

MODELO CONCEPTUAL DE LOS DATOS

4.1.- Modelización de los datos: El Modelo Entidad / Relación

El modelo entidad-relación (E/R), también llamado **modelo conceptual de datos**, fue propuesto por Peter p. Chen en 1976 y consiste en una técnica especial de representación gráfica que incorpora información relativa a los datos y la relación existente entre ellos, para suministrar una visión del mundo real, pudiendo ser usado "como una base para una vista unificada de los datos adoptando el enfoque mas natural del mundo real que consiste en *entidades e interrelaciones*".

Prácticamente todas las metodologías de diseño de sistemas tienen incorporado el modelo entidad-relación dentro de su diseño de datos.

El modelo entidad-relación es un paso previo al futuro diseño de una base de datos y, por tanto, independiente del modelo de datos que utilice.

Las **características** del modelo entidad-relación son:

Reflejan tan sólo la existencia de los datos, no lo que se hace con ellos

Incluye todos los datos del sistema en estudio y, por tanto, no está orientado a aplicaciones particulares.

Es independiente de las bases de datos y sistemas operativos concretos.

No tiene en cuenta restricciones de espacio, almacenamiento ni tiempo de ejecución.

Está abierto a la evolución del sistema.

El modelo ofrece por tanto una visión del mundo real con la mayor naturalidad, mediante los objetos y sus relaciones. Esta percepción del mundo real consiste en un conjunto de Objetos básicos, denominados Entidades, así como las Relaciones existentes entre ellos.

4.2.- Conceptos fundamentales del modelo Entidad/Relación

ENTIDAD: Cosa u objeto concreto o abstracto que existe, que puede distinguirse de otros y del cual se desea almacenar información. Según ANSI [ANSI. 1977] se define como "*persona, lugar, cosa, concepto o suceso, de interés para la empresa*"

Las Entidades pueden clasificarse en diferentes **Conjuntos de Entidades**, con la agrupación de los datos de cada una de ellas. Igualmente, pueden definirse **Subconjuntos de Entidades**.

Entre las Entidades cabe distinguir dos tipos:

Entidades Fuertes, Propias o Regulares: Son aquellas que tienen existencia por sí mismas, esto es, aquellas cuyas ocurrencias son identificables por sí mismas, o, lo que es lo mismo, aquellas que los atributos que las identifican son propios de la entidad. *Las entidades fuertes se representan mediante un rectángulo y su nombre es un sustantivo.*

EMPLEADO

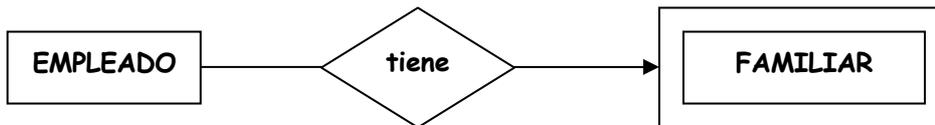
Entidades débiles: Son aquellas cuyas ocurrencias son identificables solamente por estar asociadas a otra u otras Entidades, esto es, que alguno de los atributos que las

identifican se refiere a otra entidad. *Las entidades débiles se representan mediante dos rectángulos concéntricos.*



Por lo que la desaparición de la ocurrencia asociada en la entidad fuerte lleva aparejada la desaparición de la o las ocurrencias de la entidad débil asociada.

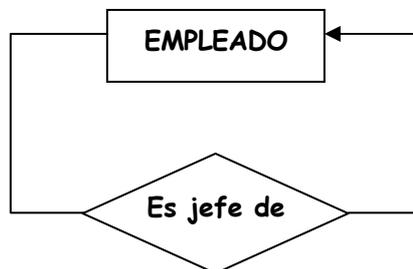
RELACIÓN: Es una asociación o correspondencia existente entre entidades, sin existencia propia, de varias entidades. Se representa mediante un rombo.



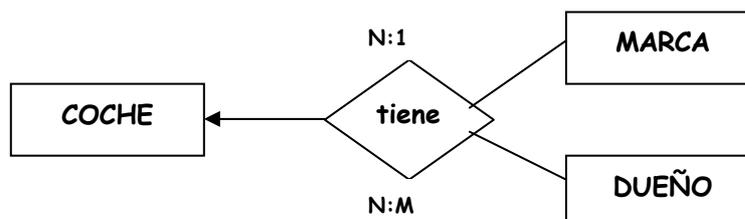
En la definición de Relación se consideran los siguientes elementos:

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. *Normalmente se la representa mediante un verbo.*

Grado de una Relación: Es el número de Entidades que participan en una relación. Cuando asocia una relación consigo misma es de *grado 1* denominándose entonces la relación como **reflexiva**:



Si la Relación asocia dos Entidades distintas es de *grado 2* o **binaria** y si asocia mas de dos Entidades la Relación es de *grado n* aunque, a veces, puede no ser propiamente de tal grado, ya que se pueden descomponer en varias relaciones que asocien entidades dos a dos, esto es, se pueden descomponer en varias relaciones de grado 2. No obstante, a veces no es posible tal descomposición dado que la semántica recogida en una y otra solución no es la misma.



