

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FUNDAMENTOS DE BASES DE DATOS  
PROYECTO FINAL  
DEPENDENCIAS Y NORMALIZACIÓN

December 10, 2018

## 1 Simbología

Para facilitar la declaración de las dependencias funcionales así como del proceso de normalización, asignaremos una letra a cada atributo involucrado de la siguiente manera:

- |                                       |                                           |
|---------------------------------------|-------------------------------------------|
| • <b>A:</b> <i>num_licencia</i>       | • <b>R:</b> <i>razon_social</i>           |
| • <b>B:</b> <i>id_direccion</i>       | • <b>S:</b> telefono                      |
| • <b>C:</b> nombres                   | • <b>T:</b> <i>tipo_seguro</i>            |
| • <b>D:</b> paterno                   | • <b>U:</b> <i>que_cubre</i>              |
| • <b>E:</b> materno                   | • <b>V:</b> <i>num_economico</i>          |
| • <b>F:</b> <i>correo_electronico</i> | • <b>W:</b> <i>num_pasajeros</i>          |
| • <b>G:</b> <i>fecha_ingreso</i>      | • <b>X:</b> marca                         |
| • <b>H:</b> foto                      | • <b>Y:</b> modelo                        |
| • <b>I:</b> <i>es_dueno</i>           | • <b>Z:</b> año                           |
| • <b>J:</b> rfc                       | • <b>Aa:</b> <i>llantas_refaccion</i>     |
| • <b>K:</b> celular                   | • <b>Ab:</b> <i>estandar_o_automatico</i> |
| • <b>L:</b> calle                     | • <b>Ac:</b> <i>num_cilindros</i>         |
| • <b>M:</b> numero                    | • <b>Ad:</b> <i>capacidad_tanque</i>      |
| • <b>N:</b> delegacion                | • <b>Ae:</b> <i>gasolina_o_hibrido</i>    |
| • <b>O:</b> estado                    | • <b>Af:</b> <i>num_puertas</i>           |
| • <b>P:</b> CP                        | • <b>Ag:</b> <i>fecha_alta</i>            |
| • <b>Q:</b> <i>id_aseguradora</i>     | • <b>Ah:</b> <i>fecha_baja</i>            |
|                                       | • <b>Ai:</b> <i>razon_baja</i>            |
|                                       | • <b>Ba:</b> <i>id_cliente</i>            |

- **Bb:** *telefono\_casa*
- **Bc:** *num\_viajes*
- **Bd:** *hora\_entrada*
- **Be:** *hora\_salida*
- **Bf:** instituto
- **Bg:** facultad
- **Bh:** unidad
- **Ca:** *id\_viaje*
- **Cb:** *dentro\_CU*
- **Cc:** fecha
- **Cd:** tiempo
- **Ce:** distancia
- **Cf:** costo
- **Da:** origen
- **Db:** destino
- **Ea:** *id\_infraccion*
- **Eb:** *monto\_a\_pagar*
- **Ec:** *placa\_agente*
- **Ed:** lugar
- **Ee:** hora
- **Ef:** razon

## 2 Dependencias Funcionales

Para empezar con la normalización, necesitamos conocer las dependencias funcionales dadas por las reglas de negocio del proyecto; las cuales son:

- $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J$ , correspondiente a la tabla Choferes
- $A \rightarrow K$ , correspondiente a la tabla Celular
- $B \rightarrow L, M, N, O, P$ , correspondiente a la tabla Direccion
- $Q \rightarrow R, F, S, T, U$ , correspondiente a la tabla Aseguradora
- $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$ , correspondiente a la tabla Vehículo
- $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf$ , correspondiente la tabla Académico
- $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bg$ , correspondiente a la tabla Alumno
- $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bh$ , correspondiente a la tabla Trabajador
- $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$ , correspondiente a la tabla Viaje
- $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$ , correspondiente a la tabla Solicitar
- $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$ , correspondiente a la tabla Infracción

Y por regla de la unión, perteneciente a las reglas de inferencia de Armstrong, este conjunto de dependencias funcionales, que llamaremos F, está constituido por:

- $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- $Q \rightarrow R, F, S, T, U$
- $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$

- $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$
- $A, V \rightarrow A, V$

Y nuestra R es:

$R(A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, Ba, Bb, Bc, Bd, Be, Bf, Bg, Bh, Ca, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf, Da, Db, Ea, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef)$ .

