

## 5.4 Adecuación de las cotas teóricas en relación a la asignación óptima

En esta sección se quiere evaluar la proximidad de los valores teóricos de cota obtenidos con el procedimiento descrito en el Capítulo 3, al valor de la cota ideal obtenida a partir de la asignación óptima. Además, se analiza la adecuación de los valores de cota de procesadores con respecto a la asignación desde los siguientes puntos de vista:

- Comparación del porcentaje de utilización del sistema que se da en la asignación óptima, usando un número de procesadores igual a cada una de las cotas.
- Desviación de las políticas TASC y MATE respecto a la asignación óptima, al usar el número de procesadores que corresponde a los valores de cota mínima y máxima.

En los siguientes apartados se realiza el estudio de los aspectos mencionados usando el conjunto de grafos TTIG descritos en la Sección 5.2. Para cada grafo se han calculado los siguientes valores de cota:

- $m_L$ . Cota mínima teórica del número de procesadores necesarios que permite ejecutar la aplicación en el tiempo óptimo.
- $m_U$ . Cota máxima teórica del número de procesadores que habrá que utilizar para ejecutar la aplicación en el tiempo óptimo.
- $m_{ICC}$ . Cota ideal del número de procesadores, para la versión del grafo con comunicaciones, obtenida mediante la asignación óptima.
- $m_{ISC}$ . Cota ideal del número de procesadores, para la versión del grafo sin comunicaciones, obtenida mediante la asignación óptima.

Los valores  $m_L$  y  $m_U$  se obtienen aplicando el método descrito en el Capítulo 3 al Grafo de Flujo Temporal (TFG) que modela el comportamiento de la aplicación. Dado que estos valores se calculan a partir del grafo TFG sin

comunicaciones, las cotas teóricas serán las mismas para cada grafo tanto la versión con comunicaciones como sin comunicaciones. En cambio, la cota ideal puede ser distinta, ya que proviene de las distintas simulaciones de cada uno de los grafos (CC y SC). Debido a ello, el análisis que se realiza en este apartado se hace para ambos tipos de grafo.

### 5.4.1 Validación de las cotas teóricas

En la Tabla 5.3 se muestran los valores de cota obtenidos para el grupo de grafos con comportamiento arbitrario. Excepto para las topologías malla y árbol binomial, los valores de cota mínima y máxima son bastante cercanos. En general el valor de cota ideal encontrado para cada uno de los grafos es prácticamente el mismo tanto para la versión con comunicaciones como sin comunicaciones (para un mismo grafo  $m_{I}CC$  y  $m_{I}SC$  difieren como mucho en una unidad).

Tabla 5.3: Valores de cota para los grafos con comportamiento arbitrario.

Grafo	$m_L$	$m_U$	$m_{I}CC$	$m_{I}SC$
GR1	2	4	3	2
GR2	2	4	2	2
GR3	2	2	2	2
GR4	2	2	2	2
GR5	2	3	3	3
GR6	2	4	3	3
GR7	2	3	2	3
GR8	4	5	4	4
pipe	2	4	3	4
malla	2	6	2	3
arbin	2	6	2	3

Por lo que respecta a la adecuación de los valores de la cota teórica vemos que en todos los casos forman un intervalo dentro del cual está comprendida la cota ideal. En los casos en que los valores  $m_L$  y  $m_U$  forman un intervalo mayor (malla y arbin), los valores de cota ideal se aproximan más al valor de  $m_L$ .

En la Tabla 5.4 se muestran los valores de cota obtenidos para los grafos con comportamiento homogéneo y distinto grado de paralelismo. Vemos que los valores de cota se incrementan conforme aumenta el paralelismo intrínseco de las aplicaciones. Vemos además que no hay diferencia en los valores de cota ideal en función de las comunicaciones del grafo, lo cual significa que para los grafos con comportamiento homogéneo las comunicaciones son más irrelevantes para el cálculo de la cota, la cual viene determinada principalmente por el comportamiento global de las tareas del grafo.

Tabla 5.4: Valores de cota para los grafos con comportamiento homogéneo.

