

# Bases de Datos I

## Teoría del diseño: Tercera Forma Normal

Lic. Andy Ledesma García

Lic. Víctor M. Cardentey Fundora

Dra. C. Lucina García Hernández

Departamento de Computación  
Facultad de Matemática y Computación  
Universidad de La Habana

4 de junio de 2024

Si tenemos el conjunto de DFs del universo de atributos

¿Podemos garantizar la correctitud de la base de datos?

**DATABASE ISSUES**



# Objetivos

1. Poder extraer las dependencias funcionales existentes en un fenómeno a partir de su especificación y modelación conceptual.
2. Poder identificar anomalías en un diseño de base de datos relacional.
3. Poder obtener un diseño de base de datos relacional en tercera forma normal.

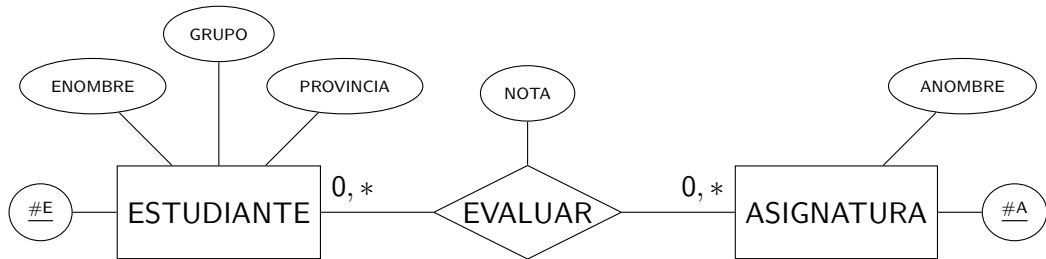
# La situación

Se desea desarrollar una base de datos para registrar las notas de los estudiantes de la facultad en cada una de las asignaturas que cursan:

- ▶ De cada estudiante se conoce su identificador, su nombre, su grupo y su provincia de residencia.
- ▶ De cada asignatura se conoce su identificador y su nombre.
- ▶ Por cada asignatura se conoce la nota que obtuvo el estudiante en la evaluación final.

Además, se conoce que los estudiantes son organizados en los grupos de acuerdo a su provincia.

# Primero lo primero



# Metodología para obtener un esquema relacional correcto

1. Identificar el universo  $U$  de atributos del fenómeno.
2. Identificar el conjunto  $F$  de las dependencias funcionales que se establecen entre los atributos.
3. Definir el esquema relacional  $R(U, F)$ .

# Ejemplo

1.  $U = \{\#E, ENombre, Grupo, Provincia, \#A, ANombre, Nota\}$



## Ejemplo

1.  $U = \{\#E, ENombre, Grupo, Provincia, \#A, ANombre, Nota\}$

¿Cómo podemos obtener  $F$  a partir del diseño conceptual?

# Algoritmo de extracción de dependencias funcionales

# Algoritmo de extracción de dependencias funcionales

1. Por cada conjunto de entidades con un conjunto de atributos  $X \subseteq U$ , se añade la dependencia funcional  $K \rightarrow X$  donde  $K$  es la llave del conjunto de entidades.

## Algoritmo de extracción de dependencias funcionales

1. Por cada conjunto de entidades con un conjunto de atributos  $X \subseteq U$ , se añade la dependencia funcional  $K \rightarrow X$  donde  $K$  es la llave del conjunto de entidades.
2. Por cada conjunto de interrelaciones se toma su llave  $K$  y se añade la dependencia funcional  $K \rightarrow K$ . Además, por cada conjunto de entidades en un extremo de cardinalidad máxima 1 en la interrelación, se añade la dependencia funcional  $K - K_E \rightarrow K_E$  donde  $K_E$  es la llave del conjunto de entidades.

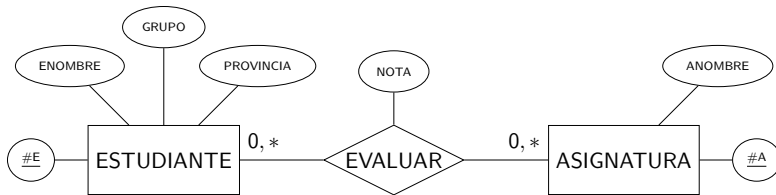
## Algoritmo de extracción de dependencias funcionales

1. Por cada conjunto de entidades con un conjunto de atributos  $X \subseteq U$ , se añade la dependencia funcional  $K \rightarrow X$  donde  $K$  es la llave del conjunto de entidades.
2. Por cada conjunto de interrelaciones se toma su llave  $K$  y se añade la dependencia funcional  $K \rightarrow K$ . Además, por cada conjunto de entidades en un extremo de cardinalidad máxima 1 en la interrelación, se añade la dependencia funcional  $K - K_E \rightarrow K_E$  donde  $K_E$  es la llave del conjunto de entidades.
3. Por cada agregación con un conjunto de atributos  $X \subseteq U$  se añade la dependencia funcional  $K \rightarrow X$  donde  $K$  es la llave del conjunto de interrelaciones que encierra la agregación.