### 3 Normalización 3NF

Para empezar a calcular nuestro  $F_{min}$ , calcularemos las cerraduras de las llaves de cada dependencia funcional:

$\{A\}^+ = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P\}$   
 $\{B\}^+ = \{B, L, M, N, O, P\}$   
 $\{Q\}^+ = \{Q, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}$   
 $\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}$   
 $\{Ba\}^+ = \{Ba, B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh, L, M, N, O, P\}$   
 $\{Ca\}^+ = \{Ca, A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, R, S, T, U\}$   
 $\{Ba, Ca\}^+ = \{Ba, Ca, Da, Db, B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh, L, M, N, O, P, A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf, G, I, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, R, S, T, U\}$   
 $\{Ea\}^+ = \{A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai\}$   
 $\{A, V\}^+ = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai\}$

Por lo que la llave de R es  $\{Ba, Ca, Ea\}$ , ya que sus cerraduras engloban todos los atributos, y deducimos que todas las dependencias son violaciones a la Tercera Forma Normal.

Comenzaremos revisando si las dependencias funcionales poseen atributos superfluos:

- $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$ 
    - ¿B es superfluo?  $\Rightarrow A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- F':
- \*  $A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$
  - \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
  - \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
  - \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
  - \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
  - \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
  - \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
  - \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de A:

$\{A\}^+ = \{A, C, D, E, F, G, H, I, J, K\}$ . Como B no aparece, entonces B no es superfluo.

- ¿C es superfluo?  $\Rightarrow A \rightarrow B, D, E, F, G, H, I, J, K$

F':

- \*  $A \rightarrow B, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de A:

$\{A\}^+ = \{A, B, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P\}$ . Como C no aparece, entonces C no es superfluo.

- ¿D es superfluo?  $\Rightarrow A \rightarrow B, C, E, F, G, H, I, J, K$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de A:

$\{A\}^+ = \{A, B, C, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P\}$ . Como D no aparece, entonces D no es superfluo.

- ¿E es superfluo?  $\Rightarrow A \rightarrow B, C, D, F, G, H, I, J, K$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de A:

$\{A\}^+ = \{A, B, C, D, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P\}$ . Como E no aparece, entonces E no es superfluo.

- ¿F es superfluo?  $\Rightarrow A \rightarrow B, C, D, E, G, H, I, J, K$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$

- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de A:

$\{A\}^+ = \{A, B, C, D, E, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P\}$ . Como F no aparece, entonces F no es superfluo.

- ¿G es superfluo?  $\Rightarrow A \rightarrow B, C, D, E, F, H, I, J, K$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de A:

$\{A\}^+ = \{A, B, C, D, E, F, H, I, J, K, L, M, N, O, P\}$ . Como G no aparece, entonces G no es superfluo.

- ¿H es superfluo?  $\Rightarrow A \rightarrow B, C, D, E, F, G, I, J, K$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de A:

$\{A\}^+ = \{A, B, C, D, E, F, G, I, J, K, L, M, N, O, P\}$ . Como H no aparece, entonces H no es superfluo.

