DAW/DAM. UD 3. MODELO LÓGICO RELACIONAL PARTE 2. NORMALIZACIÓN

DAW/DAM. Bases de datos (BD)

UD 3. MODELO LÓGICO RELACIONAL

Parte 2. Normalización

Abelardo Martínez y **Pau Miñana**
Basado y modificado de Sergio Badal (www.sergiobadal.com) y Raquel Torres.
Curso 2023-2024

1. ¿Qué es la normalización?

> La **normalización** es un proceso de refinamiento para comprobar la calidad de nuestro modelo verificando que las relaciones o tablas del modelo Relacional obtenido no tienen redundancias ni inconsistencias.

Posiblemente las primeras veces nuestro modelo Relacional cambie algo al ser normalizado, pero poco a poco os daréis cuenta que al ir creando vuestro modelo de datos, inconscientemente, ya estaréis aplicando la normalización a lo largo del proceso y al final, al comprobar si está normalizado, comprobaréis que cumple todas las reglas necesarias.

El proceso de normalización consiste en la aplicación de una serie de reglas que nos sirven para verificar, y en algunas ocasiones modificar, nuestro modelo Relacional. Para ello, vamos a aplicar las siguientes **fases de la normalización** (existen más fases pero se salen de los objetivos de este curso):

- Primera forma normal → **1FN**
- Segunda forma normal → **2FN**
- Tercera forma normal → **3FN**

El proceso de normalización se realizará de la siguiente forma:

1. Primero comprobaremos que todas nuestras relaciones o tablas están en 1FN y, si no es así, realizaremos los cambios necesarios para que así sea.
2. Una vez lo tenemos todo en 1FN aplicaremos las reglas para ver si están en 2FN y así sucesivamente.
3. Por último, si decimos que nuestro modelo está en 3FN, ya sabemos que cumple 1FN, 2FN y 3FN.

Antes de comenzar a ver las reglas de la normalización debemos conocer el concepto de dependencia funcional y sus tipos.

2. Dependencias funcionales

2.1. Dependencia funcional

> Un atributo B depende funcionalmente de otro atributo A si a **cada valor de A** le corresponde un único **valor de B**. Se dice que A implica B o lo que es lo mismo **A→B**. En este caso A recibe el nombre de **implicante**.

Luego cuando tenemos un atributo A que implica B (A→B) es lo mismo que decir que B depende funcionalmente de A.

Por **ejemplo**, en la siguiente tabla Personas podemos tener:

Personas (DNI, Nombre, Fecha_Nacimiento)

- Podemos decir que DNI → Nombre, ya que un DNI se corresponde con un único Nombre, es decir, a través del DNI podemos localizar el nombre de la persona a la que pertenece.

2.2. Dependencia funcional completa

> Dado un conjunto de atributos A formado por a_1, a_2, a_3, etc. (estos atributos formarán una clave primaria compuesta) existe una dependencia funcional completa cuando B depende de A pero no de un subconjunto de A.

Es decir, que para obtener B son necesarios todos los elementos del conjunto A; o dicho de otra forma, B depende de todos los atributos que forman la clave primaria A y no puede depender solamente de parte de ellos.

Por **ejemplo**, cuando tenemos una tabla de Compras de la siguiente forma:

Compras (Referencia_Producto, Código_Proveedor, Dirección_Proveedor, Cantidad, Precio)

- En este caso, nuestra clave primaria está formada por dos campos: la *Referencia_Producto* y el *Código_Proveedor*. Debemos comprobar si todos los demás atributos tienen una dependencia funcional de toda la clave primaria.
- Podemos observar que la *Dirección_Proveedor*, no dependerá de ambos, sino solamente del *Código_Proveedor*, luego para ese atributo no existiría dependencia funcional completa.
- Sin embargo, el resto de los campos -tanto la *Cantidad*, como el *Precio* acordado- dependen del conjunto; es decir, dependen completamente de la clave.

2.3. Dependencia funcional transitiva

> Este tipo de dependencia implica a tres atributos. Cuando existe una dependencia A→B y a su vez tenemos que B→C, podemos decir que existe una dependencia funciona transitiva entra A y C.

