

# Apéndice C

## Herramientas utilizadas en el proceso automático de mapping

En este apéndice se muestra una breve descripción de las principales herramientas de soporte para el mapping, desarrolladas dentro de nuestro grupo, que han sido utilizadas para la generación automática de resultados de mapping en distintos capítulos del presente trabajo.

Las herramientas que se describen son las siguientes:

- CASOS [All01]. Dado un grafo de tareas y una arquitectura, calcula la asignación óptima.
- AMEEDA [Yan01]. Herramienta de mapping automático de propósito general para un entorno cluster, que es capaz de manejar aplicaciones con cualquier patrón de comportamiento.
- ESPPADA [Gui01b]. Herramienta de simulación para aplicaciones sintéticas basada en el modo de funcionamiento de los sistemas distribuidos actuales. Incluye además la facilidad de aplicar una política de mapping para realizar la simulación.

## C.1 Herramienta CASOS

A partir de la introducción de un grafo de tareas y un número de procesadores, la herramienta CASOS permite la realización de las diversas acciones y facilidades, que se muestran en la pantalla principal de la Figura C.1. De dichas opciones, las que tienen relevancia para la exposición de esta sección son las siguientes:

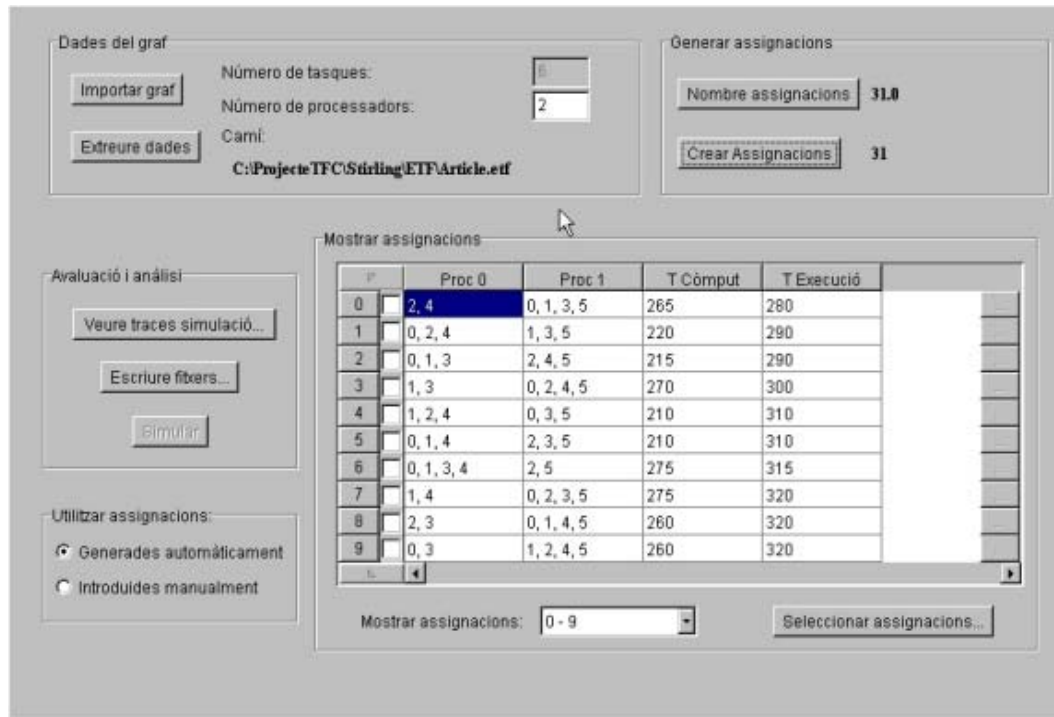


Figura C.1: Pantalla de operaci3n de la herramienta CASOS.

- C3lculo del n3mero de asignaciones (*Nombre assignacions*). Mediante la f3rmula de Stirling, calcula el n3mero de asignaciones distintas que existen para el grafo de tareas y procesadores introducidos. Puesto que este puede ser f3cilmente un n3mero muy elevado, su conocimiento previo permitir3 valorar la viabilidad del c3lculo de la asignaci3n 3ptima.
- Generaci3n de asignaciones (*Crear Assignacions*). Se crean todas las asignaciones y se lleva a cabo su correspondiente simulaci3n.

