

Segundo Parcial de Fundamentos de Base de Datos

Noviembre 2009 – **SOLUCIONES**

Ejercicio 1 (14 puntos)

Dado el esquema relación R (A,B,C,D,E,G,H) y el conjunto de dependencias F sobre R:

$$F = \{ B \rightarrow DE, A \rightarrow GC, CD \rightarrow H, H \rightarrow A \}$$

1) Determinar si los siguientes atributos son primos en R según F:

- a. B
- b. E
- c. D

Justificar su respuesta.

Solución:

Un atributo es primo en R según F si pertenece a alguna clave de R según F.

a. B no pertenece al lado derecho de las dependencias funcionales de F por lo tanto B pertenece a todas las claves de R según F.

B es primo.

b. E no pertenece al lado izquierdo de las dependencias funcionales de F, por lo tanto E no pertenece a ninguna clave de R según F.

E NO es primo.

c. Si D es primo entonces existe un conjunto de atributos de R: X tal que XBD es clave (recordar que B pertenece a todas las claves)

Pero si se considera XB^+_F , se tiene que $X \cup \{B,D\} \subseteq XB^+_F$. Lo que significa que D es redundante en XBD. Por lo tanto D no pertenece a ninguna clave, ya que el conjunto XBD no es minimal.

D NO es primo.

◆

2) Dada la siguiente descomposición de R, ρ_1 :

$$\rho_1 = \{ R_1(A,B,D,E,G), R_2(B,C,E,H) \}$$

Determinar si ρ_1 tiene Join sin pérdida con respecto a F. Justifique su respuesta.

Solución:

Se aplicará el teorema visto en el curso que permite determinar si una descomposición de un esquema original R en 2 subesquemas (R1,R2) y un conjunto de dependencias F.

Para que la descomposición tengo JSP es necesario que

$$R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2 \in F^+ \text{ o } R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1 \in F^+$$

En este caso tenemos que:

$$R_1 \cap R_2 = \{B,E\}$$

$$R_1 - R_2 = \{A,D,G\}$$

$$R_2 - R_1 = \{C,H\}$$

$$(R_1 \cap R_2)^+_F = \{B,E,D\}$$

$$\{A,D,G\} \not\subseteq \{B,E,D\}, \text{ por lo tanto } BE \rightarrow ADG \notin F^+ \quad (1)$$

$\{C,H\} \not\subseteq \{B,E,D\}$, por lo tanto $BE \rightarrow CH \notin F^+$ (2)

De (1),(2) y por aplicación del teorema se puede afirmar que **ρ_1 NO tiene JSP.**

◆

3) Dada la siguiente descomposición de R, ρ_2 :

$\rho_2 = \{ R_3(H,G,C), R_4(B,A,E), R_5(A,C,D,G) \}$

a. Determinar si $H \rightarrow C \in \Pi_{R_3}(F)$.

Solución:

$H \rightarrow C \in \Pi_{R_3}(F)$ sii $H \rightarrow C \in F^+$ y $\{H,C\} \subseteq R_3$. (3)

$H^+_F = \{H,A,G,C\}$
 $C \in H^+_F \Rightarrow H \rightarrow C \in F^+$ (4)

$\{H,C\} \subseteq \{H,G,C\} = R_3 \Rightarrow \{H,C\} \subseteq R_3$ (5)

De (3),(4),(5) se puede afirmar que **$H \rightarrow C \in \Pi_{R_3}(F)$**

◆

b. Determinar si $D \rightarrow A \in \Pi_{R_5}(F)$.

Solución:

$D \rightarrow A \in \Pi_{R_5}(F)$ sii $D \rightarrow A \in F^+$ y $\{D,A\} \subseteq R_5$. (6)

$D^+_F = \{D\}$
 $A \notin D^+_F \Rightarrow D \rightarrow A \notin F^+$ (7)

De (6),(7),(5) se puede afirmar que **$D \rightarrow A \notin \Pi_{R_5}(F)$**

◆

c. Para cada uno de los subesquemas de ρ_2 determinar cuál es la máxima forma normal en que se encuentra según F.