Por **ejemplo**, si tenemos una tabla de Productos como la siguiente:

Productos (Referencia_Producto, Nombre, Precio, Stock, Fabricante, País)

- Aquí podemos encontrar que el Fabricante depende de la *Referencia_Producto*, es decir: Referencia_Producto → Fabricante
- Y, por otro lado, el País también puede depender del *Fabricante*, luego: Fabricante → País.
- Con estas dos dependencias podemos afirmar que el *País* depende transitivamente de la *Referencia_Producto*.

2.4. Diagrama de dependencias

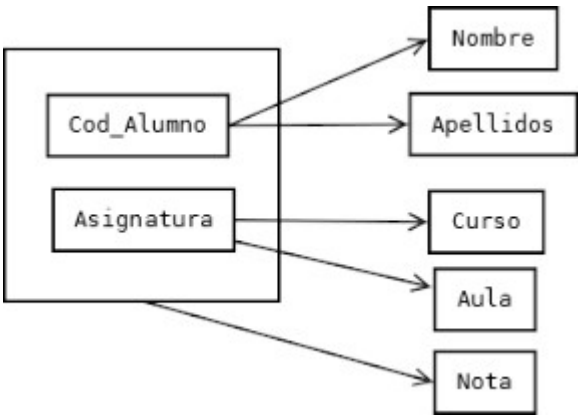
Los diagramas de dependencias muestran todos los atributos de una relación y sus dependencias. Habitualmente **se encierran en una caja el conjunto de atributos de la clave primaria y se unen mediante flechas** todos los atributos que muestren alguna dependencia entre ellos y también con el conjunto de claves. Resultan muy útiles a la hora de normalizar, puesto que permiten analizar si existe una dependencia funcional completa o dependencias transitivas.

Ejemplo. Supongamos que tenemos una relación Alumno en la que representamos los datos de los alumnos y las notas de cada una de las asignaturas en que está matriculado.

Alumno (cod_alumno, nombre, apellidos, asignatura, nota, curso, aula)

Es obvio que no todos los atributos dependen completamente de la CP. Veamos las dependencias funcionales de cada uno de los atributos con respecto a los atributos de la clave:

- cod_alumno → Nombre
- cod_alumno → Apellidos
- asignatura → Curso
- asignatura → Aula
- {cod_alumno, asignatura} → Nota



Así pues, tenemos que:

- Los apellidos y el nombre solo dependen del código del alumno (no confundir aquí una relación transitiva con nombre y apellidos, pues un mismo nombre no implica unos apellidos concretos).
- El curso, al igual que el aula, solo depende de la asignatura, independientemente de los alumnos, notas o nombres. A no ser que queramos asignar un aula al curso, que no es el caso, tampoco dependen directamente entre ellas.
- La nota sí que depende tanto del código del alumno como de la asignatura, ya que cada alumno tendrá una nota propia en cada una de las asignaturas que curse.

Posteriormente veremos qué hacer con esta información.

3. Normalización

Vamos a ver cómo aplicar las formas normales hasta conseguir que nuestro Modelo Relacional esté normalizado.

> **Nota:** después de normalizar nuestro diseño, en algunas ocasiones se desnormaliza por cuestiones de rendimiento o por simplificación de algunas consultas complejas, pero eso no implica que no haya que normalizar. Es decir, primero se normaliza y después si las circunstancias lo requieren, cambiaremos lo que sea necesario. Pero ese cambio es controlado ya que lo hacemos nosotros y podremos acotar las consecuencias que pueda tener.

3.1. Primera Forma Normal (1FN)

Es una forma normal inherente al esquema relacional, por lo que su cumplimiento es obligatorio; es decir, realmente toda tabla relacional la cumple.

> Se dice que una tabla se encuentra en **primera forma normal** si y sólo si los **valores** que componen cada **atributo** de una tupla son **atómicos y no derivados**; es decir, cada atributo de la relación toma un único valor del dominio correspondiente y no hay valores definidos en función de otros atributos.

Para eliminar los valores derivados se sustituyen por los atributos de los que dependen si es necesario. Por ejemplo, el atributo *edad* suele ser derivado de la fecha de nacimiento, puesto que si es un valor fijo su validez tiene un periodo de tiempo limitado a un año. De este modo, eliminamos dicho atributo siempre que la fecha de nacimiento esté almacenada, ya que podemos recuperar su valor.