Tipo de Correspondencia: Representa la participación en la relación de cada una de las entidades afectadas, esto es, el número máximo de ocurrencias de cada Entidad que pueden intervenir en una ocurrencia de la Relación que se está tratando. Puede ser:

1:1 (Una a una).- A cada ocurrencia de una entidad corresponde no más de una ocurrencia de la otra entidad.

1:N (Una a muchas).- A cada ocurrencia de la primera entidad pueden corresponderle varias ocurrencias de la segunda y a cada ocurrencia de la segunda entidad le corresponde no más de una ocurrencia de la primera entidad.

N:M (muchas a muchas).- A cada ocurrencia de la primera entidad pueden corresponderle mas de una ocurrencia de la segunda entidad y viceversa.

Además, cuando interviene mas de una ocurrencia en una Relación, el arco que le une con dicho tipo de Entidad está orientado (acaba en una punta de flecha).

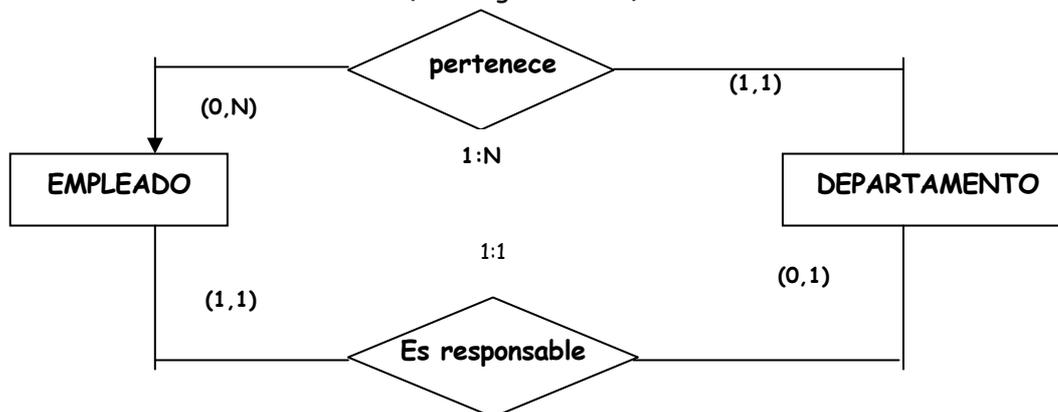
Cardinalidad de una Entidad en una Relación: Mide el máximo y el mínimo de ocurrencias de una Entidad que pueden estar relacionadas con una ocurrencia de otra u otras Entidades que participan en la Relación. Esto es, mide la participación de dicha entidad en la relación. La Cardinalidad establece, por tanto, la "obligatoriedad" de la ocurrencia, utilizándose la siguiente notación:

(1,1): Indica que a cada elemento de la entidad le corresponde otro en la otra entidad (obligatoriedad).

(0,1): Indica que a cada elemento de la entidad le puede corresponder uno o ningún elemento en la otra entidad (no obligatoriedad).

(1,N): Indica que a cada elemento de la entidad le puede corresponder uno o mas elementos en la otra entidad (obligatoriedad).

(0,N): Indica que a cada elemento de la entidad le puede corresponder ninguno, uno o mas elementos en la otra entidad (no obligatoriedad).



Las cardinalidades se pueden mostrar en el Diagrama Entidad-Relación en vez de utilizar el grado de las relaciones. De este modo se detalla aún mas el tipo de asociación entre las entidades.

Al igual que las Entidades, las Relaciones clasificarse también en relaciones **fuertes** y relaciones **débiles** según que asocie Entidades fuertes entre sí (primer caso) o Entidades fuertes con Entidades débiles (Segundo caso)

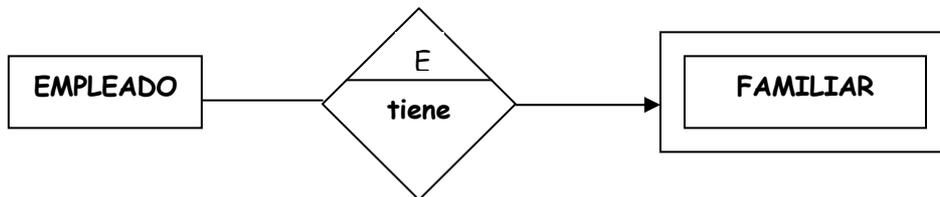
Las Relaciones débiles hacen depender una Entidad débil de una Entidad fuerte de forma que, esta relación de dependencia puede interpretarse de dos formas distintas: *Dependencia en Existencia* y *Dependencia en Identificación*.