Solución:

• **$R_3(H,G,C), \Pi_{R_3}(F) = \{ H \rightarrow GC \}$**

$H^+_F = \{H,A,G,C\}$ (calculado en 3.a)
 $G^+_F = \{G\}$
 $C^+_F = \{C\}$
 $(GC)^+_F = \{G,C\}$

Clave de R_3 según $\Pi_{R_3}(F)$: H

Por lo tanto en $H \rightarrow GC$, el lado izquierdo de la df es superclave. Entonces se cumple la condición de BCNF.

Como en R_3 no se cumplen dependencias multivaluadas no funcionales y R_3 está en BCNF se puede afirmar que **R_3 está en 4NF.**

- **R4(B,A,E), $\Pi_{R4}(F) = \{ B \rightarrow E \}$**

$$\begin{aligned}
 B^+_F &= \{B, D, E\} \\
 A^+_F &= \{A, G, C\} \\
 E^+_F &= \{E\} \\
 (AE)^+_F &= \{A, E, G, C\} \\
 (AB)^+_F &= \{A, B, G, C, D, E, H\} \\
 (EB)^+_F &= \{E, B, D\}
 \end{aligned}$$

Clave de R4 según $\Pi_{R4}(F)$: AB

Al considerar $B \rightarrow E$, se tiene que E es un atributo no primo y $B \in BA$ clave de R4.

Por lo tanto $AB \rightarrow E$ es una dependencia parcial de clave a un atributo no primo, o sea no se cumple las condiciones de 2NF.

El esquema **R4 está en 1NF**

- **R5(A,C,D,G), $\Pi_{R5}(F) = \{ A \rightarrow GC, CD \rightarrow A \}$**

$$\begin{aligned}
 A^+_F &= \{A, G, C\} \\
 C^+_F &= \{C\} \\
 D^+_F &= \{D\} \\
 G^+_F &= \{G\} \\
 (CD)^+_F &= \{C, D, H, A, G\} \\
 (AD)^+_F &= \{A, D, G, C, H\} \\
 (CG)^+_F &= \{C, G\} \\
 (DG)^+_F &= \{D, G\}
 \end{aligned}$$

Claves de R5 según $\Pi_{R5}(F)$: AD, CD

Al considerar $A \rightarrow G$, se tiene que G es un atributo no primo y $A \in AD$ clave de R5.

Por lo tanto $AD \rightarrow G$ es una dependencia parcial de clave a un atributo no primo, o sea no se cumple las condiciones de 2NF.

El esquema **R5 está en 1NF**.

◆

- Determinar si la descomposición ρ_2 preserva las dependencias funcionales de F.

Solución:

$$\text{Sea } J = \bigcup_{i=3..5} \Pi_{R_i}(F) = \{ H \rightarrow GC, B \rightarrow E, A \rightarrow GC, CD \rightarrow A \}$$

ρ_2 preserva las dependencias funcionales sii $J^+ = F^+$.

$$\text{Sea } B \rightarrow D \in F^+$$

$$\text{Calculo } B^+_J = \{B, E\}, D \notin B^+_J \Rightarrow B \rightarrow D \notin J^+$$

Por lo tanto $F^+ \neq J^+ \Rightarrow \rho_2$ no preserva las dependencias funcionales de F.

◆

- e. Considere un subesquema de ρ_2 (R_3, R_4, R_5) que no se encuentra en BCNF y obtenga una descomposición del mismo en BCNF con join sin pérdida.

Solución:

Caso 1 – Considerando R4

La df $B \rightarrow E$ viola la condición de BCNF, se aplica el algoritmo visto en el curso que permite obtener una descomposición en BCNF con join sin pérdida y se obtiene:

R41(B,E) $\Pi_{R41}(F) = \{B \rightarrow E\}$
Clave de R41 según $\Pi_{R41}(F)$: B

Por lo tanto R41 está en BCNF.

R42(B,A) $\Pi_{R42}(F) = \{\}$
Clave de R42 según $\Pi_{R42}(F)$: AB

Por lo tanto R42 está en BCNF.

Caso 2 – Considerando R5

La df $A \rightarrow GC$ viola la condición de BCNF (A no es superclave) , se aplica el algoritmo visto en el curso que permite obtener una descomposición en BCNF con join sin pérdida y se obtiene:

R51(A,G,C) $\Pi_{R51}(F) = \{A \rightarrow GC\}$
Clave de R51 según $\Pi_{R51}(F)$: A

Por lo tanto R51 está en BCNF.