¿Cómo realizar la transformación?

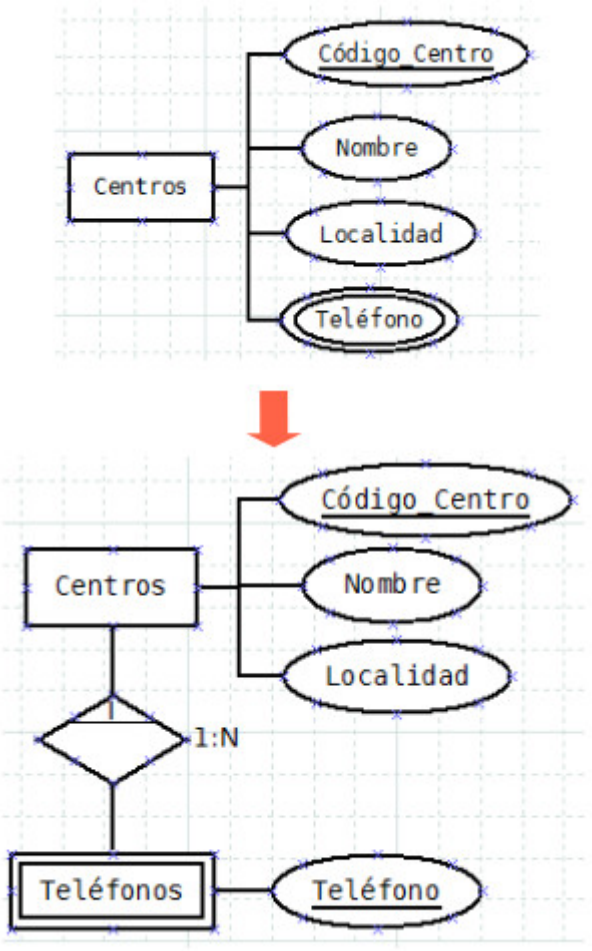
- Los atributos derivados se sustituyen por los atributos de los que dependen si es necesario.
- Los atributos compuestos se dividen en tantos campos como tenga la composición.
- Los atributos multivaluados se sustituyen por una relación en ER y se convierten a tablas como proceda.

EJEMPLO

Supongamos ahora que tenemos la siguiente tabla **Centros**.

Código_Centro	Nombre	Localidad	Teléfono
45005467	IES Ribera del Tajo	Talavera de la Reina	925722233 - 925722804
45005239	IES Azarquiel	Toledo	925267843 – 925637843
36003748	IES El Plantío	Huelva	973847284

Podemos observar como en el campo teléfono hay ocurrencias en las que hay más de un valor. Este campo rompe la regla de la 1FN. La forma de resolverlo es creando una nueva tabla formada por el campo que contiene múltiples valores y la clave principal de la tabla. La solución se expone a continuación.



Nueva tabla **Centros**:

Código_Centro	Nombre	Localidad
45005467	IES Ribera del Tajo	Talavera de la Reina
45005239	IES Azarquiel	Toledo
36003748	IES El Plantío	Huelva

Y una nueva tabla que llamaremos **Teléfonos**.

Código_Centro	Teléfono
45005467	925722233
45005467	925722804
45005239	925267843
45005239	925637843
36003748	973847284

Centros (Código_Centro, Nombre, Localidad)

CP: Código_Centro

Teléfonos (Código_Centro, Teléfono)

CP: {Código_Centro, Teléfono}

CAj: Código_Centro → Centros (Código_Centro)

3.2. Segunda Forma Normal (2FN)

> Se dice que una relación se encuentra en **2FN** si y sólo si está en 1FN y **cada atributo** de la relación que no forma parte de la clave principal, **depende funcionalmente de la clave primaria completa**. La 2FN se aplica a las relaciones que tienen claves primarias compuestas por dos o más atributos. Si una relación está en 1FN y su clave primaria es simple, entonces también está en 2FN.

Es importante tener presente que las relaciones que no están en 2FN pueden sufrir anomalías cuando se realizan actualizaciones (inserciones, borrados o modificaciones).

¿Cómo realizar la transformación?

