TEMA 5
OPTIMIZACIÓN DE CONSULTAS DISTRIBUIDAS – PARTE 2

5.3.5. Joins

- Un Join combina la salida de 2 fuentes de datos "Row Sources".
- Obtiene como salida otro "Row Source" llamado "Data Set".
- La condición del Join permite realizar la comparación de las 2 fuentes de datos. De no especificar dicha condición se genera producto cartesiano estableciendo una correspondencia de cada uno de los registros de un Row Source con cada uno de los registros del otro.
- Cuando existen múltiples tablas en una consulta, el optimizador debe tomar en consideración diversos aspectos para determinar las operaciones más eficientes para cada pareja de "Row sources":
    - Access Paths
    - Join Methods: Para realizar la comparación o ejecución del join el optimizador aplica alguno de los métodos disponibles. Es decir, en esta etapa se define el método a emplear para obtener el resultado de un join entre 2 "Row sources":
        - Nested loop
        - Sort Merge
        - Hash Join
        - Cartesian Join.
    - Join Types
        - Outer
        - Inner
    - Join order: Empleado especialmente con sentencias que contienen más de 2 tablas. El orden en el que se realizan las operaciones de Joins es importante.

Con todas estas variantes el optimizador genera diversos planes de ejecución seleccionando aquel que tenga el menor costo.
A nivel general, el optimizador considera los siguientes aspectos:

- Revisa si el resultado de un Join contiene a lo más 1 registro.
    - Para ello revisa la existencia de constraints `UNIQUE` Y `PRIMARY KEY`.
    - Si esto ocurre, el join se ejecuta al principio.

Antes de iniciar con la revisión de los distintos métodos que existen para implementar una operación JOIN es importante considerar los siguientes 2 conceptos:

- Cada método define 2 conceptos principales:
    - Una de las fuentes de datos se selecciona como "Driving table" o "Outer table".
    - La otra fuente de datos se le conoce como "Driven table" o "Inner table".

Lo anterior es análogo a un ciclo for anidado:

```
for (int i =0 :i<n; i++) {     => driving table
     for(int j =0;j<k;j++) {   =>  diven table
          . . . .
     }
}
```

5.3.5.1. Nested Loops Joins

- En este tipo de Join, para cada registro de la tabla Outer se buscan correspondencias con N registros de la tabla Inner.
- Para cada registro de la tabla Outer que cumpla con el predicado del JOIN, la BD obtiene todos los registros que satisfacen al predicado del JOIN.
- Si existe un índice que permita recuperar los datos de la tabla Inner, el manejador puede emplearlo a través de ROW_IDs (Aplica solo para los datos de la tabla Inner).
- En un plan de ejecución un NESTED LOOP aparece de la siguiente manera:

```
NESTED LOOP
    Outer_table
    Inner_table
```

¿En qué situaciones es conveniente el uso de un Nested Join?

- Las fuentes de datos tienen pocos registros.
- La condición del Join permite acceder a los datos en la Inner table de forma eficiente. Por ejemplo: Suponer una operación `join` entre `diagnostio` y `cita`: `d.diagnostico_id = c.diagnostico_id`, `diagnostico` es la outer table, `cita` es la inner, y sus registros se obtienen empleando el índice creado en la FK (`c.diagnostico_id`).
- En general este método es adecuado para Joins con pocos registros en las tablas fuente en el que las columnas que participan están indexadas.
- El optimizador puede elegir a la tabla fuente que tiene el menor número de registros para que actué como “Outer table”.
- Existe un umbral interno que puede influenciar al optimizador el uso de un Nested Loop. Si el número de registros en la tabla Outer no excede el umbral, el optimizador puede considerar Nested Loop. De lo contrario, Hash Join podría ser la alternativa.

Ejemplo 1:

Obtener la fecha de las citas cuya clave de diagnóstico inicie con `A85`. Suponer las siguientes condiciones:

- Existencia del siguiente índice:

```
create index cita_diagnostico_id_ix on cita(diagnostico_id);
```

- El DBMS decide usar la técnica de Nested Loop haciendo uso de los índices a medida de lo posible.
- Para efectos del ejemplo, considerar las siguientes muestras de datos:

diagnostico			
Row_id	**d.diagnostico_id**	**d.clave**	**Nombre**
01	409	A90	Diarrea
02	410	A91	Migraña
03	411	A851	Obesidad
04	412	A857	Leucemia
05	413	A854	Depresión
06	414	A852	Estrés
07	415	A853	Estreñimiento

cita				
c.row_id	**c.fecha_cita**	**cita_id**	**medico_id**	**diagnostico_id**
0001	10/05/2013	1	45	411
0004	23/04/2015	2	32	412
0002	14/08/2003	3	23	412
0003	20/02/1988	4	125	411
0005	30/09/2001	5	4	413
0008	22/07/2006	6	9	304
0009	10/11/2004	7	13	396
0006	14/14/2001	8	23	987

A. Generar la sentencia SQL que genere el plan de ejecución
B. Determine el método de acceso y la fuente de datos que producirá a la Outer table
C. Considerando la muestra de datos anterior, generar la tabla de datos que representa a la tabla Outer.
D. Determinar la fuente de datos que producirá a la tabla inner.
E. Considerando la muestra de datos anterior, generar la tabla de datos que representa a la tabla inner.
F. Determinar la expresión booleana que se aplicará a cada registro de la tabla inner, así como el método de acceso que se empleará sobre la tabla inner para recuperar los datos requeridos.
G. Determinar el resultado del Nested loop.
H. Determinar la siguiente operación del plan de ejecución para mostrar el resultado final de la consulta.

