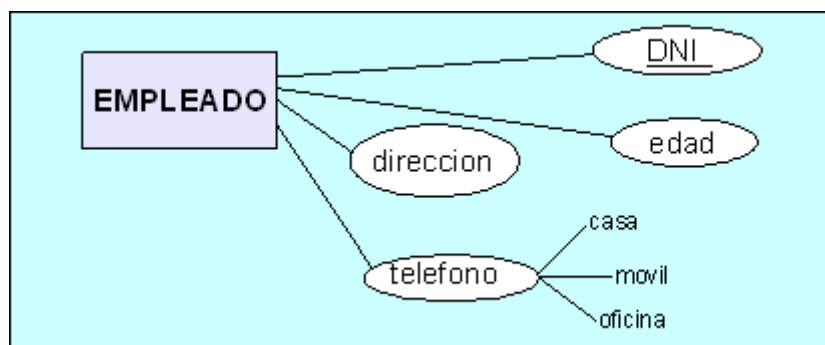
**La cardinalidad mínima indica la cantidad de valores del atributo que debe existir para que la entidad sea válida.**

Este número casi siempre es 0 o 1.

- Si es 0, no se requiere que el atributo tenga un valor.
- Si es 1, el atributo debe tener un valor.

Aunque es poco usual, la cardinalidad mínima puede ser en ocasiones mayor que 1. Por ejemplo, el atributo 'numero\_de\_jugadores' en una entidad llamada 'EQUIPO\_DE\_BALONCESTO' tendría una cardinalidad mínima de 5.

**La cardinalidad máxima indica la cantidad máxima de valores del atributo que puede tener la entidad.** Por lo general es 1 o N. Si es 1, el atributo no puede tener más que un valor, si es N, el atributo puede tener múltiples valores y no se especifica la cantidad absoluta.

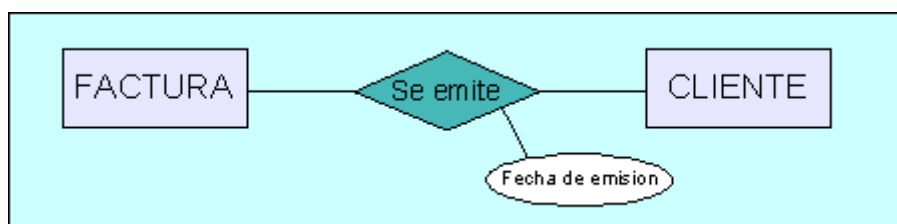


En este caso si consideramos que el atributo teléfono debe tener al menos un número de teléfono y que puede guardar los teléfonos de la casa, el móvil y la oficina, la cardinalidad de teléfono es (1,3).

Por último, los atributos pueden ser **derivados**, aunque habitualmente este tipo de atributo no se considera en esta fase del diseño del modelo Entidad-Relación.

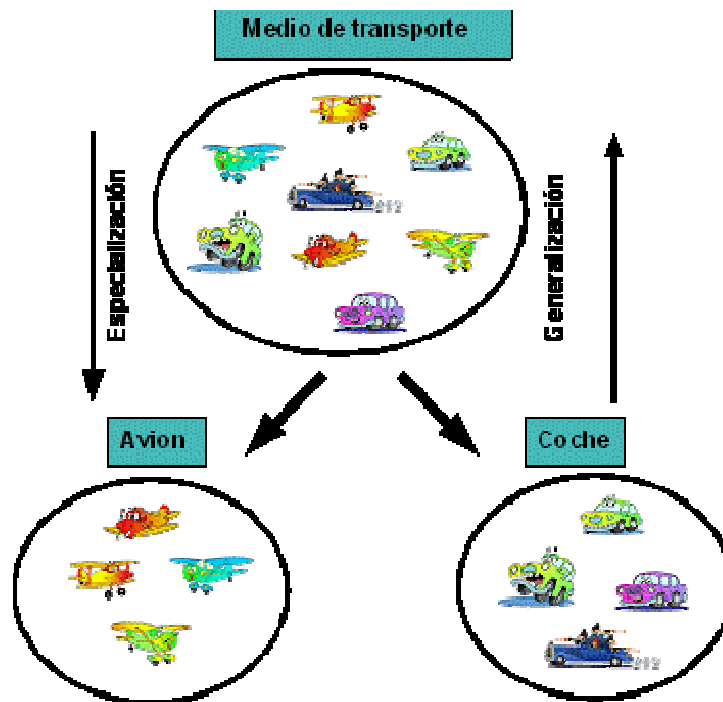
Un atributo derivado es aquél que representa un valor que se puede obtener a partir del valor de uno o varios atributos, que no necesariamente deben pertenecer a la misma entidad o relación. Por ejemplo, la edad es un atributo derivado, ya que puede obtenerse a partir de la fecha de nacimiento del empleado.

**Las relaciones también pueden tener atributos asociados.** Se representan igual que los atributos de las entidades. Un ejemplo típico son las relaciones de tipo "histórico" donde debe constar una fecha o una hora. Por ejemplo, supongamos que es necesario hacer constar la fecha de emisión de una factura a un cliente, y que es posible emitir duplicados de la factura (con distinta fecha). En tal caso, el atributo "Fecha de emisión" de la factura debería colocarse en la relación "se emite". Tenemos que tener en cuenta que cuando una relación tiene 2 o más atributos, podemos considerarla como si fuese una relación de N:M, en este caso, conseguimos la forma más óptima y menos redundante en el modelo relacional. En estos casos debemos estudiar si este atributo debe formar parte de la clave primaria, sobre todo en el caso de que este atributo sea de **tipo fecha**: a esto se le conoce como **extensión de la clave primaria**.



En este ejemplo debemos estudiar si el atributo **Fecha de emisión** debe formar parte de la clave primaria.

## 5 Generalización y especialización



La **generalización** no es más que la reunión en un "supertipo" de entidad de una serie de "subtipos" de entidades, que tienen ciertos aspectos en común, pero que también se diferencian en algunos otros y que, para que la representación de la realidad sea lo más fiel posible, es importante que se reflejen en el modelo E/R dichas diferencias. Para ello se desarrolló el **modelo Entidad-Relación Extendido**, modelo ERE.

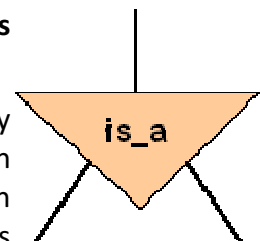
Resulta fácil ver que el concepto de **especialización** es algo parecido al de generalización, pero considerado justo desde el punto de vista contrario. La imagen de los coches y aviones como medios de transporte es muy explicativa de lo que queremos decir.

1. Si se considera de arriba hacia abajo se considera como **especialización**.
2. Si se considera de abajo hacia arriba se considera como **generalización**.

