

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS



Proyecto Final: Normalización del Modelo

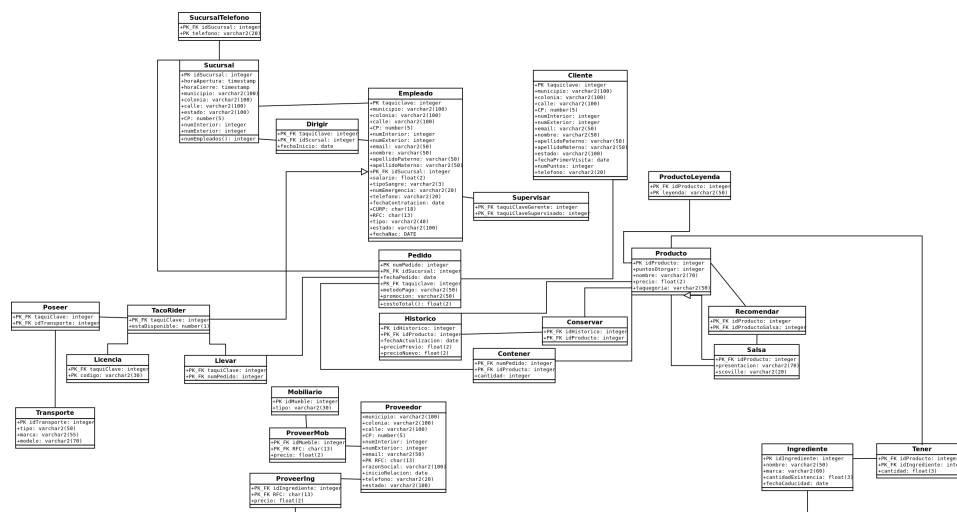
Flores Martínez Andrés
Vázquez Salcedo Eduardo Eder
Sánchez Pérez Pedro Juan Salvador
Concha Vázquez Miguel

Trabajo presentado en cumplimiento con la asignatura de Fundamentos de
Bases de Datos impartida por el profesor
GERARDO AVILÉS ROSAS
12 de enero de 2018

Índice

1	Primera Forma Normal (1NF)	3
1.1	Proceso de Normalización	3
1.2	Relaciones Generadas	6
1.3	Diagrama de Clases UML	7
2	Segunda Forma Normal (2NF)	9
2.1	Proceso de Normalización	9
2.2	Relaciones Generadas	20
2.3	Diagrama de Clases UML	20
3	Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)	22
3.1	Proceso de Normalización	22
3.2	Relaciones Generadas	32
3.3	Diagrama de Clase UML	33
4	Tercera Forma Normal (3NF)	35
4.1	Proceso de Normalización	35
4.2	Relaciones Generadas	48
4.3	Diagrama de Clase UML	49

Para poder llevar a cabo la técnica de normalización desarrollada por Edgar Frank Codd en el año de 1972, primeramente vamos a tener que identificar las dependencias funcionales existentes en nuestras relaciones, recordando para ésto que son relaciones unidireccionales entre dos atributos de tal forma que si ocurre que $X \rightarrow Y$ (El conjunto de atributos X determina funcionalmente al conjunto de atributos Y) en un momento dado ocurre que para cada valor único de X sólo un valor de Y se asocia con él a través de la relación. En nuestro caso no identificamos dependencias multivaluadas al ocuparnos desde un inicio en la normalización a primera forma normal del tener dominios atómicos y atributos no multivaluados en las tablas, por lo que no requeriremos un normalización a cuarta forma normal (4NF).



¹De cualquier manera agregamos en la última sección la normalización que correspondería a normalizar a tercera forma normal en caso de que hubiera alguna pérdida de dependencias funcionales al tratar de normalizar a BCNF, lo cual no fue el caso.

1. Primera Forma Normal (1NF)

1.1. Proceso de Normalización

Para que las relaciones se encuentren en *primera forma normal*, todos los atributos deberán ser **atómicos**, esto es, asegurar que las columnas de la tabla no sean multivaluadas (que no contengan más de un valor del dominio para una misma tupla). Además, debemos asegurar que:

- No haya orden de arriba hacia abajo, ni de izquierda a derecha en cuanto a los dominios y a los atributos.
- Que no se tengan registros (tuplas) duplicadas.
- Que cada celda de nuestra tabla tenga exactamente un solo valor de un dominio.

Como en el proceso de traducción (transformación) del diagrama Entidad-Relación ya nos aseguramos de que los atributos multivaluados se vieran transformados en nuevas relaciones cuyo atributo llave era el nombre mismo del atributo multivaluado y con una llave externa (llave foránea) con el atributo llave de la entidad de la cual eran atributos multivaluados, ya aseguramos que ninguna de nuestras tuplas de toda relación de nuestro modelos tiene valores multivaluados.

Por otro lado, tal como se ilustra en el ejemplo de la práctica actual, también es menester para llevar las relaciones del modelo a la *primer forma normal* el hecho de asegurar que cada registro (tupla) no almacene información multivaluada de diversos dominios.

Vamos a revisar cada tabla (relación) del modelo previo para verificar si ya se encuentra o no en la forma normal de interés actualmente:

- **Cliente:** Los atributos que eran susceptibles de tener dominios no atómicos ya están separados, como es el caso de todos los datos correspondientes a la dirección del cliente y los de su nombre. Además, la fecha no necesita ser separada en día, mes y año porque el manejador de la base de datos puede trabajar sobre el tipo *DATE* que contempla los tres campos mencionados. Por ende, ya se encuentra en *primera forma normal*.

- **Conservar:** Como es una relación que hace referencia a atributos llave de otras relaciones cuyos dominios no pueden ser separados (son llaves foráneas), entonces la relación ya está en *primera forma normal*.
- **Contener:** Ocurre exactamente lo mismo que en el caso previo al hacer referencia a llaves atómicas de otras tablas. En cuento al atributo *cantidad*, es ya atómico al ser un entero. Por tanto, la relación (tabla) se encuentra ya en *primera forma normal*.
- **Dirigir:** Como ha ocurrido previamente, el único atributo candidato a ser violación a la primer forma normal es el de la *fechaInicio*, pues los otros son llaves foráneas que por medio de la política de llaves externas hacen referencia a las llaves de otras tablas, mismos atributos que ya tienen un dominio atómico. La fecha —como ya se mencionó en el caso de la relación (tabla) **Cliente**— no nos conviene separarla en día, mes y año porque contamos en el dato de tipo *DATE*. Así, vemos que ya está en *primera forma normal*.
- **Empleado:** Ocurre en este caso algo parecido a la relación de **Cliente** porque originalmente era también una sub-entidad de la entidad fuerte **Persona** del formalismo provisto por el diagrama entidad-relación. En consecuencia, hemos ya separado los dominios no atómicos de la dirección desde un inicio al considerarlo como un atributo compuesto, lo mismo que en el caso del nombre del empleado. Todos los demás atributos no son candidatos a ser violación de la forma normal al tener dominios atómicos. Se sigue entonces que está ya en *primer forma normal*.
- **Histórico:** No es posible dividir más los dominios de sus registros, así que se encuentra ya en *primera forma normal*.
- **Ingrediente:** Todos los dominios de los atributos de la relación son ya atómicos, por lo que cumple con estar en *primera forma normal*.
- **Licencia:** La *taquiClave* es una llave foránea que es llave primaria a de la tabla **TacoRider**, misma que posee un dominio atómico. El único otro atributo es el código de la licencia, pero puede ser expresado por medio del tipo *varchar2*², así que sus dominios son atómicos y se encuentra en *primera forma normal*.

²El tipo *varchar* está ya en desuso.

- **Llevar:** Sus dos atributos son llaves foráneas de las tablas **TacoRider** y **Pedido**, que tienen atómicos los dominios de sus llaves. Se sigue entonces que la relación está ya en *primera forma normal*.
- **Mobiliario:**
- **Pedido:** Ningún atributo tiene dominios que no sean atómicos, por lo que entonces ya se encuentra en *primera forma normal*.
- **Poseer:** Los dos atributos de la relación (tabla) son llaves foráneas de otras tablas en la que los atributos cuentan con un dominio atómico. Por ende, la relación está ya en *primera forma normal*.
- **Producto:** No es posible dividir más los dominios de sus registros, así que se encuentra ya en *primera forma normal*.
- **ProductoLeyenda:** No es posible dividir más los dominios de sus registros, así que se encuentra ya en *primera forma normal*.
- **Proveedor:** El único dato que sería susceptible de ser violación a la forma normal es el que corresponde a la dirección del proveedor, pero ya fue correctamente manejado en sus componentes constituyentes desde el diagrama entidad-relación. Así, ya se encuentra en *primera forma normal*.
- **ProveerIng:** Esta relación posee dos atributos que son llaves externas; los atributos llave de las tablas a las que se hace referencia poseen dominios atómicos. En cuanto al atributo de *precio*, posee ya un dominio que es atómico. Por lo mencionado anteriormente se sigue que esta relación se encuentra ya en *primera forma normal*.
- **ProveerMob:** Lo que ocurre en este caso es análogo a la relación previa; así, se encuentra de entrada en *primera forma normal*.
- **Recomendar:** Los dos atributos de la relación son llaves foráneas que hacen referencia a llaves de otras tablas con dominios atómicos. Entonces, la relación se encuentra ya en *primera forma normal*.
- **Salsa:** Los tres atributos de la relación nos son candidatos a ser violaciones de la forma normal en cuestión al tener atómicos sus dominios. Por tanto se encuentra en *primera forma normal*.

- **Sucursal:** Los datos correspondientes a la dirección de las sucursales fueron separados por medio de un atributo compuesto desde la formalización presentada en el diagrama entidad-relación, así que tienen dominios atómicos. Más aún, hicimos una distinción explícita entre la hora de inicio y término de las clases. Por ende, se encuentra la relación en *primera forma normal*.
- **SucursalTelefono:** No es posible dividir más los dominios de sus registros, así que se encuentra ya en *primera forma normal*.
- **Supervisar:** Sus dos atributos son llaves foráneas que hacen referencia a la *taquiClave* de la relación **Empleado**. Dicho atributo llave posee un dominio atómico y entonces se encuentra ya en *primera forma normal*.
- **TacoRider:** Sus dos atributos tienen atómicos sus dominios; se encuentra ya en *primera forma normal*.
- **Tener:** Esta relación (tabla) tiene dos atributos que son llave foránea. Los atributos entonces hacen referencia a llaves de las tablas **Producto** e **Ingrediente** que poseen dominios atómicos. El atributo de *cantidad* también posee un dominio que es atómico al no poder ser separado más. Así, la relación cumple ya con el hecho de estar en *primera forma normal*.
- **Transporte:** No es posible dividir más los dominios de sus registros, así que se encuentra ya en *primera forma normal*.

Con todo esto, obtuvimos el mismo resultado porque ya estaba en *primera forma normal* nuestro modelo.

