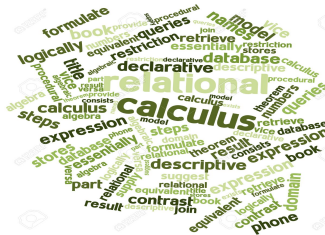


Cálculo Relacional de Tuplas

25/Agosto/2017



CRT - Marco General

- **Consultas.** Al igual que el Álgebra Relacional, el Cálculo Relacional de Tuplas (CRT) es un lenguaje de consultas asociado al Modelo Relacional (MR)
- **Declarativo.** No existe una descripción de “en qué orden” es evaluada la consulta (no es procedural)
- **Poder de Expresividad.** Idéntico a Álgebra Relacional (bajo ciertas condiciones). Explicación más adelante
- **Importante.** Existen ciertas consultas de BDs que requieren de un mayor poder de expresividad que la provista por AR y CRT. Lo vamos a ver en una clase más adelante
- **Importancia del Cálculo Relacional.**
 - 1 Tiene un sólido fundamento en Lógica Matemática
 - 2 SQL tiene sus bases fundacionales en CRT

CRT - Expresión

Expresión

$$\{t \mid COND(t)\}$$

- t es una variable de tipo tupla
- $COND(t)$ es una expresión booleana condicional que afecta a t
- **Resultado.** Conjunto TODAS las tuplas t tal que evaluadas bajo $COND(t)$ son verdaderas (satisfacen $COND(t)$)

CRT - Ejemplo 1

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Listar empleados cuyo salario es mayor a \$22.000

CRT - Ejemplo 1

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Listar empleados cuyo salario es mayor a \$22.000

$\{t \mid t \in EMPLEADO \wedge t.Salario > \$22.000\}$

CRT - Expresiones del CRT

Expresión General

$$\{t \mid \text{COND}(t)\}$$

donde

- t es una variables de tipo tupla
- t es la única variable libre de la expresión
- **COND** es una fórmula bien formada de CRT

CRT - Fórmula bien formada

CRT - Fórmula bien formada

- Una fórmula bien formada puede estar compuesta por alguno de los siguientes **predicados atómicos**:

1 $r \in R$

Ejemplo: $r \in EMPLEADO$

2 $r.A \text{ op } s.B$

Ejemplo: $r.Depto = s.IDD$

3 $r.A \text{ op } c \quad (c \text{ op } r.A)$

Ejemplo: $r.Salario > \$22.000$

donde R es una relación, r y s son variables de tipo tupla, A y B son atributos asociados a r y a s respectivamente, c es un valor constante y **op** es un operador del conjunto $\{=, <, \leq, >, \geq, \neq\}$

CRT - Fórmula bien formada

- Una fórmula bien formada puede estar compuesta por alguno de los siguientes **predicados atómicos**:

① $r \in R$

Ejemplo: $r \in EMPLEADO$

② $r.A \text{ op } s.B$

Ejemplo: $r.Depto = s.IDD$

③ $r.A \text{ op } c \quad (c \text{ op } r.A)$

Ejemplo: $r.Salario > \$22.000$

donde R es una relación, r y s son variables de tipo tupla, A y B son atributos asociados a r y a s respectivamente, c es un valor constante y **op** es un operador del conjunto $\{=, <, \leq, >, \geq, \neq\}$

- Cada predicado atómicos tiene un **valor de verdad (verdadero o falso)**
 - ① Si r toma el valor de una tupla que pertenece a la relación R , entonces el predicado es *verdadero*; caso contrario es *falso*
 - ② y ③ si el valor que toman los atributos de r (y s) satisfacen la condición, entonces el predicado es *verdadero*; caso contrario es *falso*

CRT - Fórmula bien formada

- Una fórmula bien formada se define recursivamente de la siguiente manera:
 - 1 Todo predicado atómico es una fórmula
 - 2 $(F_1 \wedge F_2)$, $(F_1 \vee F_2)$, $(\neg F_1)$ son fórmulas, donde F_1 y F_2 son fórmulas. Su valor de verdad es:
 - 1 $(F_1 \wedge F_2)$ es verdadera si F_1 y F_2 son verdaderas; si no es falsa
 - 2 $(F_1 \vee F_2)$ es verdadera si F_1 o F_2 son verdaderas; si no es falsa
 - 3 $(\neg F_1)$ es verdadera si F_1 es falsa; caso contrario es falsa
 - 3 $(\exists r)(F)$. Si F es una fórmula en la que la variable de tipo tupla r aparece al menos una vez de manera libre, entonces $(\exists r)(F)$ es una fórmula.
 $(\exists r)(F)$ es verdadera si, para algún valor de r , cuando es reemplazado en todas las ocurrencias libres de r en F , hace que el valor de verdad de la fórmula sea verdadera; caso contrario es falsa
 - 4 $(\forall r)(F)$. Si F es una fórmula en la que la variable de tipo tupla r aparece al menos una vez de manera libre, entonces $(\forall r)(F)$ es una fórmula.
 $(\forall r)(F)$ es verdadera si cada valor de r , cuando es reemplazado en todas las ocurrencias libres de r en F , hace que el valor de verdad de la fórmula sea verdadera; caso contrario es falsa