- ¿I es superfluo?  $\Rightarrow A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, J, K$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de A:

$\{A\}^+ = \{A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M, N, O, P\}$ . Como I no aparece, entonces I no es superfluo

- ¿J es superfluo?  $\Rightarrow A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, K$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de A:

$\{A\}^+ = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L, M, N, O, P\}$ . Como J no aparece, entonces J no es superfluo

- ¿K es superfluo?  $\Rightarrow A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de A:

$\{A\}^+ = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, L, M, N, O, P\}$ . Como K no aparece, entonces K no es superfluo

- $B \rightarrow L, M, N, O, P$

- ¿L es superfluo?  $\Rightarrow B \rightarrow M, N, O, P$   
F':

- \*  $A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de B:

$\{B\}^+ = \{B, M, N, O, P\}$ . Como L no aparece, entonces L no es superfluo

- ¿M es superfluo?  $\Rightarrow B \rightarrow L, N, O, P$   
F':

- \*  $A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de B:

$\{B\}^+ = \{B, L, N, O, P\}$ . Como M no aparece, entonces M no es superfluo

– ¿N es superfluo?  $\Rightarrow B \rightarrow L, N, O, P$

F':

- \*  $A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de B:

$\{B\}^+ = \{B, L, M, O, P\}$ . Como N no aparece, entonces N no es superfluo

– ¿O es superfluo?  $\Rightarrow B \rightarrow L, M, N, P$

F':

- \*  $A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de B:

$\{B\}^+ = \{B, L, M, N, P\}$ . Como O no aparece, entonces O no es superfluo

– ¿P es superfluo?  $\Rightarrow B \rightarrow L, M, N, O$

F':

- \*  $A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de B:

$\{B\}^+ = \{B, L, M, N, O\}$ . Como P no aparece, entonces P no es superfluo

- $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$

– ¿B es superfluo?  $\Rightarrow Q \rightarrow R, F, S, T, U$

F':

$$* A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$$

$$* B \rightarrow L, M, N, O, P$$

$$* Q \rightarrow R, F, S, T, U$$

$$* V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$$

$$* Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$$

$$* Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Q:

$\{Q\}^+ = \{Q, R, F, S, T, U\}$ . Como B no aparece, entonces B no es superfluo.

– ¿R es superfluo?  $\Rightarrow Q \rightarrow B, F, S, T, U$

F':

$$* A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$$

$$* B \rightarrow L, M, N, O, P$$

$$* Q \rightarrow B, F, S, T, U$$

$$* V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$$

$$* Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$$

$$* Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Q:

$\{Q\}^+ = \{Q, B, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}$ . Como R no aparece, entonces R no es superfluo.

– ¿F es superfluo?  $\Rightarrow Q \rightarrow B, R, S, T, U$

F':

$$* A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$$

$$* B \rightarrow L, M, N, O, P$$

$$* Q \rightarrow B, R, S, T, U$$

$$* V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$$

$$* Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$$

$$* Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Q:

$\{Q\}^+ = \{Q, B, R, S, T, U, L, M, N, O, P\}$ . Como F no aparece, entonces F no es superfluo.

– ¿S es superfluo?  $\Rightarrow Q \rightarrow B, R, F, T, U$

F':



- \*  $A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Q:

$\{Q\}^+ = \{Q, B, R, F, T, U, L, M, N, O, P\}$ . Como S no aparece, entonces S no es superfluo.

– ¿T es superfluo?  $\Rightarrow Q \rightarrow B, R, F, S, U$

F':

- \*  $A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Q:

$\{Q\}^+ = \{Q, B, R, F, S, U, L, M, N, O, P\}$ . Como T no aparece, entonces T no es superfluo

– ¿U es superfluo?  $\Rightarrow Q \rightarrow B, R, F, S, T$

F':

- \*  $A \rightarrow C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Q:

$\{Q\}^+ = \{Q, B, R, F, S, T, L, M, N, O, P\}$ . Como U no aparece, entonces U no es superfluo

- $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$

– ¿J es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$

$$* Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$$\{V\}^+ = \{V, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}.$$

Como J no aparece, entonces J no es superfluo.

- ¿Q es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$   
F':

$$* A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$$

$$* B \rightarrow L, M, N, O, P$$

$$* Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$$

$$* V \rightarrow J, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$$

$$* Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$$

$$* Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$$\{V\}^+ = \{V, J, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai\}.$$

Como Q no aparece, entonces Q no es superfluo.