R52(A,D) $\Pi_{R52}(F) = \{\}$
Clave de R52 según $\Pi_{R52}(F)$: AD

Por lo tanto R52 está en BCNF.

◆

Justifique todas sus respuestas.

Ejercicio 2 (8 puntos)

Dado el esquema relación R (A,B,C,D) y el conjunto de dependencias F:

$$F = \{AB \rightarrow CD\}$$

- 1) Verificar que R se encuentra en BCNF según F.

Solución:

$$(AB)^+_{F} = \{A,B,C,D\} = R \quad \Rightarrow \text{AB es superclave de R según F.}$$

Por lo tanto en la única dependencia de F se tiene que el lado izquierdo es superclave, entonces se cumple la condición de BCNF.

♦

- 2) Agregue las dependencias que considere necesarias al conjunto F original de forma tal que la máxima forma normal en que se encuentra R según el nuevo conjunto de dependencias sea 3NF.

Solución:

$$\text{Sea } F_2 = \{AB \rightarrow CD, \mathbf{C} \rightarrow \mathbf{B}\}$$

Claves de R según F2 :

A pertenece a todas las claves ya que no aparece a la derecha de las dependencias de F2.

$$A^+_{F_2} = \{A\} \neq R.$$

$$(AB)^+_{F_2} = \{A,B,C,D\} = R \quad \Rightarrow \text{AB es clave de R según F2}$$

$$(AC)^+_{F_2} = \{A,C,B,D\} = R \quad \Rightarrow \text{AC es clave de R según F2}$$

$$(AD)^+_{F_2} = \{A,D\} \neq R$$

No es posible considerar subconjuntos de R que contengan a A y no contengan una clave, por lo tanto las únicas claves de R según F2 son: **AB, AC**

En $AB \rightarrow CD$, AB es superclave \Rightarrow se cumple la condición de BCNF

En $C \rightarrow B$, C no es superclave (no incluye una clave) pero B es atributo primo (pertenece a la clave AB) por lo tanto se cumple la condición de 3NF y no la de BCNF.

R está en 3NF según F2.

♦

- 3) Agregue las dependencias que considere necesarias al conjunto F original de forma tal que la máxima forma normal en que se encuentra R según el nuevo conjunto de dependencias sea 1NF.

Solución:

$$\text{Sea } F_3 = \{AB \rightarrow CD, \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{C}\}$$

Clave de R según F3:

AB pertenecen a todas las claves por no pertenecer a la derecha de las dependencias de F3.

$(AB)^+_{F3} = \{A,B,C,D\} = R \Rightarrow AB$ es clave de R según F3

No es posible armar otros subconjuntos de R que contengan a AB y no contengan una clave. Por lo tanto la única clave de R según F3 es: **AB**

En $A \rightarrow C$: $A \in AB$ clave de R según F3 y C no es primo (no pertenece a AB).

Por lo tanto $AB \rightarrow C$ es una dependencia parcial de clave a un atributo no primo, o sea no se cumple las condiciones de 2NF.

R está en 1NF según F3.



Justifique todas las respuestas.

Ejercicio 3 (8 puntos)

En una empresa de servicios informáticos se lleva un registro de los viajes que realizan sus socios: quién realiza el viaje, el nombre del lugar al que visitó, la fecha en que llegó al mismo. Un mismo viaje puede ser realizado por uno o varios de los socios. Un socio puede visitar un lugar más de una vez, y por otro lado se sabe que un mismo día no se visita más de un lugar. Por otro lado, en esta empresa también se lleva un registro de los contactos de los socios con técnicos de fuera de la empresa. De ellos se conoce el nombre, el teléfono principal de contacto y sus especialidades.

Se decide diseñar una base de datos relacional para registrar y mantener esta información.

Se proponen los siguientes nombres de atributos:

| | |
|--------|--|
| Soc | Representa el nombre del socio |
| Lugar | Representa los lugares a los cuales viaja |
| FecVia | Representa la fecha en que llega a un lugar |
| NomTec | Representa el nombre del técnico con el que se vincula |
| TelTec | Representa el teléfono del técnico |
| EspTec | Representa la especialidad del técnico. |

Se sabe que las dependencias funcionales que se cumplen en la realidad son:

Soc, FecVia \rightarrow Lugar
NomTec \rightarrow TelTec

Se pide:

- a) Dar un esquema R1 incluido en R tal que se cumple la dependencia multivaluada: Soc \twoheadrightarrow Lugar y esta dependencia no es trivial en R1. Justificar su respuesta.

