

---

## TEMA 5

---

# Evaluación de Sistemas Informáticos. Referenciación

**PROBLEMA 5.1** El programa test ejecuta un total de  $875 \times 10^{12}$  instrucciones. Este programa se utiliza para comparar el rendimiento de los dos procesadores referidos en la siguiente tabla, de los cuales se indica el CPI medio y la frecuencia de reloj:

Nombre	CPI	Frecuencia
pixie	1,4	2,5 GHz
dixie	2,1	3,8 GHz

1. Si atendiéramos exclusivamente al CPI, ¿qué procesador es el más rápido?
2. Compare el rendimiento de ambos procesadores utilizando el tiempo de ejecución y el CPI medio. ¿Se obtienen los mismos resultados que en caso anterior?

**SOLUCIÓN:** Si atendemos al CPI promedio el procesador más rápido es pixie. Sin embargo, este procesador tarda más tiempo en ejecutar el programa.

**PROBLEMA 5.2** En un computador se ha llevado a cabo un estudio para determinar si el tipo de memoria principal es un factor importante en su rendimiento. Para ello se ha medido el tiempo de ejecución de seis programas con dos tipos de memoria: MA (más rápida y más cara) y MB (más lenta y más barata). Las medidas de los tiempos de ejecución (en segundos) de los programas son los siguientes:

Programa	MA	MB
lucho	45	48
lupita	32	35
lulila	51	56
lurdo	43	49
lutecio	48	51

Calcule si las diferencias observadas son significativas y, en caso afirmativo, determine la mejora conseguida en el rendimiento debido al uso del tipo de memoria más rápida.

**SOLUCIÓN:** Las diferencias son significativas. La memoria MA permite obtener una mejora de 1,09.

**PROBLEMA 5.3** En la tabla siguiente se muestra el tiempo de ejecución (expresado en segundos) y el número de instrucciones ejecutadas en el computador Cleopatra para cinco programas distintos.

Programa	Tiempo (s)	Instrucciones ( $\times 10^6$ )
asterix	68	125
obelix	132	340
panoramix	113	227
idefix	79	154
abraracurcix	120	328

1. Calcule el número medio de MIPS de este computador.
2. Determine el número medio de ciclos por instrucción (CPI) obtenidos por este computador. Considere para ello que las instrucciones ejecutadas por los tres primeros programas duran 3 ciclos, mientras que el resto lo hace en 5.

SOLUCIÓN:

1. El computador obtiene 2,29 MIPS
2. El número medio de CPI es 3,82.

■

**PROBLEMA 5.4** Un estudio pretende comparar el rendimiento de dos máquinas A y B utilizando el número medio de ciclos por instrucción. Para ello se utilizan dos programas de prueba, maya y willi, de 1 y 10 instrucciones, respectivamente. Los tiempos de ejecución, expresados en ciclos, obtenidos en cada máquina son los siguientes:

Programa	A	B
maya	10	1
willi	100	1000

1. Determine cuántas veces es más rápida la máquina A que B atendiendo al tiempo de ejecución de los programas de prueba.
2. Calcule el CPI obtenido por cada máquina promediando (media aritmética) los CPI obtenidos en cada programa. ¿Qué máquina obtiene mejor CPI?
3. Ahora repita el análisis suponiendo que el número de instrucciones ejecutadas por willi es 100. ¿Qué máquina es ahora más rápida? ¿Sería capaz de profetizar qué resultado obtendríamos si willi ejecutara 1000 instrucciones? Compruébelo.

SOLUCIÓN:

1. La máquina A es 9,1 veces más rápida que la B.
2. La máquina A obtiene mejor CPI (10) que la B (50,5). De cualquier manera, este cálculo no es válido porque el CPI solo se puede promediar usando la media aritmética si el número de instrucciones ejecutadas por cada programa es el mismo.
3. Ambas máquinas obtienen el mismo CPI. En caso de aumentar el número de instrucciones del programa willi la máquina B obtendrá mejor CPI promedio.