- ¿W es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$   
F':

$$* A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$$

$$* B \rightarrow L, M, N, O, P$$

$$* Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$$

$$* V \rightarrow J, Q, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$$

$$* Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$$

$$* Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$$\{V\}^+ = \{V, J, Q, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}.$$

Como W no aparece, entonces W no es superfluo.

- ¿X es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, W, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$   
F':

$$* A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$$

$$* B \rightarrow L, M, N, O, P$$

$$* Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$$

$$* V \rightarrow J, Q, W, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$$

$$* Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$$

$$* Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$$\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}.$$

Como X no aparece, entonces X no es superfluo.

- ¿Y es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, W, X, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, X, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}$ .

Como Y no aparece, entonces Y no es superfluo.

- ¿Z es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, X, Y, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}$ .

Como Z no aparece, entonces Z no es superfluo.

- ¿Aa es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, X, Y, Z, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}$ .

Como Aa no aparece, entonces Aa no es superfluo.

- ¿Ab es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$

- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$$\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}.$$

Como Ab no aparece, entonces Ab no es superfluo.

- ¿Ac es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$$\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}.$$

Como Ac no aparece, entonces Ac no es superfluo.

- ¿Ad es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$$\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}.$$

Como Ad no aparece, entonces Ad no es superfluo.

- ¿Ae es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Af, Ag, Ah, Ai$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Af, Ag, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}$ .

Como Ae no aparece, entonces Ae no es superfluo.

- ¿Af es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Ag, Ah, Ai$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Ag, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}$ .

Como Af no aparece, entonces Af no es superfluo.

- ¿Ag es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Ag, Ah, Ai$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ah, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}$ .

Como Ag no aparece, entonces Ag no es superfluo

- ¿Ah es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ai$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ai, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}$ .

Como Ah no aparece, entonces Ah no es superfluo

- ¿Ai es superfluo?  $\Rightarrow V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de V:

$$\{V\}^+ = \{V, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, B, R, F, S, T, U, L, M, N, O, P\}.$$

Como Ai no aparece, entonces Ai no es superfluo

- $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- ¿B es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$$Ba^+ = Ba, C, D, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh.$$

No aparece B por lo tanto no es superfluo.

- ¿C es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$$Ba^+ = Ba, B, L, M, N, O, E, P, D, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh.$$

No aparece C por lo tanto no es superfluo.

- ¿D es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, C, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$

- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$Ba^+ = Ba, B, L, M, N, O, E, P, C, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$ .

No aparece D por lo tanto no es superfluo.

- ¿E es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, C, D, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$Ba^+ = Ba, B, L, M, N, O, D, P, C, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$ .

No aparece E por lo tanto no es superfluo.

- ¿Bb es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, C, D, E, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$Ba^+ = Ba, B, L, M, N, O, D, P, C, E, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$ .

No aparece Bb por lo tanto no es superfluo

- ¿F es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$Ba+ = Ba, B, L, M, N, O, D, P, C, E, Bb, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh.$

No aparece F por lo tanto no es superfluo

- ¿Bc es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$Ba+ = Ba, B, L, M, N, O, D, P, C, E, Bb, F, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh.$

No aparece Bc por lo tanto no es superfluo

- ¿K es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$Ba+ = Ba, B, L, M, N, O, D, P, C, E, Bb, F, Bc, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh.$

No aparece K por lo tanto no es superfluo

- ¿Bd es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Be, H, Bf, Bg, Bh$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$Ba+ = Ba, B, L, M, N, O, D, P, C, E, Bb, F, Bc, K, Be, H, Bf, Bg, Bh.$

No aparece Bd por lo tanto no es superfluo

- ¿Be es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, H, Bf, Bg, Bh$   
F':



- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$Ba+ = Ba, B, L, M, N, O, D, P, C, E, Bb, F, Bc, K, Bd, H, Bf, Bg, Bh.$

No aparece Be por lo tanto no es superfluo

- ¿H es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, Bf, Bg, Bh$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$Ba+ = Ba, B, L, M, N, O, D, P, C, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, Bf, Bg, Bh.$

