

Tema 4: Paso del esquema E-R al esquema relacional.

Vamos a estudiar en este tema cómo llevar a cabo la etapa de diseño lógico de bases de datos relacionales, concretamente las reglas de transformación que permiten transformar un esquema Entidad-Relación en un esquema relacional. En primer lugar, estudiaremos las reglas de transformación correspondientes al modelo E-R básico, y a continuación, las relacionadas con el modelo extendido.

En numerosos ejemplos del presente tema haremos referencia al siguiente esquema E-R:

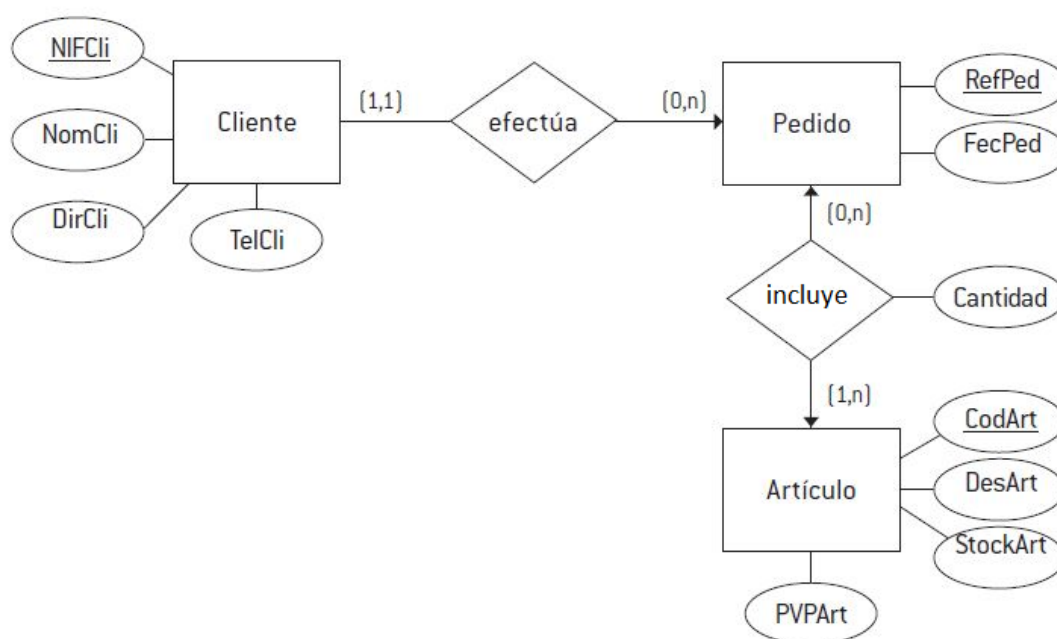


Figura 1: Esquema E-R de ejemplo.

4.1. Reglas concernientes al modelo E-R básico.

4.1.1. Transformación de entidades.

Cada entidad del esquema E-R da lugar a una relación en el esquema relacional. Así, cada una de las entidades de la figura 1 dará lugar a la correspondiente relación o tabla.

4.1.2. Transformación de atributos.

Cada atributo asociado a una entidad en el esquema E-R se convierte en un atributo de la relación correspondiente en el esquema relacional.

Los atributos identificadores principales pasan a formar parte de la clave primaria de la relación correspondiente y deberán llevar asociada la restricción PRIMARY KEY. En casi todos los SGBD relacionales comerciales actuales no es necesario especificar para estos atributos la restricción NOT NULL, ya que los atributos que forman parte de la clave primaria nunca pueden tomar valor nulo por la regla de integridad de la entidad.

Así, para el esquema E-R de la figura 1, tendremos en el modelo relacional las siguientes tres relaciones con los atributos indicados:

Cliente (NIFCli, NomCli, DirCli, TelCli)

Pedido (RefPed, FecPed)

Artículo (CodArt, DesArt, StockArt, PVPArt)

En cuanto a los atributos identificadores alternativos, deberán llevar asociada la restricción UNIQUE y en la mayoría de los casos será necesaria también la restricción NOT NULL, que indica que dichos atributos son obligatorios. Esta última restricción también será de aplicación a los atributos obligatorios que no sean clave candidata.