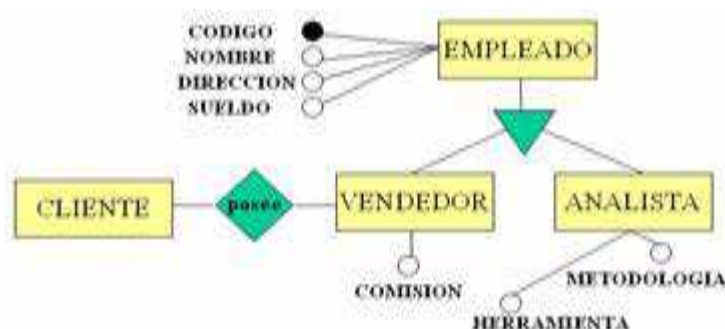
Todos estos conceptos se resumen en el principio de herencia:

**Las entidades de bajo nivel heredan todos los atributos de las entidades de mayor nivel.**

La descomposición de entidades en varios subtipos es una necesidad muy habitual en el modelado de bases de datos. En el mundo real se pueden identificar varias jerarquías de entidades. La relación que se establece entre un **supertipo** de entidad y sus **subtipos** corresponde a la noción de "ES UN", más conocida por sus siglas inglesas "ISA" o, más exactamente, "ES UN TIPO DE".



Este tipo de relación se representa mediante un triángulo invertido, con la base paralela al rectángulo que representa el supertipo y conectado a los subtipos mediante líneas.



En esta relación todo ejemplar de un subtipo es un ejemplar del supertipo, aunque no sucede lo contrario, por lo que las cardinalidades serán siempre (1, 1) en el supertipo y (0,1) o (1,1) en los subtipos.

Un **subtipo de entidad** es un tipo de entidad que mantiene una relación jerárquica con otro tipo de entidad **supertipo**, y que cumple que:

- Las propiedades y el comportamiento de los subtipos son heredados del tipo de entidad con el cual mantienen una relación jerárquica. La **herencia** es una abstracción incorporada al modelo E/R recientemente e **implica la consideración de que con una única definición de las propiedades y comportamiento de un conjunto de entidades, esta definición es automáticamente considerada para todos aquellos conjuntos con los que exista una relación jerárquica** (una especialización).
- **Los subtipos añaden a sus propias propiedades las del supertipo del que heredan.**
- Un tipo de entidad puede ser un subtipo para más de un tipo de entidad con las que puede mantener diferentes relaciones jerárquicas. Esta característica, denominada herencia múltiple, **permite que una entidad herede propiedades y comportamiento de más de una entidad diferente**. La herencia múltiple puede dar lugar, en ocasiones, a inconsistencias en las propiedades y/o comportamiento que se hereda, lo que se debe solucionar mediante la redefinición de las herencias. **Hay que evitar que aparezcan casos de herencia múltiple.**

Como podemos ver en el **ejemplo** de arriba, existe una asociación jerárquica entre la entidad EMPLEADO y las entidades VENDEDOR y ANALISTA, ya que tanto los vendedores como los analistas "son" o mejor expresado, "son tipos de" empleados, y por tanto, heredan todas las atributos de la entidad EMPLEADO, que son "codigo", "nombre", "direccion", "sueldo", etc. Además cada subtipo añade sus propios atributos que lo diferencian del otro subtipo, en este caso VENDEDOR añade el atributo "comision" y ANALISTA añade los atributos "herramienta" y "metodologia".

Es evidente que las relaciones que afectan a todos los subtipos se asocian al supertipo, asociando a los subtipos las relaciones específicas en las que participa sólo el correspondiente subtipo. Si consideramos el ejemplo que estamos tratando, se considera que sólo los VENEDORES están asociados a la entidad CLIENTE.

Existen los siguientes tipos de especialización según aparezca solapamiento de instancias de una entidad o no:

- Una especialización **exclusiva**, denominada **especialización sin solapamiento** representa el hecho de que una instancia u ocurrencia del tipo de entidad más general sólo puede pertenecer o estar asociada a una y sólo una instancia u ocurrencia de los subtipos de entidad especializados. La especialización exclusiva se representa mediante un arco que une los subtipos como se muestra en la imagen siguiente:



- Si consideramos el caso de las PERSONAS, en principio, una persona sólo puede ser un HOMBRE, o una MUJER, por lo que estaríamos en el caso de una **especialización sin solapamiento**.
- Una especialización **inclusiva**, denominada **especialización con solapamiento**, representa el hecho de que una instancia del tipo de entidad más general puede tener asociadas instancias de cualquiera de los subtipos.

La especialización inclusiva se representa sin ningún arco que una los subtipos. Si consideramos el caso de las CARRETERAS, donde las carreteras se catalogan como nacionales o locales, etc. podríamos considerar la especialización NACIONAL y LOCAL, pero sabemos que hay carreteras que tienen tramos considerados como NACIONAL y LOCAL al mismo tiempo, no tienes más que fijarte en los carteles de las carreteras y verás en un mismo cartel varios tipos de carretera para el mismo tramo.

Por otro lado, la especialización de un tipo de entidad en un conjunto de subtipos puede ser **total o parcial**:

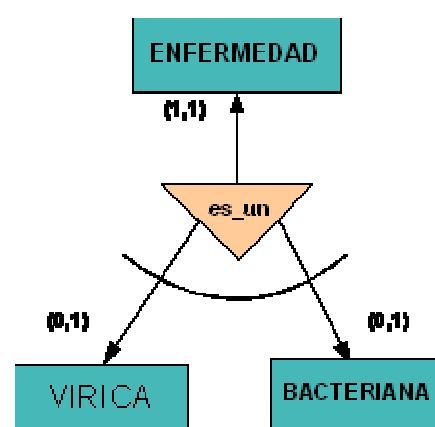
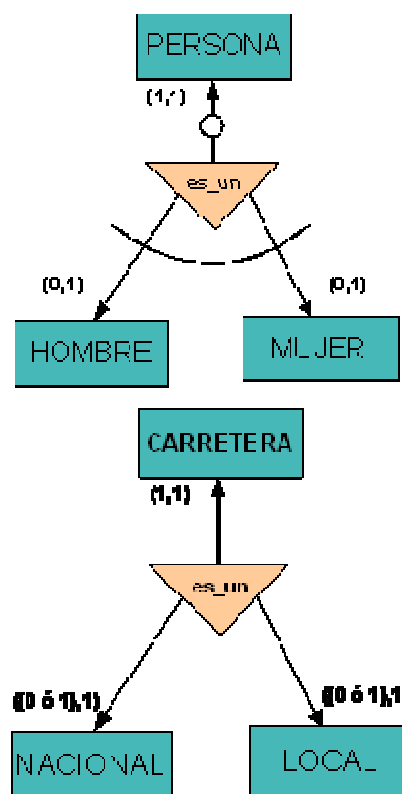
- Una **especialización total** representa el hecho de que las entidades que son reconocidas en el problema que se está representando son alguno de los subtipos especializados, no existiendo entidades que no pertenezcan a alguno, varios o todos estos subtipos de entidad.

La especialización total se representa mediante un círculo superpuesto en la línea que une el supertipo con el triángulo que indica la especialización, como se muestra en la imagen que acompaña a este texto.

Si consideramos de nuevo el caso de las PERSONAS, vemos que no sólo son o bien HOMBRES, o bien MUJERES, sino que además no pueden ser ninguna otra cosa, y cualquier persona estará encuadrada en una de esos dos subtipos.

- Una **especialización parcial** representa el hecho de que pueden existir entidades que pertenezcan al tipo de entidad y no a ninguno de los subtipos en los cuales este tipo de entidad está especializado. Una especialización parcial describe un refinamiento incompleto del problema que se representa, debido a un conocimiento incompleto del mismo y/o a una simplificación de la representación del mismo.