Se dice que hay una *Dependencia en Existencia* cuando las ocurrencias de la Entidad Débil no pueden existir si desaparece la ocurrencia de la Entidad Fuerte de la que dependen.

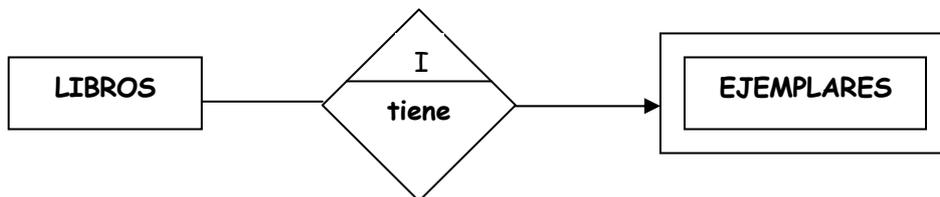
Una Dependencia es en *Identificación* si, además de cumplirse la condición anterior cuando las ocurrencias de la Entidad Débil no pueden identificarse únicamente con los atributos propios de dicha Entidad Débil y exigen añadir la clave de la Entidad fuerte de la que dependen.

Toda Relación de dependencia en Identificación es una Relación de dependencia en Existencia, pero no al contrario. Se representan de la forma siguiente:

Dependencia en Existencia



Dependencia en Identificación



4.3.- Conceptos constitutivos de una entidad

ATRIBUTO: Es la unidad básica e indivisible de información acerca de una Entidad o una Relación, que sirve para identificarla o para describirla. Es pues cada una de las propiedades o características que tiene una Entidad o una Relación. Se representa mediante una elipse o un círculo con su nombre.

OCURRENCIA: Pueden definirse tres tipos de ocurrencia:

OCURRENCIA DE ATRIBUTO.- Conjunto de valores que puede tomar dicho atributo.

OCURRENCIA DE UNA ENTIDAD.- Conjunto de ocurrencias de sus atributos con sentido y existencia propia.

OCURRENCIA DE UNA RELACIÓN.- Constituida por:

- Una y sólo una ocurrencia de cada una de las entidades asociadas por la relación y
- Las ocurrencias de cada uno de los atributos correspondientes a la relación.

CLAVE DE UNA ENTIDAD: Antes de definir el concepto de clave debe especificarse el concepto más genérico de **Identificador**, **Superclave** o **Determinante**, que

se define como un conjunto de uno o más atributos que permiten identificar de forma única una ocurrencia de una entidad dentro de un conjunto de ellas.

Se denominan **claves candidatas** a aquellas superclaves para las cuales ningún subconjunto propio es a la vez superclave. De entre las claves candidatas el diseñador de la base de datos se elige una **clave primaria** denominándose al resto de las claves candidatas **claves alternativas**.

Se define como **clave ajena** a aquel o aquellos atributos de una entidad que son clave primaria en otra entidad.

La clave primaria se representa mediante un círculo o una elipse rellena.

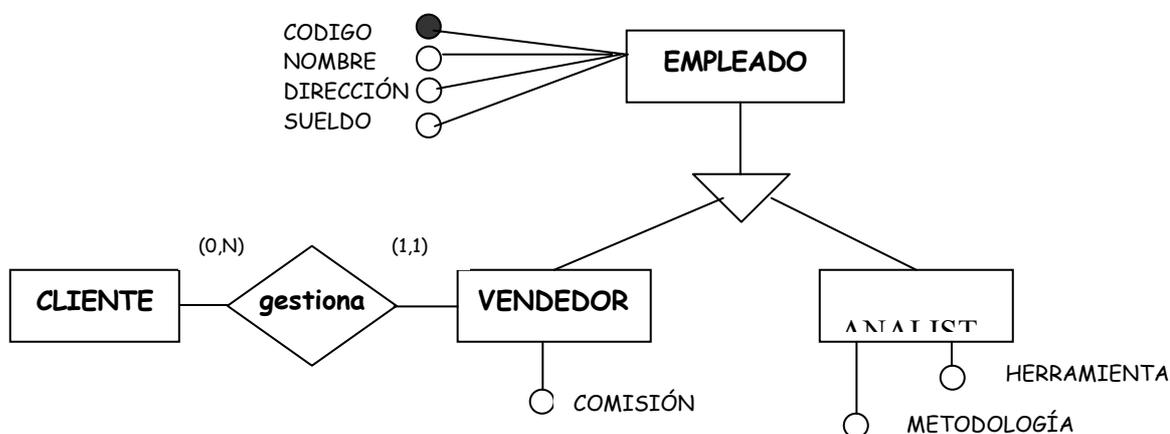
4.4. - Generalización

La descomposición de entidades en varios subtipos es una necesidad muy habitual en la Modelización de los datos. En el mundo real pueden identificarse varias "jerarquías" de Entidades. La Relación que se establece entre un "Supertipo" de entidad y sus "Subtipos" correspondientes corresponde a la noción de "ES UN TIPO DE" (IS A).