1.2. Relaciones Generadas

- **Cliente**(taquiClave,email,telefono,nombre,apellidoPaterno,apellidoMaterno,calle,municipio,colonia,estado,numInterior,numExterior,CP,numPuntos,fechaPrimerVisita)
- **Conservar**(idHistorico,idProducto)
- **Contener**(numPedido,idProducto,cantidad)
- **Dirigir**(taquiClave,idSucursal,fechaInicio)
- **Empleado**(taquiClave,email,telefono,nombre,apellidoPaterno,apellidoMaterno,calle,municipio,colonia,estado,numInterior,numExterior,CP,CURP,RFC,tipo,tipoSangre,fechaNac,fechaContratacion,numEmergencia,salario,idSucursal)
- **Historico**(idHistorico,idProducto,precioPrevio,precioNuevo,fechaActualizacion)

- **Ingrediente**(idIngrediente,nombre,marca,cantidadExistencia,fechaCaducidad)
- **Licencia**(codigo,taquiClave)
- **Llevar**(numPedido,taquiClave)
- **Mobiliario**(idMueble,tipo)
- **Pedido**(numPedido,fechaPedido,promocion,taquiClave,metodoPago,idSucursal)
- **Poseer**(taquiClave,idTransporte)
- **Producto**(idProducto,puntoOtorgar,nombre,precio,taquegoria)
- **ProductoLeyenda**(idProducto,leyenda)
- **Proveedor**(RFC,razonSocial,calle,municipio,colonia,estado,numInterior,numExterior,CP,email,inicioRelacion,telefono)
- **ProveerIng**(RFC,idIngrediente,precio)
- **ProveerMob**(RFC,idMueble,precio)
- **Recomendar**(idProducto,idProductoSalsa)
- **Salsa**(idProducto,scoville,presentacion)
- **Sucursal**(idSucursal,calle,municipio,colonia,estado,numInterior,numExterior,CP,horaApertura,horaCierre)
- **SucursalTelefono**(idSucursal,telefono)
- **Supervisar**(taquiClaveGerente,taquiClaveSupervisado)
- **TacoRider**(taquiClave,estaDisponible)
- **Tener**(idProducto,idIngrediente,cantidad)
- **Transporte**(idTransporte,marca,modelo,tipo)

1.3. Diagrama de Clases UML

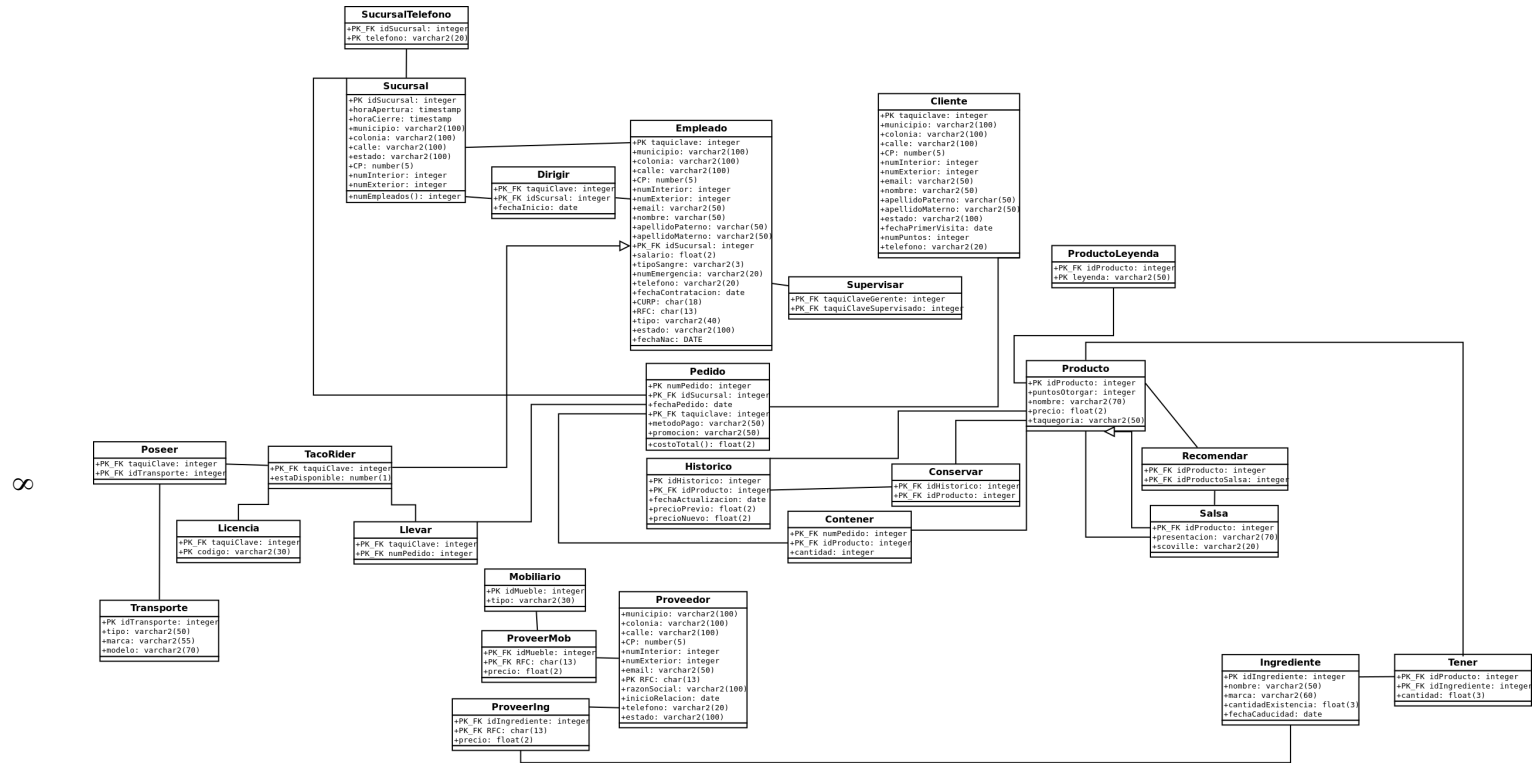


Figura 2: Modelo en primera forma normal.

2. Segunda Forma Normal (2NF)

2.1. Proceso de Normalización

A partir de este punto, comenzaremos a usar las dependencias funcionales de las relaciones para lograr la normalización, factor que no incidía en la normalización a *primera forma normal*.

De acuerdo con la teoría, una relación estará en *segunda forma normal* en caso de que todo atributo no llave depende del atributo llave de la relación. En los casos en que esto regla no se cumpla para algún atributo de la relación, lo que suele hacerse es separar la información que se encuentra determinada funcionalmente por un atributo que no es llave primaria. A continuación, consideremos las dependencias funcionales de nuestras relaciones en *primera forma normal* y a partir de ello evaluaremos si están o no en *segunda forma normal*. En caso de presentarse violaciones, procederemos a normalizar.

- **Cliente:** Tenemos las dependencias funcionales que siguen:

- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{taquiClave}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{email}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{telefono}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{nombre}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{apellidoPaterno}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{apellidoMaterno}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{municipio}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{colonia}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{calle}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{CP}$

- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{numInterior}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{numExterior}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{estado}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{fechaPrimerVisita}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{numPuntos}$
- $\text{CP} \rightarrow \text{estado}$

Donde la última es debido a que dos códigos postales no pueden ser iguales y corresponder a dos estados distintos de la República Mexicana.

Vemos que claramente todo atributo no llave depende de la *taquiClave*, siendo ésta el atributo llave de la relación. Así, está ya en *segunda forma normal*.

- **Conservar:** Ya se encuentra en segunda forma normal, pues contamos con una superllave conformada por los dos atributos de llave foránea *idProducto* e *idHistorico* y contamos entonces solamente con la DF trivial:

- $\text{idHistorico idProducto} \rightarrow \text{idHistorico}$
- idProducto

Luego, por la regla de inferencia de Arsmtrong de la descomposición tenemos:

- $\text{idHistorico idProducto} \rightarrow \text{idHistorico}$
- $\text{idHistorico idProducto} \rightarrow \text{idProducto}$

Por tanto, como todo atributo de la relación depende de la llave de la misma —en este caso compuesta— la relación cumple con estar ya en *segunda forma normal*.

- **Contener:** De manera similar tenemos que la llave de la relación está conformada por sus dos llaves foráneas *numPedido* e *idProducto*. Por tanto, se tiene la dependencia funcional trivial, además de que la llave compuesta determina funcionalmente a la cantidad de cada producto usado en cada pedido. Por tanto, tenemos las siguientes DFs³:

- $\text{numPedido idProducto} \rightarrow \text{numPedido idProducto}$
- $\text{numPedido idProducto} \rightarrow \text{numPedido}$
- $\text{numPedido idProducto} \rightarrow \text{idProducto}$
- $\text{numPedido idProducto} \rightarrow \text{cantidad}$

Como todo atributo no llave depende funcionalmente de la llave de la relación (tabla), entonces cumple con estar en *segunda forma normal*.

- **Dirigir:** Nuevamente ocurre que contamos con una llave compuesta por ambas llaves foráneas *taquiClave* e *idSucursal*; contamos entonces con la dependencia funcional trivial y como no puede ser que para una misma combinación de una clave de empleado con una de sucursal se asocien dos fechas de inicio distintas, tenemos también que *fechaInicio* está determinada funcionalmente por la llave compuesta. Tenemos entonces las siguientes dependencias funcionales:

- $\text{taquiClave idSucursal} \rightarrow \text{taquiClave idSucursal}$
- $\text{taquiClave idSucursal} \rightarrow \text{taquiClave}$
- $\text{taquiClave idSucursal} \rightarrow \text{idSucursal}$
- $\text{taquiClave idSucursal} \rightarrow \text{fechaInicio}$

Dado que todo atributo no llave de la relación queda determinado funcionalmente por la llave de la misma, entonces está ya en *segunda forma normal*.

- **Empleado:** Ya está en *segunda forma normal*. Se tienen las siguientes dependencias funcionales en la relación:

- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{taquiClave}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{idSucursal}$

³A partir de este punto vamos a aplicar en diversas ocasiones la regla de inferencia de Armstrong de la descomposición, por lo cual omitiremos la explicación explícita de la separación de los atributos dependientes de las DFs.

- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{salario}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{email}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{telefono}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{nombre}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{apellidoPaterno}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{apellidoMaterno}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{municipio}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{colonia}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{calle}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{CP}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{numeroInterior}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{numeroExterior}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{estado}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{CURP}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{tipoSangre}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{numEmergencia}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{fechaNac}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{tipo}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{RFC}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{fechaContratacion}$
- $\text{CP} \rightarrow \text{estado}$
- $\text{CURP} \rightarrow \text{fechaNac}$

En donde la última se tiene porque no puede haber dos CURPS iguales a los que les corresponde distinta fecha de nacimiento.

Como ocurre que todo atributo no llave de la relación depende funcionalmente de la llave de ésta, entonces ocurre que está ya en *segunda forma normal*.

■ **Histórico:** Contamos con las siguientes dependencias funcionales:

- $\text{idHistorico} \rightarrow \text{idHistorico}$
- $\text{idHistorico} \rightarrow \text{idProducto}$

- $\text{idHistorico} \rightarrow \text{fechaActualizacion}$
- $\text{idHistorico} \rightarrow \text{precioPrevio}$
- $\text{idHistorico} \rightarrow \text{precioNuevo}$

Vemos que todos los atributos no llave de la relación dependen funcionalmente de la llave; por ende, está ya en *segunda forma normal*.

- **Ingrediente:** Por cuestiones legales, podemos pensar que el nombre de un ingrediente no puede repetirse, así que podríamos considerarlo como una llave candidata. Tenemos entonces las siguientes dependencias funcionales:

- $\text{idIngrediente} \rightarrow \text{idIngrediente}$
- $\text{idIngrediente} \rightarrow \text{nombre}$
- $\text{idIngrediente} \rightarrow \text{marca}$
- $\text{idIngrediente} \rightarrow \text{cantidadExistencia}$
- $\text{idIngrediente} \rightarrow \text{fechaCaducidad}$
- $\text{nombre} \rightarrow \text{nombre}$
- $\text{nombre} \rightarrow \text{idIngrediente}$
- $\text{nombre} \rightarrow \text{marca}$
- $\text{nombre} \rightarrow \text{cantidadExistencia}$
- $\text{nombre} \rightarrow \text{fechaCaducidad}$

Se cumple con la condición de la forma normal que establece que todo atributo no llave debe depender funcionalmente de la llave de la relación (tabla). Por tanto, está ya en *segunda forma normal*.

- **Licencia:** Las dependencias funcionales son:

- $\text{codigo} \rightarrow \text{codigo}$
- $\text{codigo} \rightarrow \text{taquiClave}$

Se cumple que todo atributo no llave de la relación (aunque en este caso es una llave foránea) depende de la llave de la misma. Por tanto, se encuentra en *segunda forma normal*.

- **Llevar:** La relación tiene como únicos dos atributos a llaves foráneas, así que la llave es compuesta por *taquiClave* y *numPedido*. Entonces, las dependencias funcionales con que se cuenta son:

- $\text{taquiClave numPedido} \rightarrow \text{taquiClave numPedido}$
- $\text{taquiClave numPedido} \rightarrow \text{taquiClave}$
- $\text{taquiClave numPedido} \rightarrow \text{numPedido}$

Vemos que todos atributo no llave de la relación dependen funcionalmente de la llave, así que está en *segunda forma normal*.