Solución:

Sea R1(Soc, Lugar, TelTec)

Justificación:

En R1 no se proyectan dependencias funcionales no triviales.

Verificamos que significa que se cumple la mvd : Soc ->> Lugar en este esquema:

Sea r una instancia cualquiera de R1:

| | Soc | Lugar | TelTec |
|----|-----|-------|--------|
| t1 | s1 | l1 | tel1 |
| t2 | s1 | l2 | tel2 |
| t3 | s1 | l1 | tel2 |
| t4 | s1 | l2 | tel1 |

si existen las tuplas t1 y t2 en r es necesario que existan las tuplas t3 y t4.

Lo que tiene sentido para la realidad planteada.

La relación del socio con los lugares a los que viaja es totalmente independiente de la relación del socio con los teléfonos de los técnicos con los que se vincula. Y no hay relación entre los lugares y los teléfonos.

La mvd no es trivial en R1 ya que $\{Soc,Lugar\} \neq \{Soc, Lugar, TelTec\}$ y $\{Lugar\} \not\subset \{Soc\}$.

◆

- b) Dar un esquema R2 incluido en R, distinto de R y que contiene a los atributos Soc y NomTec donde No se cumple la dependencia multivaluada: Soc ->> NomTec. Justificar su respuesta.

Solución:

Sea R2(Soc, NomTec,TelTec)

Justificación:

En R2 se proyecta $\{NomTec \rightarrow TelTec\}$.

Verificamos que significaría que se cumple la mvd : Soc ->> NomTec en este esquema:

Sea r una instancia cualquiera de R2:

| | Soc | NomTec | TelTec |
|----|-----|-----------|-------------|
| t1 | s1 | n1 | tel1 |
| t2 | s1 | n2 | tel2 |
| t3 | s1 | n1 | tel2 |
| t4 | s1 | n2 | tel1 |

si existen las tuplas t1 y t2 en r es necesario que existan las tuplas t3 y t4.

Lo que NO es posible ya que se estaría violando la dependencia funcional que se cumple en el esquema. Por lo tanto NO se cumple la mvd en este esquema.

◆

Ejercicio 4 (15 puntos)

Un banco desea elegir qué manejador de base de datos es más conveniente en el contexto de trabajo que se les presenta. Ante todo, tienen muchas transacciones pequeñas y concurrentes.

Para tomar la decisión, instalaron en máquinas exactamente iguales los manejadores A, B y C y estudian el funcionamiento de los mismos frente a la ejecuciones repetidas de las mismas transacciones en los tres sistemas, en situaciones normales y de falla (alguien desconecta la energía...) y luego analizan los logs. Los registros del log analizados son los siguientes:

- **[start_transaction,T]**: Comenzó la transacción T
- **[write_item,T,X,v_ant,v_actual]**: La transacción T cambió el item X del valor v_ant al valor v_act.
- **[read_item,T,X]**: La transacción T leyó el valor del item X
- **[commit,T]**: La transacción T confirma que todos los efectos deben ser permanentes en la base.
- **[abort, T]**: La transacción T abortó, por lo que ningún cambio realizado por T debe ser permanente en la base

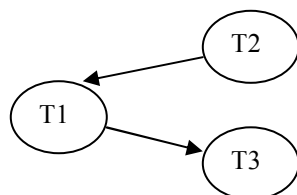
1. Al analizar todos los logs de todas las ejecuciones, encuentra el siguiente log para el manejador C.

| Manejador C |
|--------------------------------------|
| [start_transaction, T ₂] |
| [write, X,5, 20, T ₂] |
| [start_transaction, T ₁] |
| [read, X, T ₁] |
| [write, X, 20, 22, T ₁] |
| [commit, T ₂] |
| [checkpoint] |
| [commit, T ₁] |
| [start_transaction, T ₃] |
| [write, X,22,45, T ₃] |
| [write, Y, 10,20, T ₃] |
| [commit, T ₃] |
| [checkpoint] |

- a) Al interpretar el Log como una historia y clasificarla según la recuperabilidad, deciden eliminar el Manejador C. Justifique la decisión de los ingenieros. (Para esta parte ignorar los checkpoints y start_transaction).