Este tipo de Relación tiene su origen en la "Inteligencia artificial" y fue introducido por QUILLIAN (1968) en las "redes semánticas" y posteriormente ha sido adoptado en casi todos los modelos de datos.

Se representa mediante un triángulo invertido con la base paralela al rectángulo que determina el supertipo y conectado a los subtipos como se indica en la figura.

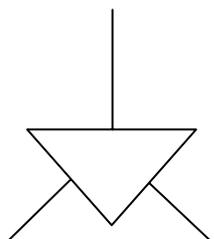
En la generalización, toda ocurrencia de un subtipo es una ocurrencia del supertipo, aunque no sucede lo contrario, con lo que las cardinalidades serán siempre (1,1) en el supertipo y (0,1) o (1,1) en los subtipos



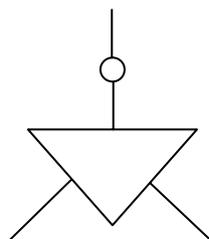
Otra característica muy importante de las generalizaciones es la **Herencia** ya que, en principio, todo atributo del supertipo pasa a ser atributo de todos los subtipos.

En este tipo de abstracciones, los atributos comunes a todos los subtipos (incluidos los identificadores) se asignan al supertipo, mientras que los atributos específicos se asocian al subtipo correspondiente. Del mismo modo, las Relaciones que afectan a todos los subtipos se asocian al supertipo, asociando a los subtipos las Relaciones específicas en las que el correspondiente subtipo - y únicamente él - participa.

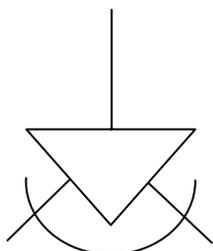
Existen restricciones semánticas relacionadas con las generalizaciones, como son la *totalidad / parcialidad* y la *exclusividad / solapamiento*. Si las ocurrencias de los subtipos de una generalización cubren al supertipo (esto es, no hay ocurrencias en el supertipo que no pertenezcan a ninguno de los subtipos) se dice entonces que es una **generalización total** y en caso contrario, una **generalización parcial**. Por otro lado, si puede haber ocurrencias que pertenezcan a más de uno de los subtipos, entonces se trata de una **generalización con solapamiento**; en el caso de que los subtipos sean disjuntos se dice que la **generalización es exclusivo**.



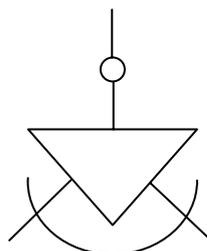
Jerarquía solapada y parcial
(Sin ninguna restricción)



Jerarquía solapada total



Jerarquía exclusiva y parcial



Jerarquía exclusiva total

4.5. - Construcción de un esquema Entidad / Relación

Para la construcción de un esquema E/R se parte del análisis del Universo del Discurso o "realidad empresarial, social, comercial, etc." En la que se encuentra incluido el conjunto de datos que se pretende analizar. Para establecer el Universo del discurso se estudian listados, pantallas, normativas, etc. y se realizan un conjunto de entrevistas a varios niveles.

Establecido el Universo del discurso, se elabora el esquema percibido en lenguaje natural que facilite la obtención del esquema conceptual, para lo cual se hace preciso "interpretar" las frases del lenguaje natural en el que está descrito el esquema percibido y convertirlas en elementos del modelo E/R (entidades, atributos y relaciones).

Aunque no existen unas reglas establecidas que indiquen qué elemento va a ser una entidad o cual otro una relación, si hay unos principios generales que, a buen criterio del diseñador, pueden ayudar a realizar el primer esquema conceptual:

Un sustantivo (nombre común) que actúa como sujeto o complemento directo en una frase, es, en general, una *entidad* (aunque podría ser un atributo). La frase "los empleados

trabajan en proyectos" indica la posibilidad de existencia de dos entidades: EMPLEADOS y PROYECTOS.

Los nombres propios suelen indicar *ocurrencias* de una entidad. "Juan Pérez" indica una ocurrencia de EMPLEADO.

Los verbos suelen indicar una *relación*. En la frase anterior "trabajar" establece una relación entre las entidades EMPLEADO y PROYECTO.

Una preposición o frase preposicional entre dos nombres puede ser, o una *relación*, o establecer la *asociación entre una entidad y sus atributos*. La frase "el departamento del empleado" indica que existe una relación entre las entidades DEPARTAMENTO y EMPLEADO, mientras que la frase "la dirección del empleado" indica que DIRECCIÓN es un atributo de la entidad EMPLEADO.