Una vez generadas todas las posibles asignaciones, éstas se muestran en la rejilla central de la pantalla ordenadas por tiempo de ejecución (*T. Ejecucio*) de menor a mayor. Así vemos en la pantalla que se ha calculado todas las asignaciones de un grafo dado de seis tareas a dos procesadores, y la asignación óptima es la primera que se visualiza con un tiempo de ejecución de 280 unidades de tiempo.

Junto con el tiempo de ejecución de cada asignación, se muestra adicionalmente el tiempo de cómputo (*T. còmput*). Este corresponde al máximo de los valores de cómputo asignado a los procesadores. Es decir, para la primera asignación que se muestra en la Figura C.1, el máximo cómputo asignado a uno de los dos procesadores es 265. Este número indica el mínimo tiempo en que se ejecutaría el programa si las tareas no tuviesen dependencias entre ellas.

Previo a la simulación, se permite introducir un conjunto de criterios relacionados con la asignación óptima, encaminados a almacenar únicamente algunas de las mejores asignaciones, para evitar posibles problemas de ocupación de memoria del sistema cuando el número de posibilidades es muy elevado.

Mediante el uso de la herramienta CASOS, se ha realizado el análisis comparativo de la bondad de las asignaciones que proporcionan los algoritmos de mapping para TTIG respecto de la asignación óptima mostrado en el Capítulo 5.

## C.2 Herramienta AMEEDA

La herramienta AMEEDA (Automatic Mapping for Efficient Execution of Distributed Applications) proporciona un entorno amigable para realizar el mapping automático de tareas a procesadores en una plataforma PVM, y permite además efectuar comparaciones de diversas políticas.

AMEEDA permite distintas acciones mediante las opciones que se muestran en la pantalla principal de la Figura C.2, de las cuales cabe destacar las siguientes:

- Cálculo del modelo de grafo para el mapping a partir de la definición del comportamiento de la aplicación. Concretamente se puede calcular el

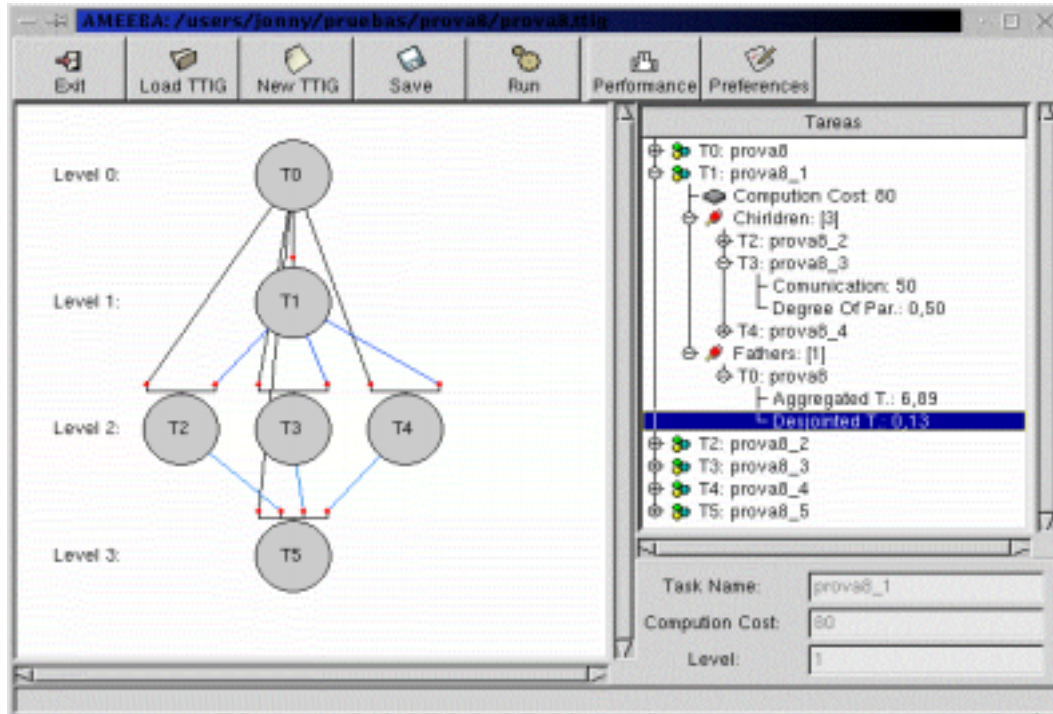


Figura C.2: Pantalla de operación de la herramienta AMEEDA.