Para pasar una relación que está en 1FN a 2FN hay que eliminar las dependencias parciales de la clave primaria. Para ello, se eliminan los atributos que son parcialmente dependientes y se ponen en una nueva relación y como clave primaria la parte de la que dependen de la clave primaria. De esta manera tendremos dos tablas: una con los atributos que dependen de manera completa de la clave y otra tabla con los atributos que solo dependen de una parte de la clave.

EJEMPLO 1

Supongamos que tenemos la siguiente tabla **Empleados**:

Empleado	Especialidad	Empresa
Juan Velasco	Bases de Datos	IBM
Juan Velasco	Sistemas Linux	IBM
Ana Comarce	Bases de Datos	Oracle
Javier Gil	Sistemas Windows	Microsoft
Javier Gil	Desarrollo .Net	Microsoft

Podemos ver que como clave principal se ha elegido el conjunto *Empleado* + *Especialidad*. Sin embargo podemos observar que el atributo Empresa no depende de toda la clave sino solo de parte de ella, en este caso de *Empleado*.

La forma de solucionarlo será separar en una tabla los campos que no dependen de toda la clave junto a la parte de la clave de la que dependen. En este caso será el campo Empresa y la nueva clave será Empleado. El resultado se detalla a continuación.

Tabla **Empleados**:

Empleado	Empresa
Juan Velasco	IBM
Ana Comarce	Oracle
Javier Gil	Microsoft

Tabla **Lugares_Trabajo**:

Empleado	Especialidad
Juan Velasco	Bases de Datos
Juan Velasco	Sistemas Linux
Ana Comarce	Bases de Datos
Javier Gil	Sistemas Windows
Javier Gil	Desarrollo .Net

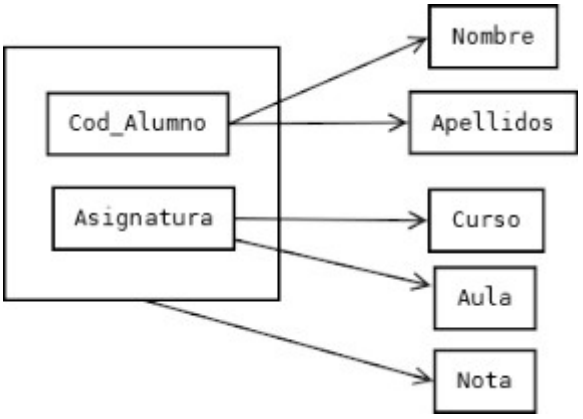
EJEMPLO 2

Recordemos ahora el ejemplo que se ha expuesto en el apartado de la tabla de dependencias. Para asegurar su comprensión añadimos una tabla con datos de ejemplo que permiten comprobar las dependencias que se determinaron.

Alumno (cod_alumno, nombre, apellidos, asignatura, nota, curso, aula)

cod_alumno	nombre	apellidos	asignatura	nota	curso	aula
1111	Pepe	García	Lengua I	5	1	15
1111	Pepe	García	Inglés II	5	2	16
2222	María	Suárez	Inglés II	7	2	16
2222	María	Suárez	Ciencias II	7	2	14
3333	Juan	Gil	Plástica I	6	1	18
3333	Juan	Gil	Matemáticas I	6	1	12
4444	Francisco	Montoya	Lengua II	4	2	11
4444	Francisco	Montoya	Matemáticas I	6	1	12
4444	Francisco	Montoya	Ciencias I	8	1	14

Es obvio que no todos los atributos dependen completamente de la CP, como indica el diagrama de dependencias.



Así pues, vistas las dependencias funcionales es necesario crear tres relaciones:

1. Una para los atributos que dependen únicamente del Cod_Alumno (Alumnos).
2. Otra para guardar las asignaturas existentes (Asignaturas).
3. Una para los atributos que sí dependen funcionalmente de la CP anterior (Notas)

Alumnos (cod_alumno, nombre, apellidos)

cod_alumno	nombre	apellidos
1111	Pepe	García
2222	María	Suárez
3333	Juan	Gil
4444	Francisco	Montoya

Asignaturas (asignatura, curso, aula)

asignatura	curso	aula
Lengua I	1	15
Inglés II	2	16
Ciencias II	2	14
Plástica I	1	18
Matemáticas I	1	12
Lengua II	2	11