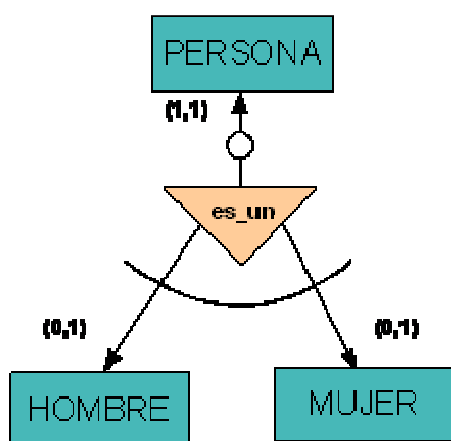
Si consideramos el caso de la entidad ENFERMEDAD, y consideramos sólo las VÍRICAS y las BACTERIANAS, es evidente que existen otros tipos de enfermedades, pero para nuestro problema sólo nos hace falta considerar estos dos tipos, por lo que se trata de una especialización parcial.



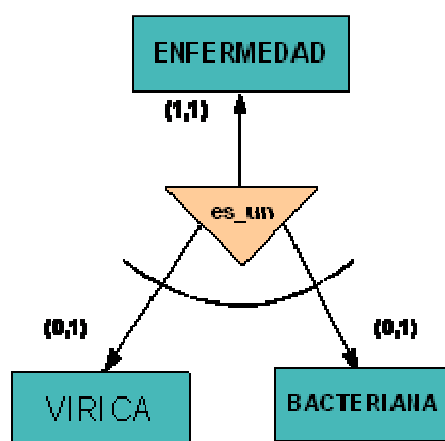
Por tanto, se pueden presentar cuatro tipos de relaciones jerárquicas que pueden ser representadas mediante el modelo EE/R:

1. **total sin solapamiento, o total exclusiva**
2. **parcial sin solapamiento, o parcial exclusiva**
3. **total con solapamiento, o total inclusiva y**
4. **parcial con solapamiento, o parcial inclusiva.**

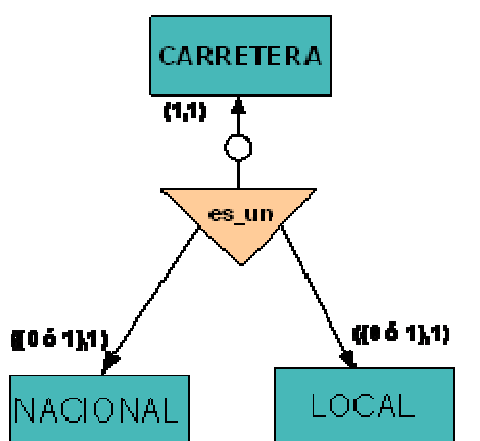
La imagen siguiente muestra cada uno de los casos presentados en los ejemplos anteriores:



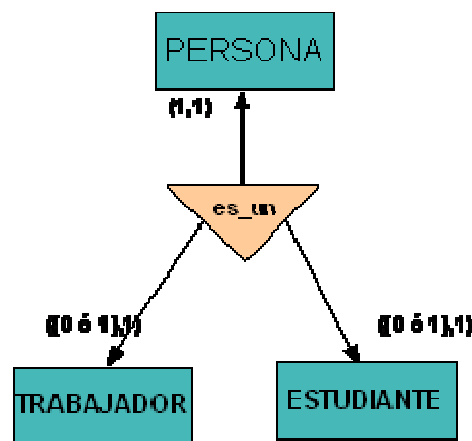
A) Especialización total sin solapamiento



B) Especialización parcial sin solapamiento



C) Especialización total con solapamiento  
(Siempre que consideremos como única clasificación posible de las carreteras NACIONAL y LOCAL)



D) Especialización parcial con solapamiento

## 6 Cardinalidad de entidades y relaciones

Matemáticamente sabemos que el cardinal indica el número o cantidad de los elementos constitutivos de un conjunto. Las entidades y las relaciones no son más que conjuntos con determinadas propiedades, luego esta definición matemática nos puede servir, y de hecho nos sirve para entender los conceptos de cardinalidad de las entidades y las relaciones.

### 6.1 Cardinalidad de las entidades

La **cardinalidad** con la que una entidad participa en una relación especifica el número mínimo y el número máximo de correspondencias en las que puede tomar parte cada ejemplar de dicha

entidad. La participación de una entidad en una relación es **obligatoria (total)** si la existencia de cada una de sus instancias requiere la existencia de, al menos, un ejemplar de la otra entidad participante. Si no, la participación es **opcional (parcial)**. Las reglas que definen la cardinalidad de las relaciones son las reglas de negocio.

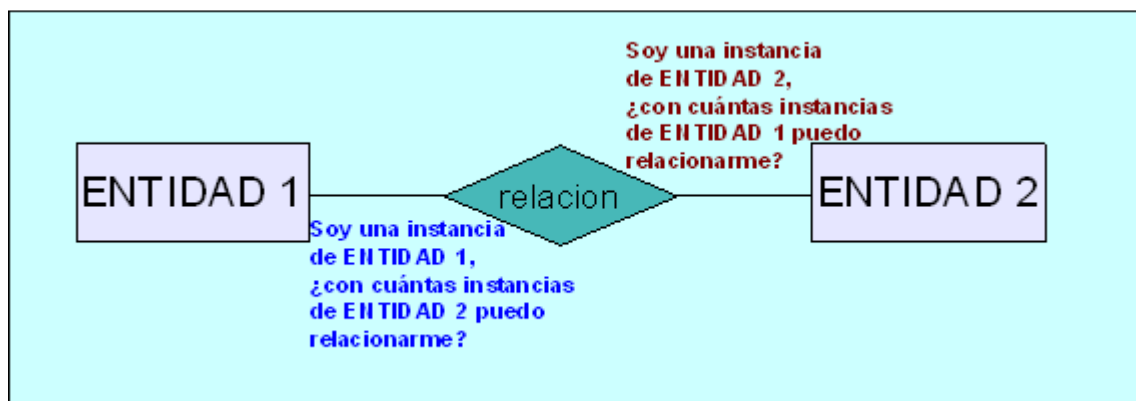
La cardinalidad de una entidad se representa con el número mínimo y máximo de correspondencias en las que puede tomar parte cada ejemplar de dicha entidad entre paréntesis



## 6.2 Cardinalidad de las relaciones

Particularizando para el caso de las relaciones, la cardinalidad indica el número de instancias de la entidad ENTIDAD 2 que se relacionan con un ejemplar de la entidad ENTIDAD 1 y viceversa.

La cardinalidad de las relaciones se obtiene de considerar el máximo número de instancias con las que puede participar cada una de las entidades en la relación, es decir con el máximo de las cardinalidades de cada una de las entidades que participan en la relación.