modelo TTIG o bien los modelos clásicos TIG y TPG. El comportamiento capturado y el grafo resultante se muestran por pantalla.

- Aplicar un algoritmo de mapping en función del modelo que se quiere usar para la aplicación. En la versión actual se hallan integrados en AMEEDA los algoritmos MATE, CREMA y ETF para los modelos TTIG, TIG y TPG respectivamente.
- Realizar la ejecución de la aplicación mediante la asignación física de tareas a los procesadores del cluster que se deriva del algoritmo de mapping aplicado. Este paso se realiza de forma automática y transparente al usuario.
- Obtención de la información de la ejecución en curso así como de los parámetros de rendimiento tales como el tiempo de ejecución, grado de ocupación de los procesadores y speedup. En la Figura C.3 se muestra a modo de ejemplo la pantalla de rendimiento generada automáticamente

con el resultado del speedup obtenido automáticamente para una aplicación dada.

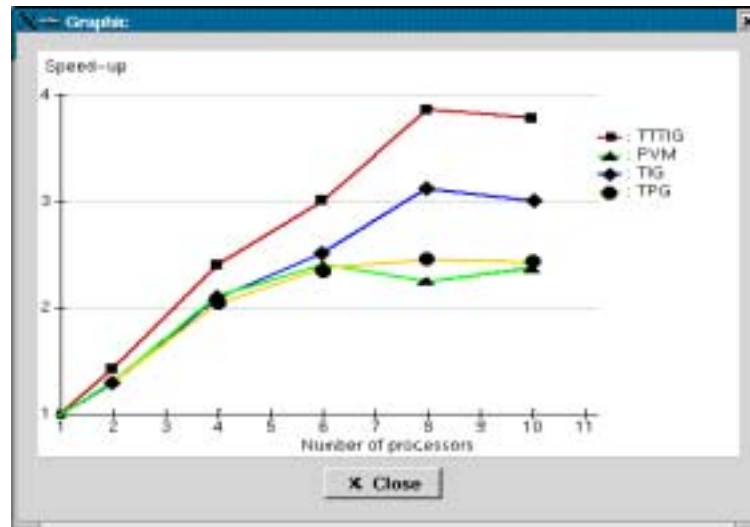


Figura C.3: Pantalla de speedup de la herramienta AMEEDA.

### C.3 Herramienta ESPPADA

ESPPADA (Entorno de Simulación de Programas Paralelos sobre Arquitecturas DistribuidAs), es una herramienta de simulación que acepta como entrada la definición de las tareas de un programa de paso de mensajes mediante lenguaje XML, y permite simular su ejecución con la asignación deseada. En cuanto al sistema físico, se incorporan las principales características de operación de los sistemas distribuidos actuales tipo cluster.

Las principales ventanas de operación del simulador son las siguientes:

- (a) *Ventana de definición del programa.* Se utiliza para cargar el archivo XML que define el comportamiento de programa dentro del simulador. Se permite además visualizar la descripción del programa, y también crear el grafo TFG y el modelo TTIG a partir de los datos de entrada. En la Figura C.4 se muestra la ventana correspondiente con la definición en pantalla de un programa concreto.