■

**PROBLEMA 5.5** La tabla siguiente muestra el tipo y número de las operaciones de coma flotante ejecutadas por un programa de prueba en el computador MATES; la última columna representa el coste computacional en operaciones normalizadas.

Operación	Cantidad ( $\times 10^9$ )	Operaciones normalizadas
add.s, sub.s	456	1
div.s, mul.s	340	3
sqrt.s	180	12
sqrt.d	70	15
log.d	30	18

Se sabe que el programa tarda una hora en ejecutarse. Indique el rendimiento de este computador mediante el uso de MFLOPS y MFLOPS normalizados. ¿Existe mucha diferencia entre ambos valores?

SOLUCIÓN: El programa obtiene 299 MFLOPS y 1452 MFLOPS normalizados. ■

**PROBLEMA 5.6** Considere la información (incompleta) obtenida por la orden siguiente en un computador sin más carga que la ejecución de esta orden:

```
$ time simulador
  real 0m125s
  user -----s
  sys 0m5s
```

Se sabe que el número de instrucciones ejecutadas es de  $32 \times 10^9$ ; de estas últimas, el 60 % se ejecuta en dos ciclos, mientras que el resto lo hace en cinco ciclos. Calcule el número medio de ciclos por instrucción (CPI) obtenidos por el programa, la frecuencia de funcionamiento del procesador y los MIPS alcanzados por el procesador.

SOLUCIÓN: El programa obtiene un CPI de 3,2 y 246,2 MIPS. La frecuencia del procesador es de 0,788 GHz. ■

**PROBLEMA 5.7** La tabla siguiente muestra los tiempos de ejecución en segundos de tres programas de prueba en tres máquinas A, B y C. Aplíquense al menos dos técnicas de análisis que permitan extraer conclusiones contradictorias respecto del rendimiento de las máquinas.

Programa	A	B	C
mafalda	185	164	126
felipe	161	163	143
miguelito	182	110	295

SOLUCIÓN: La máquina más rápida es la B. Para obtener una conclusión diferente bastaría con calcular un promedio ponderado dando más peso a la máquina que se quisiera beneficiar o bien normalizando los valores respecto de esta misma máquina. ■

**PROBLEMA 5.8** La tabla que se muestra a continuación refleja los tiempos de ejecución, en segundos, de los 14 programas de prueba que integran un determinado benchmark empleado para el cálculo del rendimiento en aritmética de coma flotante. En particular, los tiempos corresponden a la máquina de referencia y a una máquina que denominaremos A (columnas “Base” y “Peak”, con el mismo significado que usa SPEC para sus comparaciones).

Programa	Referencia	A (Base)	A (Peak)
168.wupwise	1600	419	300
171.swim	3100	562	562
172.mgrid	1800	607	607
173.aplu	2100	658	605
177.mesa	1400	273	242
178.galgel	2900	571	571
179.art	2600	1040	1038
183.quake	1300	501	387
187.facerec	1900	434	434
188.amp	2200	705	697
189.lucas	2000	784	758
191.fma3d	2100	534	534
200.sixtrack	1100	395	336
301.apsi	2600	866	866

1. Calcúlense los índices SPECfp\_base y SPECfp de la máquina A según el criterio de SPEC.
2. Si se considera el tiempo total de ejecución, ¿cuántas veces es más rápida la máquina A que la máquina de referencia? Nota: para la máquina A considérense únicamente los tiempos de la columna Base.
3. ¿Qué mejora del rendimiento se obtiene utilizando las opciones de optimización que ofrece el compilador?

**SOLUCIÓN:**

1. SPECfp\_base = 3,48 y SPECfp = 3,74.
2. La máquina A es 3,44 veces más rápida que la de referencia.
3. La optimización del compilador permite mejorar 1,05 veces el tiempo de ejecución (un 5%).