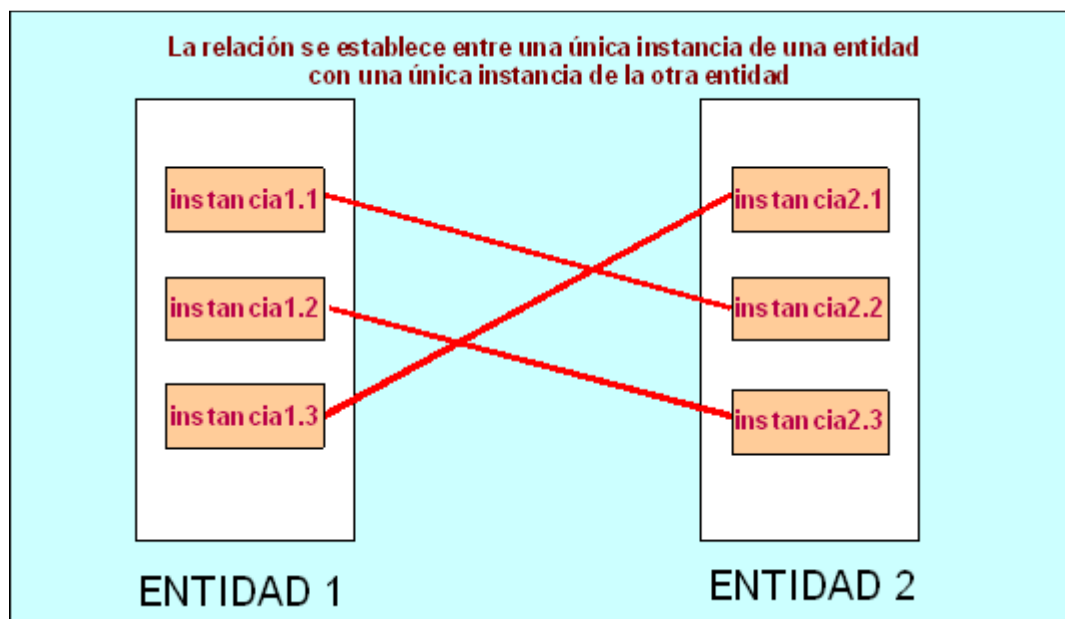


Dependiendo del número de instancias que aparezcan, podemos tener:

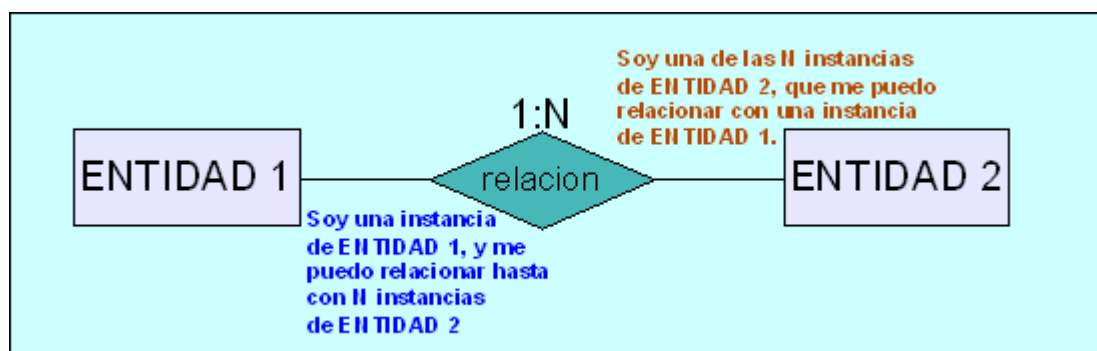
- **Relaciones uno a uno.** En la notación se pone **1:1**. Una instancia de la entidad ENTIDAD1 se relaciona con una única instancia de la entidad ENTIDAD2 y viceversa. Es evidente que ambas entidades pueden tener cardinalidades  $(0,1)$  ó  $(1,1)$



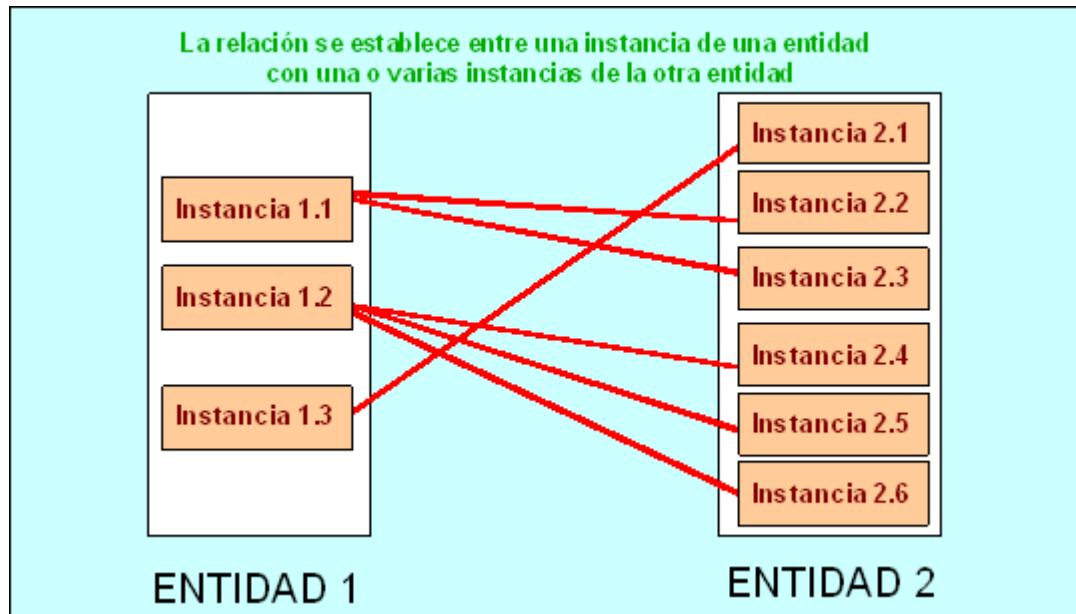
Por ejemplo, considerando las entidades EMPLEADO y PUESTO\_DE\_TRABAJO, y la relación "ocupa" lo normal será que un determinado puesto de trabajo pueda estar ocupado por un único empleado, y al mismo tiempo, un empleado puede ocupar simultáneamente un único puesto de trabajo. Entendemos que con puesto de trabajo nos referimos al puesto físico, no al tipo de puesto de trabajo. Es decir, podemos tener un tipo de puesto de trabajo que sea administrativo y tres administrativos en la empresa, pero cada uno de ellos ocupará un puesto físico distinto (uno será el administrativo de nóminas, otro el administrativo de contabilidad y otro el de gestión de almacén)



- **Relaciones uno a muchos.** En la notación se pone **1:N**. Una instancia de la entidad ENTIDAD1 se relaciona con muchas instancias de la entidad ENTIDAD2 y una instancia de la entidad ENTIDAD2 sólo puede estar relacionada con una instancia de la entidad ENTIDAD1.



Por **ejemplo**, considerando las entidades ASIGNATURA y PROFESOR, y la relación "es\_impartida" para un curso concreto, una asignatura puede ser impartida por un único profesor, pero cada profesor puede impartir muchas asignaturas. Esto es una relación muchos a uno. Naturalmente, partimos de la base de que las reglas de negocio establecen que eso es así. Es posible pensar en reglas de negocio distintas, en las que la misma asignatura se pueda impartir por más de un profesor, pero las reglas de negocio no las decide el informático, sino que son las que se encuentra establecidas en la realidad cuando hace el análisis de esa realidad.