Solución:

A. Plan de ejecución

```
explain plan for
select d.diagnostico_id, c.fecha_cita
from cita c
join diagnostico d on c.diagnostico_id = d.diagnostico_id
where d.clave like 'A85%';

select plan_table_output from table(dbms_xplan.display);
```

B. Tabla outer.

- El optimizador trata de aplicar posibles operaciones de selección (σ_p) para reducir las cardinalidades de las tablas:
  - Para la tabla `diagnostico` existe el predicado `clave like 'A85%'`. Debido a que el campo clave no está indexado, la única opción es realizar un `table access full`. De la muestra de datos se obtendrán 5 registros que serán considerados para realizar el `join`.
  - Para la tabla `cita` no existe algún predicado por lo que los 8 registros participarán para realizar el `join`.
- Para ejecutar el nested loop se requieren los siguientes datos:
  - `d.diagnostico_id` el cual ya se tiene disponible ya que se hizo un table Access full en el punto anterior.

  - `c.diagnostico_id` La forma más rápida de acceder a este campo es haciendo uso del índice `cita_diagnostico_id_ix`
- De lo anterior, el optimizador elige a la tabla `diagnostico` como tabla outer ya que tiene solo 5 registros.

C. Tabla outer con datos.

De la tabla `diagnostico` solo se selecciona la columna `diagnostico_id` con los 5 identificadores que se requieren para ejecutar el join. Notar que no se necesita ninguna otra columna.

d.diagnostico_id
411
412
413
414
415

D. Tabla inner.

- La tabla inner estará representada por el índice `cita_diagnostico_id_ix`, ya que representa la forma más eficiente de acceder a los valores de `c.diagnostico_id`
- Notar que tanto la tabla inner como la outer puede estar representada por índices, no solo por tablas.

E. Tabla inner con datos:

cita_diagnostico_ix	
c.diagnostico_id	**row_id**
411	0001
412	0004
412	0002
411	0003
413	0005
304	0008
396	0009
987	0006

F. Expresión booleana:

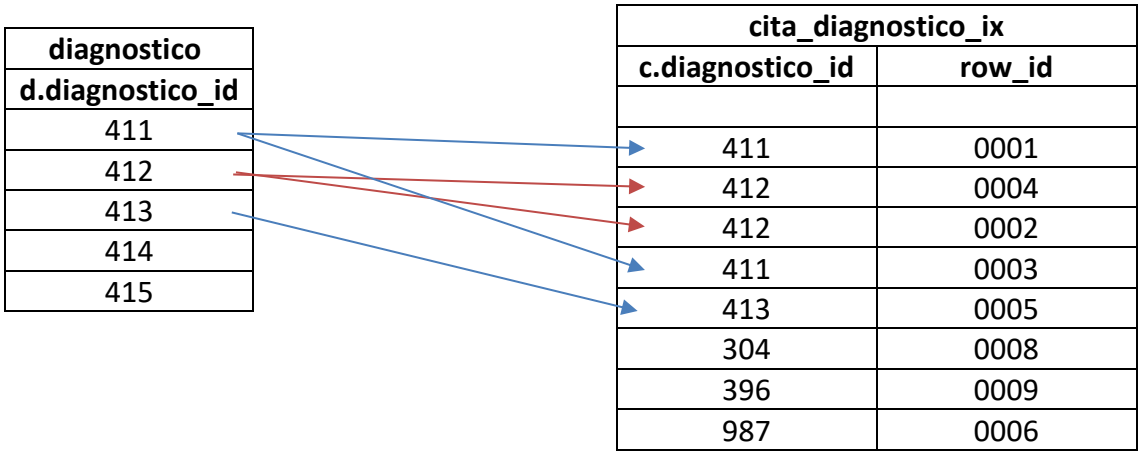
```
d.diagnostico_id = c.diagnostico_id
```

Por cada registro de la tabla outer (`d.diagnostico_id`) se hará un *index range scan* al índice `cita_diagnostico_ix` para obtener una lista de row_ids, es decir:

- Iteración 1: index range scan para obtener todos los row_ids donde `d.diagnostico_id` = 411
  - L ={0001,0003}
- Iteración 2: index range scan para obtener todos los row_ids donde `d.diagnostico_id` = 412
  - L ={0002,0004}
- Iteración 3: index range scan para obtener todos los row_ids donde `d.diagnostico_id` = 413
  - L ={0005}

- En las iteraciones restantes no se obtienen correspondencias.