<b>Grado par.</b>	<b>Grafo</b>	$m_L$	$m_U$	$m_{ICC}$	$m_{ISC}$
bajo	pipe	1	2	2	2
	malla	3	5	5	5
	arbin	3	6	3	3
	GRI	2	2	2	2
medio	pipe	1	2	2	2
	malla	4	5	5	5
	arbin	4	6	4	4
	GRI	3	3	3	3
alto	pipe	9	9	9	9
	malla	9	9	9	9
	arbin	10	10	10	10
	GRI	6	6	6	6

En los grafos con paralelismo alto los valores de cota teórica y cota ideal son los mismos, y coinciden además con el número de tareas del grafo. Esto sucede así debido a que las tareas deben ejecutarse todas en paralelo para obtener el tiempo óptimo. Para los grafos con grado de paralelismo bajo o medio, la cota ideal se iguala con la máxima en las topologías pipe y malla, y con la cota mínima en el árbol binomial y la estructura GRI. Cabe remarcar de todos modos, que los valores de cota mínima y máxima difieren poco.

### 5.4.2 Grado de ocupación de los procesadores

Un aspecto interesante a estudiar para los valores teóricos de cota obtenidos, es el grado de ocupación de los procesadores que se alcanza para cada una de ellas al ejecutar la asignación óptima. Esto nos dará una idea de cual es el aprovechamiento del sistema al usar los procesadores indicados por las cotas teóricas.

Suponiendo que se dispone de un conjunto de procesadores dedicados para ejecutar una aplicación, que denominamos A, con una determinada asignación de tareas, definimos el *%utilización* como el porcentaje de tiempo durante el cual se ejecutan las tareas de la aplicación con respecto al tiempo total de ocupación del sistema, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\%utilización = \frac{\sum_{Ti \in A} w(Ti)}{p \cdot t_{final}} \quad (5.5)$$

donde:

$w(Ti)$  es el tiempo de cómputo de cada tarea  $Ti$ .

$p$  corresponde al número de procesadores utilizado en la asignación.

$t_{final}$  es el tiempo de ejecución final de la aplicación A.

En la Figura 5.7 se muestra el porcentaje de utilización de los procesadores del sistema para los grafos con comportamiento arbitrario, al ejecutar la asignación óptima en cada uno de las cotas teóricas.

En los grafos con comunicaciones, para la cota mínima se obtiene en todos los casos un alto porcentaje de utilización, que en su valor medio es del 68%. El *%utilización* desciende notoriamente para los valores de cota máxima que, considerando todos los grafos da un valor medio del 43%. La media de utilización para la cota ideal es del 60%. Vemos pues que en realidad para estos grafos, la utilización del sistema en la cota ideal se acerca más a la de la mínima que a la de la máxima, al igual que pasa con el valor de cota.

Para los grafos sin comunicaciones los valores de utilización son un poco mayores, debido a que se ejecutan en menos tiempo, pero siguen la misma tendencia que los anteriores. En este caso la media del porcentaje de utilización es del 78% para la cota mínima, del 53% para la máxima y el 68% para la cota