4.1.3. Transformación de interrelaciones binarias y reflexivas.

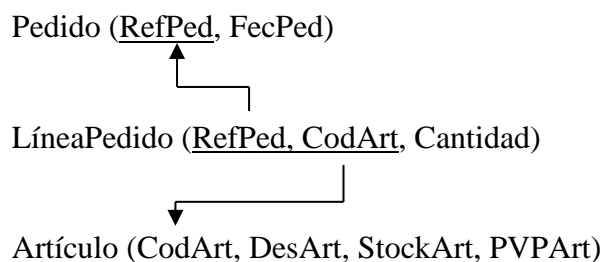
La transformación se realiza de una u otra forma dependiendo del tipo de correspondencia de la interrelación.

4.1.3.1. Interrelaciones N:M.

Toda interrelación N:M se transforma en una relación o tabla que tendrá dos claves ajenas apuntando a cada una de las claves primarias correspondientes a los atributos identificadores principales de las entidades relacionadas. La clave primaria de la nueva relación consta generalmente de la concatenación de las claves ajenas. Si la relación N:M tiene atributos, dichos atributos también pasarán a formar parte de la nueva tabla creada.

Para las claves ajenas será necesario también indicar el efecto que tendrán las modificaciones y borrados sobre tuplas de la relación que contiene la clave referenciada.

Por ejemplo, la relación *incluye* de la figura 2 originará la creación de una nueva tabla que tendrá claves ajenas a las claves primarias de las tablas *Pedido* y *Artículo* (*RefPed* y *CodArt*, respectivamente) y el atributo de la relación (*Cantidad*). La clave de la nueva tabla estará formada por la concatenación de las claves ajenas (*RefPed* y *CodArt*).



En el caso de que la relación N:M sea reflexiva, se procederá de igual manera, creando una nueva tabla con dos claves ajenas, cada una de las cuales apuntará a la clave primaria de la entidad que se relaciona consigo mismo. Por ejemplo, el siguiente esquema E-R refleja el hecho de que un tema se puede descomponer en varios subtemas y un subtema puede estar contenido en varios temas.

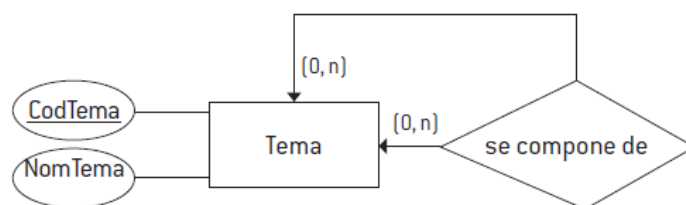
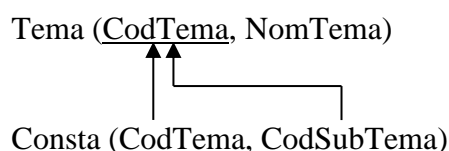


Figura 2: Esquema E-R con relación reflexiva N:M

Se crea una nueva relación con dos claves ajenas, una para el código del tema y otra para el código del subtema o tema subordinado.

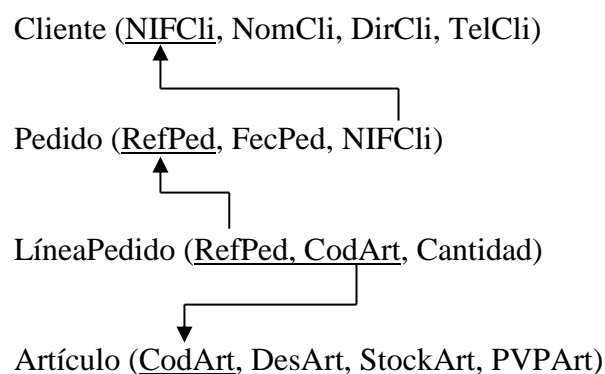


4.1.3.2. Interrelaciones 1:N.

Las interrelaciones con tipo de correspondencia 1:N se pueden representar en el modelo relacional empleando dos métodos alternativos:

- Añadiendo en la tabla correspondiente a la parte N una clave ajena a la clave primaria de la parte 1. Para diferenciar la obligatoriedad o no de la relación se empleará la siguiente técnica:
 - Si la interrelación tiene una cardinalidad (1,1) en el extremo correspondiente a la parte 1, la clave ajena que se crea es obligatoria, y por tanto, los atributos que la componen se declararán con la restricción NOT NULL.
 - En caso de que la cardinalidad sea (0,1), se permitirá que los atributos que componen la clave ajena tomen valor nulo.