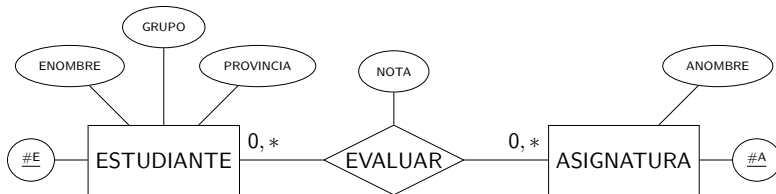
## Algoritmo de extracción de dependencias funcionales

1. Por cada conjunto de entidades con un conjunto de atributos  $X \subseteq U$ , se añade la dependencia funcional  $K \rightarrow X$  donde  $K$  es la llave del conjunto de entidades.
2. Por cada conjunto de interrelaciones se toma su llave  $K$  y se añade la dependencia funcional  $K \rightarrow K$ . Además, por cada conjunto de entidades en un extremo de cardinalidad máxima 1 en la interrelación, se añade la dependencia funcional  $K - K_E \rightarrow K_E$  donde  $K_E$  es la llave del conjunto de entidades.
3. Por cada agregación con un conjunto de atributos  $X \subseteq U$  se añade la dependencia funcional  $K \rightarrow X$  donde  $K$  es la llave del conjunto de interrelaciones que encierra la agregación.
4. Añadir aquellas dependencias funcionales asociadas a otras restricciones del negocio especificadas en los requerimientos.

# Ejecutando el algoritmo



# Ejecutando el algoritmo

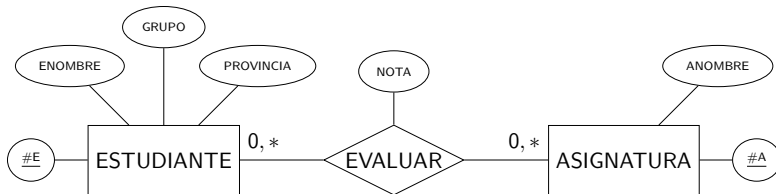


1. Se tienen los conjuntos de entidades ESTUDIANTE y ASIGNATURA:

- ▶  $\#E \rightarrow \text{ENombre, Grupo, Provincia}$
- ▶  $\#A \rightarrow \text{ANombre}$

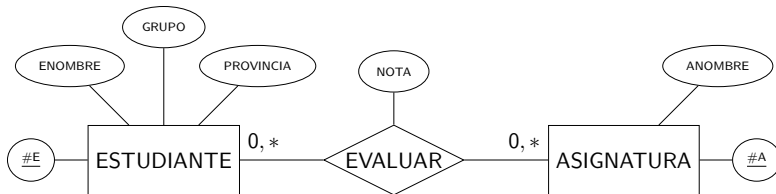


# Ejecutando el algoritmo



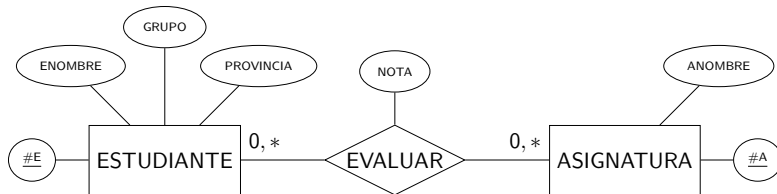
1. Se tienen los conjuntos de entidades ESTUDIANTE y ASIGNATURA:
  - ▶  $\#E \rightarrow \text{ENombre, Grupo, Provincia}$
  - ▶  $\#A \rightarrow \text{ANombre}$
2. Se tiene el conjunto de interrelaciones EVALUAR:
  - ▶  $\#E, \#A \rightarrow \#E, \#A$

# Ejecutando el algoritmo



1. Se tienen los conjuntos de entidades ESTUDIANTE y ASIGNATURA:
  - ▶  $\#E \rightarrow \text{ENombre, Grupo, Provincia}$
  - ▶  $\#A \rightarrow \text{ANombre}$
2. Se tiene el conjunto de interrelaciones EVALUAR:
  - ▶  $\#E, \#A \rightarrow \#E, \#A$
3. Se tiene la agregación ASIGNATURA-EVALUADA
  - ▶  $\#E, \#A \rightarrow \text{Nota}$