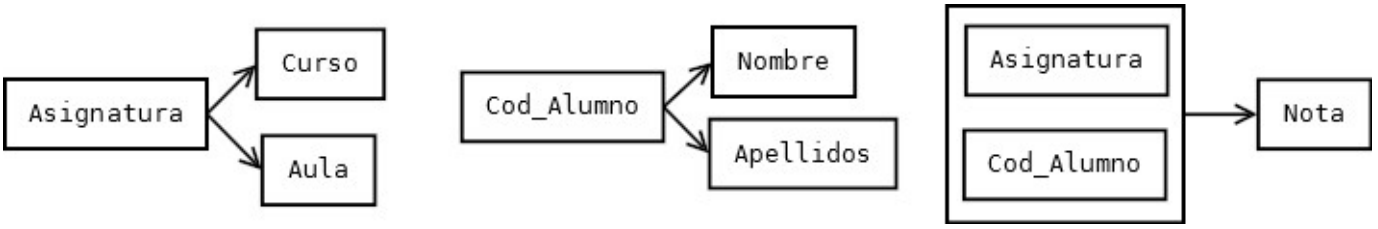
Notas (cod_alumno, asignatura, nota)

CAj: cod_alumno → Alumnos (cod_alumno)

CAj: asignatura → Asignaturas (asignatura)

cod_alumno	asignatura	nota
1111	Lengua I	5
1111	Inglés II	5
2222	Ciencias II	7
2222	Inglés II	7
3333	Plástica I	6
3333	Matemáticas I	6
4444	Lengua II	4
4444	Matemáticas I	6
4444	Ciencias I	8

Ahora sí quedarían 3 diagramas funcionalmente dependientes:



3.3. Tercera Forma Normal (3FN)

> Una tabla está en **3FN** si está en 2FN y los **atributos** que **no** forman parte de la **clave no dependen de otros atributos que no son clave**; es decir, no existen dependencias transitivas de la clave. Las Claves alternativas están exentas de esta limitación, puesto que también podrían ser claves. Por tanto, los otros atributos pueden ser funcionalmente dependientes de una Clave alternativa (o conjunto) sin romper 3FN.

O dicho de otra forma, los atributos de la relación no dependen unos de otros, dependen únicamente de la clave, ya sea simple o compuesta.

EJEMPLO

Supongamos que un club de tenis ha creado una base de datos para guardar los campeones de los torneos en los que participan.

Tabla **Torneos**:

Torneo	Año	Ganador	Fecha_Nacimiento_Ganador
Alcores	2008	Javier Gil	20 de Abril de 1990
Estoril	2008	Alberto Sanz	15 de Julio de 1991
Getafe	2008	Jacinto Martín	10 de Enero de 1989
Santa María	2008	Roberto Loaisa	25 de Febrero de 1989
Alcores	2009	Jacinto Martín	10 de Enero de 1989
Estoril	2009	Ignacio Gómez	20 de Septiembre de 1990
Lisboa	2009	Roberto Loaisa	25 de Febrero de 1989
Getafe	2009	Roberto Loaisa	25 de Febrero de 1989
Santa María	2009	Javier Gil	20 de Abril de 1990

- El atributo *Ganador* depende del nombre del *Torneo* y del *Año* del mismo (ambas forman la clave primaria).
- La *fecha de nacimiento* del ganador no depende de la clave principal, sino que depende del *ganador*. Aquí podemos ver una dependencia transitiva de la clave principal:
  - Torneo + Año → Ganador
  - Ganador → Fecha_Nacimiento_Ganador

Luego, *Fecha_Nacimiento_Ganador* depende transitivamente de la clave primaria.

Para que la tabla se encuentre en 3FN debemos evitar esta dependencia transitiva. Para

ello, separaremos en una tabla diferente los campos que dependan transitivamente de la clave junto al campo del que dependen funcionalmente, que actuará como clave primaria en la nueva tabla. En este caso quedará la tabla Torneos sin el atributo Fecha_Nacimiento_Ganador.