No aparece H por lo tanto no es superfluo

- ¿Bf es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bg, Bh$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$Ba+ = Ba, B, L, M, N, O, D, P, C, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bg, Bh.$

No aparece Bf por lo tanto no es superfluo

- ¿Bg es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bh$   
F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bh$

$$* Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$$Ba+ = Ba, B, L, M, N, O, D, P, C, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bh.$$

No aparece Bg por lo tanto no es superfluo

– ¿Bh es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg$   
F':

$$* A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$$

$$* B \rightarrow L, M, N, O, P$$

$$* Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$$

$$* V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$$

$$* Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg$$

$$* Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ba:

$$Ba+ = Ba, B, L, M, N, O, D, P, C, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg.$$

No aparece Bh por lo tanto no es superfluo

- $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$

– ¿A es superfluo?  $\Rightarrow Ca \rightarrow V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$   
F':

$$* A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$$

$$* B \rightarrow L, M, N, O, P$$

$$* Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$$

$$* V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$$

$$* Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$$

$$* Ca \rightarrow V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ca:

$$Ca+ = Ca, V, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf.$$

No aparece A por lo tanto no es superfluo

– ¿V es superfluo?  $\Rightarrow Ca \rightarrow A, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$   
F':

$$* A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$$

$$* B \rightarrow L, M, N, O, P$$

$$* Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$$

$$* V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$$

$$* Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$$

$$* Ca \rightarrow A, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ca:

$Ca^+ = Ca, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$ . No aparece V por lo tanto no es superfluo

$$- \text{¿Cb es superfluo?} \Rightarrow Ca \rightarrow A, V, Cc, Cd, Ce, Cf$$

F':

$$* A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$$

$$* B \rightarrow L, M, N, O, P$$

$$* Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$$

$$* V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$$

$$* Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$$

$$* Ca \rightarrow A, V, Cc, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ca:

$Ca^+ = Ca, A, V, Cc, Cd, Ce, Cf, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, R, S, T, U$ .

No aparece Cb por lo tanto no es superfluo

$$- \text{¿Cc es superfluo?} \Rightarrow Ca \rightarrow A, V, Cb, Cd, Ce, Cf$$

F':

$$* A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$$

$$* B \rightarrow L, M, N, O, P$$

$$* Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$$

$$* V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$$

$$* Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$$

$$* Ca \rightarrow A, V, Cb, Cd, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ca:

$Ca^+ = Ca, A, V, Cb, Cd, Ce, Cf, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, R, S, T, U$ .

No aparece Cc por lo tanto no es superfluo

$$- \text{¿Cd es superfluo?} \Rightarrow Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Ce, Cf$$

F':

$$* A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$$

$$* B \rightarrow L, M, N, O, P$$

$$* Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$$

$$* V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$$

$$* Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$$

$$* Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Ce, Cf$$

$$* Ba, Ca \rightarrow Da, Db$$

$$* Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ca:

$Ca^+ = Ca, A, V, Cb, Cc, Ce, Cf, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, R, S, T, U$ .

No aparece Cd por lo tanto no es superfluo

- ¿Ce es superfluo?  $\Rightarrow Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Cf$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ca:

$Ca+ = Ca, A, V, Cb, Cc, Cd, Cf, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, R, S, T, U$ .

No aparece Ce por lo tanto no es superfluo

- ¿Cf es superfluo?  $\Rightarrow Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ca:

$Ca+ = Ca, A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, R, S, T, U$ .

No aparece Cf por lo tanto no es superfluo

- $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$

Comenzamos checando si los atributos del lado izquierdo son superfluos:

- ¿Ba es superfluo?  $\Rightarrow Ca \rightarrow Da, Db$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ca:

$Ca+ = Ca, A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, R, S, T, U$ .

No aparecen Da ni Db, por lo tanto Ba no es superfluo

- ¿Ca es superfluo?  $\Rightarrow Ba \rightarrow Da, Db$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ca:

$Ba+ = Ba, B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh, L, M, N, O, P$ . No aparece Da ni Db por lo tanto Ca no es superfluo

A continuación checamos atributos superfluos por la derecha:

- ¿Da es superfluo?  $\Rightarrow Ba, Ca \rightarrow Db$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de  $Ba, Da$ :

$Ba, Ca+ = Ba, Ca, Db, B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh, L, M, N, O, P, A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf, G, I, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, R, S, T, U$ .