Para facilitar la comprensión de las soluciones propuestas la estructura de datos mediante esquemas E/R, suele utilizarse una metodología top-down, así, los esquemas E/R pueden desglosarse arbitrariamente en varios pasos y, en cada paso, se estudian un conjunto de supuestos semánticos que darán lugar a un subesquema E/R. En cada paso se irán añadiendo elementos al subesquema obtenido en el paso anterior y así sucesivamente hasta completar todos los supuestos semánticos contemplados en el universo del discurso del problema.

Una aproximación utilizada habitualmente en la construcción de esquemas E/R consiste en identificar primero las Entidades, luego la Relaciones y, por último los atributos de las entidades y relaciones.

A veces suele recurrirse a otro tipo de herramientas que ayudan a detectar información que no aparece explícitamente representada en el enunciado del Universo del Discurso pero que resultan de gran utilidad a los diseñadores. Así, una propuesta de metodología de realización de un esquema conceptual que tiene en cuenta estos aspectos, constaría de los siguientes pasos:

Estudiar el enunciado que describe el Universo del Discurso y elaborar dos listas: una con los conceptos candidatos a ser Entidades y otra con las posibles Relaciones, junto con su tipo de correspondencia: 1:1, 1:N, N:M) Especificando además los conceptos dudosos que no se sabe cómo representar (si como entidad o como relación).

Construir una matriz de Entidades - Entidades en la que las cabeceras de las filas y de las columnas son los nombres de las entidades y cada celda puede contener, o no, nombres de las relaciones entre las entidades que determinan la fila y la columna de la celda. La matriz, que será una matriz simétrica, tendrá el siguiente aspecto, donde E_1, E_2, \dots, E_N representan las Entidades y $I_{1,1}, I_{1,N}, \dots, I_{N,N}$ representan las relaciones entre las entidades indicadas en los subíndices:

	E_1	E_2	...	E_N
E_1	$I_{1,1}$	-	...	$I_{1,N}$
E_2	X	$I_{2,2}$...	$I_{2,N}$
...	X	X
E_N	X	X	X	$E_{N,N}$

Es importante destacar que la matriz no recoge relaciones de grado superior a 2. En la elaboración de la matriz es posible detectar relaciones que no aparecen explícitamente indicadas en el enunciado y que sin embargo resulte interesante que sean recogidas en el diagrama E/R. Estas relaciones que pueden detectarse son normalmente de sentido común, aunque deben validarse siempre con el usuario.

Utilizando la matriz de entidades se construye un primer esquema E/R con las entidades, atributos relaciones y sus tipos de correspondencia. A este esquema se añaden las cardinalidades máximas y mínimas.

Se refina el esquema E/R del paso anterior estudiando las posibles redundancias siempre y cuando existan ciclos con relaciones semánticamente equivalentes.

Existe redundancia en un esquema E/R cuando la misma semántica se recoge de manera duplicada, por lo que ese esquema podría representarse manteniendo la misma semántica con menos elementos.

En general puede haber redundancia cuando existen ciclos en un esquema E/R (varias entidades unidas por varias relaciones relacionadas semánticamente formando un ciclo).

En este caso habrá que comprobar, si eliminando una relación, la semántica representada en ella puede obtenerse mediante las relaciones restantes. Para ello hay que estudiar detalladamente las cardinalidades de las relaciones y hacer la comprobación tanto en un sentido como en el otro.

4.6. - El Modelo Relacional

El elemento central del Modelo Relacional (MR) es la **Relación** entendiendo ésta como una **tabla** que tiene un nombre, un conjunto de atributos que representan sus propiedades y un conjunto de **tuplas** que incluyen los valores que toma cada uno de los atributos para cada elemento de la Relación.

Una Relación se representa mediante una tabla de dos dimensiones en la que las columnas son los atributos de la relación (campos de la tabla) y las filas son las tuplas. La celda formada por la intersección de una tupla y un atributo toma un único valor. Así la relación EMPLEADO, que consta de los atributos Num_Empleado, Nombre, Salario, Teléfono y Departamento (nombres de las columnas de la tabla) ofrecerá en cada fila la tupla correspondiente a los datos de un empleado:

EMPLEADO

<u>NUM_EMPLEADO</u>	NOMBRE	SALARIO	TELEFONO	DEPARTAMENTO
101	Juan Alamillo	1.350 €	223	11
102	Manuel Ortega	1.300 €	225	11
103	Elisa Fernández	1.300 €	228	10
201	Alejandro López	1.000 €	226	10
209	Leticia Galvez	1.100 €	232	21

Los atributos de la Relación se definen sobre **Dominios** formados por un conjunto de valores homogéneos y atómicos, siendo posible también definir los dominios por extensión (enumerando los posibles valores de los que consta el dominio) o bien indicando un rango de valores.

El Modelo Relacional impone una serie de *restricciones inherentes*:

Una relación *no puede tener dos tuplas iguales* (obligatoriedad de existencia de una clave primaria)

El orden de las tuplas y el de los atributos *no es relevante*.