Se requiere un index range scan ya que por cada valor de `d.diagnostico_id` se pueden obtener varias correspondencias en el índice:



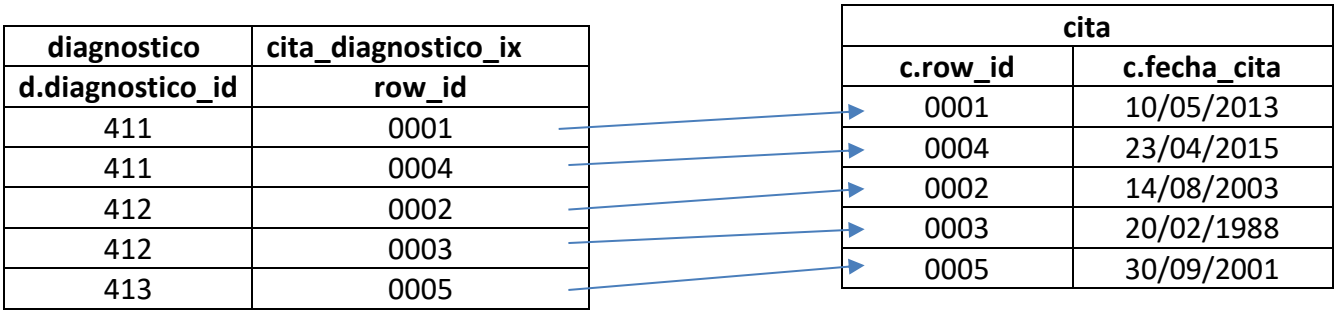
diagnostico
d.diagnostico_id
411
412
413
414
415

cita_diagnostico_ix	
c.diagnostico_id	row_id
411	0001
412	0004
412	0002
411	0003
413	0005
304	0008
396	0009
987	0006

G. Resultado del nested loop.

diagnostico	cita_diagnostico_ix
d.diagnostico_id	row_id
411	0001
411	0003
412	0002
412	0004
413	0005

H. Finalmente, en esta operación, empleando los ROW_IDs de la tabla anterior, se realizará un table Access by index row id para recuperar el campo `fecha_cita` en la tabla `cita`.



diagnostico	cita_diagnostico_ix
d.diagnostico_id	row_id
411	0001
411	0004
412	0002
412	0003
413	0005

cita	
c.row_id	c.fecha_cita
0001	10/05/2013
0004	23/04/2015
0002	14/08/2003
0003	20/02/1988
0005	30/09/2001

El resultado final será:

diagnostico	cita
d.diagnostico_id	c.fecha_cita
411	10/05/2013
411	23/04/2015
412	14/08/2003
412	20/02/1988
413	30/09/2001

En Oracle, este último paso se representa como un segundo nested loop:

```
Plan hash value: 3773197897

-----------------------------------------------------------------------------------------------------
| Id  | Operation                    | Name                    | Rows  | Bytes | Cost (%CPU)| Time     |
-----------------------------------------------------------------------------------------------------
|   0 | SELECT STATEMENT             |                         |     3 |   282 |    37   (0)| 00:00:01 |
|   1 |  NESTED LOOPS                |                         |     3 |   282 |    37   (0)| 00:00:01 |
|   2 |   NESTED LOOPS               |                         |     3 |   282 |    37   (0)| 00:00:01 |
|*  3 |    TABLE ACCESS FULL         | DIAGNOSTICO             |     1 |    25 |    34   (0)| 00:00:01 |
|*  4 |    INDEX RANGE SCAN          | CITA_DIAGNOSTICO_ID_IX  |     2 |       |     1   (0)| 00:00:01 |
|   5 |   TABLE ACCESS BY INDEX ROWID| CITA                    |     2 |   138 |     3   (0)| 00:00:01 |
-----------------------------------------------------------------------------------------------------

Predicate Information (identified by operation id):
---------------------------------------------------

   3 - filter("D"."CLAVE" LIKE 'A85%')
   4 - access("C"."DIAGNOSTICO_ID"="D"."DIAGNOSTICO_ID")
```

- Observar que el segundo nested loop con id = 1, la tabla outer corresponde con el resultado del primer nested loop.
- Por cada ROW_ID contenido en la tabla outer, se realizará la operación `table_access_by_index_row_id` y se recupera el valor de la columna `fecha_cita`, empleando a la tabla `cita` como tabla inner (paso 5).

Ejemplo 2:

- Considerar nuevamente la consulta anterior.
- ¿Qué efectos tendrá el plan de ejecución si se elimina el índice `cita_diagnostico_id_ix` y se agrega la condición `c.medico_id = 2286`?

```
drop index cita_diagnostico_id_ix;

explain plan for
select d.diagnostico_id, c.fecha_cita
from cita c
join diagnostico d
on c.diagnostico_id = d.diagnostico_id
where d.clave like 'A85%'
and c.medico_id = 2286;

select plan_table_output from table(dbms_xplan.display);
```

```
Plan hash value: 4020497077

-------------------------------------------------------------------------------------------------
| Id  | Operation                    | Name            | Rows  | Bytes | Cost (%CPU)| Time     |
-------------------------------------------------------------------------------------------------
|   0 | SELECT STATEMENT             |                 |     1 |    64 |    37   (0)| 00:00:01 |
|   1 |  NESTED LOOPS                |                 |     1 |    64 |    37   (0)| 00:00:01 |
|   2 |   NESTED LOOPS               |                 |     7 |    64 |    37   (0)| 00:00:01 |
|*  3 |    TABLE ACCESS FULL         | CITA            |     7 |   273 |    30   (0)| 00:00:01 |
|*  4 |    INDEX UNIQUE SCAN         | DIAGNOSTICO_PK  |     1 |       |     0   (0)| 00:00:01 |
|*  5 |   TABLE ACCESS BY INDEX ROWID| DIAGNOSTICO     |     1 |    25 |     1   (0)| 00:00:01 |
-------------------------------------------------------------------------------------------------

Predicate Information (identified by operation id):
---------------------------------------------------

   3 - filter("C"."MEDICO_ID"=2286)
   4 - access("C"."DIAGNOSTICO_ID"="D"."DIAGNOSTICO_ID")
   5 - filter("D"."CLAVE" LIKE 'A85%')
```