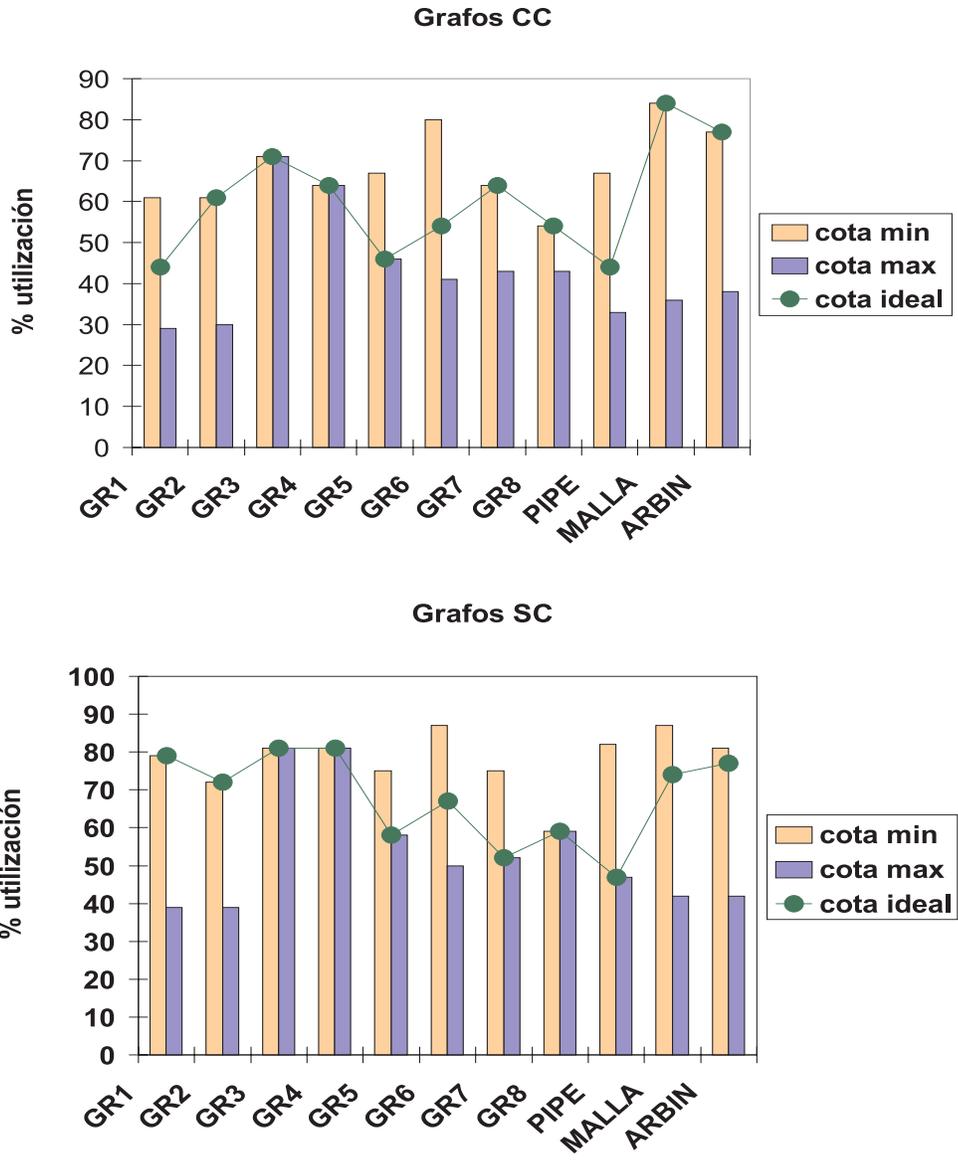


Figura 5.7: *%utilización* del sistema para los grafos con comportamiento arbitrario.

ideal.

Para el grupo de grafos con comportamiento homogéneo, en la Tabla 5.5 se muestra la media del *%utilización* de la asignación óptima usando los procesadores de cada uno de los valores de cota.

Tabla 5.5: Media del *%utilización* del sistema para grafos con comportamiento homogéneo.

	Grado par.	%utilización medio		
		$m_L$	$m_U$	$m_I$
Grafos CC	bajo	75	47	57
	medio	68.5	60	65
	alto	56.5	56.5	56.5
Grafos SC	bajo	78	50	60.5
	medio	75.5	69	73
	alto	73	73	73

Vemos que para estos grafos con comportamiento homogéneo, los valores de utilización son en media más elevados que los de comportamiento arbitrario. Además, al igual que pasa con el valor de cota, al ir aumentando el paralelismo del grafo, los valores de utilización se vuelven más homogéneos para las distintas cotas.

De los datos expuestos en este punto podemos concluir que la opción de usar el número de procesadores que corresponde a la cota mínima asegura una eficiente utilización de los procesadores del sistema. Evidentemente, esta utilización estará supeditada a que el algoritmo de mapping consiga a su vez una asignación adecuada. En lo que concierne a la asignación, en el siguiente apartado se realiza un estudio de la desviación respecto al óptimo de los algoritmos de mapping TASC y MATE al usar como número de procesadores los valores de cota.