Por ejemplo, la relación *efectúa* del esquema E-R de la figura 1 se plasmará en el esquema relacional mediante la aparición de una clave ajena en la relación *Pedido*, que será el NIF del cliente que ha realizado el pedido. Además, este atributo será obligatorio, es decir, deberá ir definido con la restricción NOT NULL debido a que, como indica la cardinalidad (1,1), todo pedido es realizado por un cliente. El esquema relacional quedará como sigue:



Si la interrelación tiene atributos propios y se considera poco importante la pérdida de semántica que supone el que estos sean asignados a otra entidad, estos también serían propagados junto con la clave ajena.

- Aplicando el mismo tratamiento que para las relaciones N:M, es decir, creando una nueva tabla. Este procedimiento es menos habitual y sería de aplicación solo en los siguientes casos:
 - Cuando la cardinalidad en la parte 1 es (0,1) y además se sabe que en muchos casos el atributo que se convertiría en clave ajena si aplicásemos el primer método, va a tomar valor nulo.
 - Cuando la relación posee atributos propios y se quiere mantener la semántica original.
 - Cuando se prevé la posibilidad de que en el futuro la relación pueda convertirse en una con tipo de correspondencia N:M.

Por ejemplo, dado el siguiente diagrama E-R, sería conveniente emplear este segundo método si se sabe que muchos clientes no poseen representante o, si queremos mantener la semántica original conservando el atributo *CompraAnual* como parte de la relación entre *Cliente* y *Representante*

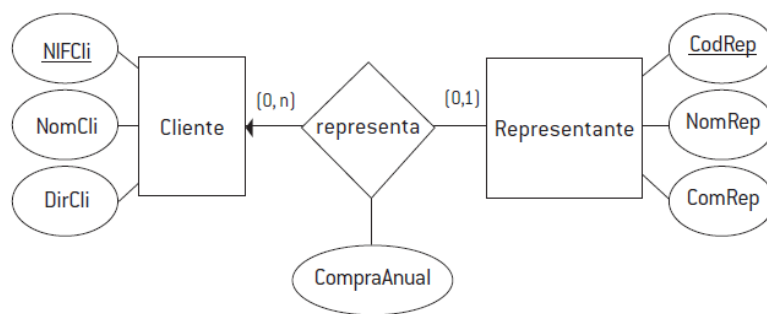
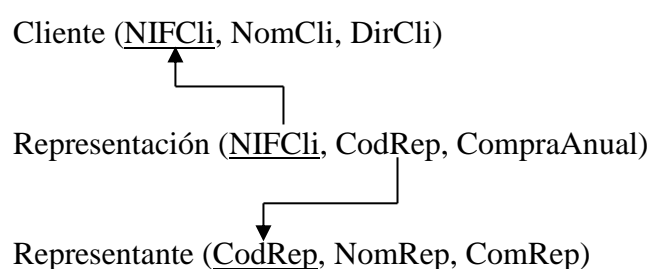


Figura 3: Esquema E-R con relación 1:N.

La clave primaria de la nueva tabla estará formada por el atributo identificador principal de la entidad correspondiente al lado N.



En el caso de las relaciones reflexivas, se suele emplear el primer método, lo que conlleva la aparición en la relación correspondiente a la entidad que se relaciona consigo mismo, de una clave ajena que apunta a la clave primaria de la misma relación.

En la figura 4 se muestra un esquema relacional que refleja el hecho de que todo alumno tiene un delegado y que un alumno es delegado de ninguno, uno o de varios alumnos. Se trata de una relación reflexiva, que originará que en la relación *Alumno* aparezca como clave ajena el número de matrícula del alumno delegado.

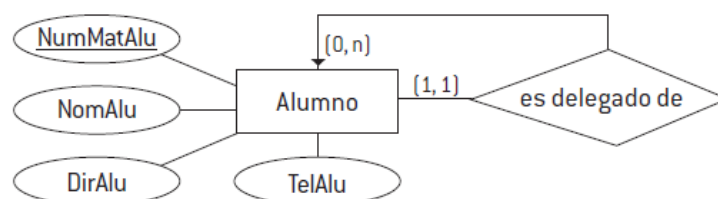


Figura 4: Esquema E-R con relación 1:N reflexiva.