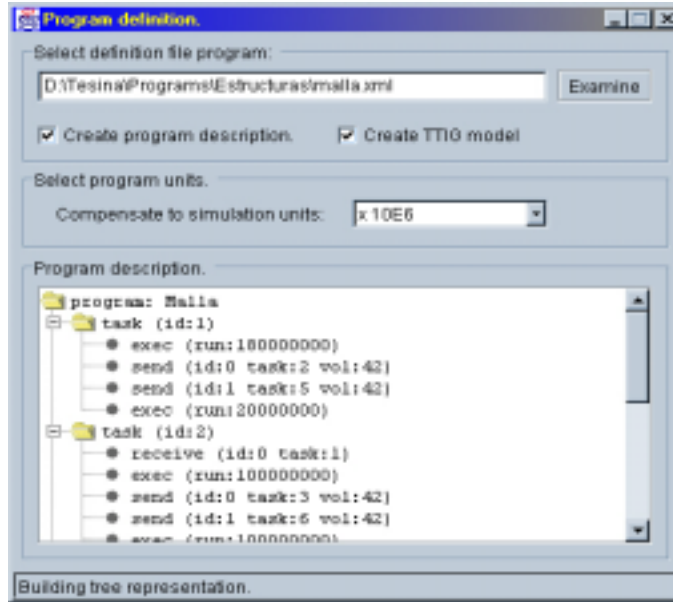


Figura C.4: Pantalla de definición del programa de ESPPADA.

- (b) *Ventana de definición de la arquitectura.* El usuario mediante esta ventana tiene capacidad de definir de forma visual los parámetros que caracterizan la arquitectura, tal como se muestra en la Figura C.5.

Mediante las opciones mostradas en esta pantalla, se definen los parámetros básicos de política de planificación de la CPU, quantum, coste de cambio de contexto y el tipo de red de interconexión utilizada.

- (c) *Ventana de resultados.* Mediante la caracterización del programa y de la arquitectura se tiene acceso a la máquina de simulación que simula la ejecución del programa con la asignación de tareas que se desee (se incorporan las políticas de mapping automático basadas en el modelo TTIG). Una vez acabada la simulación, la ventana de resultados muestra los datos más relevantes de lo acaecido durante la ejecución del programa. En la Figura C.6 se muestra un ejemplo, donde aparece para cada procesador el tiempo empleado en la simulación, el tiempo de cómputo global de las tareas que tiene mapeadas y el tiempo que ha permanecido en espera o que ha utilizado en realizar otras tareas propias del sistema operativo.

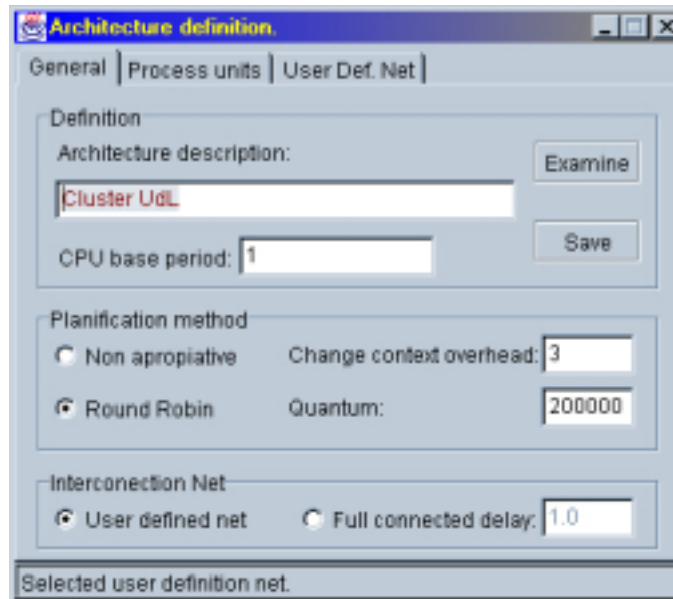


Figura C.5: Pantalla de definición de la arquitectura de ESPADA.