# Ejecutando el algoritmo



1. Se tienen los conjuntos de entidades **ESTUDIANTE** y **ASIGNATURA**:
  - ▶  $\#E \rightarrow \text{ENombre, Grupo, Provincia}$
  - ▶  $\#A \rightarrow \text{ANombre}$
2. Se tiene el conjunto de interrelaciones **EVALUAR**:
  - ▶  $\#E, \#A \rightarrow \#E, \#A$
3. Se tiene la agregación **ASIGNATURA-EVALUADA**
  - ▶  $\#E, \#A \rightarrow \text{Nota}$
4. Añadimos las restricciones planteadas en la especificación:
  - ▶  $\text{Provincia} \rightarrow \text{Grupo}$

## Continuemos con el ejemplo

1.  $U = \{\#E, ENombre, Grupo, Provincia, \#A, ANombre, Nota\}$
2.  $F = \{$ 
  - $\#E \rightarrow ENombre, Grupo, Provincia$
  - $\#A \rightarrow ANombre$
  - $\#E, \#A \rightarrow \#E, \#A$
  - $\#E, \#A \rightarrow Nota$
  - $Provincia \rightarrow Grupo$ $\}$

## Continuemos con el ejemplo

1.  $U = \{\#E, ENombre, Grupo, Provincia, \#A, ANombre, Nota\}$
2.  $F = \{$ 
  - $\#E \rightarrow ENombre, Grupo, Provincia$
  - $\#A \rightarrow ANombre$
  - $\#E, \#A \rightarrow \#E, \#A$
  - $\#E, \#A \rightarrow Nota$
  - $Provincia \rightarrow Grupo$ $\}$
3. Definimos el esquema relacional **Evaluaciones**( $U, F$ ) con llave  $\#E, \#A$

## ¿Es este un buen diseño?

<u>#E</u>	ENombre	Grupo	Provincia	<u>#A</u>	ANombre	Nota
$e_1$	Juan	111	La Habana	$a_1$	Análisis	3
$e_1$	Juan	111	La Habana	$a_2$	Lógica	2
$e_1$	Juan	111	La Habana	$a_3$	Álgebra	4
$e_1$	Juan	111	La Habana	$a_4$	Programación	5
$e_3$	Pedro	111	La Habana	$a_3$	Álgebra	4
$e_2$	María	112	Matanzas	$a_1$	Análisis	3
$e_2$	María	112	Matanzas	$a_2$	Lógica	3
$e_4$	Rita	112	Mayabeque	$a_2$	Lógica	3
$e_4$	Rita	112	Mayabeque	$a_4$	Programación	4
$e_5$	Carlos	113	Pinar del Río	$a_3$	Álgebra	3

## ¿Es este un buen diseño? (Redundancia)

<u>#E</u>	ENombre	Grupo	Provincia	<u>#A</u>	ANombre	Nota
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>2</sub>	Lógica	2
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>4</sub>	Programación	5
e <sub>3</sub>	Pedro	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>4</sub>	Programación	4
e <sub>5</sub>	Carlos	113	Pinar del Río	a <sub>3</sub>	Álgebra	3

¿Es necesaria esta redundancia?

## ¿Es este un buen diseño? (Anomalía de inserción)

<u>#E</u>	ENombre	Grupo	Provincia	<u>#A</u>	ANombre	Nota
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>2</sub>	Lógica	2
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>4</sub>	Programación	5
e <sub>3</sub>	Pedro	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>4</sub>	Programación	4
e <sub>5</sub>	Carlos	113	Pinar del Río	a <sub>3</sub>	Álgebra	3

¿Se pudiera insertar un alumno que todavía no ha recibido evaluaciones?

e<sub>6</sub> Marcos 111 La Habana NULL NULL NULL



## ¿Es este un buen diseño?

<u>#E</u>	ENombre	Grupo	Provincia	<u>#A</u>	ANombre	Nota
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>2</sub>	Lógica	2
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>4</sub>	Programación	5
e <sub>3</sub>	Pedro	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>4</sub>	Programación	4
e <sub>5</sub>	Carlos	113	Pinar del Río	a <sub>3</sub>	Álgebra	3

¿Se pudiera insertar un alumno que todavía no ha recibido evaluaciones?