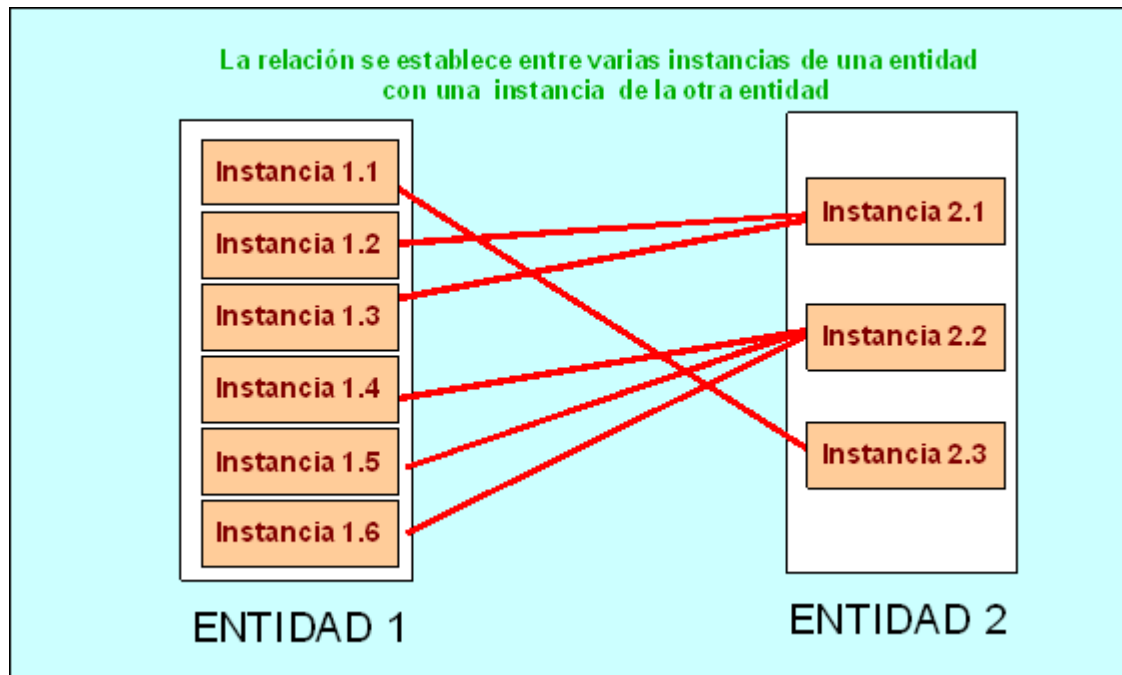


- **Relaciones muchos a uno.** En la notación se pone **N:1**. Una instancia de la entidad ENTIDAD1 está asociada con una única instancia de la entidad ENTIDAD2 y un ejemplar de la entidad ENTIDAD2 está relacionada con muchas instancias de la entidad ENTIDAD1.



Realmente es el mismo concepto que el de una relación uno a muchos (1:N)

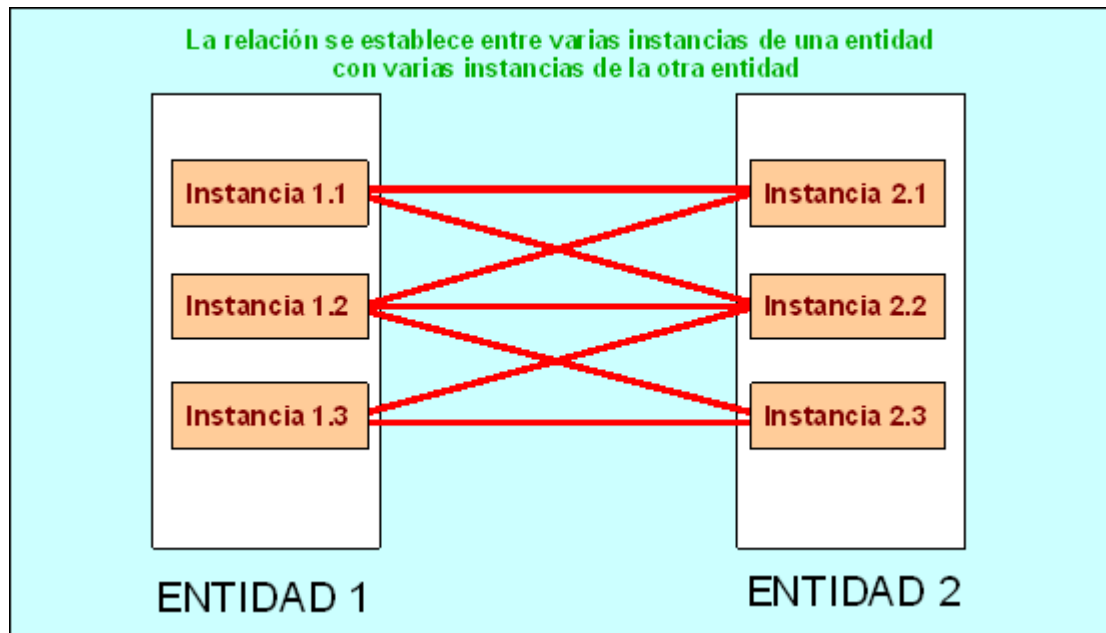
Por **ejemplo**, considerando las entidades PROFESOR y ASIGNATURA, y la relación "imparte" para un curso concreto, un profesor puede impartir muchas asignaturas, pero cada asignatura puede ser impartida por un único profesor. Esto es una relación uno a muchos. Naturalmente, al igual que antes, partimos de la base de que las reglas de negocio establecen que eso es así



- **Relaciones muchos a muchos.** En la notación se pone **N:M**. Un ejemplar de la entidad ENTIDAD1 está relacionado con muchas instancias de la entidad ENTIDAD2 y viceversa.



Por **ejemplo**, en una empresa de autobuses, si consideramos las entidades CONDUCTOR y AUTOBÚS, y la relación "conduce", lo normal es que cada autobús pueda ser conducido por distintos conductores, en diferentes turnos, y al mismo tiempo, que cada conductor pueda conducir varios autobuses en distintos turnos, de forma que cada autobús se relaciona con muchos conductores, y cada conductor se relaciona con muchos autobuses, formando una relación muchos a muchos.



## 7 Claves primarias de entidades y relaciones

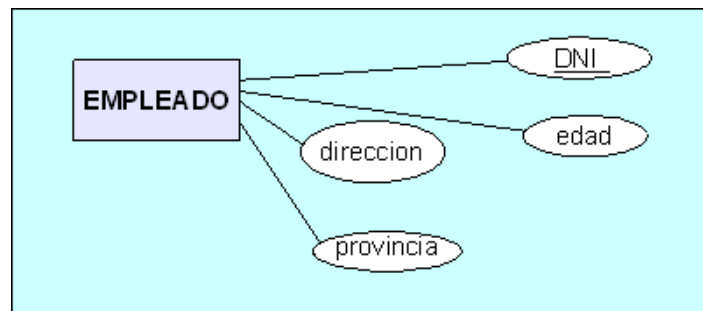
Es muy importante poder distinguir a la perfección cada instancia de una entidad o de una relación, para poder tratarlos adecuadamente. Como consecuencia de esta idea surge el concepto de **clave primaria**.