- **Mobiliario:** La únicas dependencias funcionales que hay son las siguientes:

- $\text{idMueble} \rightarrow \text{idMueble}$
- $\text{idMueble} \rightarrow \text{tipo}$

Todo atributo no llave depende funcionalmente de la llave. Por ende, está ya en *segunda forma normal*.

- **Pedido:** Está ya en *segunda forma normal*. Las dependencias funcionales son:

- $\text{numPedido} \rightarrow \text{numPedido}$
- $\text{numPedido} \rightarrow \text{idSucursal}$
- $\text{numPedido} \rightarrow \text{fechaPedido}$
- $\text{numPedido} \rightarrow \text{taquiClave}$
- $\text{numPedido} \rightarrow \text{metodoPago}$
- $\text{numPedido} \rightarrow \text{promocion}$
- $\text{fechaPedido} \rightarrow \text{promocion}$

De donde la última se tiene porque las promociones de la taquería están basadas en los días de la semana, así que no puede ser que para una misma fecha se tengan promociones diferentes; al conocer la fecha del pedido, sabemos el día de la semana y en consecuencia la promoción que fue aplicada.

Como todos los atributos no llave de la relación dependen funcionalmente de la llave de la misma, entonces está ya en *segunda forma normal*.

- **Poseer:** La llave de la relación está compuesta por ambas llaves foráneas *taquiClave* e *idTransporte*. Entonces, las dependencias funcionales son:

- $\text{taquiClave idTransporte} \rightarrow \text{taquiClave idTransporte}$
- $\text{taquiClave idTransporte} \rightarrow \text{taquiClave}$
- $\text{taquiClave idTransporte} \rightarrow \text{idTransporte}$

Se cumple que todo atributo no llave de la relación está determinado funcionalmente por la misma. Así, está ya en *segunda forma normal*.

- **Producto:** Ya está en *segunda forma normal*. Las dependencias funcionales son:

- $\text{idProducto} \rightarrow \text{idProducto}$
- $\text{idProducto} \rightarrow \text{puntosOtorgar}$
- $\text{idProducto} \rightarrow \text{nombre}$
- $\text{idProducto} \rightarrow \text{precio}$
- $\text{idProducto} \rightarrow \text{taquegoria}$
- $\text{nombre} \rightarrow \text{nombre}$
- $\text{nombre} \rightarrow \text{idProducto}$
- $\text{nombre} \rightarrow \text{nombre}$
- $\text{nombre} \rightarrow \text{precio}$
- $\text{nombre} \rightarrow \text{taquegoria}$

Vemos nuevamente que tenemos las últimas DFs dado que no puede repetirse el nombre de un producto dentro de la taquería. Entonces, al ser una llave candidata, genera las mismas DFs que la llave de la relación (tabla).

Ocurre que todos los atributos no llave de la relación dependen funcionalmente de la llave de esta.

- **ProductoLeyenda:** Está en *segunda forma normal* porque todos los atributos no llave de la relación, que en este caso es solamente *leyenda* e *idProducto*, dependen funcionalmente de la llave compuesta *idProducto leyenda*. Esto se ve a partir de las dos DFs con que se cuenta:

- $\text{idProducto leyenda} \rightarrow \text{idProducto leyenda}$
- $\text{idProducto leyenda} \rightarrow \text{idProducto}$
- $\text{idProducto leyenda} \rightarrow \text{leyenda}$

- **Proveedor:** Las dependencias funcionales que se tienen son:

- $RFC \rightarrow RFC$
- $RFC \rightarrow razonSocial$
- $RFC \rightarrow inicioRelacion$
- $RFC \rightarrow email$
- $RFC \rightarrow telefono$
- $RFC \rightarrow municipio$
- $RFC \rightarrow colonia$
- $RFC \rightarrow calle$
- $RFC \rightarrow CP$
- $RFC \rightarrow numeroInterior$
- $RFC \rightarrow numeroExterior$
- $RFC \rightarrow estado$
- $CP \rightarrow estado$

Vemos que todos los atributos no llave dependen de esta, así que está ya en *segunda forma normal*.

- **ProveerIng:** Las dependencias funcionales son:

- $RFC\ idIngrediente \rightarrow RFC\ idIngrediente$
- $RFC\ idIngrediente \rightarrow RFC$
- $RFC\ idIngrediente \rightarrow idIngrediente$
- $RFC\ idIngrediente \rightarrow precio$

Como la llave de la relación es una superllave compuesta por *RFC* e *idIngrediente*, se cumple que todos los atributos no llave están determinados funcionalmente por dicha llave y, así, está en *segunda forma normal*.

- **ProveerMob:** Ocurre que —como la relación previa— está ya en *segunda forma normal*. Las dependencias funcionales que se tienen son:

- $RFC\ idMueble \rightarrow RFC\ idMueble$
- $RFC\ idMueble \rightarrow RFC$

- RFC idMueble \rightarrow idMueble
- RFC idMueble \rightarrow precio

Así, todos los atributos no llave de la relación quedan determinados funcionalmente por la misma.

- **Recomendar:** La llave de la relación está compuesta por ambas llaves foráneas *idProducto* e *idProductoSalsa*. Las dependencias funcionales son:

- idProducto idProductoSalsa \rightarrow idProducto idProductoSalsa
- idProducto idProductoSalsa \rightarrow idProducto
- idProducto idProductoSalsa \rightarrow idProductoSalsa

Así, está en *segunda forma normal* dado que todo atributo no llave está determinado funcionalmente por la superllave.

- **Salsa:** Como ya ha ocurrido con los ingredientes y los productos, el nombre de una salsa determina funcionalmente a los demás atributos al ser una llave candidata. Así, contamos con las siguientes DFs:

- idProducto \rightarrow idProducto
- idProducto \rightarrow nombre
- idProducto \rightarrow presentacion
- idProducto \rightarrow scoville
- nombre \rightarrow nombre
- nombre \rightarrow idProducto
- nombre \rightarrow presentacion
- nombre \rightarrow scoville

Como todos los atributos no llave de la relación quedan determinados funcionalmente por esta, está ya en *segunda forma normal*.

- **Sucursal:** Las dependencias funcionales que se tienen para esta tabla son:

- idSucursal \rightarrow idSucursal
- idSucursal \rightarrow horaApertura

- $\text{idSucursal} \rightarrow \text{horaCierre}$
- $\text{idSucursal} \rightarrow \text{municipio}$
- $\text{idSucursal} \rightarrow \text{colonia}$
- $\text{idSucursal} \rightarrow \text{calle}$
- $\text{idSucursal} \rightarrow \text{CP}$
- $\text{idSucursal} \rightarrow \text{numInterior}$
- $\text{idSucursal} \rightarrow \text{numExterior}$
- $\text{idSucursal} \rightarrow \text{estado}$
- $\text{CP} \rightarrow \text{estado}$

Como se cumple que todo atributo no llave está determinado funcionalmente por la llave de la relación, entonces cumple con estar en *segunda forma normal*.

- **SucursalTelefono:** La llave de la relación se constituye por *telefono*. Las DFs son:

- $\text{telefono} \rightarrow \text{telefono}$
- $\text{telefono} \rightarrow \text{idSucursal}$

Pues dado un teléfono, no puede ser que haya otra sucursal dentro de la República Mexicana con el mismo número.

Entonces, todo atributo no llave de la relación dependen funcionalmente de la llave que se tiene en este escenario y cumple por consiguiente con estar ya en *segunda forma normal*.

- **Supervisar:** La relación (tabla) cumple con estar en *segunda forma normal* como vemos a partir de sus dependencias funcionales y viendo que la llave es superllave compuesta por *taquiClaveGerente* y *taquiClaveSupervisado*:

- $\text{taquiClaveGerente taquiClaveSupervisado} \rightarrow \text{taquiClaveGerente}$
- $\text{taquiClaveGerente taquiClaveSupervisado} \rightarrow \text{taquiClaveSupervisado}$
- $\text{taquiClaveGerente taquiClaveSupervisado} \rightarrow \text{taquiClaveGerente taquiClaveSupervisado}$

Entonces, todo atributo no llave depende funcionalmente de la llave de la relación.

- **TacoRider:** Las dependencias funcionales que se tienen son:

- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{taquiClave}$
- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{estaDisponible}$

Como todo atributo no llave depende de la llave, ya se encuentra en *segunda forma normal*.

- **Tener:** La llave de la relación es compuesta y está constituida por los atributos *idProducto* e *idIngrediente*. Las DFs son:

- $\text{idProducto idIngrediente} \rightarrow \text{idProducto idIngrediente}$
- $\text{idProducto idIngrediente} \rightarrow \text{idProducto}$
- $\text{idProducto idIngrediente} \rightarrow \text{idIngrediente}$
- $\text{idProducto idIngrediente} \rightarrow \text{cantidad}$

Donde la última se tiene porque conocido el producto y el ingrediente, es posible determinar qué cantidad de dicho ingrediente fue utilizado en la preparación del producto, i.e., para un mismo producto e ingrediente, no puede corresponder en tuplas distintas una cantidad diferente.

Como se cumple que todo atributo no llave dependen funcionalmente de la llave, entonces ya está en *segunda forma normal*.

- **Transporte:** Ya está en *segunda forma normal* dado que todos los atributos no llave dependen de la llave *idTransporte* como notamos a partir de la consideración de las DFs de la relación (tabla):

- $\text{idTransporte} \rightarrow \text{idTransporte}$
- $\text{idTransporte} \rightarrow \text{tipo}$
- $\text{idTransporte} \rightarrow \text{marca}$
- $\text{idTransporte} \rightarrow \text{modelo}$

Notemos que nuevamente no tuvimos que efectuar cambios en el modelo: estaba ya en *segunda forma normal*.

2.2. Relaciones Generadas

- **Cliente**(taquiClave,email,telefono,nombre,apellidoPaterno,apellidoMaterno,calle,municipio,colonia,estado,numInterior,numExterior,CP,numPuntos,fechaPrimerVisita)
- **Conservar**(idHistorico,idProducto)
- **Contener**(numPedido,idProducto,cantidad)
- **Dirigir**(taquiClave,idSucursal,fechaInicio)
- **Empleado**(taquiClave,email,telefono,nombre,apellidoPaterno,apellidoMaterno,calle,municipio,colonia,estado,numInterior,numExterior,CP,CURP,RFC,tipo,tipoSangre,fechaNac,fechaContratacion,numEmergencia,salario,idSucursal)
- **Historico**(idHistorico,idProducto,precioPrevio,precioNuevo,fechaActualizacion)
- **Ingrediente**(idIngrediente,nombre,marca,cantidadExistencia,fechaCaducidad)
- **Licencia**(codigo,taquiClave)
- **Llevar**(numPedido,taquiClave)
- **Mobiliario**(idMueble,tipo)
- **Pedido**(numPedido,fechaPedido,promocion,taquiClave,metodoPago,idSucursal)
- **Poseer**(taquiClave,idTransporte)
- **Producto**(idProducto,puntoOtorgar,nombre,precio,taquegoria)
- **ProductoLeyenda**(idProducto,leyenda)
- **Proveedor**(RFC,razonSocial,calle,municipio,colonia,estado,numInterior,numExterior,CP,email,inicioRelacion,telefono)
- **ProveerIng**(RFC,idIngrediente,precio)
- **ProveerMob**(RFC,idMueble,precio)
- **Recomendar**(idProducto,idProductoSalsa)
- **Salsa**(idProducto,scoville,presentacion)
- **Sucursal**(idSucursal,calle,municipio,colonia,estado,numInterior,numExterior,CP,horaApertura,horaCierre)
- **SucursalTelefono**(idSucursal,telefono)
- **Supervisar**(taquiClaveGerente,taquiClaveSupervisado)
- **TacoRider**(taquiClave,estaDisponible)
- **Tener**(idProducto,idIngrediente,cantidad)
- **Transporte**(idTransporte,marca,modelo,tipo)