e<sub>6</sub> Marcos 111 La Habana NULL NULL NULL

## ¿Es este un buen diseño? (Anomalía de eliminación)

<u>#E</u>	ENombre	Grupo	Provincia	<u>#A</u>	ANombre	Nota
$e_1$	Juan	111	La Habana	$a_1$	Análisis	3
$e_1$	Juan	111	La Habana	$a_2$	Lógica	2
$e_1$	Juan	111	La Habana	$a_3$	Álgebra	4
$e_1$	Juan	111	La Habana	$a_4$	Programación	5
$e_3$	Pedro	111	La Habana	$a_3$	Álgebra	4
$e_2$	María	112	Matanzas	$a_1$	Análisis	3
$e_2$	María	112	Matanzas	$a_2$	Lógica	3
$e_4$	Rita	112	Mayabeque	$a_2$	Lógica	3
$e_4$	Rita	112	Mayabeque	$a_4$	Programación	4
$e_5$	Carlos	113	Pinar del Río	$a_3$	Álgebra	3

¿Qué ocurre si se eliminan las notas del estudiante  $e_5$ ?

## ¿Es este un buen diseño? (Anomalía de eliminación)

<u>#E</u>	ENombre	Grupo	Provincia	<u>#A</u>	ANombre	Nota
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>2</sub>	Lógica	2
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>4</sub>	Programación	5
e <sub>3</sub>	Pedro	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>4</sub>	Programación	4

Se pierde la información relacionada con la provincia Pinar del Río y el grupo C113

## ¿Es este un buen diseño? (Anomalía de modificación)

<u>#E</u>	ENombre	Grupo	Provincia	<u>#A</u>	ANombre	Nota
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>2</sub>	Lógica	2
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>4</sub>	Programación	5
e <sub>3</sub>	Pedro	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>4</sub>	Programación	4
e <sub>5</sub>	Carlos	113	Pinar del Río	a <sub>3</sub>	Álgebra	3

¿Cuántas tuplas tendríamos que modificar si queremos cambiar la provincia de Juan?

## ¿Es este un buen diseño? (Anomalía de modificación)

<u>#E</u>	ENombre	Grupo	Provincia	<u>#A</u>	ANombre	Nota
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>2</sub>	Lógica	2
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>4</sub>	Programación	5
e <sub>3</sub>	Pedro	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>4</sub>	Programación	4
e <sub>5</sub>	Carlos	113	Pinar del Río	a <sub>3</sub>	Álgebra	3

Todas las tuplas deben ser modificadas en una misma transacción

Entonces...

¿Cómo solucionar estas anomalías?

Estudiante		
<u>#E</u>	ENombre	Provincia
$e_1$	Juan	La Habana
$e_2$	María	Matanzas
$e_3$	Pedro	La Habana
$e_4$	Rita	Mayabeque
$e_5$	Carlos	Pinar del Río

Provincia-Grupo	
<u>Provincia</u>	Grupo
La Habana	111
Matanzas	112
Mayabeque	112
Pinar del Río	113

Asignatura	
<u>#A</u>	ANombre
$a_1$	Análisis
$a_2$	Lógica
$a_3$	Álgebra
$a_4$	Programación

Evaluar		
<u>#E</u>	<u>#A</u>	Nota
$e_1$	$a_1$	3
$e_1$	$a_2$	2
$e_1$	$a_3$	4
$e_1$	$a_4$	5
$e_3$	$a_3$	4
$e_2$	$a_1$	3
$e_2$	$a_2$	3
$e_4$	$a_2$	3
$e_4$	$a_4$	4
$e_5$	$a_3$	3

¿Cómo obtener esta solución?



## Proyección de las dependencias funcionales

Dados un esquema relacional  $R(U, F)$  y un conjunto de atributos  $Z$  tal que  $Z \subseteq U$ , la proyección de un conjunto de dependencias funcionales  $F$  sobre un conjunto de atributos  $Z$  – denotada por  $\Pi_Z(F)$  – consiste en el conjunto de dependencias funcionales  $X \rightarrow Y$  de  $F^+$  tales que  $XY \subseteq Z$ .

$$\Pi_Z(F) = \{X \rightarrow Y \mid F \models X \rightarrow Y \wedge XY \subseteq Z\}$$

# Descomposición de un esquema relacional

La descomposición del esquema relacional  $R(U, F)$  se representa por

$$\rho = \{R_1(U_1, F_1), R_2(U_2, F_2), \dots, R_n(U_n, F_n)\}$$

de manera tal que:

- ▶  $U = \bigcup_{i=1}^n U_i$

- ▶ Para todo  $i = 1, \dots, n$  se cumple que  $F_i = \Pi_{U_i}(F)$

# Normalización de una base de datos relacional

**Estudiante**( $U_1, F_1$ ):

$U_1 = \{\#E, ENombre, Provincia\}$

$F_1 = \{\#E \rightarrow ENombre, Provincia\}$

**Asignatura**( $U_3, F_3$ ):

$U_3 = \{\#A, ANombre\}$

$F_3 = \{\#A \rightarrow ANombre\}$

**Provincia-Grupo**( $U_2, F_2$ ):

$U_2 = \{Provincia, Grupo\}$

$F_2 = \{Provincia \rightarrow Grupo\}$

**Evaluar**( $U_4, F_4$ ):

$U_4 = \{\#E, \#A, Nota\}$

$F_4 = \{\#E, \#A \rightarrow Nota\}$

## Primera Forma Normal

Un esquema relacional  $R(U, F)$  está en primera forma normal (1FN) si todos los atributos toman un solo valor del dominio subyacente.

## La trivial

<u>#E</u>	ENombre	Grupo	Provincia	<u>#A</u>	ANombre	Nota
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>2</sub>	Lógica	2
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>4</sub>	Programación	5
e <sub>3</sub>	Pedro	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>4</sub>	Programación	4
e <sub>5</sub>	Carlos	113	Pinar del Río	a <sub>3</sub>	Álgebra	3

Toda relación se encuentra en primera forma normal

## Dependencia funcional completa

Dado un esquema relacional  $R(U, F)$  y los atributos  $X, Y$  de  $R$  (posiblemente compuestos), se dice que  $Y$  depende funcional y completamente de  $X$  si y solo si  $Y$  depende funcionalmente de  $X$  y no depende de algún subconjunto propio de  $X$ .

## ¿Qué dependencias funcionales existen en esta relación?

<u>#E</u>	ENombre	Grupo	Provincia	<u>#A</u>	ANombre	Nota
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>2</sub>	Lógica	2
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>1</sub>	Juan	111	La Habana	a <sub>4</sub>	Programación	5
e <sub>3</sub>	Pedro	111	La Habana	a <sub>3</sub>	Álgebra	4
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>1</sub>	Análisis	3
e <sub>2</sub>	María	112	Matanzas	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>2</sub>	Lógica	3
e <sub>4</sub>	Rita	112	Mayabeque	a <sub>4</sub>	Programación	4
e <sub>5</sub>	Carlos	113	Pinar del Río	a <sub>3</sub>	Álgebra	3

# Clasificando dependencias

$\#E, \#A \rightarrow ENombre$

$\#E, \#A \rightarrow Grupo$

$\#E, \#A \rightarrow Provincia$

$\#E, \#A \rightarrow ANombre$

$\#E, \#A \rightarrow Nota$

$\#E \rightarrow ENombre$

$\#E \rightarrow Grupo$

$\#E \rightarrow Provincia$

$\#A \rightarrow ANombre$

$Provincia \rightarrow Grupo$



# Clasificando dependencias

$\#E, \#A \rightarrow ENombre$

$\#E, \#A \rightarrow Grupo$

$\#E, \#A \rightarrow Provincia$

$\#E, \#A \rightarrow ANombre$

$\#E, \#A \rightarrow Nota$

$\#E \rightarrow ENombre$

$\#E \rightarrow Grupo$

$\#E \rightarrow Provincia$

$\#A \rightarrow ANombre$

$Provincia \rightarrow Grupo$

Incompletas

Completas

## Segunda Forma Normal

Un esquema relacional  $R(U, F)$  está en segunda forma normal (2FN), si está en 1FN y todos los atributos no llaves dependen completamente de la llave.

## Llegando hasta segunda

Estudiante			
<u>#E</u>	ENombre	Provincia	Grupo
$e_1$	Juan	La Habana	111
$e_2$	María	Matanzas	112
$e_3$	Pedro	La Habana	111
$e_4$	Rita	Mayabeque	112
$e_5$	Carlos	Pinar del Río	113

Asignatura	
<u>#A</u>	ANombre
$a_1$	Análisis
$a_2$	Lógica
$a_3$	Álgebra
$a_4$	Programación

Evaluar		
<u>#E</u>	<u>#A</u>	Nota
$e_1$	$a_1$	3
$e_1$	$a_2$	2
$e_1$	$a_3$	4
$e_1$	$a_4$	5
$e_3$	$a_3$	4
$e_2$	$a_1$	3
$e_2$	$a_2$	3
$e_4$	$a_2$	3
$e_4$	$a_4$	4
$e_5$	$a_3$	3