### 7.1 Claves primarias

Sabemos que cada instancia de una entidad se puede distinguir de cualquier otra por el conjunto global de sus atributos, y la mayoría de las veces no son necesarios todos, bastándonos sólo con un subconjunto de atributos. Pero puede ocurrir que un subconjunto de dichos atributos sea igual para varias entidades, por lo que no nos vale cualquier subconjunto. **Lo realmente importante es que el conjunto completo de todos los atributos que hemos seleccionado no se repita con idénticos valores para distintas instancias.** No deben existir ambigüedades en ese sentido. Teniendo en cuenta esto podemos definir:

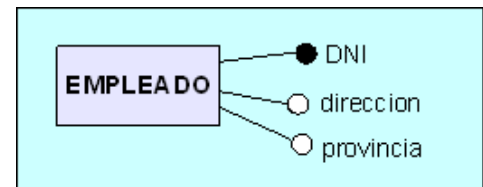
- **Clave (Llave):** Aquel atributo o conjunto de atributos que identifican a una entidad. Por ejemplo el DNI identifica claramente un ejemplar de cualquier otro dentro de la entidad EMPLEADO, por lo que lo podríamos considerar una clave de dicha entidad. Es evidente que el atributo "nombre" no realiza el mismo papel, ya que pueden existir varios EMPLEADOS con el mismo nombre. En ocasiones no basta con un único atributo para conseguir la identificación de las instancias. En ese caso la clave estaría constituida por el conjunto de atributos que garantice la identificación sin error posible de cada una de las instancias.
- **Clave candidata (Llave candidata):** Se trata de uno o más campos cuyos valores son únicos para cada ejemplar de una entidad, pero que no son identificadores ya que existen identificadores mejores en la entidad. Si tenemos la entidad EMPLEADO con atributos, DNI,Codigo\_empleado, nombre, apellidos, direccion, fecha\_nacimiento, etc... Dos claves candidatas son DNI y Codigo\_empleado, ya que ambas identifican de manera única un ejemplar de EMPLEADO.
- **Clave primaria (Llave Primaria o Primary Key):** Es la clave candidata escogida por el diseñador, de entre todas las posibles. Por lo tanto, además de ser el atributo o conjunto de

atributos que permiten identificar en forma única una instancia en la entidad y ningún subconjunto de ella posee esta propiedad, podemos decir que es la única que efectivamente se usa con ese fin en la base de datos, de entre todas las posibles.



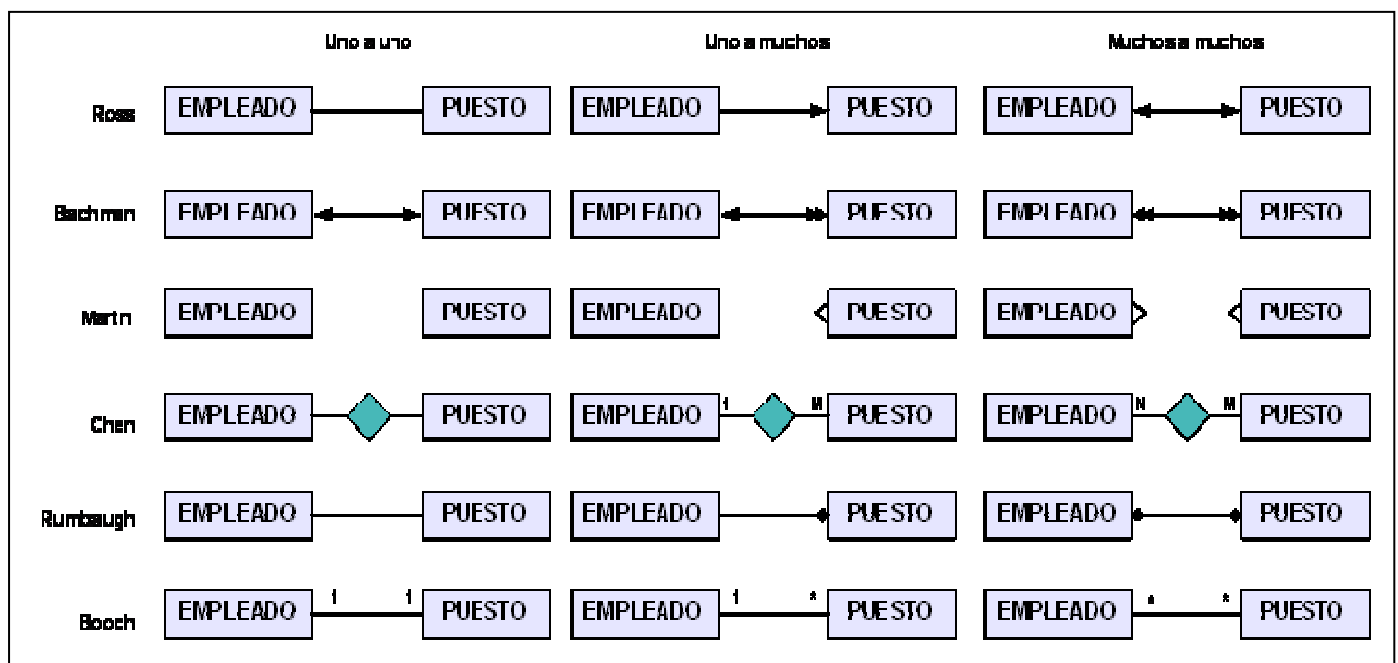
En el caso anterior de la entidad EMPLEADO, pueden ser clave primaria tanto DNI, como Codigo\_empleado, depende del criterio del diseñador de la base de datos la que se elija. Pero una vez que el diseñador elige una, sólo ese atributo es clave primaria.

Las claves primarias se representan subrayando el nombre del atributo o atributos que las constituyen en el caso de haberse representado éstos con elipses etiquetadas, y se representan con un círculo negro en el caso de representarse los atributos con círculos vacíos.



## 8 Diagramas E-R

Un diagrama E-R consiste en representar mediante las figuras geométricas vistas a lo largo del tema un modelo completo del problema, proceso o realidad a describir, de forma que se definan tanto las entidades que lo componen, como las interrelaciones (relaciones) que existen entre ellas.





La notación utilizada a lo largo de este tema es sólo una de las existentes, la de Chen. Hay una gran variedad de simbologías, y depende de cada persona el escoger aquella que más le convenga. En el cuadro anterior representamos algunas de las simbologías más utilizadas de algunos de los autores más conocidos.

## 8.1 Creación del diagrama E/R

Las tareas a realizar para la creación del diagrama E/R son las siguientes:

1. **Identificar las entidades.** Lo primero que hay que hacer es definir **los principales objetos dentro de la información que tenemos sobre el problema**, es decir, en la especificación de requisitos. Estos objetos serán las entidades.

En las especificaciones que tenemos del problema a resolver **se buscan los nombres o sustantivos que se mencionan que hacen referencia a objetos** importantes como personas, lugares o conceptos de interés, excluyendo aquellos nombres que sólo son características de otros objetos. Por ejemplo, se pueden considerar como entidades EMPLEADO, o INMUEBLE, y los sintagmas nominales tales como el número de empleado y el nombre de empleado se obvian por tratarse de características de la entidad denominada EMPLEADO.

No siempre es fácil saber si un objeto es una entidad, una relación o un atributo. Por **ejemplo** ¿cómo se podría clasificar **matrimonio**? Pues de cualquiera de las tres formas. El estudio es subjetivo, por lo que distintos diseñadores pueden hacer distintas interpretaciones, aunque todas igualmente válidas. Todo depende de la opinión y la experiencia de cada uno. Los diseñadores de bases de datos deben tener una visión selectiva y clasificar las cosas que observan dentro del contexto de la empresa u organización objeto de estudio. A partir de unas especificaciones de usuario es posible que no se pueda deducir un conjunto único de entidades, pero después de varias repeticiones del proceso de análisis, se llegará a obtener un conjunto de entidades que sean adecuadas para el sistema que se quiere modelar.