Deciden eliminar el Manejador C porque no evita abortos en cascada.

- b) Indique si la historia detectada es serializable. Justifique su respuesta.



Es serializable porque no tengo ciclos en el grafo.

2. Indique cuáles son los dos usos vistos en el curso para los timestamps.

- a. **prevención de deadlocks**
- b. **implementación del control de concurrencia**

3. De acuerdo a logs sobre las mismas transacciones en los manejadores A y B, los ingenieros tratan de verificar la exactitud de los manuales. Los logs y estados de la base de los ítems involucrados que analizan en este caso son los siguientes.

| Manejador A | Manejador B |
|---|---|
| [start_transaction, T ₁] [read, X, T ₁] [write, X, 5, 7, T ₁] [start_transaction, T ₂] [commit, T ₁] [checkpoint] [write, X, 7, 20, T ₂] [start_transaction, T ₃] [commit, T ₂] [write, X, 20, 45, T ₃] FALLA ! | [start_transaction, T ₁] [start_transaction, T ₂] [read, X, T ₁] [write, X, 5, 7, T ₁] [commit, T ₁] [write, X, 7, 20, T ₂] [checkpoint] [start_transaction, T ₃] [commit, T ₂] [write, X, 20, 45, T ₃] FALLA ! |
| Antes de la recuperación : X=7 Después de la recuperación: X=20 | Antes de la recuperación: X=45 Después de la recuperación: X=20 |

- a) Cuál es la estrategia de recuperación que sigue el manejador A? Justifique su respuesta.

Estrategia de recuperación: Diferida

El ítem X valía 7 e inmediatamente después de la falla el mismo vale 20. Se ignoraron todas las transacciones que terminaron antes del checkpoint.

- b) Cuál es la estrategia de recuperación que sigue el manejador B? Justifique su respuesta.

Estrategia de recuperación: Inmediata

El ítem X valía 45 e inmediatamente después de la falla el mismo vale 20. Se ignoró la confirmación de T1 que fue la realizada antes del checkpoint.

- c) Indique qué transacciones se deberían ignorar, qué transacciones se deberían rehacer y que transacciones se deberían deshacer en cada una de las estrategias clásicas de recuperación.

Estrategia de recuperación: Diferida

Se ignoran todas las transacciones que terminaron antes del checkpoint, en el caso del manejador A la transacción T1.

Rehace todas las transacciones después del checkpoint. En el caso del manejador A rehace la transacción T2, con la transacción T3 no hace nada.

Estrategia de recuperación: Inmediata

Se ignoran las transacciones que confirman antes del checkpoint, en el caso del manejador B, se ignora la transacción T1.

En el caso del manejador B, dependiendo de la estrategia, rehace la transacción T2 o la ignora. La transacción T3 se deshace porque no terminó antes de la falla.

Ejercicio 5 (15 puntos)

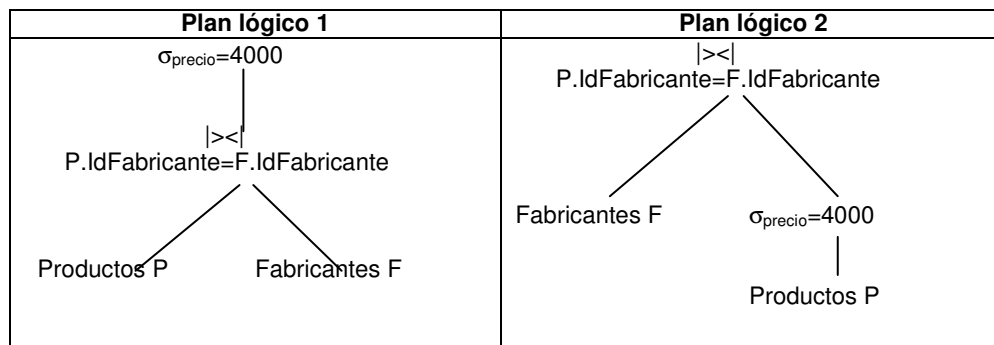
Considere el siguiente esquema:

PRODUCTOS (IdProducto, Nombre, Descripcion, Precio, IdFabricante)

FABRICANTES (IdFabricante, NomFabricante, Direccion)