## Llegando hasta segunda

Estudiante			
<u>#E</u>	ENombre	Provincia	Grupo
e <sub>1</sub>	Juan	La Habana	111
e <sub>2</sub>	María	Matanzas	112
e <sub>3</sub>	Pedro	La Habana	111
e <sub>4</sub>	Rita	Mayabeque	112
e <sub>5</sub>	Carlos	Pinar del Río	113

Asignatura	
<u>#A</u>	ANombre
a <sub>1</sub>	Análisis
a <sub>2</sub>	Lógica
a <sub>3</sub>	Álgebra
a <sub>4</sub>	Programación

Evaluar		
<u>#E</u>	<u>#A</u>	Nota
e <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	3
e <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	2
e <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	4
e <sub>1</sub>	a <sub>4</sub>	5
e <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	4
e <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>	3
e <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	3
e <sub>4</sub>	a <sub>2</sub>	3
e <sub>4</sub>	a <sub>4</sub>	4
e <sub>5</sub>	a <sub>3</sub>	3

Llegando hasta segunda

Todavía existe redundancia innecesaria

## Dependencia funcional transitiva

Dado un esquema relacional  $R(U, F)$  y los atributos  $X$ ,  $Y$  y  $Z$  de  $R$  (posiblemente compuestos), se dice que  $Z$  depende funcional y transitivamente de  $X$  si y solo si  $Y$  y  $Z$  dependen funcionalmente de  $X$  y, además,  $Z$  depende funcionalmente de  $Y$ . Si  $Z$  no dependiera funcionalmente de  $Y$ , entonces se dice que  $Y$  y  $Z$  son mutuamente independientes.

# Dependencia funcional transitiva

## Estudiante

<u>#E</u>	ENombre	Provincia	Grupo
e <sub>1</sub>	Juan	La Habana	111
e <sub>2</sub>	María	Matanzas	112
e <sub>3</sub>	Pedro	La Habana	111
e <sub>4</sub>	Rita	Mayabeque	112
e <sub>5</sub>	Carlos	Pinar del Río	113

$\#E \rightarrow \text{ENombre}$

$\#E \rightarrow \text{Grupo}$

$\#E \rightarrow \text{Provincia}$

$\text{Provincia} \rightarrow \text{Grupo}$

# Dependencia funcional transitiva

## Estudiante

<u>#E</u>	ENombre	Provincia	Grupo
e <sub>1</sub>	Juan	La Habana	111
e <sub>2</sub>	María	Matanzas	112
e <sub>3</sub>	Pedro	La Habana	111
e <sub>4</sub>	Rita	Mayabeque	112
e <sub>5</sub>	Carlos	Pinar del Río	113

$\#E \rightarrow \text{ENombre}$

$\#E \rightarrow \text{Grupo}$

$\#E \rightarrow \text{Provincia}$

$\text{Provincia} \rightarrow \text{Grupo}$

$\#E \rightarrow \text{Provincia}, \text{Provincia} \rightarrow \text{Grupo} \models \#E \rightarrow \text{Grupo}$



# Dependencia funcional transitiva

## Estudiante

<u>#E</u>	ENombre	Provincia	Grupo
e <sub>1</sub>	Juan	La Habana	111
e <sub>2</sub>	María	Matanzas	112
e <sub>3</sub>	Pedro	La Habana	111
e <sub>4</sub>	Rita	Mayabeque	112
e <sub>5</sub>	Carlos	Pinar del Río	113

$\#E \rightarrow \text{ENombre}$

$\#E \rightarrow \text{Grupo}$

$\#E \rightarrow \text{Provincia}$

$\text{Provincia} \rightarrow \text{Grupo}$

$\#E \rightarrow \text{Provincia}, \text{Provincia} \rightarrow \text{Grupo} \models \#E \rightarrow \text{Grupo}$

Existe una dependencia funcional transitiva

## Tercera Forma Normal

Un esquema relacional  $R(U, F)$  está en tercera forma normal (3FN), si está en 2FN y los atributos no llaves son mutuamente independientes.