- En este ejemplo solo se cuenta con los índices de las PKs de ambas tablas. El manejador hará lo posible por emplearlos.
- Para ejecutar el predicado `c.medico_id = 2286` la única opción es Table Access Full. Se estiman 7 registros.
- Debido a que se realizó un table access full, se cuenta con todos los valores de las columnas de la tabla `cita`. Uno de estos atributos es `c.diagnostico_id` cuyos valores corresponden con la PK de diagnóstico y ahí si existe un índice.
- Para cada uno de estos 7 valores, el manejador podría acceder al índice de la PK en la tabla `diagnostico` evitando así otro table access full.
- Para poder hacer esto, el manejador deberá elegir como tabla outer a `cita` ya que, para cada uno de los 7 valores, se hará un *unique index scan* al índice `diagnostico_pk`.
- Observar que en este caso no se respetó la regla de seleccionar a la tabla con el menor número de registros como tabla outer.

Este proceso se muestra a detalle con la siguiente muestra de datos:

A. **id 3**: El optimizador elige a `cita` como la tabla outer. La tabla outer contendrá `fecha_cita` y `diagnostico_id` para poder ejecutar el Nested Loop. Solo se muestran 4 registros por simplicidad. Se agrega el campo `fecha_cita` ya que fue solicitado en la consulta y se encuentra disponible al haber realizado el table access full.

cita	
c.fecha_cita	**c.diagnostico_id**
10/05/2013	3
23/04/2015	4
14/08/2003	5
20/02/1988	6

B. **id 4:** La tabla Inner está representada por el índice `diagnostico_pk`.

- La tabla `cita` fue seleccionada como tabla outer.

- Al ejecutar el Nested Loop, para cada valor de `cita.diagnostico_id` se buscarán correspondencias con la tabla `diagnostico`. El campo `diagnostico_id` representa la PK de `diagnostico` y tiene un índice unique asociado. El manejador detecta esta condición y decide emplear el índice `diagnostico_pk` empleando un `unique_index_scan`.

cita	
c.Fecha_cita	**c.diagnostico_id**
10/05/2013	3
23/04/2015	4
14/08/2003	5
20/02/1988	6

diagnostico_pk	
diagnostico_id	**Row_id**
3	0003
4	0004
5	0005
6	0006

C. **Id 2**: El resultado del Nested Loop es:

cita		diagnostico_pk
c.Fecha_cita	**c.diagnostico_id**	**d.Row_id**
10/05/2013	3	0003
23/04/2015	4	0004
14/08/2003	5	0005
20/02/1988	6	0006

D. **Id 1**: En el siguiente Nested Loop, la tabla outer es representada por la tabla anterior.

E. **Id 5**: La tabla inner es representada por `diagnostico`. Por cada registro de la tabla outer, se emplea el `row_id` para localizar a los registros de `diagnostico` empleando la operación table access by index row id. En este mismo paso, al recuperar a cada registro se le aplica el filtro `d.clave like 'A85%'`

cita		diagnostico_pk
c.Fecha_cita	**c.diagnostico_id**	**d.Row_id**
10/05/2013	3	0003
23/04/2015	4	0004
14/08/2003	5	0005
20/02/1988	6	0006

diagnostico	
d.Row_id	**d.Clave**
0003	A857
0004	A868
0005	A859
0006	A867

F. Finalmente, el resultado de la consulta considerando esta muestra ficticia será:

cita	diagnostico
c.Fecha_cita	**d.diagnostico_id**
10/05/2013	3
20/02/1988	6

Haber quitado el índice `cita_diagnostico_id_ix` provocó el cambio de elección de la tabla outer.

Ejemplo 3:

Obtener el nombre de los médicos cuyo nombre inicie con A y la fecha de sus citas a realizarse en el consultorio A03

```
create index cita_medico_idx on cita(medico_id);

explain plan for
select /*+ ORDERED USE_NL(c) */ m.nombre,c.fecha_cita
from medico m, cita c
where c.medico_id = m.medico_id
and m.nombre like 'A%'
and c.consultorio ='A03'
```

```
PLAN_TABLE_OUTPUT
--------------------------------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------
Plan hash value: 4174180984

-------------------------------------------------------------------------------------------------
| Id  | Operation                     | Name            | Rows  | Bytes | Cost (%CPU)| Time     |
-------------------------------------------------------------------------------------------------
|   0 | SELECT STATEMENT              |                 |    20 |   640 |   933   (0)| 00:00:01 |
|   1 |  NESTED LOOPS                 |                 |    20 |   640 |   933   (0)| 00:00:01 |
|   2 |   NESTED LOOPS                |                 |   564 |   640 |   933   (0)| 00:00:01 |
|*  3 |    TABLE ACCESS FULL          | MEDICO          |   141 |  1551 |   238   (0)| 00:00:01 |
|*  4 |    INDEX RANGE SCAN           | CITA_MEDICO_IDX |     4 |       |     1   (0)| 00:00:01 |
|*  5 |   TABLE ACCESS BY INDEX ROWID| CITA            |     1 |    21 |     5   (0)| 00:00:01 |

PLAN_TABLE_OUTPUT
--------------------------------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------------------------------

Predicate Information (identified by operation id):
---------------------------------------------------

   3 - filter("M"."NOMBRE" LIKE 'A%')
   4 - access("C"."MEDICO_ID"="M"."MEDICO_ID")
   5 - filter("C"."CONSULTORIO"='A03')
```