Nueva tabla **Torneos**:

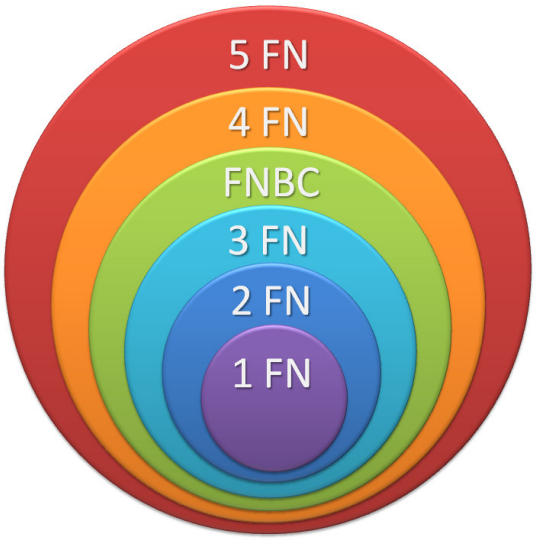
Torneo	Año	Ganador
Alcores	2008	Javier Gil
Estoril	2008	Alberto Sanz
Getafe	2008	Jacinto Martín
Santa María	2008	Roberto Loaisa
Alcores	2009	Jacinto Martín
Estoril	2009	Ignacio Gómez
Lisboa	2009	Roberto Loaisa
Getafe	2009	Roberto Loaisa
Santa María	2009	Javier Gil

Y por otro lado se genera la tabla **Ganadores** donde la clave principal será Ganador:

Ganador	Fecha_Nacimiento_Ganador
Javier Gil	20 de Abril de 1990
Alberto Sanz	15 de Julio de 1991
Jacinto Martín	10 de Enero de 1989
Roberto Loaisa	25 de Febrero de 1989
Ignacio Gómez	20 de Septiembre de 1990

3.4. Otras formas normales

Además de estas formas normales, existen otras más cuyo estudio es muchas veces más teórico que práctico. Se pueden demostrar matemáticamente, pero prácticamente no se suelen aplicar al crear un diseño real, por ello no las vamos a tratar en este curso.



https://picodotdev.github.io/blog-bitix/2018/02/las-6-plus-2-formas-normales-de-las-bases-de-datos-relacionales/

4. Ejemplo completo de normalización

Vamos a ver un ejemplo completo de normalización para ver cómo transformar las relaciones en las distintas fases. Modelo lógico:

Cliente (numcli, nif, nombre, dir, nom_ciudad, nom_prov, telf, {cuenta}^{n})

Cuenta (num_cuenta, tipo_c, saldo, {tarjeta}^{n})

Tarjeta (num_tarjeta, tipo_t, comision, limite)

4.1. Primera forma normal (1FN)

Lo primero es eliminar los atributos multivaluados y los atributos compuestos. La relación Cliente solo tiene un atributo multivaluado llamado “cuenta”. Para ello quitamos el atributo de la tabla principal y lo ponemos como clave ajena en la tabla Cuenta:

Cliente (numcli, nif, nombre, dir, nom_ciudad, nom_prov, telf)

CP: numcli

CAlt: nif

ÚNICO: nif

Cuenta (num_cuenta, tipo_c, saldo, numcli, {tarjeta}^{n})

CP: num_cuenta

CAj: numcli → Cliente (numcli)

Volvemos a tener otro atributo multivaluado llamado tarjeta que hay que eliminar. Primero lo quitamos de la tabla anterior:

Cuenta (num_cuenta, tipo_c, saldo, numcli)

CP: num_cuenta

CAj: numcli → Cliente (numcli)

La relación ya no tiene ni atributos multivaluados ni compuestos así que buscamos la clave primaria y añadimos las restricciones.

Tarjeta (num_tarjeta, num_cuenta, tipo_t, comisión, límite)

CP: num_tarjeta

CAj: num_cuenta → Cuenta (num_cuenta)

Las relaciones Cliente, Cuenta y Tarjeta ya se encuentran en 1FN.

4.2. Segunda forma normal (2FN)

La 2FN obliga a que todos los atributos que no forman parte de la clave, dependan **completamente** de ésta. Como ninguna de las relaciones obtenidas en el paso anterior tiene una clave compuesta, todas ellas se encuentran ya en 2FN.