No aparece Da por lo tanto no es superfluo

– ¿Db es superfluo?  $\Rightarrow Ba, Ca \rightarrow Da$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de  $Ba, Da$ :

$Ba, Ca+ = Ba, Ca, Da, B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh, L, M, N, O, P, A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf, G, I, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, R, S, T, U$ .

No aparece Db por lo tanto no es superfluo

- $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

– ¿A es superfluo?  $\Rightarrow Ea \rightarrow V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ea:

$Ea+ = Ea, V, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$ . No aparece A por lo que no es superfluo

– ¿V es superfluo?  $\Rightarrow Ea \rightarrow A, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$

- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ea:

$Ea+ = Ea, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$ . No aparece V por lo que no es superfluo

- ¿Eb es superfluo?  $\Rightarrow Ea \rightarrow A, V, Ec, Ed, Ee, Ef$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Ec, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ea:

$Ea+ = A, V, Ec, Ed, Ee, Ef, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$ .

No aparece Eb por lo que no es superfluo

- ¿Ec es superfluo?  $\Rightarrow Ea \rightarrow A, V, Eb, Ed, Ee, Ef$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ed, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ea:

$Ea+ = A, V, Eb, Ed, Ee, Ef, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$ .

No aparece Ec por lo que no es superfluo

- ¿Ed es superfluo?  $\Rightarrow Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ee, Ef$

F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$

- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ee, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ea:

$Ea^+ = A, V, Eb, Ec, Ee, Ef, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$ .

No aparece Ed por lo que no es superfluo

- ¿Ee es superfluo?  $\Rightarrow Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ef$
- F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ef$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ea:

$Ea^+ = A, V, Eb, Ec, Ed, Ef, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$ . No aparece Ee por lo que no es superfluo

- ¿Ef es superfluo?  $\Rightarrow Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee$
- F':

- \*  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- \*  $B \rightarrow L, M, N, O, P$
- \*  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- \*  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- \*  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- \*  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- \*  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- \*  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee$

Y con esta nueva DF, creamos la cerradura de Ea:

$Ea^+ = A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$ .

No aparece Ef por lo que no es superfluo

- $A, V \rightarrow A, V$

Como esta es una dependencia funcional trivial, entonces ya está normalizada.

Debido a que no encontramos atributos superfluos en ninguna de las ocho dependencias funcionales que conformaban el conjunto F, entonces concluimos que  $F_{min} = F$ , por lo que las tablas quedarían de la siguiente manera:

- Chofer(A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K) con  $A \rightarrow B, C, D, E, F, G, H, I, J, K$
- Direccion(B,L,M,N,O,P) con  $B \rightarrow L, M, N, O, P$

- Aseguradora( $Q, B, R, F, S, T, U$ ) con  $Q \rightarrow B, R, F, S, T, U$
- Vehiculo( $V, J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$ )  
con  $V \rightarrow J, Q, W, X, Y, Z, Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah, Ai$
- Cliente( $Ba, B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$ )  
con  $Ba \rightarrow B, C, D, E, Bb, F, Bc, K, Bd, Be, H, Bf, Bg, Bh$
- Viaje( $Ca, A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$ ) con  $Ca \rightarrow A, V, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf$
- Solicitar( $Ba, Ca, Da, Db$ ) con  $Ba, Ca \rightarrow Da, Db$
- Infraccion( $Ea, A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$ ) con  $Ea \rightarrow A, V, Eb, Ec, Ed, Ee, Ef$
- Manejar( $A, V$ ) con  $A, V \rightarrow A, V$ .

Como en alguna tabla debe figurar la llave de la relación R (recordando que es  $\{Ba, Ca, Ea\}$ ), entonces creamos una nueva, llamada:

Llave( $Ba, Ca, Da$ ).