CRT - Ejercicio 1

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Listar nombre y salario de aquellos empleados que trabajan en el Departamento de Recursos Humanos

CRT - Ejercicio 1

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Listar nombre y salario de aquellos empleados que trabajan en el Departamento de Recursos Humanos

$\{ t \mid (\exists e)(\exists d) (e \in EMPLEADO \wedge d \in DEPARTAMENTO \wedge d.Detalle = 'RRHH' \wedge e.Depto = d.IDD \wedge t.Nombre = e.Nombre \wedge t.Salario = e.Salario) \}$

Importante

- Sólomente se permite una variable libre: t
- Los atributos que tendrán las tuplas devueltas son solamente los que aparecen alguna vez en la consulta

CRT - Ejercicio 2

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Listar nombre, salario y nombre de Departamento de aquellos empleados que ganan más de \$15.000

CRT - Ejercicio 2

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Listar nombre, salario y nombre de Departamento de aquellos empleados que ganan más de \$15.000

$\{ t \mid (\exists e)(\exists d) (e \in EMPLEADO \wedge e.Salario > \$15.000 \wedge d \in DEPARTAMENTO \wedge e.Depto = d.IDD \wedge t.Nombre = e.Nombre \wedge t.Salario = e.Salario \wedge t.Departamento = d.Detalle) \}$

CRT - Ejercicio 3

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Listar el nombre de cada empleado junto al de su supervisor

CRT - Ejercicio 3

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Listar el nombre de cada empleado junto al de su supervisor

$$\{t \mid (\exists e)(\exists s) (e \in \text{EMPLEADO} \wedge s \in \text{EMPLEADO} \wedge e.\text{Supervisor}=s.\text{DNI} \wedge t.\text{Nombre}=e.\text{Nombre} \wedge t.\text{Supervisor}=s.\text{Nombre})\}$$

CRT - Ejercicio 3

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Listar el nombre de cada empleado junto al de su supervisor
 $\{ t \mid (\exists e)(\exists s) (e \in EMPLEADO \wedge s \in EMPLEADO \wedge e.Supervisor=s.DNI \wedge t.Nombre=e.Nombre \wedge t.Supervisor=s.Nombre) \}$
- Listar el nombre de cada empleado del Departamento de Investigación junto al de su supervisor

CRT - Ejercicio 3

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Listar el nombre de cada empleado junto al de su supervisor

$$\{t \mid (\exists e)(\exists s) (e \in EMPLEADO \wedge s \in EMPLEADO \wedge e.Supervisor=s.DNI \wedge t.Nombre=e.Nombre \wedge t.Supervisor=s.Nombre)\}$$
- Listar el nombre de cada empleado del Departamento de Investigación junto al de su supervisor

$$\{t \mid (\exists e)(\exists s) (\exists d) (e \in EMPLEADO \wedge s \in EMPLEADO \wedge d \in DEPARTAMENTO \wedge d.Detalle='Investigacion' \wedge e.Supervisor=s.DNI \wedge e.Depto=d.IDD \wedge t.Nombre=e.Nombre \wedge t.Supervisor=s.Nombre)\}$$

CRT - Ejercicio 4

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Listar el nombre de los empleados que trabajan en el Departamento de RRHH o su supervisor gana más de \$15.000

CRT - Ejercicio 4

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Listar el nombre de los empleados que trabajan en el Departamento de RRHH o su supervisor gana más de \$15.000

$$\{ t \mid (\exists e)(e \in EMPLEADO \wedge$$

$$($$

$$(\exists d)(d \in DEPARTAMENTO \wedge e.Depto = d.IDD \wedge d.Detalle = "RRHH")$$

$$\vee$$

$$(\exists s)(s \in EMPLEADO \wedge e.Supervisor = s.DNI \wedge s.Salario > \$15.000)$$

$$) \wedge t.Nombre = e.Nombre \}$$

- En este caso, el **OR** funciona como el UNION

CRT - Ejercicio 5

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Tarea: Listar el nombre de los empleados que no tienen Supervisor asignado

CRT - Ejercicio 5

EMPLEADO

DNI	Nombre	Salario	Depto	Supervisor
20222333	Diego	\$20.000,00	IN	33456234
33456234	Laura	\$25.000,00	IN	
45432345	Marina	\$10.000,00	IN	33456234
12323212	Beatriz	\$12.000,00	RH	12323212
34323232	Pedro	\$17.000,00	RH	
11232123	María	\$55.000,00	GG	

DEPARTAMENTO

IDD	Detalle
IN	Investigación
RH	RRHH
GG	Gerencia Gral.