A. Se ejecuta el paso 3 para recuperar a todos los médicos con nombre iniciando en A (Tabla Outer). Notar que se hace uso de un Hint para forzar a que se realice un Nested Loop con la tabla Cita c como tabla inner. Se esperan 141 registros. La tabla Outer contendrá los siguientes datos. Por simplicidad se muestran 5 registros

MEDICO

m.medico_id	Nombre
1	Ale
2	Amalia
3	Aurora
4	Aldo

B. Se harán 141 iteraciones, en cada una de ellas se ejecuta el paso 4 empleando como tabla inner al índice `cita_medico_idx`. Por cada iteración se aplicará un `index range scan`, se obtienen los ROW_IDs que cumplan la condición `c.medico_id(inner) = m.medico_id (outer)`. El optimizador estima que por cada iteración se obtendrán 4 registros, en total se tendrán 141*4 = 564 registros al terminar de procesar el NESTED JOIN del paso 2.

Suponer los siguientes datos:

MEDICO

m.medico_id	m.nombre
1	Ale
2	Amalia
3	Aurora
4	Aldo

CITA_MEDICO_IDX

c.medico_id	c.Row_id
1	001
1	002
3	003
4	004

El resultado del primer NESTED LOOP será

NL

m.medico_id	m.nombre	c.row_id
1	Ale	001
1	Ale	002
3	Aurora	003
4	Aldo	004

C. El resultado del paso anterior se convierte en la tabla outer del segundo nested join (paso 1). La tabla Inner ahora estará representada por la tabla `cita`. Por cada registro de la tabla outer se realizará un acceso a la tabla empleando `table acces by index row id` haciendo uso del campo `c.row_id` de la tabla outer:

NL

m.medico_id	m.nombre	c.row_id
1	Ale	001
1	Ale	002
3	Aurora	003
4	Aldo	004

CITA	
c.ROW_ID	c.FECHA_CITA
0001	10/05/2013
0004	23/04/2015
0002	14/08/2003
0003	20/02/1988
0005	30/09/2001

D. Del segundo nested join, se realizarán 564 iteraciones. Observar que el optimizador solo espera 20 registros como resultado de esta operación (paso 1). Lo anterior significa que solo se obtuvieron 20 registros de la tabla CITA (tabla Inner), es decir, solo 20 citas se realizaron en el consultorio A03. EL resultado se verá asi:

RESULTADO

m.medico_id	m.nombre	c.fecha_cita
1	Ale	10/05/2013
1	Ale	14/08/2003
3	Aurora	20/02/1988
4	Aldo	23/04/2015

Como conclusión, al forzar esta estrategia con un Hint, el ejemplo resultó ser no tan óptimo, generó un costo total de 933. Una mejor solución sería dejar que el manejador elija el mejor plan:

```
PLAN_TABLE_OUTPUT
------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------
Plan hash value: 2487834737

-------------------------------------------------------------------------------------------
| Id  | Operation                    | Name      | Rows  | Bytes | Cost (%CPU)| Time     |
-------------------------------------------------------------------------------------------
|   0 | SELECT STATEMENT             |           |    20 |   640 |    54   (0)| 00:00:01 |
|   1 |  NESTED LOOPS                |           |    20 |   640 |    54   (0)| 00:00:01 |
|   2 |   NESTED LOOPS               |           |    20 |   640 |    54   (0)| 00:00:01 |
|*  3 |    TABLE ACCESS FULL         | CITA      |    20 |   420 |    34   (0)| 00:00:01 |
|*  4 |    INDEX UNIQUE SCAN         | MEDICO_PK |     1 |       |     0   (0)| 00:00:01 |
|*  5 |   TABLE ACCESS BY INDEX ROWID| MEDICO    |     1 |    11 |     1   (0)| 00:00:01 |

PLAN_TABLE_OUTPUT
------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------
------------------------------------------------------------------------------------------------

Predicate Information (identified by operation id):
---------------------------------------------------

   3 - filter("C"."CONSULTORIO"='A03')
   4 - access("C"."MEDICO_ID"="M"."MEDICO_ID")
   5 - filter("M"."NOMBRE" LIKE 'A%')
```

Observar que el costo disminuye a 640. La principal diferencia aquí, es que el filtro `consultorio='a03'` se hace desde el primer paso (paso 3), lo que genera una tabla outer pequeña de 20 registros, en este caso no se emplea el índice de la FK.