# Al fin, la tercera

Estudiante		
<u>#E</u>	ENombre	Provincia
$e_1$	Juan	La Habana
$e_2$	María	Matanzas
$e_3$	Pedro	La Habana
$e_4$	Rita	Mayabeque
$e_5$	Carlos	Pinar del Río

Pronvincia-Grupo	
<u>Provincia</u>	Grupo
La Habana	111
Matanzas	112
Mayabeque	112
Pinar del Río	113

Asignatura	
<u>#A</u>	ANombre
$a_1$	Análisis
$a_2$	Lógica
$a_3$	Álgebra
$a_4$	Programación

Evaluar		
<u>#E</u>	<u>#A</u>	Nota
$e_1$	$a_1$	3
$e_1$	$a_2$	2
$e_1$	$a_3$	4
$e_1$	$a_4$	5
$e_3$	$a_3$	4
$e_2$	$a_1$	3
$e_2$	$a_2$	3
$e_4$	$a_2$	3
$e_4$	$a_4$	4
$e_5$	$a_3$	3

# Eliminando dependencias problemáticas

## Cubrimiento minimal

Dado dos conjuntos de dependencias funcionales  $F$  y  $G$ , se dice que  $G$  es un cubrimiento minimal o cobertura irreducible de  $F$  si se cumple que:

1.  $G \equiv F$
2.  $G$  no contiene atributos redundantes
3.  $G$  no contiene dependencias redundantes

**AUTOMATE**



**ALL THE THINGS**

## Algoritmo para obtener un cubrimiento minimal

**Entrada:** Un conjunto de DFs  $F$  sobre un universo de atributos  $U$ .

**Salida:** Un conjunto de DFs  $G$ ,  $G \equiv F$ , sin atributos ni dependencias redundantes.

**Método:**

1. A partir de  $F$  construir un conjunto de DFs,  $F'$ , tal que cada DF sea de la forma  $X \rightarrow A$ .
2. A partir de  $F'$  construir un conjunto de DFs,  $F''$ , donde ningún determinante contiene atributos redundantes; o sea, que para ninguna  $X \rightarrow A$  en  $F'$  y  $Z \subset X$  se cumpla que  $F' - \{X \rightarrow A\} \cup \{Z \rightarrow A\}$  sea equivalente a  $F'$ .
3. A partir de  $F''$  construir un conjunto de DFs,  $F'''$ , que no contenga dependencias redundantes; o sea, que para ninguna  $X \rightarrow A$  en  $F''$  el conjunto de dependencias funcionales  $F'' - \{X \rightarrow A\}$  sea equivalente a  $F''$ .

## Ejecutando el algoritmo

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow EG$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow BD$

$CE \rightarrow AG$

## Ejecutando el algoritmo

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow EG$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow BD$

$CE \rightarrow AG$



## Ejecutando el algoritmo

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow EG$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow BD$

$CE \rightarrow AG$

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow E$

$D \rightarrow G$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow B$

$CG \rightarrow D$

$CE \rightarrow A$

$CE \rightarrow G$

## Ejecutando el algoritmo

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow EG$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow BD$

$CE \rightarrow AG$

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow E$

$D \rightarrow G$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow B$

$CG \rightarrow D$

$CE \rightarrow A$

$CE \rightarrow G$

$$D \rightarrow G \wedge CG \rightarrow B \models CD \rightarrow B$$

## Ejecutando el algoritmo

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow EG$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow BD$

$CE \rightarrow AG$

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow E$

$D \rightarrow G$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow B$

$CG \rightarrow D$

$CE \rightarrow A$

$CE \rightarrow G$

$$D \rightarrow G \wedge CG \rightarrow B \models CD \rightarrow B$$

## Ejecutando el algoritmo

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow EG$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow BD$

$CE \rightarrow AG$

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow E$

$D \rightarrow G$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow B$

$CG \rightarrow D$

$CE \rightarrow A$

$CE \rightarrow G$

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$CD \rightarrow B$

$D \rightarrow E$

$D \rightarrow G$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow B$

$CG \rightarrow D$

$CE \rightarrow A$

$CE \rightarrow G$

## Ejecutando el algoritmo

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow EG$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow BD$

$CE \rightarrow AG$

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow E$

$D \rightarrow G$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow B$

$CG \rightarrow D$

$CE \rightarrow A$

$CE \rightarrow G$

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$CD \rightarrow B$

$D \rightarrow E$

$D \rightarrow G$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow B$

$CG \rightarrow D$

$CE \rightarrow A$

$CE \rightarrow G$

$CG \rightarrow D \wedge CD \rightarrow B \models CG \rightarrow B$

$C \rightarrow A \models CE \rightarrow A$

## Ejecutando el algoritmo

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow EG$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow BD$