2.3. Diagrama de Clases UML

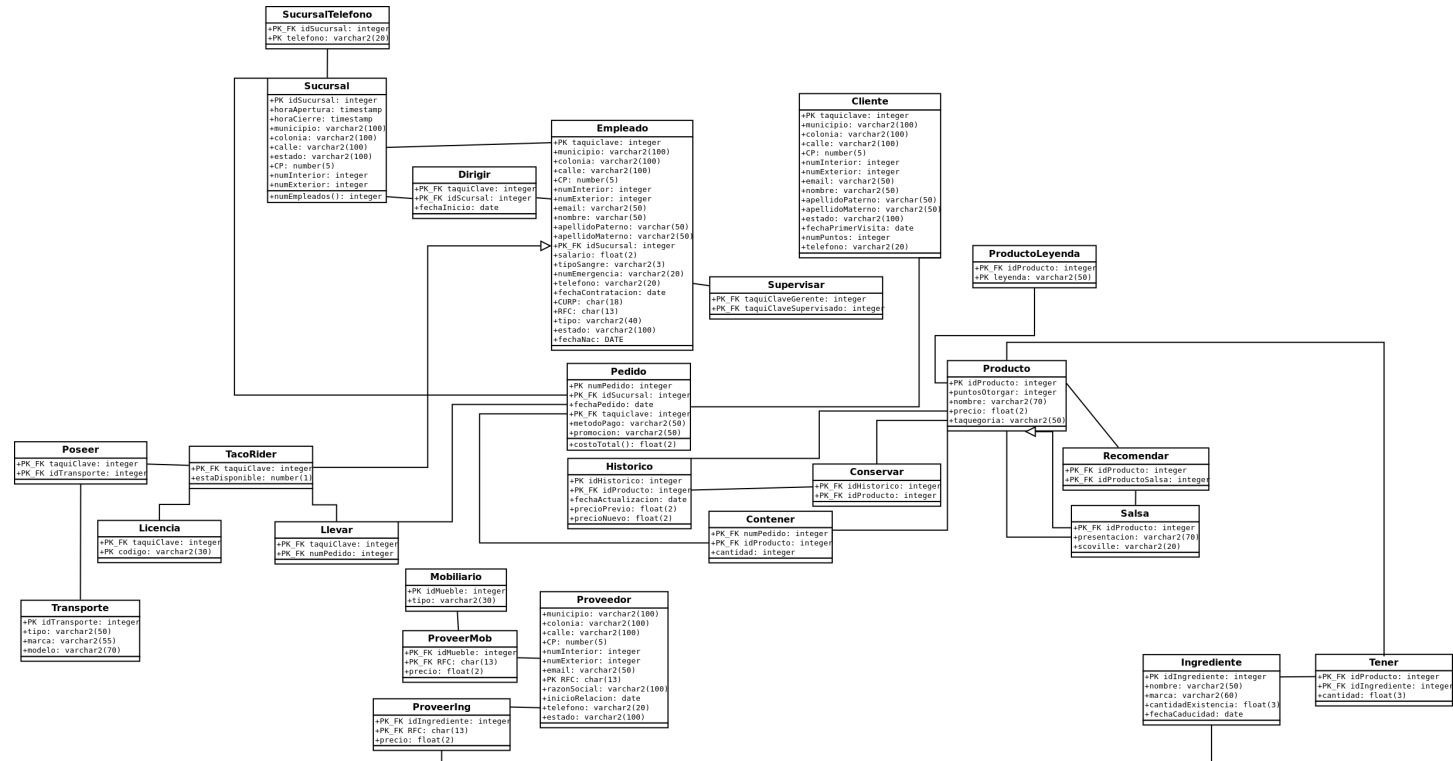


Figura 3: Modelo en segunda forma normal.

3. Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

3.1. Proceso de Normalización

Como mencionamos en un inicio, vamos a proceder a normalizar directamente a BCNF y veremos que no se pierden dependencias funcionales. Como la 3NF contiene a BCNF ($BCNF \subset 3NF$), se logrará igualmente una normalización a tercera forma normal.

Para que una relación (tabla) esté en esta forma normal, entonces deberemos verificar que todo determinante sea llave⁴. En otras palabras y de acuerdo a lo visto con el profesor en clase tenemos que una relación R está en $BCNF$ si y sólo si en toda DF no trivial $A_1, A_2, \dots, A_n \rightarrow B$ para R se tiene que $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ es una superllave para R . La estrategia para normalizar es:

1. Buscar una DF no trivial $X \rightarrow B$ que viole BCNF.
2. Calcular la cerradura X^+ .
3. Fraccionar R en $R_1(X^+) \cup R_2((R \setminus X^+) \cup X)$.
4. Encontrar las DF para las nuevas relaciones.

Normalicemos a partir de esto las tablas cuando sea necesario, considerando las DFs no triviales que pueden, potencialmente, violar la forma normal⁵.

■ **Cliente:** Tenemos las DFs:

- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{fechaPrimerVisita}, \text{numPuntos}$.

Entonces ocurre que $\text{taquiClave}^+ = \{\text{taquiClave}, \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{fechaPrimerVisita}, \text{numPuntos}\}$, así que es superllave y no hay violación ✓

⁴Los determinantes son la parte a la izquierda de las dependencias funcionales, mientras que lo que está a la derecha se conoce como determinado.

⁵Separaremos con comas (,) los determinados y determinantes para tener mayor claridad, aunque no son necesarias y bien pudimos usar espacios como en la normalización a segunda forma normal.

- $CP \rightarrow \text{estado}$.

Entonces ocurre que $CP^+ = \{CP, \text{estado}\}$. Hay violación ya que no cumple con alcanzar el resto de los atributos y por ende no es superllave. ✗

Tomando la violación, fraccionamos entonces en dos relaciones, ambas con el determinante de la DF que fue violación, la primera con los atributos determinados de la DF violación y la segunda con los que restan de la relación original. Nos queda así:

- **CPEdoCliente**(CP, estado) con:
 - $CP \rightarrow \text{estado}$.

Tenemos que $CP^+ = \{CP, \text{estado}\}$. Entonces, el lado izquierdo es superllave y ya no hay violación ✓

- **Cliente**(taquiClave, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos) con:
 - $\text{taquiClave} \rightarrow \text{email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos}$

Como ocurre que $\text{taquiClave}^+ = \{\text{taquiClave, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos}\}$, entonces el lado izquierdo es superllave y no hay violación. ✓

Y ya hemos normalizado la relación a BCNF.

- **Conservar:** La única DF que tenemos es la trivial:

- $\text{idProducto, idHistorico} \rightarrow \text{idProducto, idHistorico}$

Entonces, por ser trivial no es candidata a ser violación y ya está en BCNF. En efecto, tenemos que $\text{idProducto, idHistorico}^+ = \{\text{idProducto, idHistorico}\}$, así que el lado izquierdo es superllave. ✓

■ **Contener:** Tenemos las DFs no triviales siguientes:

- $\text{numPedido}, \text{idProducto} \rightarrow \text{cantidad}$.

En este caso ocurre que $\text{numPedido}, \text{idProducto}^+ = \{\text{numPedido}, \text{idProducto}, \text{cantidad}\}$, por lo que se cumple que el lado izquierdo es superllave y la relación estaba ya entonces en BCNF. ✓

■ **Dirigir:** Tenemos las DFs no triviales siguientes:

- $\text{idSucursal}, \text{taquiClave} \rightarrow \text{fechaInicio}$.

En este caso ocurre que $\text{idSucursal}, \text{taquiClave}^+ = \{\text{idSucursal}, \text{taquiClave}, \text{fechaInicio}\}$, por lo que se cumple que el lado izquierdo es superllave y la relación estaba ya entonces en BCNF. ✓

■ **Empleado:** Tenemos las DFs:

- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{idSucursal}, \text{salario}, \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{CURP}, \text{tipoSangre}, \text{numEmergencia}, \text{fechaNac}, \text{tipo}, \text{RFC}, \text{fechaContratacion}$.

Entonces ocurre que $\text{taquiClave}^+ = \{\text{idSucursal}, \text{salario}, \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{CURP}, \text{tipoSangre}, \text{numEmergencia}, \text{fechaNac}, \text{tipo}, \text{RFC}, \text{fechaContratacion}\}$, así que es superllave y no hay violación ✓

- $\text{CP} \rightarrow \text{estado}$.

Entonces ocurre que $\text{CP}^+ = \{\text{CP}, \text{estado}\}$. Hay violación ya que no cumple con alcanzar el resto de los atributos y por ende no es superllave. ✗

- $\text{CURP} \rightarrow \text{fechaNac}$.

Entonces ocurre que $\text{CURP}^+ = \{\text{CURP}, \text{fechaNac}\}$. Hay violación ya que no cumple con alcanzar el resto de los atributos y por ende no es superllave. ✗

Tomando la primer violación, fraccionamos entonces en dos relaciones, ambas con el determinante de la DF que fue violación, la primera con los atributos determinados de la DF violación y la segunda con los que restan de la relación original. Nos queda así:

- **CPEdoEmpleado**(CP, estado) con:
 - $CP \rightarrow \text{estado}$.

Tenemos que $CP^+ = \{CP, \text{estado}\}$. Entonces, el lado izquierdo es superllave y ya no hay violación ✓

- **Empleado**(taquiClave, idSucursal, salario, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, CURP, tipoSangre, numEmergencia, fechaNac, tipo, RFC, fechaContratacion con:

- taquiClave \rightarrow idSucursal, salario, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, CURP, tipoSangre, numEmergencia, fechaNac, tipo, RFC, fechaContratacion

Como ocurre que $\text{taquiClave}^+ = \{\text{taquiClave}, \text{idSucursal}, \text{salario}, \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{CURP}, \text{tipoSangre}, \text{numEmergencia}, \text{fechaNac}, \text{tipo}, \text{RFC}, \text{fechaContratacion}\}$, entonces el lado izquierdo es superllave; no hay violación. ✓

- $CURP \rightarrow \text{fechaNac}$.

Como $CURP^+ = \{CURP, \text{fechaNac}\}$, entonces el lado izquierdo no es superllave y constutya una violación esta DF.

✗

Ocupando la DF que fue violación, volvemos a fraccionar:

- **CURPFnacEmp**(CURP, fechaNac) con $CURP \rightarrow \text{fechaNac}$.

Como ocurre que $CURP^+ = \{CURP, \text{fechaNac}\}$, entonces el lado izquierdo es superllave y ya no hay violación. ✓

- **Empleado**(taquiClave, idSucursal, salario, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, CURP, tipoSangre, numEmergencia, fechaNac, tipo, RFC, fechaContratacion con:

- ◇ $\text{taquiClave} \rightarrow \text{idSucursal}, \text{salario}, \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{CURP}, \text{tipoSangre}, \text{numEmergencia}, \text{tipo}, \text{RFC}, \text{fechaContratacion}$

Como ocurre que $\text{taquiClave}^+ = \{\text{taquiClave}, \text{idSucursal}, \text{salario}, \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{CURP}, \text{tipoSangre}, \text{numEmergencia}, \text{tipo}, \text{RFC}, \text{fechaContratacion}\}$, entonces el lado izquierdo es superllave; no hay violación. ✓

Y ya hemos normalizado la relación a BCNF.

■ **Histórico:** Tenemos las DFs:

- $\text{idHistorico} \rightarrow \text{idProducto}, \text{fechaActualizacion}, \text{precioPrevio}, \text{precioNuevo}$.

Entonces ocurre que $\text{idHistorico}^+ = \{\text{idProducto}, \text{fechaActualizacion}, \text{precioPrevio}, \text{precioNuevo}\}$, así que es superllave y no hay violación ✓

Entonces la relación estaba ya en BCNF.

■ **Ingrediente:** Contamos con las DFs no triviales:

- $\text{idIngrediente} \rightarrow \text{nombre}, \text{marca}, \text{cantidadExistencia}, \text{fechaCaducidad}$.

Se tiene que $\text{idIngrediente}^+ = \{\text{idIngrediente}, \text{nombre}, \text{marca}, \text{cantidadExistencia}, \text{fechaCaducidad}\}$, así que el lado izquierdo es superllave y no es violación a la forma normal. ✓

- $\text{nombre} \rightarrow \text{idIngrediente}, \text{marca}, \text{cantidadExistencia}, \text{fechaCaducidad}$.

Se tiene que $\text{nombre}^+ = \{\text{nombre}, \text{idIngrediente}, \text{marca}, \text{cantidadExistencia}, \text{fechaCaducidad}\}$, así que el lado izquierdo es superllave y no es violación a la forma normal. ✓

Entonces ya estaba en BCNF.