Cada atributo *sólo puede tomar un valor del dominio* sobre el cual está definido

Ningún atributo que forme parte de la clave primaria de una relación *puede tomar el valor nulo* (regla de integridad de entidad).

Por otra parte, los mecanismos que proporciona el modelo relacional para recoger las *restricciones semánticas o de usuario* son:

La restricción de *Clave Primaria* (PRIMARY KEY) permite declarar un atributo o conjunto de atributos como clave primaria de una relación, esto es, permite identificar unívocamente cada tupla de una relación)

La restricción de *Unicidad* (UNIQUE) permite definir claves alternativas, es decir, los valores de uno o varios atributos no pueden repetirse en diferentes tuplas de una relación

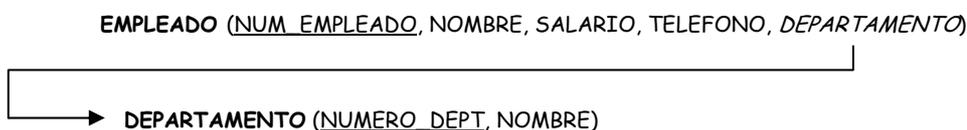
La restricción de *Obligatoriedad* (NOT NULL) permite declarar si uno o varios atributos de una relación deben tomar siempre un valor, o lo que es lo mismo, no pueden tomar valores nulos.

La restricción de *Clave Ajena* (FOREIGN KEY), también denominada *Integridad Referencial*, que se utiliza para, mediante claves ajenas (conjunto de atributos en una relación que es clave primaria en otra relación o en la misma relación) enlazar relaciones de una base de datos.

La integridad referencial indica que los valores de la clave ajena de la relación hijo deben corresponderse con los valores de la clave primaria de la relación padre, o bien ser nulos si se admiten nulos.

Los atributos que son clave ajena en la relación no tienen por qué tener los mismos nombres que los atributos de la clave primaria con la que se corresponden.

Un ejemplo de integridad referencial entre dos relaciones es:



Las claves primarias de la relación hija EMPLEADO y de la relación padre DEPARTAMENTO son, respectivamente "Num_Empleado" y "Numero_Dept". El atributo "Departamento" de la relación EMPLEADO es una clave ajena que referencia la relación DEPARTAMENTO, esto es, los valores del atributo "Departamento" deben corresponderse con los valores del atributo clave primaria "Numero_Dept". Las relaciones serán:

EMPLEADO

NUM_EMPLEADO	NOMBRE	SALARIO	TELEFONO	DEPARTAMENTO
101	Juan Alamillo	1.350 €	223	11
102	Manuel Ortega	1.300 €	225	11
103	Elisa Fernández	1.300 €	228	10
201	Alejandro López	1.000 €	226	10
209	Leticia Galvez	1.100 €	232	21

DEPARTAMENTO

NUMERO_DEPT	NOMBRE
11	Contabilidad
10	Asesoría Jurídica
21	Personal

La integridad referencial asegura que los empleados de la relación EMPLEADO sólo pueden trabajar en departamentos que hayan sido dados de alta en la relación DEPARTAMENTO.

Restricciones de actualización de datos:

Además de la integridad referencial que permite enlazar relaciones entre sí dando lugar a la estructura de la Base de Datos (BD), el Modelo Relacional permite también definir las opciones de borrado y modificación en las claves ajenas. Estas opciones indican las acciones que hay que llevar a cabo cuando se produce un borrado o una modificación de una tupla en la relación padre referenciada por una relación hija. Las posibilidades para una operación de actualización (borrado o modificación) son:

- *Borrado/Modificación en cascada (CASCADE):* Con esta opción, el borrado (o modificación) de una tupla en la relación padre ocasiona un borrado (o modificación) de todas las tuplas relacionadas en la relación hija (tuplas cuyo valor de la clave ajena coincida con el valor de la clave primaria de la tupla eliminada o borrada de la relación padre).
- *Borrado/Modificación restringido (RESTRICT):* Esta opción permite que, si existen tuplas en la relación hija relacionadas con la tupla de la relación padre sobre la que se realiza la operación, entonces no se permitirá llevar a cabo dicha operación.
- *Borrado/Modificación con puesta a nulos (SET NULL):* Esta posibilidad permite poner el valor de la clave ajena referenciada a NULL cuando se produce el borrado o modificación de la tupla en la relación padre.
- *Borrado/Modificación con puesta a un valor por defecto (SET DEFAULT):* Esta posibilidad, de funcionamiento similar a la anterior, permite poner el

valor de la clave ajena referenciada a un valor por defecto que se habrá especificado en la definición de la tabla correspondiente, cuando se produce el borrado o modificación de la tupla en la relación padre .

Restricciones de Verificación (CHECK): Pueden especificarse condiciones que deben cumplir los valores de determinados atributos en una relación de una BD (aparte de las restricciones ya comentadas de clave primaria, unicidad, obligatoriedad y clave ajena).