$CE \rightarrow AG$

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$ACD \rightarrow B$

$D \rightarrow E$

$D \rightarrow G$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow B$

$CG \rightarrow D$

$CE \rightarrow A$

$CE \rightarrow G$

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$CD \rightarrow B$

$D \rightarrow E$

$D \rightarrow G$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow B$

$CG \rightarrow D$

$CE \rightarrow A$

$CE \rightarrow G$

$AB \rightarrow C$

$C \rightarrow A$

$BC \rightarrow D$

$CD \rightarrow B$

$D \rightarrow E$

$D \rightarrow G$

$BE \rightarrow C$

$CG \rightarrow D$

$CE \rightarrow G$

# Algoritmo para obtener una descomposición en 3FN

**Entrada:** Un esquema relacional  $R(U, F)$ ,  $F$  es un conjunto irreducible de dependencias funcionales.

**Salida:** Una descomposición  $\rho = (R_1, R_2, \dots, R_n)$ , tal que los esquemas relacionales  $R_i(U_i, F_i)$  están en 3FN con respecto a  $\Pi_{U_i}(F)$ ,  $\forall i = 1, \dots, n$ .

**Método:**

1. Por cada dependencia funcional  $X \rightarrow A_i$  en  $F$  crear el esquema relacional  $R_i(U_i, F_i)$  tal que  $U_i = X \cup \{A_i\}$  y  $F_i = \{X \rightarrow A_i\}$ . Si en  $F$  se tiene  $X \rightarrow A_1, X \rightarrow A_2, \dots, X \rightarrow A_k$  se puede utilizar un esquema relacional de la forma  $R_j(U_j, F_j)$  con  $U_j = X \cup \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$  y  $F_j = \Pi_{U_j}(F)$ <sup>1</sup>.
2. Si en  $U$  existe algún atributo que no está contenido en ninguna dependencia funcional de  $F$ , este atributo puede formar un esquema relacional por sí mismo.
3. Luego,  $\rho = (R_1, R_2, \dots, R_n)$

---

<sup>1</sup>Nótese que  $\Pi_{U_j}(F)$  no es igual necesariamente a  $\{X \rightarrow A_1 A_2 \dots A_n\}$ , ya que pueden existir dependencias  $A_\alpha \rightarrow X$ , con  $1 \leq \alpha \leq n$ .

## Obteniendo el diseño

#E  $\rightarrow$  ENombre

#E  $\rightarrow$  Grupo

#E  $\rightarrow$  Provincia

#A  $\rightarrow$  ANombre

#E, #A  $\rightarrow$  #E, #A

#E, #A  $\rightarrow$  Nota

Provincia  $\rightarrow$  Grupo



## Obteniendo el diseño

$\#E \rightarrow ENombre$

$\#E \rightarrow \text{Grupo}$

$\#E \rightarrow Provincia$

$\#A \rightarrow ANombre$

$\#E, \#A \rightarrow \#E, \#A$

$\#E, \#A \rightarrow Nota$

$Provincia \rightarrow Grupo$

$\#E \rightarrow Provincia \wedge Provincia \rightarrow Grupo \models \#E \rightarrow Grupo$

## Obteniendo el diseño

#E  $\rightarrow$  ENombre  
#E  $\rightarrow$  Grupo  
#E  $\rightarrow$  Provincia  
#A  $\rightarrow$  ANombre  
#E, #A  $\rightarrow$  #E, #A  
#E, #A  $\rightarrow$  Nota  
Provincia  $\rightarrow$  Grupo

#E  $\rightarrow$  ENombre  
#E  $\rightarrow$  Provincia  
#A  $\rightarrow$  ANombre  
#E, #A  $\rightarrow$  #E, #A  
#E, #A  $\rightarrow$  Nota  
Provincia  $\rightarrow$  Grupo

# Obteniendo el diseño

Estudiante		
<u>#E</u>	ENombre	Provincia
$e_1$	Juan	La Habana
$e_2$	María	Matanzas
$e_3$	Pedro	La Habana
$e_4$	Rita	Mayabeque
$e_5$	Carlos	Pinar del Río

Pronvincia-Grupo	
<u>Provincia</u>	Grupo
La Habana	111
Matanzas	112
Mayabeque	112
Pinar del Río	113

Asignatura	
<u>#A</u>	ANombre
$a_1$	Análisis
$a_2$	Lógica
$a_3$	Álgebra
$a_4$	Programación

Evaluar		
<u>#E</u>	<u>#A</u>	Nota
$e_1$	$a_1$	3
$e_1$	$a_2$	2
$e_1$	$a_3$	4
$e_1$	$a_4$	5
$e_3$	$a_3$	4
$e_2$	$a_1$	3
$e_2$	$a_2$	3
$e_4$	$a_2$	3
$e_4$	$a_4$	4
$e_5$	$a_3$	3

Entonces...

... alguna duda?