Conforme se van identificando las entidades, se les dan nombres que tengan un significado coherente y que sean obvias para el usuario

2. **Identificar las relaciones, una vez definidas las entidades, se deben definir las relaciones existentes entre ellas.** Del mismo modo que para identificar las entidades se buscaban nombres en la información que tenemos del sistema, para identificar **las relaciones se suelen buscar las expresiones verbales** (por ejemplo: oficina tiene empleados, empleado gestiona inmueble, cliente visita inmueble). Si la información del sistema refleja estas relaciones es porque son importantes para la empresa y, por lo tanto, se deben reflejar en el diagrama E/R.

Pero sólo interesan las relaciones que son necesarias. En el ejemplo anterior se han identificado las relaciones "empleado gestiona inmueble" y "cliente visita inmueble". Se podría pensar en incluir una relación entre empleado y cliente: "empleado atiende a cliente", pero es posible que observando la información que poseamos no haya interés en tener en cuenta tal relación.

La mayoría de las relaciones son **binarias** (entre dos entidades), pero no hay que olvidar que también puede haber relaciones en las que participen más de dos entidades, así como relaciones recursivas.

Es muy importante repasar las especificaciones para comprobar que todas las relaciones, explícitas o implícitas, se han encontrado. Si se tienen pocas entidades, se puede comprobar por parejas si hay alguna relación entre ellas.

Una vez identificadas todas las relaciones, hay que determinar la cardinalidad mínima y máxima con la que participa cada entidad en cada una de ellas. De este modo, el esquema representa de un modo más explícito la semántica de las relaciones.

Conforme se van identificando las relaciones, se les van asignando nombres que tengan significado para el usuario.

Pero con lo visto hasta ahora no hemos terminado nuestro trabajo, aún faltan detalles por concretar. Los pasos que nos quedan por seguir son:

3. **Identificar los atributos y asociarlos a entidades y relaciones.** Al igual que con las entidades, se buscan nombres en las especificaciones de requisitos. **Son atributos los nombres que identifican propiedades, cualidades, identificadores o características de entidades o relaciones.**

Lo más sencillo es preguntarse, para cada entidad y cada relación, ¿qué información se quiere saber de esta entidad o aquella relación? La respuesta a esta pregunta se debe encontrar en las especificaciones de requisitos. Pero, en ocasiones, será necesario preguntar a los usuarios para que aclaren los requisitos.

**Al identificar los atributos, hay que tener en cuenta si son simples o compuestos.** Por ejemplo, el atributo "dirección" puede ser simple, teniendo la dirección completa como un solo valor (Ej.: "San Rafael 45, Almanzora"; o puede ser un atributo compuesto, formado por la "calle" ("San Rafael"), el "número" ("45") y la "población" ("Almanzora"). El escoger entre atributo simple o compuesto depende de los requisitos del usuario. Si el usuario no necesita acceder a cada uno de los componentes de la dirección por separado, se puede representar como un atributo simple. Pero si el usuario quiere acceder a los componentes de forma individual, entonces se debe representar como un atributo compuesto.

También se deben **identificar los atributos derivados** o calculados, que son aquellos cuyo valor se puede calcular a partir de los valores de otros atributos. Por ejemplo, el número de empleados de cada oficina, la edad de los empleados o el número de inmuebles que gestiona cada empleado. Algunos diseñadores no representan los atributos derivados en los esquemas conceptuales. Si se hace, se debe indicar claramente que el atributo es derivado y a partir de qué atributos se obtiene su valor. Donde hay que considerar los atributos derivados es en el diseño físico.

**Cuando se están identificando los atributos, se puede descubrir alguna entidad que no se ha identificado previamente, por lo que hay que volver al principio introduciendo esta entidad y viendo si se relaciona con otras entidades.**

Hay que tener mucho cuidado cuando parece que un mismo atributo se debe asociar a varias entidades. Esto puede ser por una de las siguientes causas:

- a) **Se han identificado varias entidades**, como "director", "supervisor" y "administrativo", **cuando, de hecho, pueden representarse como una sola entidad** denominada "empleado". En este caso, se puede escoger entre introducir una jerarquía de generalización, o dejar las entidades que representan cada uno de los puestos de empleado.
- b) **Se ha identificado una relación entre entidades.** En este caso, se debe asociar el atributo a una sola de las entidades y hay que asegurarse de que la relación ya se había identificado previamente. Si no es así, se debe actualizar la documentación para recoger la nueva relación.

Conforme se van identificando los atributos, se les asignan nombres que tengan significado para el usuario.

- **De cada atributo se debe tener la siguiente información:**
  1. **Nombre y descripción** del atributo.
  2. **Si el atributo es compuesto** y, en su caso, **qué atributos simples lo forman**.
  3. **Si el atributo es derivado** y, en su caso, **cómo se calcula su valor**.
- **Determinar las claves candidatas y elegir las claves primarias.** Se trata de encontrar todas las claves candidatas de cada una de las entidades. Estas claves pueden ser simples o compuestas. De cada entidad se escogerá una de las claves candidatas como clave primaria.

Cuando se determinan las claves candidatas es fácil darse cuenta de si una entidad es fuerte o débil. Si una entidad tiene al menos una clave candidata, es **fuerte**. Si una entidad no tiene atributos que le sirvan de clave candidata, es **débil**.

#### 4. Determinar las jerarquías de generalización

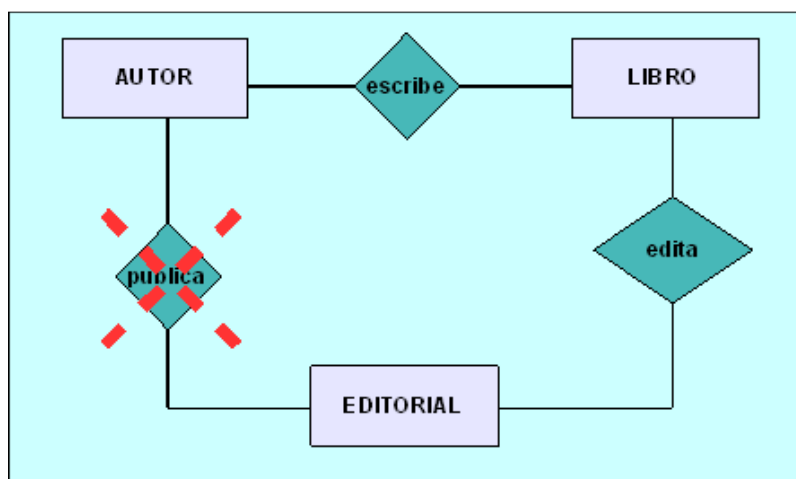
En este paso hay que estudiar detenidamente las entidades que se han identificado hasta el momento. Hay que ver si es necesario reflejar las diferencias entre distintas instancias de una entidad, con lo que surgirán nuevos subtipos de esta entidad genérica; o bien, si hay entidades que tienen características en común y que realmente son subtipos de una nueva entidad genérica.

- **En cada jerarquía hay que determinar si es total o parcial y exclusiva o solapada.**
- **Dibujar el diagrama entidad-relación.** Una vez identificados todos los conceptos, se puede dibujar el diagrama entidad-relación correspondiente a nuestro problema.
- **Revisar el resultado con la información sobre el problema que tenemos.** Antes de dar por finalizada la fase del diseño del diagrama E/R, se debe revisar el diagrama obtenido con la información original que tenemos sobre el problema. Si se encuentra alguna anomalía, hay que corregirla haciendo los cambios oportunos, por lo que posiblemente haya que repetir alguno de los pasos anteriores. Este proceso debe repetirse hasta que se esté seguro de que el diagrama es una fiel representación de la parte del problema que se está tratando de modelar.