■ **Licencia:** La única DF no trivial con que se cuenta es:

- $\text{codigo} \rightarrow \text{taquiClave}$. Como tenemos que $\text{codigo}^+ = \{\text{codigo}, \text{taquiClave}\}$, se tiene que el lado izquierdo es superllave y no constituye una violación a BCNF. ✓

■ **Llevar:** La única DF que tenemos es la trivial:

- $\text{taquiClave}, \text{numPedido} \rightarrow \text{taquiClave}, \text{numPedido}$

Entonces, por ser trivial no es candidata a ser violación y ya está en BCNF. En efecto, tenemos que $\text{taquiClave}, \text{numPedido}^+ = \{\text{taquiClave}, \text{numPedido}\}$, así que el lado izquierdo es superllave. ✓

■ **Mobiliario:** La única DF no trivial con que se cuenta es:

- $\text{idMueble} \rightarrow \text{tipo}$. Como tenemos que $\text{idMueble}^+ = \{\text{idMueble}, \text{tipo}\}$, se tiene que el lado izquierdo es superllave y no constituye una violación a BCNF. ✓

■ **Pedido:** Tenemos las DFs:

- $\text{numPedido} \rightarrow \text{idSucursal}, \text{fechaPedido}, \text{taquiClave}, \text{metodoPago}, \text{promocion}$.

Entonces ocurre que $\text{numPedido}^+ = \{\text{numPedido}, \text{idSucursal}, \text{fechaPedido}, \text{taquiClave}, \text{metodoPago}, \text{promocion}\}$, así que es superllave y no hay violación ✓

- $\text{fechaPedido} \rightarrow \text{promocion}$.

Entonces ocurre que $\text{fechaPedido}^+ = \{\text{fechaPedido}, \text{promocion}\}$. Hay violación ya que no cumple con alcanzar el resto de los atributos y por ende no es superllave. ✗

Tomando la violación, fraccionamos entonces en dos relaciones, ambas con el determinante de la DF que fue violación, la primera con los atributos determinados de la DF violación y la segunda con los que restan de la relación original. Nos queda así:

- **fechaPedPromo**(fechaPedido, promocion) con:

- $fechaPedido \rightarrow promocion$.

Tenemos que $fechaPedido^+ = \{fechaPedido, promocion\}$.
Entonces, el lado izquierdo es superllave y ya no hay violación ✓

- **Pedido**(numPedido, idSucursal, fechaPedido, taquiClave, metodoPago con:
 - $numPedido \rightarrow idSucursal, fechaPedido, taquiClave, metodoPago$

Como ocurre que $numPedido^+ = \{idSucursal, fechaPedido, taquiClave, metodoPago\}$ entonces el lado izquierdo es superllave y no hay violación.
✓

Y ya hemos normalizado la relación a BCNF.

- **Poseer**: La única DF que tenemos es la trivial:

- $taquiClave, idTransporte \rightarrow taquiClave, idTransporte$

Entonces, por ser trivial no es candidata a ser violación y ya está en BCNF. En efecto, tenemos que $taquiClave, idTransporte^+ = \{taquiClave, idTransporte\}$, así que el lado izquierdo es superllave. ✓

- **Producto**: Contamos con las DFs no triviales:

- $idProducto \rightarrow puntosOtorgar, nombre, precio, taquegoria$.
Se tiene que $idProducto^+ = \{idProducto, puntosOtorgar, nombre, precio, taquegoria\}$, así que el lado izquierdo es superllave y no es violación a la forma normal. ✓
- $nombre \rightarrow puntosOtorgar, idProducto, precio, taquegoria$.
Se tiene que $nombre^+ = \{nombre, puntosOtorgar, idProducto, precio, taquegoria\}$, así que el lado izquierdo es superllave y no es violación a la forma normal. ✓

Entonces ya estaba en BCNF.

- **ProductoLeyenda**: La única DF es la trivial es:

- $idProducto, leyenda \rightarrow idProducto leyenda$. Al ser trivial, entonces no es candidata a ser violación. EN efecto, tenemos que $idProducto, leyenda^+ = \{idProducto, leyenda\}$, por lo que el lado izquierdo es superllave. Está ya en BCNF. ✓

■ **Proveedor:** Tenemos las DFs:

- $RFC \rightarrow \text{razonSocial, inicioRelacion, email, telefono, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado}.$

Entonces ocurre que $RFC^+ = \{\text{razonSocial, inicioRelacion, email, telefono, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado}\}$, así que es superllave y no hay violación ✓

- $CP \rightarrow \text{estado}.$

Entonces ocurre que $CP^+ = \{CP, estado\}$. Hay violación ya que no cumple con alcanzar el resto de los atributos y por ende no es superllave. ✗

Tomando la violación, fraccionamos entonces en dos relaciones, ambas con el determinante de la DF que fue violación, la primera con los atributos determinados de la DF violación y la segunda con los que restan de la relación original. Nos queda así:

- **CPEdoProveedor**(CP, estado) con:
 - $CP \rightarrow \text{estado}.$

Tenemos que $CP^+ = \{CP, estado\}$. Entonces, el lado izquierdo es superllave y ya no hay violación ✓

- **Proveedor**(RFC, razonSocial, inicioRelacion, email, telefono, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado) con:
 - $RFC \rightarrow \text{razonSocial, inicioRelacion, email, telefono, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior}$

Como ocurre que $RFC^+ = \{RFC, \text{razonSocial, inicioRelacion, email, telefono, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior}\}$, entonces el lado izquierdo es superllave y no hay violación. ✓

Y ya hemos normalizado la relación a BCNF.

■ **ProveerIng:** La única DF no trivial es:

- $RFC, idIngrediente \rightarrow precio$.
Ocurre que ya está en BCNF porque el lado izquierdo es superllave como vemos por la cerradura $RFC, idIngrediente^+ = \{RFC, idIngrediente, precio\}$. ✓

■ **ProveerMob:** La única DF no trivial es:

- $RFC, idMueble \rightarrow precio$.
Ocurre que ya está en BCNF porque el lado izquierdo es superllave como vemos por la cerradura $RFC, idMueble^+ = \{RFC, idMueble, precio\}$.
✓

■ **Recomendar:** La única DF que tenemos es la trivial:

- $idProducto, idProductoSalsa \rightarrow idProducto, idProductoSalsa$

Entonces, por ser trivial no es candidata a ser violación y ya está en BCNF. En efecto, tenemos que $idProducto, idProductoSalsa^+ = \{idProducto, idProductoSalsa\}$, así que el lado izquierdo es superllave. ✓

■ **Salsa:** Contamos con las DFs no triviales:

- $idProducto \rightarrow nombre, presentacion, scoville$.
Se tiene que $idProducto^+ = \{idProducto, nombre, presentacion, scoville\}$, así que el lado izquierdo es superllave y no es violación a la forma normal. ✓
- $nombre \rightarrow idProducto, presentacion, scoville$.
Se tiene que $nombre^+ = \{nombre, idProducto, presentacion, scoville\}$, así que el lado izquierdo es superllave y no es violación a la forma normal. ✓

Entonces ya estaba en BCNF.

■ **Sucursal:** Tenemos las DFs:

- $idSucursal \rightarrow horaApertura, horaCierre, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, numExterior, estado$.

Entonces ocurre que $idSucursal^+ = \{idSucursal, horaApertura, horaCierre, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, numExterior, estado\}$, así que es superllave y no hay violación ✓

- $CP \rightarrow estado$.

Entonces ocurre que $CP^+ = \{CP, estado\}$. Hay violación ya que no cumple con alcanzar el resto de los atributos y por ende no es superllave. ✗

Tomando la violación, fraccionamos entonces en dos relaciones, ambas con el determinante de la DF que fue violación, la primera con los atributos determinados de la DF violación y la segunda con los que restan de la relación original. Nos queda así:

- **CPEdoSucursal**(CP, estado) con:
 - $CP \rightarrow estado$.

Tenemos que $CP^+ = \{CP, estado\}$. Entonces, el lado izquierdo es superllave y ya no hay violación ✓

- **Sucursal**(CP, idSucursal, horaApertura, horaCierre, municipio, colonia, calle, numInterior, numExterior) con:
 - $idSucursal \rightarrow horaApertura, horaCierre, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, numExterior$

Como ocurre que $idSucursal^+ = \{idSucursal, horaApertura, horaCierre, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, numExterior\}$, entonces el lado izquierdo es superllave y no hay violación. ✓

Y ya hemos normalizado la relación a BCNF.

- **SucursalTelefono**: La única DF no trivial es:

- $telefono \rightarrow idSucursal$.
Ocurre que $telefono^+ = \{telefono, idSucursal\}$. Como el lado izquierdo es una superllave de la relación, entonces se cumple con que no hay una violación a la forma normal y en consecuencia estaba ya en BCNF. ✓

- **Supervisar**: La única DF que tenemos es la trivial:

- $taquiClaveGerente, taquiClaveSupervisado \rightarrow taquiClaveGerente, taquiClaveSupervisado$

Entonces, por ser trivial no es candidata a ser violación y ya está en BCNF. En efecto, tenemos que $taquiClaveGerente, taquiClaveSupervisado^+ = \{taquiClaveGerente, taquiClaveSupervisado\}$, así que el lado izquierdo es superllave. ✓

■ **TacoRider:** La única DF con que se cuenta es:

- $taquiClave \rightarrow estaDisponible$.
Tenemos que $taquiClave^+ = \{taquiClave, estaDisponible\}$, por lo que el lado izquierdo es superllave y no constituye una violación a la forma normal. Estaba ya en BCNF. ✓

■ **Tener:** La única DF con que se cuenta es:

- $idProducto, idIngrediente \rightarrow cantidad$.
Tenemos que $idProducto, idIngrediente^+ = \{idProducto, idIngrediente, cantidad\}$, por lo que el lado izquierdo es superllave y no constituye una violación a la forma normal. Estaba ya en BCNF. ✓

■ **Transporte:** Las DFs no triviales son:

- $idTransporte \rightarrow tipo, marca, modelo$.
Como la cerradura es $idTransporte^+ = \{idTransporte, tipo, marca, modelo\}$, se cumple que el lado izquierdo es superllave y estaba ya en BCNF entonces. ✓

3.2. Relaciones Generadas

Entonces, en resumidas cuentas contamos con las siguientes relaciones luego de la normalización a BCNF obtenemos:

- **Cliente**(taquiClave, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, calle, municipio, colonia, numInterior, numExterior, CPnumPuntos, fechaPrimerVisita)
- **Conservar**(idHistorico, idProducto)
- **Contener**(numPedido, idProducto, cantidad)
- **CPEdoCliente**(CP, estado)
- **CPEdoEmpleado**(CP, estado)
- **CPEdoProveedor**(CP, estado)
- **CPEdoSurcursal**(CP, estado)

- **CURPFnacEmp**(CURP, fechaNac)
- **FechaPedPromo**(fechaPedido, promocion)
- **Dirigir**(taquiClave,idSucursal,fechaInicio)
- **Empleado**(taquiClave,email,telefono,nombre,apellidoPaterno,apellidoMaterno,calle,municipio,colonia,numInterior,numExterior,CP,CURP,RFC,tipo,tipoSangre,fechaContratacion, numEmergencia,salario,idSucursal)
- **Historico**(idHistorico,idProducto,precioPrevio,precioNuevo,fechaActualizacion)
- **Ingrediente**(idIngrediente,nombre,marca,cantidadExistencia,fechaCaducidad)
- **Licencia**(codigo,taquiClave)
- **Llevar**(numPedido,taquiClave)
- **Mobiliario**(idMueble,tipo)
- **Pedido**(numPedido,fechaPedido,taquiClave,metodoPago,idSucursal)
- **Poseer**(taquiClave,idTransporte)
- **Producto**(idProducto,puntoOtorgar,nombre,precio,taquegoria)
- **ProductoLeyenda**(idProducto,leyenda)
- **Proveedor**(RFC,razonSocial,calle,municipio,colonia,numInterior,numExterior,CP,email,inicioRelacion,telefono)
- **ProveerIng**(RFC,idIngrediente,precio)
- **ProveerMob**(RFC,idMueble,precio)
- **Recomendar**(idProducto,idProductoSalsa)
- **Salsa**(idProducto,scoville,presentacion)
- **Sucursal**(idSucursal,calle,municipio,colonia,numInterior,numExterior,CP,horaApertura,horaCierre)
- **SucursalTelefono**(idSucursal,telefono)
- **Supervisar**(taquiClaveGerente,taquiClaveSupervisado)
- **TacoRider**(taquiClave,estaDisponible)
- **Tener**(idProducto,idIngrediente,cantidad)
- **Transporte**(idTransporte,marca,modelo,tipo)