■

**PROBLEMA 5.9** Considere los tiempos de ejecución obtenidos en los computadores R (referencia), A y B para un conjunto de cinco programas de prueba:

Programa	R	A	B
tinky-winky	2600	503	539
dipsy	2100	654	762
laa-laa	9800	798	607
po	2300	748	760
noo-noo	1800	363	255

1. Compare el rendimiento de A y B utilizando el tiempo total de ejecución.
2. Calcule, a la manera de SPEC, un índice de rendimiento para A y B, y compare el rendimiento de ambas máquinas con este índice. ¿Obtiene los mismos resultados que en el apartado anterior?

**SOLUCIÓN:**

1. La máquina B es 1,05 veces más rápida que A.
2. Los índices calculados a la manera de SPEC para las máquinas A y B son, respectivamente, 5,00 y 5,40; en consecuencia, la mejora en este índice de la máquina B es de 1,08.

■

**PROBLEMA 5.10** La siguiente tabla muestra los tiempos de ejecución expresados en minutos de una serie de programas de prueba en dos sistemas informáticos SI1 y SI2. La última columna muestra el número de instrucciones ejecutadas por cada programa.

Programa	SI1	SI2	Instrucciones
charlie brown	35	70	$3,55 \times 10^8$
lucy	101	78	$7,78 \times 10^{13}$
linus	57	55	$9,12 \times 10^7$
patty	76	83	$2,94 \times 10^{10}$

- Suponiendo que todos los programas tienen la misma importancia en este estudio de evaluación, compárense las prestaciones de estos dos sistemas en base a:
  - Media aritmética de los tiempos de ejecución.
  - MIPS (millones de instrucciones ejecutadas por segundo).
- Repítase la primera parte del estudio suponiendo que los pesos atribuidos a cada programa de prueba son, respectivamente: 0,5, 0,1, 0,1, y 0,3.

SOLUCIÓN:

- El sistema SI1 es 1,06 más rápido que SI2 atendiendo al tiempo de ejecución. Los MIPS obtenidos por ambos sistemas son, respectivamente, 4822,2 y 4535,5.
- En este nuevo escenario el sistema SI2 es 1,3 veces más rápido que SI1 atendiendo al tiempo de ejecución.

**PROBLEMA 5.11** A continuación se muestran los resultados obtenidos tras la ejecución de tres programas de prueba en un computador que dispone de un procesador con un reloj de 2 GHz:

Programa	Instrucciones	Ciclos por instrucción	Operaciones coma flotante
1	$150 \times 10^9$	3,5	$50 \times 10^6$
2	$35 \times 10^9$	2,8	$20 \times 10^6$
3	$250 \times 10^9$	5,2	$175 \times 10^6$

Indique, a partir de datos anteriores, los siguientes índices de prestaciones de este computador: MIPS, MFLOPS y CPI.

SOLUCIÓN: 452,42 MIPS, 0,25 MFLOPS y 4,4 CPI.

**PROBLEMA 5.12** La página oficial de SPEC muestra los siguientes resultados de rendimiento para dos sistemas informáticos de la casa comercial ACER obtenidos mediante el conocido benchmark CPU2006:

Sistema	Modelo	SPECint_base2006	SPECint2006
A	Altos G5350 (AMD Opteron 246)	13,47	14,38
B	Altos G5350 (AMD Opteron 254)	17,88	19,18

1. ¿Cuál de los dos sistemas presenta mejor rendimiento? Cuantifique numéricamente la mejora.
2. A la vista de los resultados anteriores, ¿afecta al rendimiento de ambos sistemas la optimización llevada a cabo por el compilador en las pruebas de evaluación?
3. ¿En qué medida se reflejará en los resultados anteriores una mejora importante en la unidad de coma flotante (FPU, floating point unit) del procesador?
4. ¿Cuál de los dos sistemas ejecutará el benchmark whetstone más rápidamente?

**SOLUCIÓN:**

1. El sistema B obtiene un mayor rendimiento. En particular, las mejoras sobre el sistema A en los índices SPECint\_base y SPECint son, respectivamente, 1,33 y 1,33 (se obtiene la misma ganancia en ambos casos).
2. La optimización de la compilación permite obtener una mejora, en ambos casos, de 1,07.
3. En teoría no afectará porque los índices mostrados afectan únicamente a la aritmética entera.
4. No se puede saber porque este benchmark es de aritmética en coma flotante.