Cliente (numcli, nif, nombre, dir, nom_ciudad, nom_prov, telf)

CP: numcli

CAlt: nif

ÚNICO: nif

Cuenta (num_cuenta, tipo_c, saldo, numcli)

CP: num_cuenta

CAj: numcli → Cliente (numcli)

Tarjeta (num_tarjeta, num_cuenta, tipo_t, comisión, límite)

CP: num_tarjeta

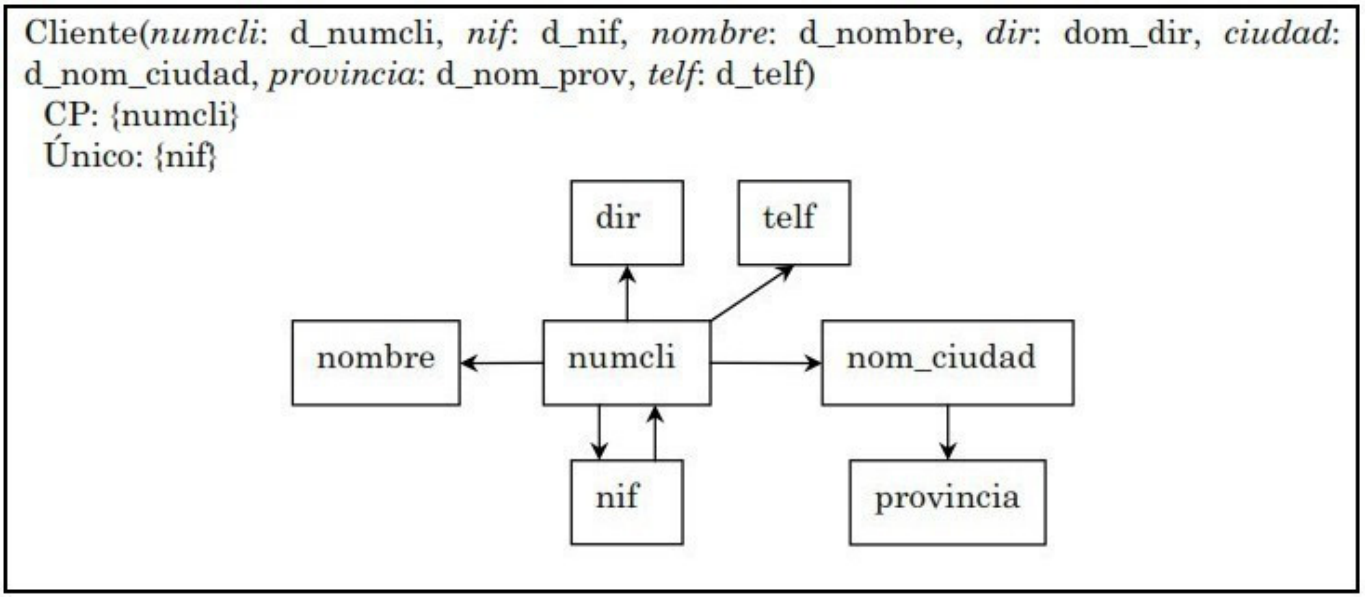
CAj: num_cuenta → Cuenta (num_cuenta)

Las relaciones Cliente, Cuenta y Tarjeta ya se encuentran en 2FN.

4.3. Tercera forma normal (3FN)

Ahora queda eliminar las dependencias transitivas y entre atributos. Veamos primero las dependencias de cada una de las tablas.

a) Relación Cliente



Analicemos las dependencias anteriores:

- Los atributos nombre, dir, telf y nom_ciudad dependen de numcli ya que el número de un cliente determina un único valor para los atributos anteriores.
- Con el nif pasa exactamente la misma dependencia, pero también sucede que numcli depende de nif y viceversa. Esto nos indica si no lo habíamos visto ya que el atributo nif es una clave alternativa y por tanto no supone ningún problema.
- Sin embargo, provincia depende de nom_ciudad ya que el nombre de una ciudad determina la provincia donde se encuentra (pero no al revés, ya que una provincia tiene muchas ciudades).

Hemos encontrado pues una relación transitiva que hay que eliminar.