3.3. Diagrama de Clase UML

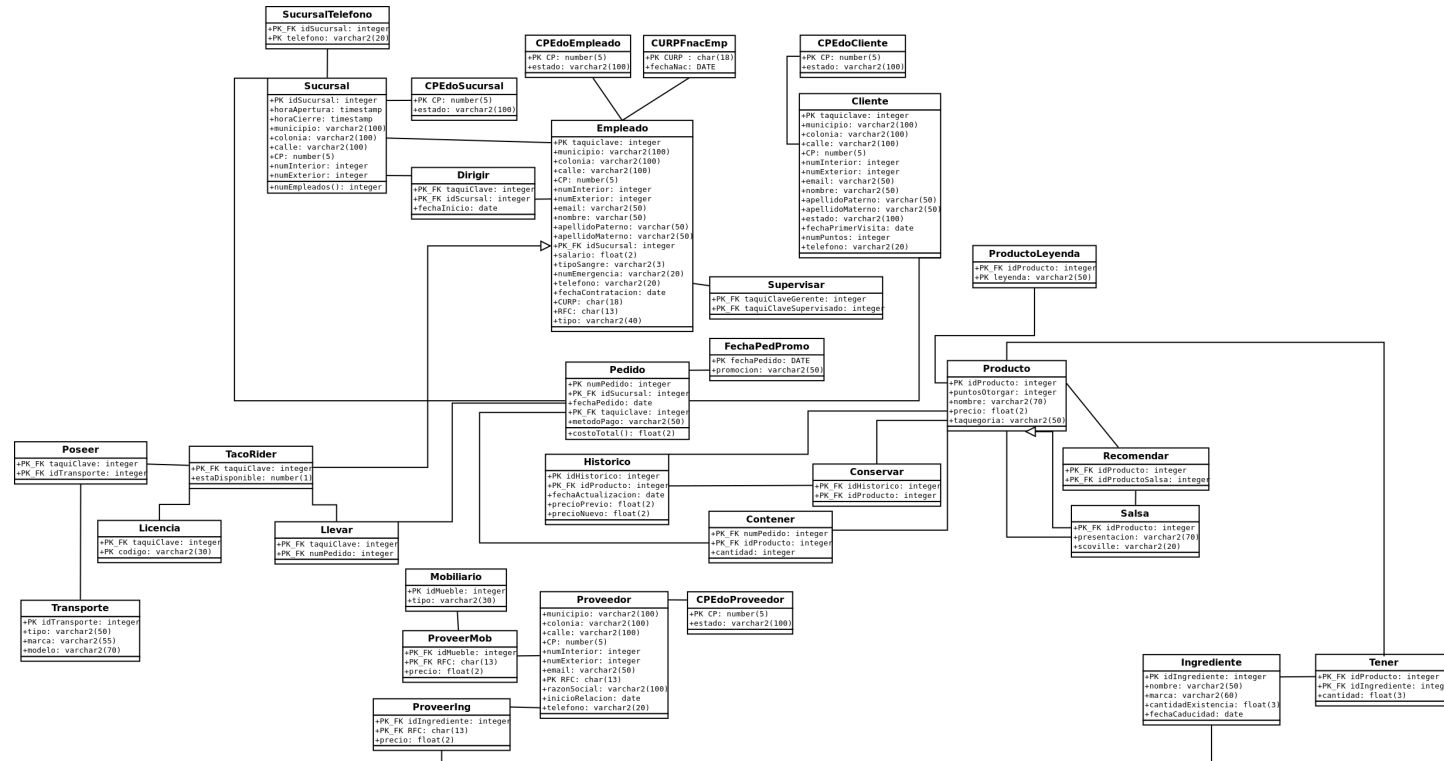


Figura 4: Modelo en forma normal Boyce-Codd.

4. Tercera Forma Normal (3NF)

4.1. Proceso de Normalización

Tomando como base el resultado de la normalización a segunda forma normal —que de hecho fue igual que nuestro modelo relacional original al no haber sufrido ninguna alteración—, vamos a normalizar a *tercera forma normal* como hubiéramos hecho en caso de haber perdido dependencias funcionales al tratar de llevar a la forma normal más rígida de BCNF, lo cual no fue nuestro caso.

Recordemos para este motivo brevemente que una relación R está en 3NF si ocurre que para toda DF no trivial $A_1, A_2, \dots, A_n \rightarrow B$ se tiene que (alguna o ambas):

- El lado izquierdo (A_1, A_2, \dots, A_n) es una superllave.
- El lado derecho, B , es miembro de alguna llave candidata de R .

Para poder normalizar, debemos seguir el siguiente algoritmo de síntesis revisado a profundidad en el curso:

1. Hacer F (el conjunto de dependencias funcionales) mínimo.
 2. Para toda DF en F mínimo:
 - a) Crear una relación que contenga sólo los atributos de las DF.
 - b) Eliminar un esquema si es subconjunto de otro.
 3. Si no existen esquemas que contengan llaves candidatas, crear una relación con esos atributos.
- **Cliente:** Tenemos las dependencias funcionales no triviales que constituyen el conjunto F son las que siguen:
 - $\text{taquiClave} \rightarrow \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{fechaPrimerVisita}, \text{numPuntos}$. No viola la forma normal porque el atributo *taquiClave* es una superllave ya que la cerradura permite alcanzar todos los atributos de la relación.

- $CP \rightarrow estado$. Viola la forma normal porque el lado derecho, no forma parte de una llave candidata. Esto se debe a que $estado^+ = \{estado\}$ y para ser llave candidata debería alcanzar a todos los atributos porque a partir del punto previo vimos que a partir de un solo atributo, *taquiClave*, sí se pueden alcanzar todos.

Entonces busquemos primero F mínimo. Potencialmente puede haber atributos superfluos por la derecha de la primera DF. VEamos si los hay:

- ¿*email* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{taquiClave \rightarrow telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos, CP \rightarrow estado\}$. Si obtenemos la cerradura $taquiClave^+ = \{taquiClave, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos\}$, pero no tiene a *email* como elemento, así que no es superfluo por la derecha.
- ¿*telefono* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{taquiClave \rightarrow email, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos, CP \rightarrow estado\}$. Si obtenemos la cerradura $taquiClave^+ = \{taquiClave, email, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos\}$, pero no tiene a *telefono* como elemento, así que no es superfluo por la derecha.
- ¿*nombre* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{taquiClave \rightarrow email, telefono, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos, CP \rightarrow estado\}$. Si obtenemos la cerradura $taquiClave^+ = \{taquiClave, email, telefono, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos\}$, pero no tiene a *nombre* como elemento, así que no es superfluo por la derecha.
- ¿*apellidoPaterno* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{taquiClave \rightarrow email, telefono, nombre, apellidoMaterno, municipio,$

colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos, CP → estado}. Si obtenemos la cerradura $\text{taquiClave}^+ = \{\text{taquiClave}, \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{fechaPrimerVisita}, \text{numPuntos}\}$, pero no tiene a *apellidoPaterno* como elemento, así que no es superfluo por la derecha.

- ¿*apellidoMaterno* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{\text{taquiClave} \rightarrow \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{fechaPrimerVisita}, \text{numPuntos}, \text{CP} \rightarrow \text{estado}\}$. Si obtenemos la cerradura $\text{taquiClave}^+ = \{\text{taquiClave}, \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{fechaPrimerVisita}, \text{numPuntos}\}$, pero no tiene a *apellidoMaterno* como elemento, así que no es superfluo por la derecha.
- ¿*municipio* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{\text{taquiClave} \rightarrow \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{fechaPrimerVisita}, \text{numPuntos}, \text{CP} \rightarrow \text{estado}\}$. Si obtenemos la cerradura $\text{taquiClave}^+ = \{\text{taquiClave}, \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{fechaPrimerVisita}, \text{numPuntos}\}$, pero no tiene a *municipio* como elemento, así que no es superfluo por la derecha.
- ¿*colonia* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{\text{taquiClave} \rightarrow \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{fechaPrimerVisita}, \text{numPuntos}, \text{CP} \rightarrow \text{estado}\}$. Si obtenemos la cerradura $\text{taquiClave}^+ = \{\text{taquiClave}, \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{fechaPrimerVisita}, \text{numPuntos}\}$, pero no tiene a *colonia* como elemento, así que no es superfluo por la derecha.
- ¿*calle* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{\text{taquiClave} \rightarrow \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{fechaPrimerVisita}, \text{numPuntos}, \text{CP} \rightarrow \text{estado}\}$. Si obtenemos la cerradura $\text{taquiClave}^+ = \{\text{taquiClave}, \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre},$

apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, CP, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos}, pero no tiene a *calle* como elemento, así que no es superfluo por la derecha.

- ¿*CP* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{taquiClave \rightarrow email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos, CP \rightarrow estado\}$. Si obtenemos la cerradura $taquiClave^+ = \{taquiClave, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, numeroInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos\}$, pero no tiene a *CP* como elemento, así que no es superfluo por la derecha.
- ¿*numInterior* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{taquiClave \rightarrow email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos, CP \rightarrow estado\}$. Si obtenemos la cerradura $taquiClave^+ = \{taquiClave, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos\}$, pero no tiene a *numInterior* como elemento, así que no es superfluo por la derecha.
- ¿*numExterior* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{taquiClave \rightarrow email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos, CP \rightarrow estado\}$. Si obtenemos la cerradura $taquiClave^+ = \{taquiClave, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, estado, fechaPrimerVisita, numPuntos\}$, pero no tiene a *numExterior* como elemento, así que no es superfluo por la derecha.
- ¿*fechaPrimerVisita* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{taquiClave \rightarrow email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, numExterior, estado, numPuntos, CP \rightarrow estado\}$. Si obtenemos la cerradura $taquiClave^+ = \{taquiClave, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, numExterior, estado, numPuntos\}$, pero no tiene a *fechaPrimerVisita* como elemento,

así que no es superfluo por la derecha.

- ¿*numPuntos* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{taquiClave \rightarrow email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, CP \rightarrow estado\}$. Si obtenemos la cerradura $taquiClave^+ = \{taquiClave, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita\}$, pero no tiene a *numPuntos* como elemento, así que no es superfluo por la derecha.
- ¿*estado* es superfluo por la derecha? Tenemos en este caso $F' = \{taquiClave \rightarrow email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita, CP \rightarrow estado\}$. Si obtenemos la cerradura $taquiClave^+ = \{taquiClave, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, numExterior, estado, fechaPrimerVisita\}$, y veamos que en este caso tiene a *estado* como elemento, así que **sí** es superfluo por la derecha.

Por tanto, el conjunto F mínimo (cada lado izquierdo de las DFs es único y ya no hay atributos superfluos) tiene como DFs:

- $taquiClave \rightarrow email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, fechaPrimerVisita, numPuntos$
- $CP \rightarrow estado$

Entonces procedemos a crear relaciones para cada DF con los atributos que aparezcan en ésta. Obtenemos:

- **Cliente**(taquiClave, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, fechaPrimerVisita, numPuntos)
- **CPEdoCliente**(CP, estado)

El primer esquema contiene a la llave candidata *taquiClave*, así que no debemos añadir nuevas relaciones. Además, ningún esquema es subconjunto de otro. Hemos normalizado a *tercera forma normal* la relación.

A partir de este punto especificaremos directamente cuando existan atributos que sean superfluos por la izquierda o derecha y verificaremos que en efecto lo son; para aquellos que no lo sean, dejamos el proceso de revisión al lector ya que son análogos al que se hizo en este caso y es fácil ver que no lo serán ya que en casi todos los casos de nuestro modelo ocurrirán casos muy similares puesto que las llaves candidatas son las llaves primarias de la relación conformadas por —casi siempre— un único atributo.

- **Conservar:** La única DF es la trivial:

- $\text{idProducto}, \text{idHistorico} \rightarrow \text{idProducto}, \text{idHistorico}$.

Al ser trivial, se sigue directamente que no es candidata a ser violación a la forma normal, así que está ya en *tercera forma normal* la relación.