## 8.2 Control de la redundancia de los diagramas E/R

**Tenemos que evitar repetir la información mostrada en nuestro diagrama**, es decir, tenemos que evitar la redundancia.

Una vez diseñado un esquema E/R, hay que analizar si se presentan redundancias, ya que éstas pueden presentar dificultades a la hora de crear la base de datos en un SGBD. Además de la existencia de atributos redundantes, como los que se obtienen de otros mediante algún cálculo, hay que estudiar detenidamente los ciclos en el diagrama E/R, ya que pueden indicar la existencia de relaciones redundantes.



Un ciclo, en un diagrama E/R, es un grupo de entidades unidas en forma circular o cíclica a través de ciertas relaciones. Veamos el ejemplo de la figura anterior:

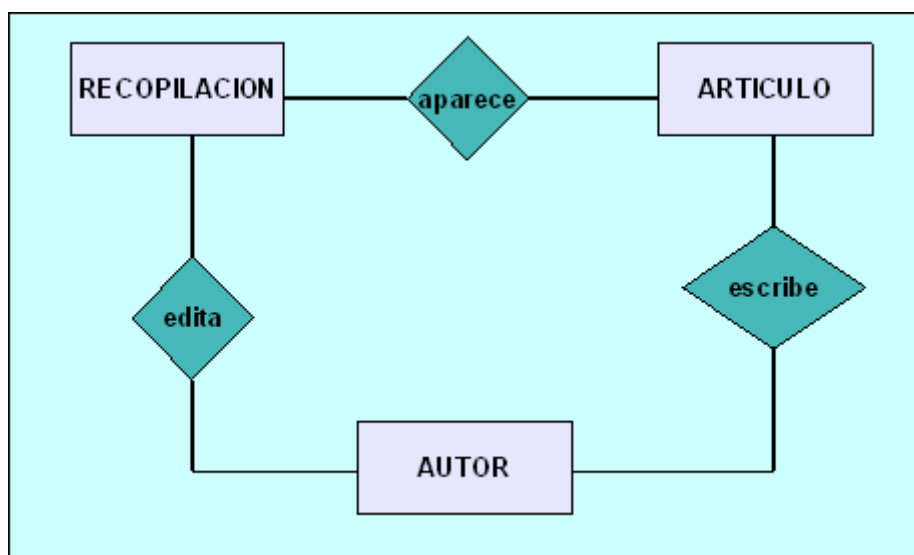
Está claro que en este **ejemplo** podríamos eliminar la relación "**publica**", puesto que si conocemos los libros que un autor ha escrito, y sabemos las editoriales que editan dichos libros, somos capaces de extraer las editoriales en las que un determinado autor publica sus libros. Por consiguiente, podemos eliminar la relación "publica" de nuestro diagrama por ser redundante.

No podemos generalizar en esta cuestión, es decir, **es posible que existan ciclos en los que no aparezcan redundancias**. Los casos más habituales son los que resultan de dividir relaciones ternarias en sus correspondientes relaciones binarias.

**La existencia de un ciclo no implica la existencia de relaciones redundantes.**

**Para que una relación pueda ser eliminada por redundante se tiene que cumplir:**

- que exista un ciclo,
- que las relaciones que componen el ciclo sean equivalentes semánticamente,
- que después de eliminar la relación se puedan seguir asociando las instancias de las dos entidades que estaban relacionadas, y
- que la relación no tenga atributos o que éstos puedan ser transferidos a otro elemento del esquema a fin de no perder su semántica.



Como podemos ver en el diagrama de arriba, tenemos un ciclo. **¿Alguna de las relaciones que aparecen se puede eliminar por ser redundante?**

Analicemos:

- Las relaciones que componen el ciclo no son equivalentes semánticamente, no es lo mismo que un autor edite una recopilación a que escriba un artículo, y ambas relaciones son diferentes a "aparece" que une RECOPIACION con ARTICULO.
- Si elimino alguna de las relaciones, no podré asociar las instancias de las entidades que se unían mediante dicha relación, ya que no existe camino alternativo para dicha unión.

Por consiguiente, **no podemos eliminar ninguna de las relaciones** que aparecen en el diagrama.

## 9 Criterios de Calidad de un diagrama ERE

Se definen varios criterios para evaluar la calidad de un diagrama ERE, o esquema conceptual, y son los siguientes:

1. **Ser Completo.** Se debe verificar que **cada requerimiento debe estar en el esquema conceptual y cada concepto del esquema está en los requerimientos.**
2. **Corrección.** Un diagrama ERE es correcto si usa apropiadamente el modelo Entidad/Relación. Hay dos tipos de corrección: sintáctica y semántica.
  - **Sintáctica:** No utilizar incoherencias del tipo: poner una entidad con otra sin que haya una relación entre ellas o poner juntas dos relaciones.
  - **Semántica:** Se consideran incorrectas las siguientes acciones:
    1. Usar un atributo en lugar de una entidad.
    2. Olvidar colocar una generalización o un subconjunto.
    3. Olvidar la herencia en las generalizaciones.
    4. Usar una entidad en lugar de una relación.
    5. Usar el mismo nombre para dos entidades o dos relaciones.
    6. Olvidar algún identificador de una entidad.
    7. No especificar alguna cardinalidad o especificarla incorrectamente.
3. **Minimalidad.** Un esquema es mínimo cuando **cada aspecto de los requerimientos aparece una sola vez en el esquema**, o en otras palabras, cuando no se puede eliminar ningún concepto del esquema sin perder información. Un esquema no es mínimo cuando es redundante, es decir, cuando tiene alguna información repetida. Algunos ejemplos de redundancia son los atributos derivados y algunos ciclos en el esquema (recordemos que no todos los ciclos son redundantes). La redundancia no siempre es mala, pero hay que documentarla muy bien.
4. **Expresividad.** Un esquema es expresivo cuando **representa los requerimientos de una manera natural**, no forzada.
5. **Legibilidad.** Legible significa que **se puede leer con facilidad**, en este caso se consideran criterios estéticos. Se deben minimizar el número de cruces en todo el esquema, **lo ideal es tratar de lograr un esquema "plano" y lo más claro posible**. Cuando se dibujen generalizaciones, se debe tratar en lo posible de colocar la superclase arriba y las subclases debajo de ésta, análogamente en las relaciones de subconjunto, también se debe destacar la simetría, colocando todas las subclases simétricamente con respecto a la superclase. Se deben evitar las líneas curvas uniendo los distintos elementos del esquema.
6. **Autoexplicación.** Cuando se logra expresar las propiedades del problema con los conceptos del modelo de datos, sin recurrir a otras cosas, se dice que el esquema conceptual es autoexplicativo. Las "otras cosas" pueden ser explicaciones en lenguaje natural o restricciones explícitas.
7. **Capacidad de Extensión (Flexibilidad).** Esta característica describe la **facilidad de un esquema conceptual de adaptarse a cambios por nuevos requerimientos** de los usuarios. En la medida en que el esquema sea modular y use los conceptos más generales para representar los requerimientos, será más flexible y adaptable a cambios.