4.1.3.3. Interrelaciones 1:1.

Las interrelaciones con tipo de correspondencia 1:1 se pueden considerar un caso particular de las relaciones 1:N o bien de las relaciones N:M y se pueden transformar al modelo relacional empleando los dos métodos ya estudiados (propagación de clave o creación de una nueva tabla). Habrá que escoger uno u otro método en función de las cardinalidades:

- Si para las dos entidades las cardinalidades son (0,1), es decir, si la interrelación no es obligatoria en ninguno de los dos sentidos, y se piensa que no va a haber muchas tuplas relacionadas, lo más adecuado es crear una nueva tabla con dos claves ajenas, una por cada una de las entidades relacionadas. La nueva tabla tendrá como clave primaria el AIP de una de las dos entidades relacionadas.
- Si para una de las entidades la cardinalidad es (1,1) y para la otra es (0,1), la mejor alternativa es propagar la clave de la entidad con cardinalidad (1,1) a aquella con cardinalidad (0,1).
- Si la interrelación es obligatoria en los dos sentidos, entonces se puede propagar la clave en cualquiera de los dos sentidos.

Por ejemplo, dado el siguiente diagrama E-R, la mejor solución es propagar la clave de la tabla *Empleado* (*CodEmp*) a la tabla *Departamento*, ya que todo departamento tiene un empleado que lo dirige, pero no todos los empleados dirigen un departamento. De esta manera minimizamos la aparición de valores nulos en la clave ajena.

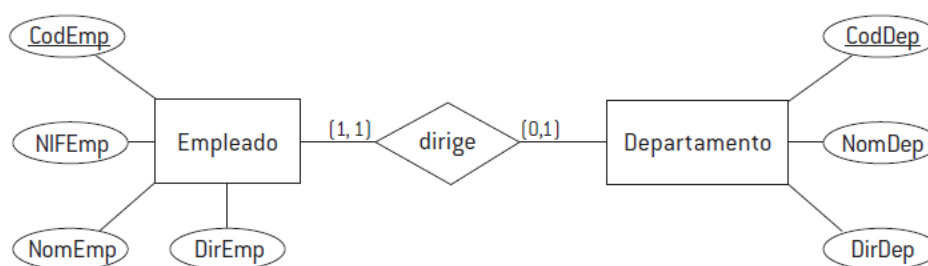


Figura 5: Esquema E-R con relación 1:1.

Empleado (CodEmp, NIFEmp, NomEmp, DirEmp)
 ↑
 Departamento (CodDep, NomDep, DirDep, CodEmpDir)

4.1.4. Transformación de interrelaciones de grado superior a dos.

Las relaciones ternarias originan la aparición de una nueva tabla que contendrá, además de los atributos propios de la relación, tres claves ajenas apuntando a las claves

primarias de las tablas correspondientes a las entidades relacionadas. La clave primaria de la nueva relación surgida estará formada por unas claves ajenas u otras en función del tipo de correspondencia de la relación ternaria:

- Si el tipo de correspondencia es M:N:P (tres cardinalidades máxima con valor n) o M:N:1 (dos cardinalidades máximas con valor n), la concatenación de las claves ajenas correspondientes a las entidades que participan en la relación con cardinalidad N.
- Si el tipo de correspondencia es M:1:1 (una cardinalidad máxima con valor n), la clave ajena correspondiente a la entidad con cardinalidad M y otra clave ajena correspondiente a una entidad con cardinalidad 1.
- Si el tipo de correspondencia es 1:1:1 (tres cardinalidades máximas con valor 1), dos claves ajenas correspondientes a dos cualesquiera de las entidades.

Por ejemplo, el siguiente esquema E-R refleja las operaciones que puede efectuar cada cliente sobre cada una de las cuentas bancarias con las que puede operar.

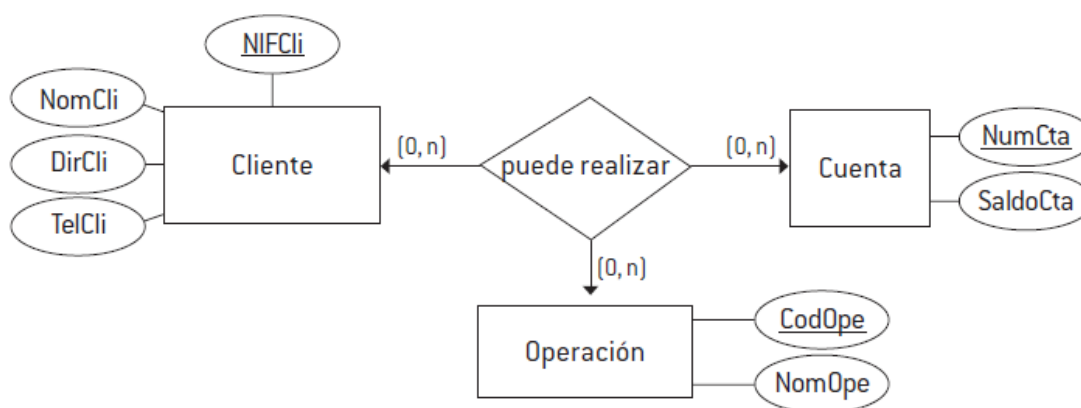
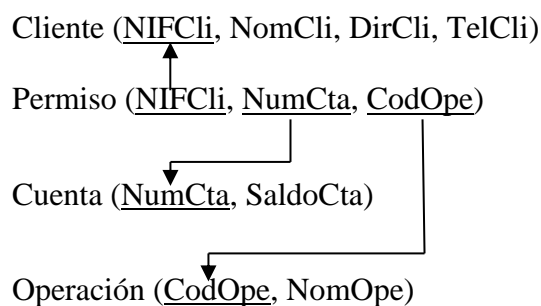