- **Contener:** La única DF no trivial es:

- $\text{numPedido}, \text{idProducto} \rightarrow \text{cantidad}$. Como ocurre que el lado izquierdo es superllave ya que $\text{numPedido}, \text{idProducto}^+ = \{\text{numPedido}, \text{idProducto}, \text{cantidad}\}$, entonces no constituye una violación a la forma normal.

La relación se encuentra ya en *tercera forma normal*.

- **Dirigir:** La única DF no trivial es:

- $\text{idSucursal}, \text{taquiClave} \rightarrow \text{fechaInicio}$. Como ocurre que el lado izquierdo es superllave ya que $\text{idSucursal}, \text{taquiClave}^+ = \{\text{idSucursal}, \text{taquiClave}, \text{fechaInicio}\}$, entonces no constituye una violación a la forma normal.

La relación se encuentra ya en *tercera forma normal*.

- **Empleado:** Las DFs que constituyen *F* no triviales son:

- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{idSucursal}, \text{salario}, \text{email}, \text{telefono}, \text{nombre}, \text{apellidoPaterno}, \text{apellidoMaterno}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}, \text{CURP}, \text{tipoSangre}, \text{numEmergencia}, \text{fechaNac}, \text{tipo}, \text{RFC}, \text{fechaContratacion}$. No es una violación porque el lado izquierdo es una superllave ya que su cerradura permite alcanzar a todos los atributos de la relación.

- $CP \rightarrow estado$. Ocurre que el código postal no es una superllave y que $estado^+ = \{estado\}$, así que no forma parte de una llave candidata porque ya vimos que una llave de la relación consta de un único atributo. Por ende, es una violación de la forma normal.
- $CURP \rightarrow fechaNac$. Ocurre que el CURP no es una superllave y que $fechaNac^+ = \{fechaNac\}$, así que no forma parte de una llave candidata porque ya vimos que una llave de la relación consta de un único atributo. Por ende, es una violación de la forma normal.

Procedemos entonces a buscar el conjunto F mínimo. Solamente hay candidatos a atributos superfluos por la derecha a partir de la primera dependencia funcional. Es además sencillo ver que $idSucursal$, $salario$, $email$, $telefono$, $nombre$, $apellidoPaterno$, $apellidoMaterno$, $municipio$, $colonia$, $calle$, CP , $numeroInterior$, $numExterior$, $CURP$, $tipoSangre$, $numEmergencia$, $tipo$, RFC y $fechaContratacion$ no son atributos superfluos por la derecha ya que a partir de la cerradura $taquiClave^+$ al no considerarlos del lado derecho, es imposible alcanzarlos con las DFs que quedan en F' . Por otro lado, de igual forma vemos que $estado$ y $fechaNac$ sí son superfluos por la derecha ya que es posible alcanzarlos a partir del CP y el $CURP$ de la segunda y tercera DF, respectivamente.

Conb esto, el conjunto de DF F mínimo que no tiene atributos superfluos y cada lado izquierdo es distinto estaría conformado por las siguientes DFs:

- $taquiClave \rightarrow idSucursal, salario, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, CURP, tipoSangre, numEmergencia, tipo, RFC, fechaContratacion$.
- $CP \rightarrow estado$.
- $CURP \rightarrow fechaNac$.

Luego, procedemos a crear una relación que tenga como atributos a los lados izquierdos y derechos de las DFs que nos quedaron:

- **Empleado**(taquiClave, $idSucursal$, $salario$, $email$, $telefono$, $nombre$, $apellidoPaterno$, $apellidoMaterno$, $municipio$, $colonia$, $calle$, CP , $numeroInterior$, $numExterior$, $CURP$, $tipoSangre$, $numEmergencia$, $tipo$, RFC , $fechaContratacion$)

- **CPEdoEmpleado**(CP,estado)
- **CURPFnacEmp**(CURP,fechaNac)

Ningún esquema es subconjunto de otro y el primero ya contiene a la llave candidata *taquiClave*, así que no es necesario crear ninguna más. Hemos normalizado la relación a *tercera forma normal*.

- **Histórico:** Veamos que se encuentra ya en *tercera forma normal*. Las DFs no triviales son:
 - $\text{idHistorico} \rightarrow \text{idProducto}, \text{fechaActualizacion}, \text{precioPrevio}, \text{precioNuevo}$. Vemos que el lado izquierdo es en efecto superllave pues $\text{idHistorico}^+ = \{\text{idHistorico}, \text{idProducto}, \text{fechaActualizacion}, \text{precioPrevio}, \text{precioNuevo}\}$. Entonces no constituye una violación a la forma normal.
- **Ingrediente:** Ya está en *tercera forma normal* como vemos por las DFs del conjunto F :
 - $\text{idIngrediente} \rightarrow \text{nombre}, \text{marca}, \text{cantidadExistencia}, \text{fechaCaducidad}$. Es el lado izquierdo una superllave, pues $\text{idIngrediente}^+ = \{\text{idIngrediente}, \text{nombre}, \text{marca}, \text{cantidadExistencia}, \text{fechaCaducidad}\}$. Entonces cumple con la primer posibilidad para no constituir una violación.
 - $\text{nombre} \rightarrow \text{idIngrediente}, \text{marca}, \text{cantidadExistencia}, \text{fechaCaducidad}$. Es el lado izquierdo una superllave, pues $\text{nombre}^+ = \{\text{nombre}, \text{idIngrediente}, \text{marca}, \text{cantidadExistencia}, \text{fechaCaducidad}\}$. Entonces cumple con la primer posibilidad para no constituir una violación.
- **Licencia:** La única DF no trivial es:
 - $\text{codigo} \rightarrow \text{taquiClave}$. Vemos que $\text{codigo}^+ = \{\text{codigo}, \text{taquiClave}\}$. Entonces el lado izquierdo es superllave y no es una violación.

Entonces, se encuentra ya en *tercera forma normal*.

- **Llevar:** La única DF es la trivial:
 - $\text{taquiClave}, \text{numPedido} \rightarrow \text{taquiClave}, \text{numPedido}$.

Al ser trivial, se sigue directamente que no es candidata a ser violación a la forma normal, así que está ya en *tercera forma normal* la relación.

■ **Mobiliario:** La única DF no trivial es:

- $\text{idMueble} \rightarrow \text{tipo}$. Se tiene que $\text{idMueble}^+ = \{\text{idMueble}, \text{tipo}\}$, así que el lado izquierdo es superllave.

Como se cumple una de las dos condiciones, no constituye una violación a la forma normal y estaba ya en *tercera forma normal*.

■ **Pedido:** Las DFs no triviales que forman parte del conjunto F son:

- $\text{numPedido} \rightarrow \text{idSucursal}, \text{fechaPedido}, \text{taquiClave}, \text{metodoPago}, \text{promocion}$. Tenemos que $\text{numPedido}^+ = \{\text{numPedido}, \text{idSucursal}, \text{fechaPedido}, \text{taquiClave}, \text{metodoPago}, \text{promocion}\}$, por lo que es superllave el lado izquierdo y no es una violación a la 3NF.
- $\text{fechaPedido} \rightarrow \text{promocion}$. El lado izquierdo no es una superllave y además el lado derecho no forma parte de una llave candidata porque ya vimos antes que una llave de la relación está conformada por un único atributo y además $\text{promocion}^+ = \{\text{promocion}\}$. Entonces, es una violación a la forma normal.

Comenzamos entonces encontrando el conjunto F mínimo. Solamente puede haber atributos superfluos por la derecha a partir de la primera DF. Es sencillo ver que idSucursal , fechaPedido , taquiClave , metodoPago no son atributos superfluos por la derecha, pues al tratar de obtener la cerradura numPedido^+ con las DFs que quedan de quitarlos, es imposible alcanzarlos con las DFs resultantes de F' . Por otro lado, es posible alcanzar promocion al quitarlo de la primera DF porque en la segunda tenemos que $\text{fechaPedido} \rightarrow \text{promocion}$. Por ende, promocion es un atributo superfluo por la derecha.

Obtenemos entonces que el conjunto F mínimo está constituido por:

- $\text{numPedido} \rightarrow \text{idSucursal}, \text{fechaPedido}, \text{taquiClave}, \text{metodoPago}$
- $\text{fechaPedido} \rightarrow \text{promocion}$.

Creamos luego esquemas con los atributos de estas DFs:

- **Pedido**(numPedido, idSucursal, fechaPedido, taquiClave, metodoPago)

- **FechaPedPromo**(fechaPedido,promocion)

En la primera ya está incluida una llave candidata, así que no hay que crear nuevos esquemas. Ninguno es subconjunto de otro, así que ya hemos normalizado a *tercera forma normal*.

- **Poseer**: La única DF es la trivial:

- $\text{taquiClave, idTransporte} \rightarrow \text{taquiClave, idTransporte}$

Al ser trivial, se sigue directamente que no es candidata a ser violación a la forma normal, así que está ya en *tercera forma normal* la relación.

- **Producto**: Ya está en *tercera forma normal* como vemos por las DFs del conjunto F :

- $\text{idProducto} \rightarrow \text{puntosOtorgar, nombre, precio, taquegoria}$. Es el lado izquierdo una superllave, pues $\text{idProducto}^+ = \{\text{idProducto, puntosOtorgar, nombre, precio, taquegoria}\}$. Entonces cumple con la primer posibilidad para no constituir una violación.
- $\text{nombre} \rightarrow \text{puntosOtorgar, idProducto, precio, taquegoria}$. Es el lado izquierdo una superllave, pues $\text{nombre}^+ = \{\text{nombre, puntosOtorgar, idProducto, precio, taquegoria}\}$. Entonces cumple con la primer posibilidad para no constituir una violación.

- **ProductoLeyenda**: La única DF es la trivial:

- $\text{idProducto, leyenda} \rightarrow \text{idProducto, leyenda}$

Al ser trivial, se sigue directamente que no es candidata a ser violación a la forma normal, así que está ya en *tercera forma normal* la relación.

- **Proveedor**: Las DFs que constituyen F no triviales son:

- $\text{RFC} \rightarrow \text{razonSocial, inicioRelacion, email, telefono, municipio, colonia, calle, CP, numeroInterior, numExterior, estado}$. No es una violación porque el lado izquierdo es una superllave ya que su cerradura permite alcanzar a todos los atributos de la relación.
- $\text{CP} \rightarrow \text{estado}$. Ocurre que el código postal no es una superllave y que $\text{estado}^+ = \{\text{estado}\}$, así que no forma parte de una llave candidata porque ya vimos que una llave de la relación consta de un único atributo. Por ende, es una violación de la forma normal.

Procedemos entonces a buscar el conjunto F mínimo. Solamente hay candidatos a atributos superfluos por la derecha a partir de la primera dependencia funcional. Es además sencillo ver que `razonSocial`, `inicioRelacion`, `email`, `telefono`, `municipio`, `colonia`, `calle`, `CP`, `numeroInterior`, y `numExterior` no son atributos superfluos por la derecha ya que a partir de la cerradura RFC^+ al no considerarlos del lado derecho, es imposible alcanzarlos con las DFs que quedan en F' . Por otro lado, de igual forma vemos que *estado* sí es superfluo por la derecha ya que es posible alcanzarlo a partir del *CP* en la otra DF de F' .

Con esto, el conjunto de DF F mínimo que no tiene atributos superfluos y cada lado izquierdo es distinto estaría conformado por las siguientes DFs:

- $RFC \rightarrow \text{razonSocial}, \text{inicioRelacion}, \text{email}, \text{telefono}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numeroInterior}, \text{numExterior}$
- $CP \rightarrow \text{estado}$.

Luego, procedemos a crear una relación que tenga como atributos a los lados izquierdos y derechos de las DFs que nos quedaron:

- **Proveedor**(RFC, `razonSocial`, `inicioRelacion`, `email`, `telefono`, `municipio`, `colonia`, `calle`, `CP`, `numeroInterior`, `numExterior`)
- **CPEdoProveedor**(CP, `estado`)

Ningún esquema es subconjunto de otro y el primero ya contiene a la llave candidata *RFC*, así que no es necesario crear ninguna más. Hemos normalizado la relación a *tercera forma normal*.