A continuación se presenta una consulta sobre dicho esquema y 2 posibles planes lógicos para la misma.

```
SELECT *
FROM PRODUCTOS P, FABRICANTES F
WHERE P.IdFabricante=F.IdFabricante and P.precio = 4000
```



Teniendo en cuenta los siguientes datos:

| Tabla | Columna | Valores distintos |
|-------------|--------------|-------------------|
| Fabricantes | IdFabricante | 50 |
| Productos | IdFabricante | 50 |
| Productos | Precio | 500 |

| Tabla | Cant. tuplas | Factor de bloqueo |
|--------------------------|--------------|-------------------|
| Fabricantes | 50 | 10 |
| Productos | 10000 | 5 |
| Fabricantes>< Productos | | 3 |

| Indice | Tabla/Atributo | Tipo | Cant. niveles |
|-------------|--------------------------|------------|---------------|
| Fab_Id | Fabricantes/IdFabricante | Primario | 1 |
| Prod_Precio | Productos/Precio | Secundario | 3 |

NOTA: Asuma que tiene disponibles 3 buffers para el intercambio de datos entre disco y memoria.

- Especifique un **plan físico** para cada uno de los planes lógicos.
- Calcule y compare entre sí los **costos** de los planes físicos de la parte anterior, considerando los costos de grabar los resultados intermedios.

Implementaciones de los Operadores.

| Oper. | Algoritmo | Costo | Condición | Organización |
|---------------|------------------|---|-------------------------|---------------------|
| $\sigma_c(R)$ | Búsqueda Lineal | b_R peor caso, $b_R/2$ promedio | Cualquier Caso | Cualquiera |
| | Búsqueda Binaria | $\log_2 b_R + \lceil s/bf_R \rceil - 1$ | Cualquier caso | Registros ordenados |
| | Indice Primario | $x + 1$ | Por igualdad a un valor | Registros Ordenados |
| | Hash | 1 o 2 según el tipo | Por igualdad a un valor | Cualquiera |
| | Indices Primario | $x + (b/2)$ (promedio) | Por relación de orden. | Indice ordenado |
| | Indice Cluster | $x + \lceil s/bf_R \rceil$ | Cualquier Caso | Registros Ordenados |

CSI-INCO

Fundamentos de Bases de Datos

45

--

Implementaciones de los Operadores.

| Oper. | Algoritmo | Costo | Cond. | Organización |
|-------------------------|--------------------------|---|----------------|-----------------|
| $\sigma_c(R)$ | Indice secundario B+ | $x + s$ peor caso | Cualquier Caso | Cualquiera |
| | Grabacion Intermedia | s/bf_R | Cualquier caso | Cualquiera |
| $R \bowtie X \bowtie S$ | Loop Anidado (registros) | $b_R + (n_R * b_s)$ | Cualquier caso | Cualquiera |
| | Loop Anidado (bloque) | $b_R + \lceil b_R / (M - 2) \rceil * b_s$ | Cualquier caso | Cualquiera |
| | Sort Merge | $b_R + b_s + \text{costo ords.}$ | Cualquier caso | indice en disco |
| | Index join | $b_R + n_R * Z$ | Cualquier caso | indice en disco |

CSI-INCO

Fundamentos de Bases de Datos

46

donde Z depende del tipo de indice:

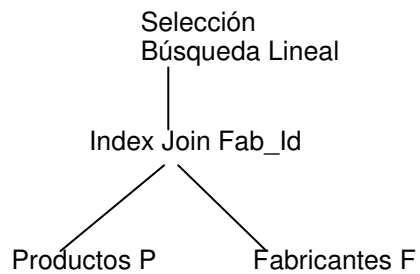
secundario: $Z = x + sS$, cluster: $Z = x + \lceil sS/bf_S \rceil$, primario: $Z = x + 1$, hash = h

Solución:

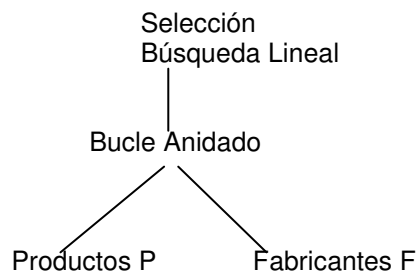
a)

Planes físicos posibles para el plan lógico 1:

1.1: Selección por búsqueda lineal, join por índice

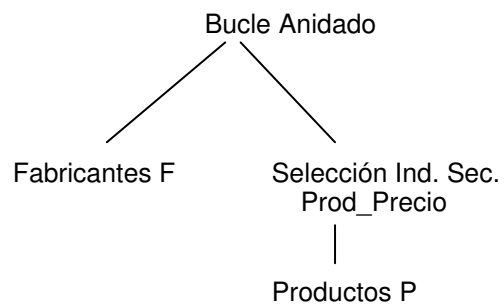


1.2: Selección por búsqueda lineal, join por bucle anidado

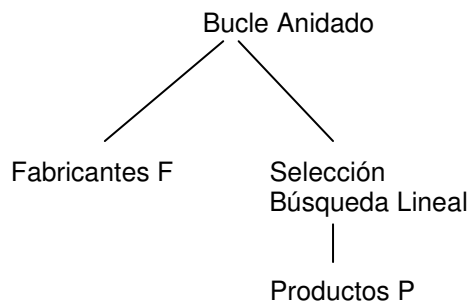


Planes físicos posibles para el plan lógico 2:

2.1: Selección usando índice secundario, join por bucle anidado



2.2: Selección por búsqueda lineal, join por bucle anidado por bloque



Podrían haber variantes a cualquiera de los planes físicos, agregando Ordenaciones (Sort).

b)

Costo 1.1:

Sea T1 la tabla donde se almacena temporalmente el resultado del Join.

$$\text{Costo (T1)} = b_p + (n_p * Z) = b_p + (n_p * (x+1)) = b_p + (n_p * 2) = 10000/5 + 10000 * 2 = 22000$$

$|T1| = |P| = 10000$, porque IdFabricante es clave en Fabricante y clave foránea en Producto

$$\text{Costo (grabar T1)} = b_{T1} = |T1|/3 = 10000/3 = 3334$$

$$\text{Costo (seleccion)} = b_{T1} = 3334$$

$$\text{Ctotal} = 22000 + 3334 + 3334 = 28668$$

Costo 1.2, bucle anidado por bloques:

Lo único que cambia respecto a 1.1 es el costo de T1

Para calcular el costo de un Join anidado por bloques necesito saber la cantidad de buffers, supongo 3

$$\text{Costo (T1)} = b_p + \lceil b_p / (M-2) \rceil * b_f = b_p + b_p * b_f = 10000/5 + 10000/5 * 50/10$$

$$\text{Ctotal} = 12000 + 3334 + 3334 = 18668$$

Costo 1.2, bucle anidado por registros:

Lo único que cambia respecto a 1.1 y 1.2 es el costo de T1

$$\text{Costo (T1)} = b_p + n_p * b_f = 10000/5 + 10000 * 50/10$$

$$\text{Ctotal} = 52000 + 3334 + 3334 = 58668$$

Costo 2.1, bucle anidado por bloques:

Sea T1 la tabla donde se almacena temporalmente el resultado de la selección.

$$\text{Costo (T1)} = x+s = 3 + 10000/500 = 23$$

$$\text{Costo (grabar T1)} = b_{T1} = |T1|/5 = 20/5 = 4$$

$$\text{Costo (join)} = b_f + \lceil b_f / (M-2) \rceil * b_{T1} = b_f + b_f * b_{T1} = 50/10 + 50/10 * 4 = 25$$

$$\underline{\mathbf{Ctotal = 23 + 4 + 25 = 52}}$$

Costo 2.1, bucle anidado por registros:

$$\text{Costo (join)} = b_F + \lceil n_F / (M-2) \rceil * b_{T1} = b_F + n_F * b_{T1} = 50/10 + 50 * 4 = 205$$

$$\underline{\mathbf{Ctotal = 23 + 4 + 205 = 232}}$$

Costo 2.2, bucle anidado por bloques:

La única diferencia respecto del 2.1 es el costo de la selección.

$$\text{Costo (T1)} = b_p = 10000/5 = 2000$$

$$\underline{\mathbf{Ctotal = 2000 + 4 + 25 = 2029}}$$

Costo 2.2, bucle anidado por registros:

La única diferencia respecto del 2.1 es el costo de la selección.

$$\text{Costo (T1)} = b_p = 10000/5 = 2000$$

$$\underline{\mathbf{Ctotal = 2000 + 4 + 205 = 2209}}$$