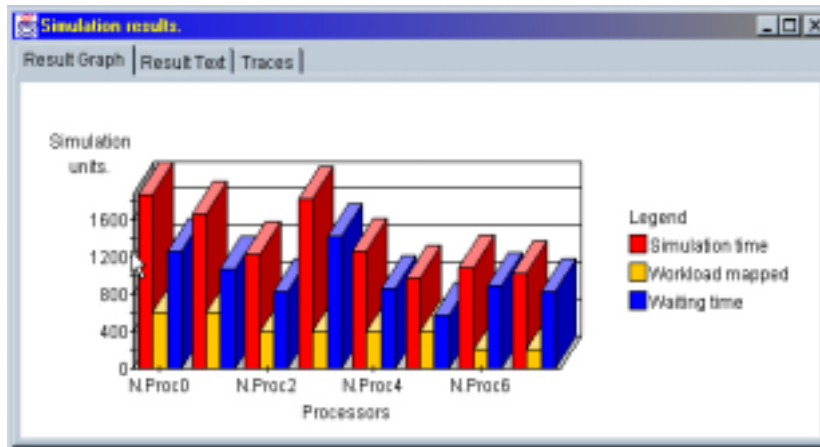


Figura C.6: Pantalla de resultados de ESPADA.

# Apéndice D

## Tablas de tiempos de ejecución de las aplicaciones

En este apéndice se dan las tablas de los valores de tiempo de ejecución obtenidos al utilizar distintas políticas de mapping.

### D.1 Aplicaciones ejecutadas en el cluster

A continuación se dan los tiempos de ejecución en segundos, que corresponden a las aplicaciones sintéticas y a la aplicación real, ejecutadas en el cluster de PCs, cuyos resultados se muestran en el Capítulo 6. Para las políticas CREMA, ETF, TASC y MATE se dan las tablas con los tiempos de ejecución de cada aplicación al variar el número de procesadores. En las tablas donde se dan los tiempos de la política CREMA, se indica también el tiempo de ejecución serie (en un procesador) que corresponde a cada una de las aplicaciones.



### D.1.1 Aplicaciones sintéticas

Tabla D.1: Tiempos de ejecución de las aplicaciones con comportamiento arbitrario y política de asignación CREMA.

| Topología | Aplicación | 2 proc | 4 proc | 8 proc | serie |
|-----------|------------|--------|--------|--------|-------|
| Irregular | AP1        | 3032   | 1733   | 1011   | 3950  |
|           | AP2        | 2493   | 2381   | 2076   | 3317  |
|           | AP3        | 3426   | 2584   | 1579   | 4027  |
|           | AP4        | 3945   | 2899   | 1775   | 5143  |
|           | AP5        | 4724   | 3107   | 2908   | 6483  |
| Regular   | pipe       | 4061   | 7817   | 4469   | 4795  |
|           | malla      | 4337   | 6180   | 2533   | 6684  |
|           | arbin      | 5108   | 4862   | 3404   | 6166  |

Tabla D.2: Tiempos de ejecución de las aplicaciones con comportamiento arbitrario y política de asignación TASC.

| Aplicación | 2 proc | 4 proc | 8 proc |
|------------|--------|--------|--------|
| AP1        | 2601   | 1645   | 940    |
| AP2        | 2150   | 2071   | 1226   |
| AP3        | 2161   | 2307   | 1150   |
| AP4        | 2891   | 2091   | 1466   |
| AP5        | 3236   | 3296   | 1866   |

Tabla D.3: Tiempos de ejecución de las aplicaciones con comportamiento arbitrario y política de asignación MATE.

| Topología | Aplicación | 2 proc | 4 proc | 8 proc |
|-----------|------------|--------|--------|--------|
| Irregular | AP1        | 1776   | 1237   | 999    |
|           | AP2        | 1931   | 1924   | 1199   |
|           | AP3        | 2313   | 1579   | 1035   |
|           | AP4        | 3575   | 2771   | 1470   |
|           | AP5        | 3433   | 2410   | 1198   |
| Regular   | pipe       | 3095   | 3296   | 3318   |
|           | malla      | 3183   | 2629   | 2243   |
|           | arbin      | 3572   | 2723   | 2960   |

Tabla D.4: Tiempos de ejecución de las aplicaciones con comportamiento homogéneo y política de asignación CREMA.