5.3.5.2. Hash Joins

- Se emplean para realizar Joins con conjuntos grandes de datos.
- La condición del JOIN es la igualdad (equi-join).
- El optimizador selecciona al Source Row de menor tamaño para construir un ***hash table***.
- La BD hace uso del HashTable para localizar las correspondencias con la otra tabla.
- Esta técnica resulta eficiente siempre y cuando el Row Source menor pueda ser cargado completamente en memoria.
- Si los datos no caben en memoria, se aplica un "particionamiento" del row source, incrementan las operaciones I/O especialmente en el tablespace Temporal. Parte del hashTable se almacena en memoria y la otra parte en disco.

Algoritmo:

1. Típicamente la BD hace un full scan del row source menor llamada "*Build Table*", aplica una función hash a cada uno de los valores de la columna empleada como condición del join. Se construye el Hash Table y se guarda en la PGA (se guardan todas las columnas de la tabla en el hashTable).

```
for small_table_row in (select * from small_table)
loop
  slot_number := hash(small_table_row.join_key);
  insert_hash_table(slot_number,small_table_row);
end loop;
```

2. La tabla que no fue seleccionada para crear el hash table se le conoce como "*probe table*". Básicamente, para cada valor de la columna que participa en la condición del Join se le aplica la función Hash. El resultado es empleado para localizar las correspondencias en el HashTable.

Ejemplo:

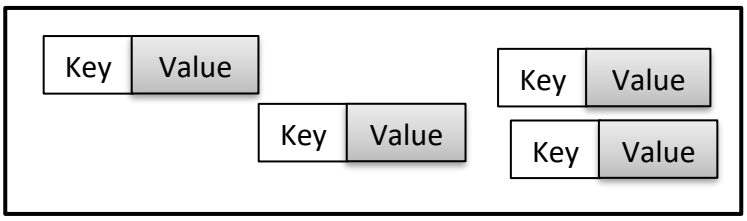
```
explain plan for
select m.nombre,e.nombre
from especialidad e
join medico m
on m.especialidad_id = e.especialidad_id;

select plan_table_output
from table(dbms_xplan.display);
```

```
PLAN_TABLE_OUTPUT
--------------------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------
Plan hash value: 2505893939

-------------------------------------------------------------------------------
| Id  | Operation          | Name         | Rows  | Bytes | Cost (%CPU)| Time     |
-------------------------------------------------------------------------------
|   0 | SELECT STATEMENT   |              |  5000 |   166K|   241   (0)| 00:00:01 |
|*  1 |  HASH JOIN         |              |  5000 |   166K|   241   (0)| 00:00:01 |
|   2 |   TABLE ACCESS FULL| ESPECIALIDAD |    53 |  1272 |     3   (0)| 00:00:01 |
|   3 |   TABLE ACCESS FULL| MEDICO       |  5000 | 50000 |   238   (0)| 00:00:01 |
-------------------------------------------------------------------------------


PLAN_TABLE_OUTPUT
--------------------------------------------------------------------------------
----------------------------------------------
Predicate Information (identified by operation id):
---------------------------------------------------

   1 - access("M"."ESPECIALIDAD_ID"="E"."ESPECIALIDAD_ID")
```

A. **id 2**. Se selecciona a la tabla `especialidad` como ***build table***. Con ella se construirá la HashTable. Su construcción se puede representar de la siguiente manera:

key	value			
ora_hash(especialidad_id)	**Especialidad_id**	**nombre**	**anios**	**requsito**
2342552567	1	Anatomía Patológica	4	Medicina general
2064090006	2	Anestesiología	3	Medicina general
2706503459	3	Cardiología	1	Medicina general

HashTable:



Para generar Hash Codes se puede emplear la función `ora_hash`:

```
col nombre format A30
col requisito format A30

select  especialidad_id,nombre,anios,requisito,ora_hash(especialidad_id)
from especialidad
where rownum <5;
```

HashTable:

ESPECIALIDAD_ID	NOMBRE	ANIOS	REQUISITO	ORA_HASH(ESPECIALIDAD_ID)
1	Anatomia Patologica	4	Medicina General	2342552567
2	Anestesiologia y Recuperacion	3	Medicina General	2064090006
3	Anestesiologia Pediatrica	1	Especialista en Anestesiologia	2706503459
4	Cardiologia	4	Medicina General	3217185531

B. **id 3**. Se selecciona a la tabla `medico` como ***probe table***. Esto significa que por cada registro de la tabla `medico`, se realizará una búsqueda en el HashTable empleando el valor del atributo `m.especialidad_id`

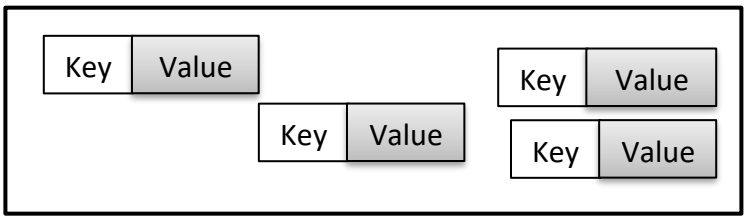
En SQL sería algo similar a la siguiente instrucción:

```
select hash_table.search(ora_hash(m.especialidad_id))
from medico;
```