- Tarea: Listar el nombre de los empleados que no tienen Supervisor asignado

$\{ t \mid (\exists e)(e \in EMPLEADO \wedge (\forall s)(s \in EMPLEADO \implies e.Supervisor \neq s.DNI) \wedge t.Nombre = e.Nombre) \}$

CRT - Equivalencias

Algunas equivalencias útiles

$(\forall x) (P(x))$	\equiv	$\neg (\exists x) (\neg (P(x)))$
$(\exists x) (P(x))$	\equiv	$\neg (\forall x) (\neg (P(x)))$
$(\forall x) (P(x) \wedge Q(x))$	\equiv	$\neg (\exists x) (\neg (P(x)) \vee \neg (Q(x)))$
$(\forall x) (P(x) \vee Q(x))$	\equiv	$\neg (\exists x) (\neg (P(x)) \wedge \neg (Q(x)))$
$(\exists x) (P(x) \vee Q(x))$	\equiv	$\neg (\forall x) (\neg (P(x)) \wedge \neg (Q(x)))$
$(\exists x) (P(x) \wedge Q(x))$	\equiv	$\neg (\forall x) (\neg (P(x)) \vee \neg (Q(x)))$
$(\forall x) (P(x)) \implies (\exists x) (Q(x))$	\equiv	$\neg (\exists x) (Q(x)) \implies \neg (\forall x) (P(x))$

CRT - Expresiones Seguras

- **Expresión Segura.** En Cálculo Relacional es aquella que garantiza producir una cantidad finita de tuplas como resultado. Caso contrario se denomina **Expresión Insegura**
- Ejemplo: $\{t \mid \neg (t \in EMPLEADO)\}$ es una **Expresión Insegura** porque produce una cantidad infinita de tuplas: Todo el **universo** de posibles empleados que no forman parte de la relación *EMPLEADO*

CRT - Expresiones Seguras

- **Expresión Segura.** En Cálculo Relacional es aquella que garantiza producir una cantidad finita de tuplas como resultado. Caso contrario se denomina **Expresión Insegura**
- Ejemplo: $\{t \mid \neg (t \in EMPLEADO)\}$ es una **Expresión Insegura** porque produce una cantidad infinita de tuplas: Todo el **universo** de posibles empleados que no forman parte de la relación *EMPLEADO*
- **Dominio de una Expresión del CRT.** Sea E una expresión del CRT, $dom(E)$ es el conjunto de valores que aparecen tanto a) como valores constantes en E , como b) los valores pertenecientes a cualquier atributo de cualquier tupla de las relaciones mencionadas en E
- Ejemplo: $dom(\{t \mid (t \in EMPLEADO)\})$ es el conjunto de todos los valores que toman los atributos en todas las tuplas de la relación *EMPLEADO*

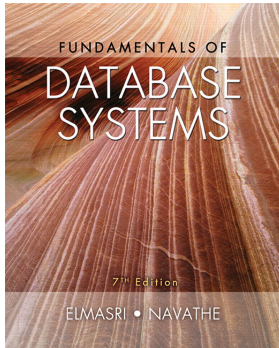
CRT - Expresiones Seguras

- **Expresión Segura.** En Cálculo Relacional es aquella que garantiza producir una cantidad finita de tuplas como resultado. Caso contrario se denomina **Expresión Insegura**
- Ejemplo: $\{t \mid \neg (t \in EMPLEADO)\}$ es una **Expresión Insegura** porque produce una cantidad infinita de tuplas: Todo el **universo** de posibles empleados que no forman parte de la relación *EMPLEADO*
- **Dominio de una Expresión del CRT.** Sea E una expresión del CRT, $dom(E)$ es el conjunto de valores que aparecen tanto a) como valores constantes en E , como b) los valores pertenecientes a cualquier atributo de cualquier tupla de las relaciones mencionadas en E
- Ejemplo: $dom(\{t \mid (t \in EMPLEADO)\})$ es el conjunto de todos los valores que toman los atributos en todas las tuplas de la relación *EMPLEADO*
- **Definición alternativa.** Una **Expresión** es **Segura** si todos los valores en el resultado son parte del dominio de la expresión
- **Observación.** Notar que el resultado de $\{t \mid \neg (t \in EMPLEADO)\}$ es una **Expresión Insegura**, ya que incluye valores por fuera de los incluidos en la relación *EMPLEADO*. Dichos valores no pertenecen al dominio de la expresión
- **Expresividad.** CRT restringido a expresiones seguras es equivalente en poder de expresividad al Álgebra Relacional básica

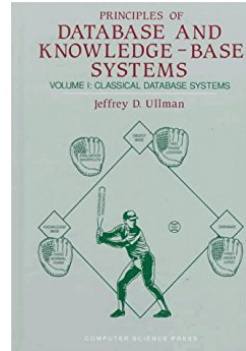
DRC - Cálculo Relacional de Dominio

- **CRT**. Utiliza tuplas a modo de variables
- **CRD**. Utiliza atributos a modo de variables
- **Expresividad**. **CRD** tiene el mismo poder de expresividad que **CRT**

CRT - Bibliografía



Capítulo 8 (a partir de sección 8.6)
Elmasri/Navathe - **Fundamentals of Database Systems, 7th Edition**
Pearson, 2015.



Capítulo 3 (a partir de sección 3.8)
Ullman - **Principles of Database and Knowledge-Base Systems**
Computer Science Press, 1988