|       | grado par. | 2 proc | 4 proc | 8 proc | serie |
|-------|------------|--------|--------|--------|-------|
| pipe  | bajo       | 7148   | 6280   | 6350   | 5307  |
|       | medio      | 4587   | 6567   | 4239   | 4530  |
|       | alto       | 4085   | 2798   | 1943   | 4721  |
| malla | bajo       | 4320   | 5328   | 2970   | 6003  |
|       | medio      | 6930   | 2972   | 2908   | 6196  |
|       | alto       | 3020   | 2845   | 2608   | 6124  |
| arbin | bajo       | 6313   | 4287   | 3338   | 6319  |
|       | medio      | 5065   | 4970   | 2837   | 6121  |
|       | alto       | 5415   | 2581   | 2301   | 6133  |

Tabla D.5: Tiempos de ejecución de las aplicaciones con comportamiento homogéneo y política de asignación ETF.

|       | grado par. | 2 proc | 4 proc | 8 proc |
|-------|------------|--------|--------|--------|
| pipe  | bajo       | 4644   | 4644   | 4644   |
| malla | bajo       | 3867   | 3614   | 3614   |
| arbin | bajo       | 4940   | 4102   | 3104   |

Tabla D.6: Tiempos de ejecución de las aplicaciones con comportamiento homogéneo y política de asignación MATE.

|       | grado par. | 2 proc | 4 proc | 8 proc |
|-------|------------|--------|--------|--------|
| pipe  | bajo       | 4644   | 4644   | 4644   |
|       | medio      | 3569   | 2904   | 3733   |
|       | alto       | 2993   | 1571   | 1942   |
| malla | bajo       | 4234   | 4177   | 2644   |
|       | medio      | 3378   | 2493   | 2596   |
|       | alto       | 3590   | 3053   | 2183   |
| arbin | bajo       | 5022   | 3830   | 3234   |
|       | medio      | 3576   | 2499   | 2247   |
|       | alto       | 4863   | 2418   | 2906   |

### D.1.2 Aplicación real

Tabla D.7: Tiempos de ejecución de la aplicación BASIZ

| n. proc.          | Round-robin | CREMA | ETF | MATE |
|-------------------|-------------|-------|-----|------|
| 2                 | 307         | 290   | 254 | 226  |
| 4                 | 191         | 163   | 140 | 116  |
| 6                 | 168         | 128   | 110 | 91   |
| 8                 | 123         | 83    | 92  | 60   |
| 10                | 116         | 88    | 92  | 60   |
| tiempo serie: 407 |             |       |     |      |

Tabla D.8: Asignaciones de la aplicación BASIZ con ocho procesadores.

| Política    | Asignación   |
|-------------|--|
| CREMA       | P0: (T0, T1, T2, T3)<br>P1: (T4, T5, T6, T7)<br>P2: (T8)<br>P3: (T9, T10, T11)<br>P4: (T12, T13, T14, T15)<br>P5: (T16, T17, T19)<br>P6: (T18, T20, T21, T22)<br>P7: (T23, T24, T25)   |
| ETF         | P0: (T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8)<br>P1: (T9, T10)<br>P2: (T11)<br>P3: (T12, T13)<br>P4: (T14, T15, T16, T17, T18, T19, T20, T21, T22, T23)<br>P5: (T24)<br>P6: (T25)<br>P7: () |
| MATE        | P0: (T0, T2, T3, T22)<br>P1: (T1, T13, T23, T24)<br>P2: (T4, T5, T12, T18, T19)<br>P3: (T8, T25)<br>P4: (T7, T21)<br>P5: (T6, T10, T15, T20)<br>P6: (T9, T11, T16, T17)<br>P7: (T14)   |
| Round-robin | P0: (T0, T8, T16, T24)<br>P1: (T1, T9, T17, T25)<br>P2: (T2, T10, T18)<br>P3: (T3, T11, T19)<br>P4: (T4, T12, T20)<br>P5: (T5, T13, T21)<br>P6: (T6, T14, T22)<br>P7: (T7, T15, T23)   |

## D.2 Ejecución en el entorno de simulación ESP-PADA

En esta sección se muestran las tablas con los valores de tiempo obtenidos al simular la ejecución de distintas aplicaciones con paso de mensajes en el entorno de simulación ESPPADA.

Para cada asignación se da el tiempo de ejecución en segundos generado en el simulador con cada número de procesadores utilizado. Se da además el tiempo de ejecución serie que corresponde a la ejecución en un único procesador.