### 5.4.3 Desviación de las políticas de mapping en el valor de cota

En los apartados anteriores se ha analizado la adecuación de los valores de cota teórica comparando con la cota obtenida a través de la asignación óptima, y se ha estudiado además el grado de ocupación del sistema en la asignación óptima para los distintos valores de cota. No obstante, dicho estudio ha podido realizarse en base a la asignación óptima porque hemos utilizado un conjunto de grafos de dimensiones reducidas, pero es evidente, que para grafos con mayor número de tareas no es factible encontrar la asignación óptima y lo que en realidad se hace es asignar las tareas del programa con un algoritmo de mapping concreto.

A raíz de lo expuesto, en este apartado se evalúa la bondad de las asignaciones generadas por las políticas TASC y MATE al usar como número de procesadores los valores de cota teórica. Para ello se compara para cada grafo el porcentaje de desviación respecto la asignación óptima en relación al porcentaje de desviación máxima.

Definimos la diferencia de desviación  $Dif\_DV$  como:

$$Dif\_DV = \%Dmax - \%Dcota \quad (5.6)$$

donde:

$\%Dmax = \max\{\%Dop\}$ , es el máximo valor de desviación respecto al óptimo, obtenido por una política en un grafo concreto. Se tiene en cuenta tanto la versión del grafo con comunicaciones como sin comunicaciones.

$\%Dcota$  es el porcentaje de desviación respecto al óptimo obtenido en la asignación que usa el número de procesadores indicado por la cota.

El valor  $Dif\_DV$  igual a cero indica que la desviación de la asignación es igual a la máxima obtenida. Cuanto mayor sea el valor de  $Dif\_DV$  más cerca estará la asignación de la óptima. Tenemos por ejemplo que para el grafo GR1, los valores de cota mínima y máxima son  $m_L = 2$  y  $m_U = 4$  respectivamente (Tabla 5.3). Para la política MATE en la Figura 5.2 puede verse que los valores de desviación para GR1 son los siguientes:

$\%D_{max} = 4$ , como valor de máxima desviación.

$\%D_{m_L} = 4$ , es el valor de desviación al usar dos procesadores.

$\%D_{m_U} = 0$ , es el valor de desviación al usar cuatro procesadores.

Por lo tanto  $Dif_{DV} = 0$  para la cota mínima y  $Dif_{DV} = 4$  para la cota máxima. Esto indica que con la asignación de la cota mínima se obtiene la máxima desviación alcanzada, en cambio con la cota máxima se está por debajo de la desviación máxima.

En la Figura 5.8 se muestran los valores de diferencia de desviación obtenidos para cada cota con cada política, para los grafos con comportamiento arbitrario. Para la cota mínima ( $m_L$ ), tanto la política TASC como MATE dan 0 en muchos casos. En cambio ambas políticas tienen valores de diferencia positivos al realizar las asignaciones en la cota máxima.

Realizando este mismo estudio para los grafos con comportamiento homogéneo, hemos encontrado que en la mayoría de los casos la asignación de las dos políticas da el mismo tiempo de ejecución que la óptima tanto para el valor de cota máxima como mínima. Esto se da de manera especial para grafos con grado de paralelismo alto. Así pues, en este tipo de grafos los valores de cota son un buen punto de referencia para realizar la asignación.

Haciendo una valoración global del estudio realizado sobre la adecuación de los valores de cota teórica, podemos constatar por una parte la validez de las cotas mínima y máxima, puesto que forman un intervalo dentro del cual se encuentra siempre la cota ideal obtenida mediante la asignación óptima.

Por otro lado, de los datos obtenidos se deduce que al usar como número de procesadores en las asignaciones el valor de cota mínima, se produce un alto grado de utilización de los procesadores, pero a su vez, las asignaciones generadas para las políticas TASC y MATE producen desviaciones importantes respecto al óptimo en el tiempo de ejecución. En el caso de usar el número de procesadores de la cota máxima, el aprovechamiento del sistema desciende notablemente, pero por el contrario las asignaciones de TASC y MATE suelen generar un tiempo de ejecución igual al de la asignación óptima.