■

**PROBLEMA 5.13** Responda brevemente a las siguientes cuestiones sobre el benchmark CPU2006 que ha desarrollado el consorcio SPEC:

1. ¿Qué componentes del sistema informático evalúa?
2. ¿Cuáles son los lenguajes en que están programados los diferentes programas que lo integran?
3. ¿Cuál es la diferencia entre los índices SPECint2006 y SPECint\_base2006?
4. Indique cómo se calcula el índice SPECfp2006. El método de cálculo empleado, ¿satisface todas las exigencias de un buen índice de prestaciones? Razone la respuesta.

**SOLUCIÓN:**

1. El procesador, el sistema de memoria y el compilador.
2. C, C++ y Fortran.
3. El primero se obtiene con los programas compilados, cada uno de ellos, con parámetros que optimizan la ejecución del código en la máquina que se evalúa con el objetivo de conseguir el menor tiempo de ejecución posible (rendimiento pico). El segundo utiliza opciones de compilación genéricas y comunes a todos los programas.
4. Se usa la media geométrica de los ratios obtenidos dividiendo los tiempos de ejecución en la máquina de referencia y en la máquina que se evalúa. Este método de cálculo no satisface las exigencias de un buen índice de prestaciones ya que no refleja de manera correcta la comparación basada en los tiempos de ejecución.

■

**PROBLEMA 5.14** Una empresa de seguros está estudiando dos propuestas con el objetivo de actualizar los computadores personales de su instalación informática. El precio de cada computador es de 1300€ y 1450€, para la propuesta A y B, respectivamente. Se estima que el número de computadores a reemplazar es de 75.

Los responsables informáticos de la empresa han ejecutado los ocho programas que utilizan habitualmente en un computador de cada propuesta, y han obtenido los tiempos de ejecución, expresados en segundos, que se muestran a continuación:

Programa	Modelo A	Modelo B
1	23,6	24,0
2	33,7	41,6
3	10,1	8,7
4	12,9	13,5
5	67,8	66,4
6	9,3	15,2
7	47,4	50,5
8	54,9	52,3

Determinése si existen diferencias significativas en el rendimiento de los computadores personales de las dos propuestas y qué opción sería mejor.

**SOLUCIÓN:** El intervalo de confianza es  $[-4,696, 1,576]$ . Como este intervalo incluye el 0 podemos afirmar que las diferencias observadas en los tiempos de ejecución no son significativas. En consecuencia, la mejor opción para actualizar los computadores de la empresa es la opción A, ya que resulta menos costosa. En particular, la propuesta B resulta  $1450€/1300€ = 1,112$  veces más cara que la A.

■

**PROBLEMA 5.15** A continuación se muestran los tiempos de ejecución experimentados en tres computadores, A, B y R, para un conjunto de cinco programas de prueba:

Programa	A	B	R
1	96,2	95,3	103,9
2	13,1	10,2	53,8
3	79,6	67,4	156,3
4	45,2	51,8	98,1
5	88,3	89,3	238,5

Calcúlese el índice de prestaciones de las máquinas A y B según lo hace SPEC (media geométrica), tomando como referencia la máquina R. Compárese el rendimiento de estas máquinas atendiendo tanto a este índice como al tiempo total de ejecución. ¿Hay diferencias Significativas?

**SOLUCIÓN:** La media geométrica o índice de prestaciones según SPEC de los tiempos de ejecución normalizados respecto de la máquina R son 2,20 y 2,32 para A y B respectivamente. En cualquier caso, estos datos permiten concluir que B rinde 1,06 veces más que A. En cambio la suma de los tiempos de ejecución son 322,4 y 314,0 respectivamente, lo que rebaja la mejora conseguida a 1,03. Respecto a las diferencias, éstas no son significativas porque el intervalo de confianza incluye el 0.

■