En estos casos, se definen las restricciones de verificación, las cuales llevan implícitas un rechazo en el caso de que no se cumpla una condición especificada, y que también se comprueban ante una inserción, borrado o modificación .

Como siempre van asociadas a un elemento (generalmente una relación) de una base de datos, no es necesario que tengan un nombre. Así, puede definirse para la relación EMPLEADO una restricción sobre el atributo salario tal que "el salario del empleado pueda oscilar entre 600 € y 3.000 €", por lo tanto si se inserta un empleado con un salario superior a 3.000 € la operación se rechazaría.

Restricciones de Aserción (ASSERTION): Es una generalización del caso anterior. Lo forman las aserciones en que la condición se establece sobre atributos de distintas relaciones (por lo que debe tener un nombre que la identifique). Su funcionamiento es idéntico al de las restricciones de verificación. Así se podría especificar una aserción para la restricción que establezca " Ningún empleado que trabaje en el departamento de Contabilidad puede ganar mas de 2.000 € "

Disparadores (TRIGGER): Puede interesar especificar una acción distinta del rechazo cuando no se cumple una determinada restricción semántica. En estos casos, los disparadores o triggers permiten, además de indicar una condición, especificar la acción que debe llevarse a cabo si la condición se hace verdadera.

4.6.1. - Notación en el Modelo Relacional

Un esquema relacional se representa mediante un grafo dirigido, cuyos nodos son las relaciones de la base de datos y los arcos representan las restricciones de clave ajena , y en el que aparecerán además las distintas relaciones con sus atributos y las restricciones de clave primaria, unicidad y obligatoriedad. Las convenciones empleadas en este grafo son:

El NOMBRE de las tablas se representa en MAYÚSCULAS (al igual que el de los atributos), y en **negrita**. Primero aparece el nombre de la relación y a continuación los atributos entre paréntesis

EMPLEADO (NUM_EMPLEADO, NOMBRE, SALARIO, TELEFONO*, DEPARTAMENTO)

- *Las claves primarias aparecen subrayadas*
- *Las claves alternativas aparecen en **negrita***
- *Las claves ajenas se representan en cursiva y referencian a la relación en la que son clave primaria con una flecha*
- *Los atributos que pueden tomar valores nulos aparecen con un asterisco (*)*
- *Las opciones para la integridad referencial son:*
 - *B:C , Borrado en Cascada*
 - *B:N , Borrado con puesta a nulos*
 - *B:D , Borrado con puesta a valor por defecto*

- *B:R* , Borrado restringido
- *M:C* , Modificación en Cascada
- *M:N* , Modificación con puesta a nullos
- *M:D* , Modificación con puesta a valor por defecto
- *M:R* , Modificación restringida

4.6.2. - Reglas de transformación de un modelo E/R a un modelo Relacional

Las tres reglas básicas empleadas para transformar un ME/R a un MR son:

Toda entidad se transforma en una relación (tabla)

Las interrelaciones N:M se transforman en una relación (tabla)

Las interrelaciones 1:N dan lugar o bien a una *propagación de clave* o bien a una relación (tabla)

Con mas detalle, los criterios de transformación dal modelo relacional son los siguientes:

4.6.2.1. - Transformación de Entidades, Atributos y Dominios

Cada **entidad** del esquema E/R da lugar a una nueva relación cuya clave primaria es el identificador principal de la entidad

Cada **atributo** de una entidad se transforma en un atributo de la relación creada para la entidad, aunque hay que tener en cuenta sus distintos tipos de restricciones semánticas.

Cada **Dominio** se transforma en un dominio del modelo relacional.

4.6.2.2. - Transformación de interrelaciones N:M

Las interrelaciones N:M dan lugar a una relación (tabla) cuya clave será la concatenación de los identificadores principales (claves primarias) de las entidades que enlaza la interrelación. De esta forma, los atributos que forman la clave primaria de esta nueva tabla son claves ajenas respecto a las relaciones en las que estos atributos son clave primaria.

Si la interrelación tiene de por sí atributos, éstos pasarán a formar parte de la tabla creada por la interrelación.

Es necesario tener en cuenta cuales son las cardinalidades máximas y mínimas en cada lado de la interrelación para no perder semántica en la transformación.

4.6.2.3. - Transformación de interrelaciones 1:N

En el caso de interrelaciones 1:N existen dos posibilidades de transformación:

Crear una nueva relación (tabla) para la interrelación, cuyo tratamiento será igual que el de las interrelaciones N:M, con la salvedad de que la clave primaria de la nueva tabla será el identificador principal (clave primaria) de la entidad que se encuentra en el lado N de la interrelación. En general, esta suele ser la solución mas razonable cuando la interrelación tiene atributos propios.

Propagar el identificador principal desde la entidad que se encuentra en el lado 1 a la entidad que se encuentra en el lado N (fenómeno de propagación de clave). Si existen atributos propios en la interrelación, éstos también se propagarán.