- **ProveerIng**: La única DF no trivial es:
 - $RFC, idIngrediente \rightarrow \text{precio}$. Vemos que el lado izquierdo es una superllave y por tanto no constituye una violación a la forma normal, pues $RFC, idIngrediente^+ = \{RFC, idIngrediente, precio\}$

Entonces está ya en *tercera forma normal*.

- **ProveerMob**: La única DF no trivial es:
 - $RFC, idMueble \rightarrow \text{precio}$. Vemos que el lado izquierdo es una superllave y por tanto no constituye una violación a la forma normal, pues $RFC, idMueble^+ = \{RFC, idMueble, precio\}$

Entonces está ya en *tercera forma normal*.

- **Recomendar:** La única DF es la trivial:

- $\text{idProducto}, \text{idProductoSalsa} \rightarrow \text{idProducto}, \text{idProductoSalsa}$

Al ser trivial, se sigue directamente que no es candidata a ser violación a la forma normal, así que está ya en *tercera forma normal* la relación.

- **Salsa:** Ya está en *tercera forma normal* como vemos por las DFs del conjunto F :

- $\text{idProducto} \rightarrow \text{nombre}, \text{presentacion}, \text{scoville}$. Es el lado izquierdo una superllave, pues $\text{idProducto}^+ = \{\text{idProducto}, \text{nombre}, \text{presentacion}, \text{scoville}\}$. Entonces cumple con la primer posibilidad para no constituir una violación.
- $\text{nombre} \rightarrow \text{idProducto}, \text{presentacion}, \text{scoville}$. Es el lado izquierdo una superllave, pues $\text{nombre}^+ = \{\text{nombre}, \text{idProducto}, \text{presentacion}, \text{scoville}\}$. Entonces cumple con la primer posibilidad para no constituir una violación.

- **Sucursal:** Las DFs que constituyen F no triviales son:

- $\text{idSucursal} \rightarrow \text{horaApertura}, \text{horaCierre}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numInterior}, \text{numExterior}, \text{estado}$. No es una violación porque el lado izquierdo es una superllave ya que su cerradura permite alcanzar a todos los atributos de la relación.
- $\text{CP} \rightarrow \text{estado}$. Ocurre que el código postal no es una superllave y que $\text{estado}^+ = \{\text{estado}\}$, así que no forma parte de una llave candidata porque ya vimos que una llave de la relación consta de un único atributo. Por ende, es una violación de la forma normal.

Procedemos entonces a buscar el conjunto F mínimo. Solamente hay candidatos a atributos superfluos por la derecha a partir de la primera dependencia funcional. Es además sencillo ver que horaApertura , horaCierre , municipio , colonia , calle , CP , numInterior y numExterior no son atributos superfluos por la derecha ya que a partir de la cerradura idSucursal^+ al no considerarlos del lado derecho, es imposible alcanzarlos con las DFs que quedan en F' . Por otro lado, de igual forma

vemos que *estado* sí es superfluo por la derecha ya que es posible alcanzarlo a partir del *CP* en la otra DF de *F'*.

Con esto, el conjunto de DF *F* mínimo que no tiene atributos superfluos y cada lado izquierdo es distinto estaría conformado por las siguientes DFs:

- $\text{idSucursal} \rightarrow \text{horaApertura}, \text{horaCierre}, \text{municipio}, \text{colonia}, \text{calle}, \text{CP}, \text{numInterior}, \text{numExterior}$
- $\text{CP} \rightarrow \text{estado}$.

Luego, procedemos a crear una relación que tenga como atributos a los lados izquierdos y derechos de las DFs que nos quedaron:

- **Sucursal**(idSucursal, horaApertura, horaCierre, municipio, colonia, calle, CP, numInterior, numExterior)
- **CPEdoSucursal**(CP, estado)

Ningún esquema es subconjunto de otro y el primero ya contiene a la llave candidata *idSucursal*, así que no es necesario crear ninguna más. Hemos normalizado la relación a *tercera forma normal*.

- **SucursalTelefono**: La llave de la relación se constituye por *telefono*. Las DFs no triviales son:

- $\text{telefono} \rightarrow \text{idSucursal}$. Como $\text{telefono}^+ = \{\text{telefono}, \text{idSucursal}\}$, entonces el lado izquierdo es superllave y no constituye una violación a la 3NF.

Estaba ya en *tercera forma normal*.

- **Supervisar**: La única DF es la trivial:

- $\text{taquiClaveGerente}, \text{taquiClaveSupervisado} \rightarrow \text{taquiClaveGerente}, \text{taquiClaveSupervisado}$

Al ser trivial, se sigue directamente que no es candidata a ser violación a la forma normal, así que está ya en *tercera forma normal* la relación.

- **TacoRider**: La única DF no trivial es:

- $\text{taquiClave} \rightarrow \text{estaDisponible}$. Así que al ser el lado izquierdo superllave pues $\text{taquiClave}^+ = \{\text{taquiClave}, \text{estaDisponible}\}$, entonces no es una violación a la forma normal.

Ya estaba entonces en *tercera forma normal*.

- **Tener:** La única DF no trivial es:

- $\text{idProducto}, \text{idIngrediente} \rightarrow \text{cantidad}$. Como $\text{idProducto}, \text{idIngrediente}^+ = \{\text{idProducto}, \text{idIngrediente}, \text{cantidad}\}$, entonces el lado izquierdo es superllave y no hay ninguna violación a la forma normal.

Estaba ya la relación en *tercera forma normal*.

- **Transporte:** La única DF no trivial es:

- $\text{idTransporte} \rightarrow \text{tipo}, \text{marca}, \text{modelo}$. Como $\text{idTransporte}^+ = \{\text{idTransporte}, \text{tipo}, \text{marca}, \text{modelo}\}$, entonces el lado izquierdo es superllave y no hay ninguna violación a la forma normal.

Estaba ya la relación en *tercera forma normal*.

Vemos que el modelo nos quedó exactamente como estaba en la forma normal de Boyce-Codd al normalizar.

4.2. Relaciones Generadas

Entonces, en resumidas cuentas contamos con las siguientes relaciones luego de la normalización a 3NF obtenemos:

- **Cliente**(taquiClave, email, telefono, nombre, apellidoPaterno, apellidoMaterno, calle, municipio, colonia, numInterior, numExterior, CPnumPuntos, fechaPrimerVisita)
- **Conservar**(idHistorico, idProducto)
- **Contener**(numPedido, idProducto, cantidad)
- **CPEdoCliente**(CP, estado)
- **CPEdoEmpleado**(CP, estado)
- **CPEdoProveedor**(CP, estado)
- **CPEdoSurcursal**(CP, estado)
- **CURPFnacEmp**(CURP, fechaNac)

- **FechaPedPromo**(fechaPedido, promocion)
- **Dirigir**(taquiClave,idSucursal,fechaInicio)
- **Empleado**(taquiClave,email,telefono,nombre,apellidoPaterno,apellidoMaterno,calle,municipio,colonia,numInterior,numExterior,CP,CURP,RFC,tipo,tipoSangre,fechaContratacion, numEmergencia,salario,idSucursal)
- **Historico**(idHistorico,idProducto,precioPrevio,precioNuevo,fechaActualizacion)
- **Ingrediente**(idIngrediente,nombre,marca,cantidadExistencia,fechaCaducidad)
- **Licencia**(codigo,taquiClave)
- **Llevar**(numPedido,taquiClave)
- **Mobiliario**(idMueble,tipo)
- **Pedido**(numPedido,fechaPedido,taquiClave,metodoPago,idSucursal)
- **Poseer**(taquiClave,idTransporte)
- **Producto**(idProducto,puntoOtorgar,nombre,precio,taquegoria)
- **ProductoLeyenda**(idProducto,leyenda)
- **Proveedor**(RFC,razonSocial,calle,municipio,colonia,numInterior,numExterior,CP,email,inicioRelacion,telefono)
- **ProveerIng**(RFC,idIngrediente,precio)
- **ProveerMob**(RFC,idMueble,precio)
- **Recomendar**(idProducto,idProductoSalsa)
- **Salsa**(idProducto,scoville,presentacion)
- **Sucursal**(idSucursal,calle,municipio,colonia,numInterior,numExterior,CP,horaApertura,horaCierre)
- **SucursalTelefono**(idSucursal,telefono)
- **Supervisar**(taquiClaveGerente,taquiClaveSupervisado)
- **TacoRider**(taquiClave,estaDisponible)
- **Tener**(idProducto,idIngrediente,cantidad)
- **Transporte**(idTransporte,marca,modelo,tipo)

4.3. Diagrama de Clase UML

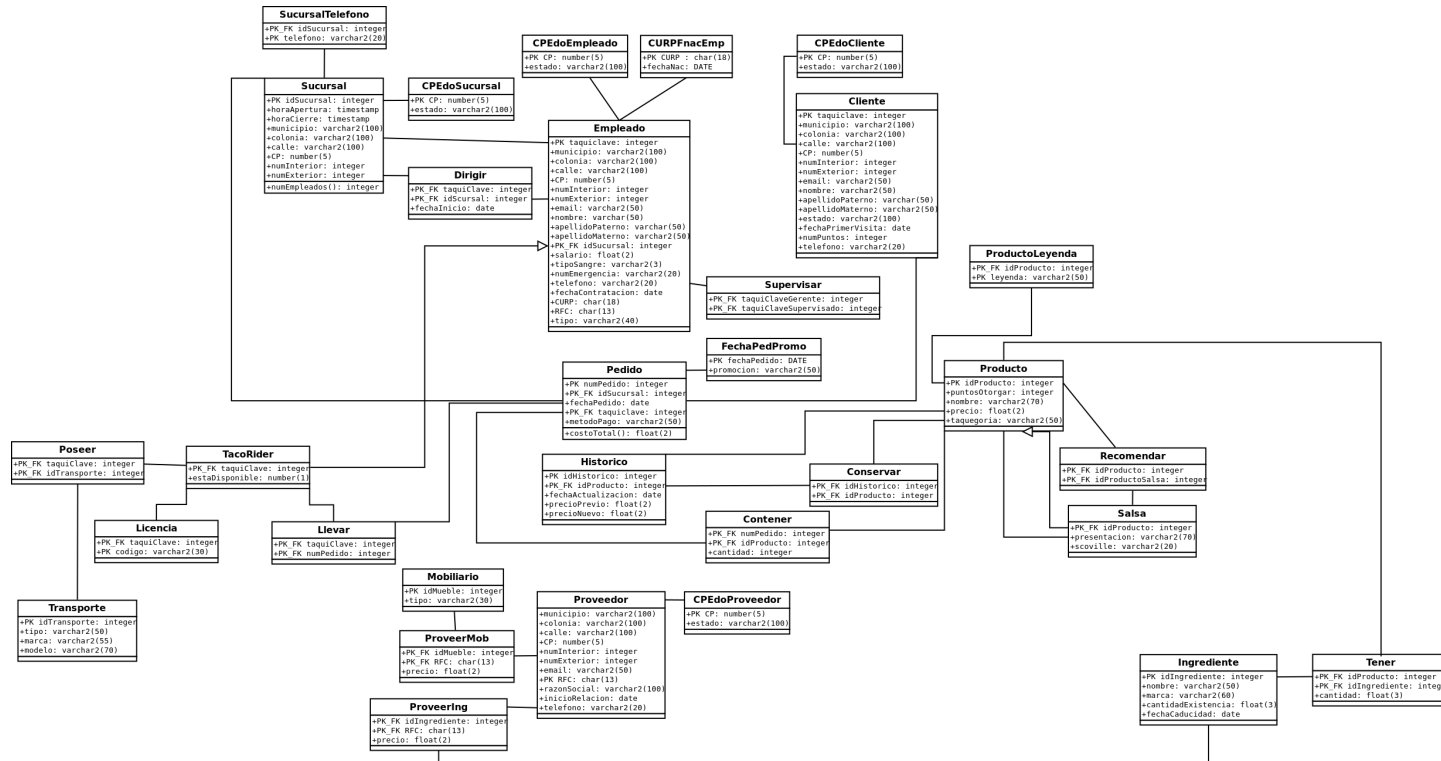


Figura 5: Modelo en tercera forma normal (coincidió con el de BCNF).

Referencias

- [1] *Normalización*, Avilés Rosas Gerardo. UNAM, Facultad de Ciencias, págs. 1-51.