Figura 6: Esquema E-R con relación ternaria M:N:P.

Cada una de las tres entidades se transformará en una tabla en el modelo relacional y se creará una nueva tabla con tres claves ajenas que apuntan a las claves primarias de las tres entidades relacionadas (*NIFCli*, *NumCta* y *CodOpe*), estando la clave primaria de la nueva relación formada por la concatenación de las tres claves ajenas porque las tres participan en la relación con cardinalidad N.



4.2. Reglas concernientes al modelo E-R extendido.

4.2.1. Transformación de dependencias en existencia y en identificación.

Las dependencias en existencia son relaciones con tipo de correspondencia 1:N en las cuales la entidad correspondiente a la cardinalidad N es una entidad débil, lo que quiere decir que solo existirán ocurrencias de esta entidad si existe una ocurrencia de la entidad regular de la que depende. Al tratarse de relaciones 1:N, se crea en la relación correspondiente a la parte N una clave ajena apuntando a la clave primaria de la parte 1. En este caso, para la clave ajena creada, por motivos obvios, se deben establecer borrados y modificaciones en cascada.

Las dependencias en identificación también son relaciones 1:N, pero en este caso para identificar a cada ocurrencia de la entidad débil se requiere además del AIP de la entidad débil el AIP de la entidad regular de la que depende. Por ello, además de propagar el AIP de la entidad regular a la entidad débil como clave ajena, este atributo propagado también pasa a formar parte de la clave primaria de la tabla correspondiente a la entidad débil.

Dado el siguiente esquema E-R:

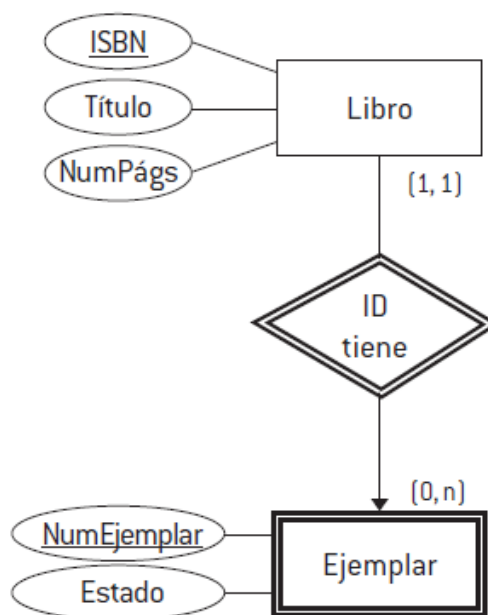


Figura 7 Esquema E-R con una dependencia en identificación.

El esquema relacional será el siguiente:

```

Libro (ISBN, Título, NumPágs)
      ↑
Ejemplar (ISBN, NumEjemplar, Estado)
  
```


4.2.2. Transformación de jerarquías de tipos y subtipos.

En un diagrama E-R formado por una entidad supertipo y varios subtipos se pueden proporcionar varias soluciones de transformación al modelo relacional. Cuatro posibles soluciones son las siguientes:

- Opción A: Englobar todos los atributos de la entidad supertipo y sus subtipos en una sola relación: Esta solución es recomendable únicamente cuando se dan todas las condiciones siguientes:
 1. Los subtipos se diferencian entre sí en muy pocos atributos (uno o dos).
 2. Las interrelaciones que asocian a los distintos subtipos con el resto de las entidades del esquema se pueden unificar para todos los subtipos, es decir, los subtipos no tienen relaciones propias.
 3. La jerarquía es total o casi total, es decir, una ocurrencia del supertipo está acompañada en la mayoría de los casos de al menos una ocurrencia de un subtipo.