Teniendo en cuenta que para grafos mayores que los estudiados la cota ideal no se puede calcular, y que las desviaciones máximas de las políticas TASC y MATE respecto a la óptima se mantienen dentro de un rango aceptable, el

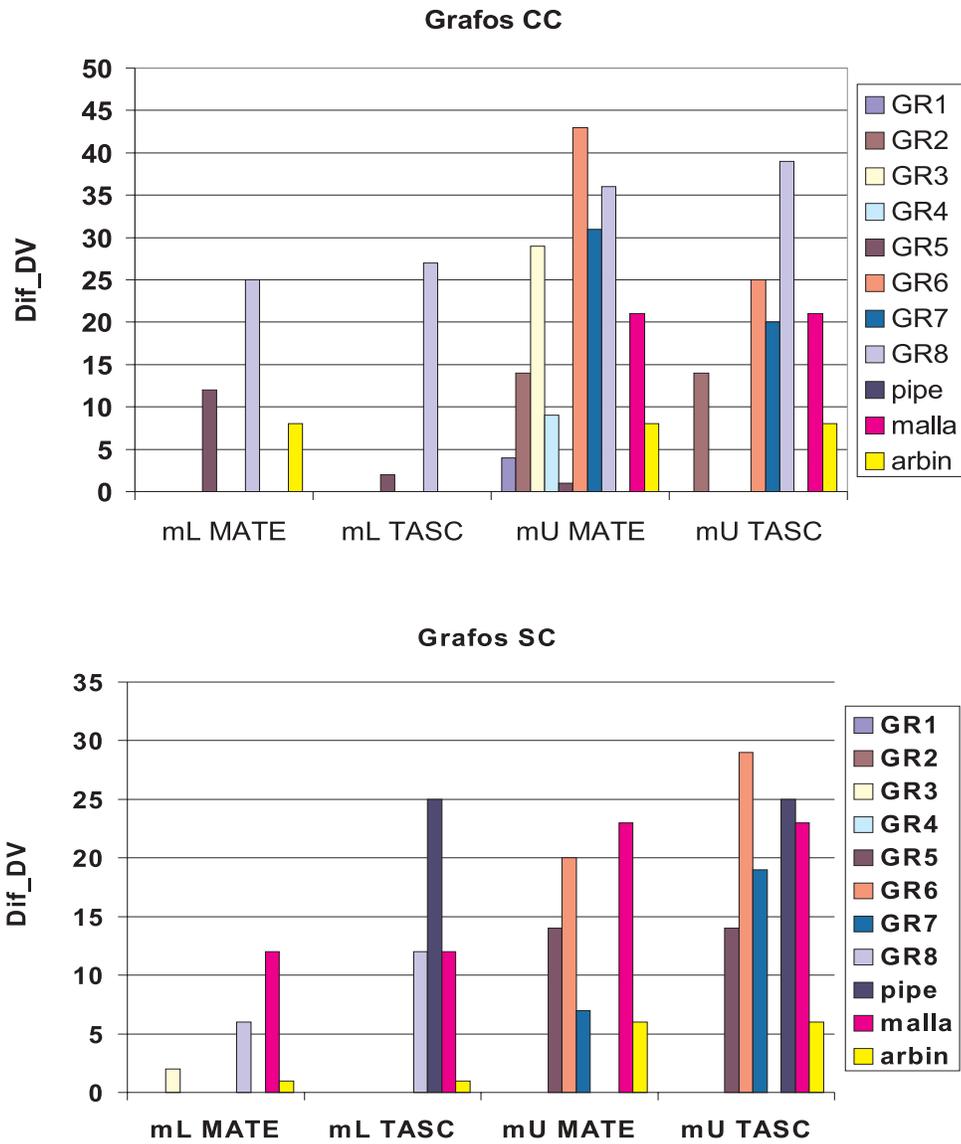


Figura 5.8: Diferencia respecto a la desviación máxima en las asignaciones para el valor de cota, para los grafos con comportamiento arbitrario.

valor de cota mínima representa una solución intermedia que permite encontrar asignaciones con un tiempo de ejecución cercano al óptimo, y que a la vez producen un buen aprovechamiento del sistema.