Observar que al campo `m.especialidad_id` se le aplica la función `ora_hash`. El código hash generado se emplea como llave para localizar correspondencias en el hash table.

hash_table.search(*ora_hash*(3))

hash_table.search(*ora_hash*(1))



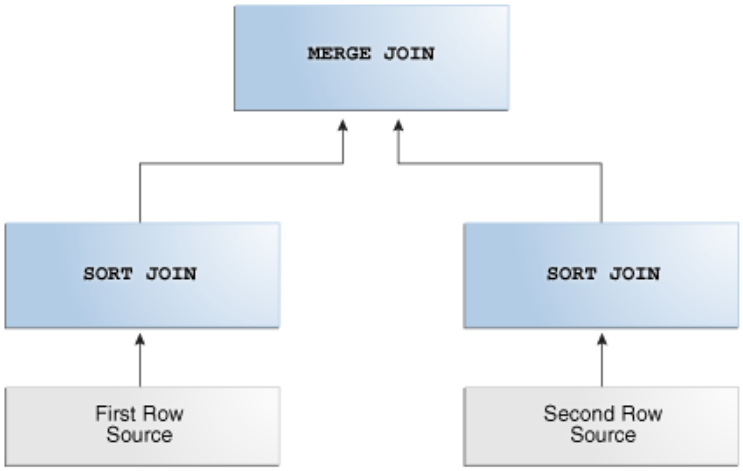
Medico	
m.especialidad	
1	Juan
2	Mario
3	Oscar

C. **Id 1**. Finalmente, en la operación 1 se obtiene el resultado de la consulta. Suponer que se encuentran las 3 correspondencias en la Hash Table, el resultado será:

Medico		**Especialidad**
m.especialidad	**m.nombre**	**e.nombre**
1	Juan	Anatomía Patológica
2	Mario	Anestesiología
3	Oscar	Cardiología

5.3.5.3. Sort Merge Joins

- Representa una variación de un Nested loop Join.
- La BD realiza un ordenamiento de las 2 fuentes de datos en caso de que estas no estén ya ordenadas (SORT JOIN).
- Por cada registro en la primera fuente de datos, se verifica si existe correspondencia con la segunda fuente de datos (MERGE JOIN).
- Esta operación se realiza de manera secuencial debido a que ambas fuentes de datos están ordenadas.



Esta estrategia puede emplearse bajo las siguientes condiciones:

- Se emplea en lugar de un Hash Join para procesar grandes cantidades de datos.
- La condición del join no es una igualdad, por ejemplo: >= , >, <=, <
- En un Hash Join siempre se requiere la igualdad "=". Por lo tanto, está técnica no se podría emplear con un "non-equijoin".
- SI existe un índice, el manejador puede omitir el ordenamiento del primer conjunto de datos. El segundo conjunto de datos siempre se ordena.
- Está técnica puede ser mejor que un Hash Join una vez que se cuenta con los datos ordenados, de no existir, el ordenamiento es más costoso que la construcción de una tabla hash.
- Si los datos no caben en memoria para construir un hash table, Sort Merge Join es mejor opción.

- En caso de que la memoria no sea suficiente para almacenar a los 2 conjuntos de datos, también se emplea disco, sin embargo, el número de lecturas es menor a las requeridas por un Hash Join.

Algoritmo de un Sort Merge Join.

```
read data_set_1 sort by join key to temp_ds1
read data_set_2 sort by join key to temp_ds2

read ds1_row from temp_ds1
read ds2_row from temp_ds2

while not eof on temp_ds1,temp_ds2
loop
    if ( temp_ds1.key = temp_ds2.key ) output join ds1_row,ds2_row
    elsif ( temp_ds1.key <= temp_ds2.key ) read ds1_row from temp_ds1
    elsif ( temp_ds1.key => temp_ds2.key ) read ds2_row from temp_ds2
end loop
```

Ejemplo:

Suponer los siguientes conjuntos de datos ordenados:

Data Set 1

```
10,20,30,40,50,60,70
```

Data set 2

```
20,20,40,40,40,40,40,60,70,70
```

Comparación 1
Ds1 Ds2
10 < 20 => **no match,** continua con el siguiente valor de Ds1, no hay match con 10 **next(Ds1)**
20 = 20 => **match**, continua revisando con Ds2 **next(Ds2)**
20 = 20 => **match** , (segundo valor de Set 2), continua con Ds2 **next(Ds2)**
20 < 40 => **no match** continua con el siguiente valor de Ds1, no hay match con 20 **next(Ds1)**
30 > 20 => **no match** compara con el último match de Ds2, en este caso con el segundo 20 **next(Ds2)** ya que puede haber match al ser mayor
30 < 40 => **no match, next(Ds1)** ya no puede existir match
40 > 20 => **no match,** next(Ds2)
40 = 40 => match , next(Ds2)
40 = 40 => match , next(Ds2)
40 = 40 => match , next(Ds2)
40 = 40 => match , next(Ds2)
40 = 40 => match , next(Ds2)
40 < 60 => next(Ds1) ya no puede existir match
50 > 40 => next(Ds2)
50 < 60 => next(Ds1)
70 > 40 => next(Ds2)
70 > 60 => next(Ds2)
70 = 70 => match, next(Ds2)
70 = 70 => match , next(Ds2)

- Observar que no se necesita leer todos los valores se Ds2 , esto representa una ventaja sobre Nested Loop.