En lo que se refiere a las prestaciones, esta opción es la que ofrece más velocidad en el acceso a los datos de un objeto, ya que no es preciso efectuar combinaciones para la recuperación de la información.
- Opción B: Crear una relación para el supertipo y una que englobe todos los subtipos: De esta forma, se crearía una única relación que englobaría los atributos de todas las entidades subtipo y cuya clave primaria sería la misma clave primaria de la entidad supertipo, por lo que actuaría también como clave ajena. Esta opción es recomendable cuando se cumplen las dos primeras condiciones indicadas en la opción anterior. En efecto, cuando la jerarquía no es total, será recomendable separar al menos en dos tablas la entidad supertipo y el conjunto de las subtipo, pues no hacerlo así implicaría la presencia de valores nulos en los casos de ocurrencia del supertipo sin ocurrencia de ningún subtipo. En cualquier caso, esta solución no incorpora aumentos significativos de eficiencia respecto a la que se presenta a continuación, ya que para acceder a todos los atributos de un objeto se va a requerir siempre la consulta de dos tablas. Desde el punto de vista del mantenimiento de la semántica original, tampoco se trata de una solución demasiado buena.
- Opción C: Crear una relación para el supertipo y una para cada subtipo: Esta es la solución adecuada cuando no se cumple casi ninguna o ninguna de las condiciones indicadas en la primera solución y, en general, es la más flexible, la que permite recoger más semántica y la más respetuosa con el modelo conceptual original. En lo que se refiere a prestaciones, esta opción ofrece menos velocidad que la primera en el acceso a los datos de un objeto,

puesto que para la recuperación de la información es preciso componer varias tablas. Asimismo, es la que más espacio ocupa, ya que tener n atributos en una única tabla siempre ocupa menos que tenerlos repartidos entre n tablas diferentes.

- Opción D: Crear una relación por cada subtipo que contenga además de los atributos propios de cada subtipo los atributos comunes (los del supertipo): Esta solución es adecuada cuando se dan las mismas condiciones que en el caso anterior (muchos atributos distintos y relaciones propias de los subtipos) y los accesos realizados sobre los datos de los distintos subtipos afectan casi siempre a atributos comunes.

Dado el siguiente diagrama E-R:

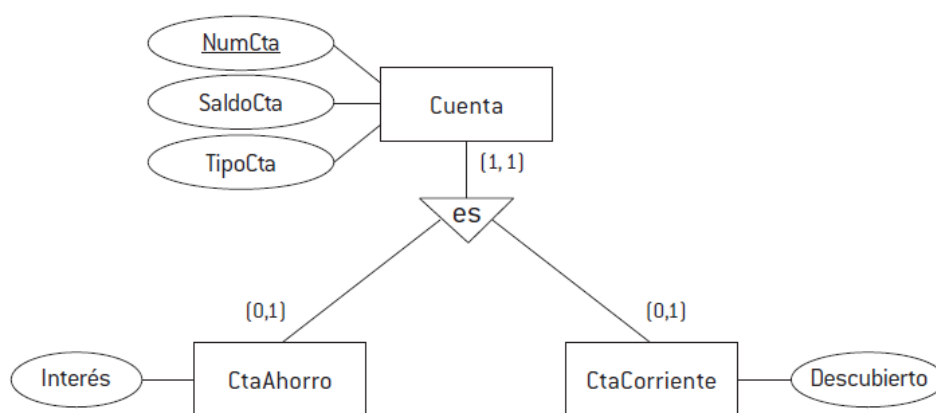


Figura 8: Esquema E-R con una jerarquía de tipos y subtipos.

las diferentes opciones de paso al modelo relacional serían las siguientes:

Opción A: Cuenta (NumCta, SaldoCta, TipoCta, Interés, Descubierto)

Opción B: Cuenta (NumCta, SaldoCta, TipoCta)

↑
DatosCuenta (NumCta, Interés, Descubierto)

Opción C: Cuenta (NumCta, SaldoCta, TipoCta)

↑ ↑
CtaAhorro (NumCta, Interés)
CtaCorriente (NumCta, Descubierto)

Opción D: CtaAhorro (NumCta, SaldoCta, Interés)

CtaCorriente (NumCta, SaldoCta, Descubierto)