Tabla D.9: Aplicaciones con comportamiento arbitrario y topología irregular con política de asignación TASC.

|        | 2 Proc | 4 Proc | 8 Proc | 16 Proc | 32 Proc | 64 Proc | serie |
|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-------|
| G1_32  | 6780   | 4765   | 2980   | 1885    | 1075    |         | 10655 |
| G2_32  | 5620   | 6610   | 5110   | 4050    | 860     |         | 10250 |
| G3_32  | 2830   | 1460   | 840    | 480     | 340     |         | 5289  |
| G4_100 | 7690   | 3000   | 1890   | 1150    | 750     | 460     | 10010 |
| G5_188 | 6110   | 3980   | 2760   | 1860    | 1380    | 970     | 10100 |
| G6_512 | 8280   | 4300   | 2820   | 1630    | 1100    | 900     | 10100 |
| G7_416 | 14110  | 7250   | 3690   | 2130    | 1200    | 8400    | 28170 |

Tabla D.10: Aplicaciones con comportamiento arbitrario y topología irregular con política de asignación MATE.

|        | 2 Proc | 4 Proc | 8 Proc | 16 Proc | 32 Proc | 64 Proc | serie |
|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-------|
| G1_32  | 6465   | 4375   | 3080   | 1885    | 885     |         | 10655 |
| G2_32  | 5620   | 6610   | 5110   | 4050    | 860     |         | 10250 |
| G3_32  | 2670   | 1360   | 770    | 480     | 340     |         | 5289  |
| G4_100 | 7690   | 3000   | 1890   | 1150    | 750     | 460     | 10010 |
| G5_188 | 6310   | 4180   | 2770   | 1810    | 1190    | 930     | 10100 |
| G6_512 | 8160   | 4930   | 2630   | 1700    | 1180    | 980     | 10100 |
| G7_416 | 14870  | 7100   | 3890   | 1910    | 1210    | 670     | 28170 |

Tabla D.11: Aplicaciones con comportamiento arbitrario y topología regular con política de asignación MATE.

|              | 2 Proc | 4 Proc | 8 Proc | 16 Proc | 32 Proc | 64 Proc | serie |
|--------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-------|
| pipe_64      | 8489   | 7320   | 7055   | 7055    | 7055    | 7055    | 12799 |
| malla_64     | 6510   | 3630   | 3640   | 2450    | 2260    | 2160    | 12799 |
| ar_in/out_74 | 7760   | 3830   | 2210   | 1440    | 1150    | 800     | 14799 |
| ar_bin_64    | 6400   | 3480   | 2020   | 1360    | 1250    | 1020    | 12599 |

Tabla D.12: Aplicaciones con comportamiento homogéneo y política de asignación MATE.

|              | gr. par. | 2 Proc | 4 Proc | 8 Proc | 16 Proc | 32 Proc | 64 Proc | serie |
|--------------|----------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-------|
| pipe_64      | bajo     | 12799  | 12799  | 12799  | 12799   | 12799   | 12799   | 12799 |
|              | medio    | 6574   | 5749   | 6574   | 6574    | 6574    | 6574    |       |
|              | alto     | 6420   | 3260   | 1740   | 1460    | 1460    | 1460    |       |
| malla_64     | bajo     | 7799   | 4560   | 3000   | 3000    | 3000    | 3000    | 12799 |
|              | medio    | 6500   | 3600   | 3200   | 2400    | 2300    | 1600    |       |
|              | alto     | 6420   | 3420   | 2640   | 1720    | 1300    | 480     |       |
| ar_in/out_74 | bajo     | 8799   | 5000   | 3200   | 1960    | 1400    | 1400    | 14799 |
|              | medio    | 7699   | 3900   | 2200   | 1300    | 900     | 800     |       |
|              | alto     | 7619   | 3820   | 2040   | 1060    | 660     | 460     |       |
| ar_bin_64    | bajo     | 6400   | 3560   | 2180   | 1560    | 1200    | 1200    | 12599 |
|              | medio    | 6400   | 3300   | 1800   | 1100    | 800     | 700     |       |
|              | alto     | 6400   | 3220   | 1640   | 860     | 480     | 300     |       |