Suele adoptarse esta solución cuando no se tiene información relativa al volumen de nulos que se manejarán o si se desconocen las posibilidades de que la interrelación evolucione a una interrelación N:M.

No debe olvidarse controlar las cardinalidades máximas y mínimas de la interrelación para no perder semántica.

4.6.2.4.- Transformación de dependencias en existencia y en identificación

Una interrelación 1:N de Dependencia en Existencia origina que la clave ajena propagada desde la entidad fuerte a la entidad débil, deba tener la opción de borrado en Cascada, esto es, no puede existir ninguna ocurrencia de la entidad hijo que no esté relacionada con una ocurrencia de la entidad padre.

Una interrelación 1:N de Dependencia en Identificación da lugar a una propagación de clave desde la entidad fuerte a la entidad débil de forma que la entidad débil requiere de la clave de la entidad fuerte para su identificación. (Recuérdese que una Dependencia en Identificación siempre implica una Dependencia en Existencia; sin embargo, una Dependencia en Existencia no tiene por qué implicar una Dependencia en Identificación.).

4.6.2.5.- Transformación de generalizaciones

Aunque existen otras posibilidades de transformación de jerarquías al modelo relacional, la forma más habitual de transformación consiste en crear una relación (tabla) para cada entidad participante en la jerarquía (una tabla para el supertipo y otra para cada uno de los subtipos), de tal forma que el supertipo propaga su identificador principal a cada uno de los subtipos que pasan a identificarse por el mismo identificador (como clave ajena).

La relación creada para el supertipo podrá contener un atributo **discriminante** de la jerarquía.

Las restricciones semánticas de totalidad / parcialidad y de exclusividad /solapamiento también hay que controlarlas en la transformación al modelo relacional.

La totalidad se controla prohibiendo las inserciones en el supertipo y con un disparador que ante una inserción en el subtipo inserte también en el supertipo (además de considerar que el atributo discriminante no pueda tomar valores nulos).

En el caso de parcialidad el atributo discriminante puede tomar valores nulos y no será necesario ningún disparador.

En cuanto a la exclusividad, se requiere una restricción de aserción que compruebe que, si un ejemplar pertenece a uno de los subtipos, no puede pertenecer a los demás.

Si se permite el solapamiento, también será necesaria una aserción similar a la de la exclusividad pero que dé cabida a nuevos valores del atributo discriminante para los casos de solapamiento comprobando que las ocurrencias estén en los subtipos adecuados.

4.6.2.6 .- Transformación de interrelaciones de grado superior a dos

Hasta el momento sólo se han tratado interrelaciones binarias. Si en el modelo E/R se encuentran interrelaciones de grado superior (ternarias, cuaternarias, etc.) es preciso hacer un estudio exhaustivo de las cardinalidades mínimas y máximas para llevar a cabo la transformación.

Para el caso general de interrelaciones ternarias N:M:P (aunque puede extenderse a las de grado superior a 3) la interrelación dará lugar a una relación (tabla) cuya clave primaria es la concatenación de los identificadores principales de las entidades que

relaciona. En el caso de que las cardinalidades sean (1,N), (1,N) y (1,N) no es necesario ningún mecanismo adicional para no perder semántica en la transformación al modelo relacional.

Sin embargo, es necesario estudiar las cardinalidades mínimas y máximas en los tres lados de la interrelación para realizar la transformación al modelo relacional sin perder semántica, por ejemplo, en el caso de que alguna Cardinalidad mínima sea 0 en el caso de que algún lado de la interrelación tenga cardinalidad (1,1).

4.6.2.7.- Pérdida de semántica en la transformación al Modelo Relacional

Existen algunas restricciones que es necesario controlar con **mecanismos externos** al modelo relacional dado que muchos de los Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD) comerciales no implementan el modelo relacional completo. En particular, mecanismos tipo CHECK y ASSERTION no suelen estar disponibles en los SGBD lo que implica que hay que recurrir a otros medios para recoger estas restricciones (por ejemplo disparadores presentes en la BD, procedimientos almacenados, aplicaciones externas, etc.).

Algunas de las restricciones de los esquemas Entidad/Relación que deben contemplarse en la transformación al modelo relacional mediante *checks*, *aserciones* o *disparadores* son:

Cardinalidades mínimas de 1 en interrelaciones N:M y 1:N (excluyendo aquellas que se controlan con la restricción NOT NULL cuando se realiza una propagación de clave).

Cardinalidades máximas conocidas en interrelaciones binarias N:M y 1:N e interrelaciones ternarias.

Exclusividad en las generalizaciones

Inserción y borrado en las generalizaciones

Restricciones que no figuran en el enunciado original pero que se consideran adecuadas o convenientes (por ejemplo, restricciones que implican operadores de comparación de fechas, etc.).