Ciudad (nom_ciudad, nom_prov)

CP: nom_ciudad

Cliente (numcli, nif, nombre, dir, nom_ciudad, telf)

CP: numcli

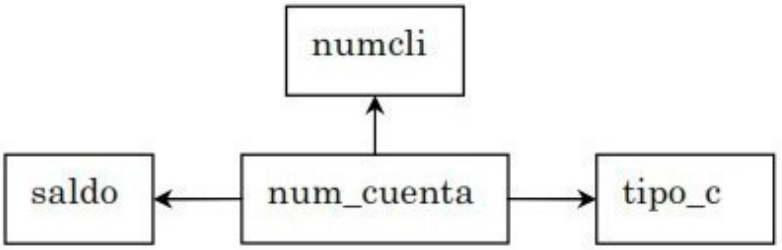
CAlt: nif

ÚNICO: nif

CAj: nom_ciudad → Ciudad (nom_ciudad)

b) Relación Cuenta

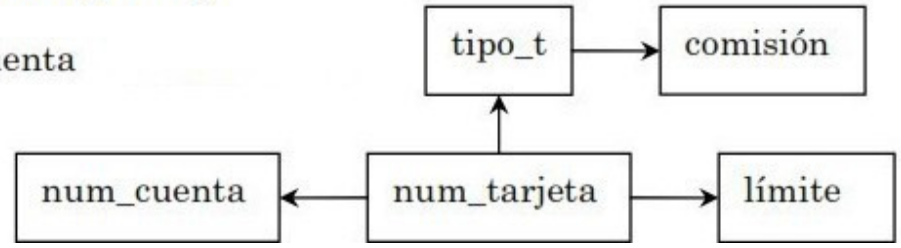
Cuenta(*numcli*: d_num_cli, *num_cuenta*: d_num_cuenta, *tipo_c*: d_tipo_c, *saldo*: d_saldo)
CP: {num_cuenta}
CA: {numcli} → Cliente



Esta relación no tiene relaciones transitivas entre atributos, ya se encuentra en 3FN.

c) Relación Tarjeta

Tarjeta(*num_cuenta*: d_num_cuenta, *num_tarjeta*: d_num_tarjeta, *tipo_t*: d_tipo_t, *comisión*: d_comisión, *límite*: d_límite)
CP: {num_tarjeta}
CA: {num_cuenta} → Cuenta



Analicemos las dependencias de la imagen:

- Los atributos *límite*, *tipo_t* y *num_cuenta* dependen de *num_tarjeta*, ya que el número de una tarjeta determina el tipo de tarjeta, su límite establecido y la cuenta a la que va asociada.
- En cambio, el atributo *comisión* depende de *tipo_t*, ya que la comisión que se cobra por una tarjeta dependerá del tipo de tarjeta.

Luego hemos encontrado una dependencia transitiva que hay que eliminar.

Comisión (tipo_t, comisión)

CP: tipo_t

Tarjeta (num_tarjeta, num_cuenta, tipo_t, límite)

CP: num_tarjeta

CAj: num_cuenta → Cuenta (num_cuenta)

CAj: tipo_t → Comisión (tipo_t)

El conjunto de relaciones definitivo en 3FN es el siguiente:

Ciudad (nom_ciudad, nom_prov)

CP: nom_ciudad

Cliente (numcli, nif, nombre, dir, nom_ciudad, telf)

CP: numcli

CAlt: nif

ÚNICO: nif

CAj: nom_ciudad → Ciudad (nom_ciudad)

Cuenta (num_cuenta, tipo_c, saldo, numcli)

CP: num_cuenta

CAj: numcli → Cliente (numcli)

Comisión (tipo_t, comisión)

CP: tipo_t

Tarjeta (num_tarjeta, num_cuenta, tipo_t, límite)

CP: num_tarjeta

CAj: num_cuenta → Cuenta (num_cuenta)

CAj: tipo_t → Comisión (tipo_t)

5. Bibliografía

- Bases de datos. ¿Qué son? Tipos y ejemplos. https://ayudaleyprotecciondatos.es/bases-de-datos/
- Iván López, M.ª Jesús Castellano. John Ospino. Bases de Datos. Ed. Garceta, 2a edición, 2017. ISBN: 978-8415452959
- Matilde Celma, Juan Carlos Casamayor y Laura Mota. Bases de datos relacionales. Ed. Prentice-Hall, 2003
- Cabrera Sánchez, Gregorio. Análisis y diseño detallado de aplicaciones informáticas de gestión. Ed. McGraw-Hill, 1st edition, 1999. ISBN: 8448122313