Ejemplo:
Obtener los nombres de los médicos y los nombres de sus especialidades. Considerar únicamente nombres de médicos que inician con A.

```
explain plan for
select m.nombre,e.nombre
from especialidad e, medico m
where e.especialidad_id = m.especialidad_id
and m.nombre like 'A%' ;

select plan_table_output from table(dbms_xplan.display);
```

```
PLAN_TABLE_OUTPUT
--------------------------------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------
Plan hash value: 3154104233

-------------------------------------------------------------------------------------------------
| Id  | Operation                     | Name            | Rows  | Bytes | Cost (%CPU)| Time     |
-------------------------------------------------------------------------------------------------
|   0 | SELECT STATEMENT              |                 |   141 |  4794 |   241   (1)| 00:00:01 |
|   1 |  MERGE JOIN                   |                 |   141 |  4794 |   241   (1)| 00:00:01 |
|   2 |   TABLE ACCESS BY INDEX ROWID| ESPECIALIDAD    |    53 |  1272 |     2   (0)| 00:00:01 |
|   3 |    INDEX FULL SCAN            | ESPECIALIDAD_PK |    53 |       |     1   (0)| 00:00:01 |
|*  4 |   SORT JOIN                   |                 |   141 |  1410 |   239   (1)| 00:00:01 |
|*  5 |    TABLE ACCESS FULL          | MEDICO          |   141 |  1410 |   238   (0)| 00:00:01 |
-------------------------------------------------------------------------------------------------

Predicate Information (identified by operation id):
---------------------------------------------------

   4 - access("E"."ESPECIALIDAD_ID"="M"."ESPECIALIDAD_ID")
       filter("E"."ESPECIALIDAD_ID"="M"."ESPECIALIDAD_ID")
   5 - filter("M"."NOMBRE" LIKE 'A%')
```

A. **Id 3.** Se realiza un *index full scan* del índice `especialidad_pk`.
B. **Id 2**. Se obtienen todos datos de `especialidad` empleando un *table acces by index row id* (53 registros). Esto se realiza de esta manera para tener los datos ordenados.
C. **Id 5.** Se realiza un table access full a `medico` aplicando el predicado `nombre like 'A%'`, se estiman 141 registros.
D. **Id 4.** Al no contar con un índice aquí, se tiene que lanzar una operación de ordenamiento sobre los 141 registros: SORT JOIN en el paso 4.
E. **Id 1.** Una vez que se tienen los 2 conjuntos de datos ordenados, se aplica el algoritmo MERGE JOIN en el paso 1.

5.3.5.4. Cartesian Joins

- Se produce al omitir alguna condición de JOIN.
- En algunos casos el optimizador puede seleccionar este método, por ejemplo, hacer un producto cartesiano entre 2 tablas muy pequeñas que en conjunto hacen JOIN con una tabla grande.

Algoritmo:

```
for ds1_row in ds1 loop
  for ds2_row in ds2 loop
    output ds1_row and ds2_row
  end loop
end loop
```

- ds1 corresponde con el conjunto de datos de menor tamaño.

Ejemplo:

```
SQL>
explain plan for
select  m.nombre, e.nombre
from medico m, especialidad e;

SQL> select plan_table_output from table(dbms_xplan.display);
```

```
PLAN_TABLE_OUTPUT
--------------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------
Plan hash value: 631757493

-------------------------------------------------------------------------------
| Id  | Operation            | Name         | Rows  | Bytes | Cost (%CPU)| Time     |
-------------------------------------------------------------------------------
|   0 | SELECT STATEMENT     |              |   265K|  7246K|  7016   (1)| 00:00:01 |
|   1 |  MERGE JOIN CARTESIAN|              |   265K|  7246K|  7016   (1)| 00:00:01 |
|   2 |   TABLE ACCESS FULL  | MEDICO       |  5000 | 35000 |   238   (0)| 00:00:01 |
|   3 |   BUFFER SORT        |              |    53 |  1113 |  6778   (1)| 00:00:01 |
|   4 |    TABLE ACCESS FULL | ESPECIALIDAD |    53 |  1113 |     1   (0)| 00:00:01 |
-------------------------------------------------------------------------------
```

A. El primer paso a ejecutar es el número 4. Se obtiene el contenido completo de `especialidad`.
B. El siguiente paso es el 3. BUFFER SORT significa, copiar los datos de la SGA a la PGA. Esto se debe a que el producto requiere múltiples lecturas hacia los datos de `especialidad`. Para evitar la contención con otras consultas, se aíslan estas lecturas, pasando los datos a la PGA.
C. En el paso 1, se aplica el algoritmo para obtener el producto.

5.3.5.5. Metodos para procesar un outer Join

- Nested Loop outer Join
- Hash Join Outer Join
- Sort Merge Outer Join

5.3.5.6. Métodos adicionales para optimizar joins.

- Bloom filters
- Partition Wise Joins

Para más detalles: http://docs.oracle.com/database/121/TGSQL/tgsql_join.htm#TGSQL95240