

# Soluciones examen enero 2022:

**IMPORTANTE:** La numeración de las diapositivas cambia de un año para otro. Aquí la numeración se refiere a la que había justo en el curso académico del examen.

Notación: En lo que sigue, "T" indica Transparencia o Diapositiva.

## Ejercicio 1:

- 1: F. T21, T23 del tema 1.
- 2: F. T26 del tema 1.
- 3: V. T16 del tema 2.
- 4: V. Fue una de las razones por las que surgió el protocolo NVMe usando PCIe. T43 del tema 2.
- 5: F. Fue el primero con el conjunto de instrucciones AMD x86-64, pero no el primer procesador con un conjunto de instrucciones de 64 bits (IBM Power ya fabricó uno en 1996). T17, T20 del tema 2.
- 6: F. La "S" viene de "Static". Se dijo en clase. T21, T22 del tema 2.
- 7: F. T26 del tema 2.
- 8: F. El estándar PCIe permite combinar cualquier versión. Se dijo en clase.
- 9: V. T30 del tema 2.
- 10: V. T40 del tema 2.
- 11: V. T21 del tema 2.
- 12: F. T17 del tema 2.
- 13: F. T24 del tema 2.
- 14: V. T21 del tema 2.
- 15: V. T50 del tema 2.
- 16: V. T53 del tema 2.
- 17: F. T14 del tema 3. Un benchmark no es un test de diagnóstico. Se dijo en clase.
- 18: F. T34 del tema 5: "Una red cerrada siempre está en equilibrio de flujo (si el tamaño de las colas es  $\geq NT$ )".
- 19: F. T14 y T18 del tema 6. La garantía de realización de los pagos debe aparecer en el pliego de cláusulas administrativas particulares. Lo que sí puede aparecer en el pliego de prescripciones técnicas es la garantía de los componentes ante un defecto de los mismos.
- 20: V. T11 del tema 6.

## Ejercicio 2:

El ejercicio es idéntico al de la diapositiva 32 del tema 5.

## Ejercicio 3:

a) Una forma de resolverlo sería (diapositiva 44 del tema 5):

Definición de razón de visita:

$$V_i = C_i/C_0 = (C_i/T)/(C_0/T) = X_i/X_0 \rightarrow X_i = X_0 * V_i \text{ (ley del flujo forzado)}$$

En particular, para la cpu:  $X_{cpu} = X_0 * V_{cpu}$

Por tanto,  $X_{cpu\_max} = X_{0max} * V_{cpu}$

Por otro lado,  $X_{0\_max} = 1/Db$ , debemos calcular la demanda de servicio del cuello de botella.

Calculamos las demandas de servicio de todos los dispositivos sabiendo que  $D_i = V_i * S_i$ :

$$D_{cpu} = 0,16s$$

$$D_{discoA} = 0,14s$$

$$D_{discoB} = 0,24s$$

Por tanto, el cuello de botella es el disco B por ser el de mayor demanda de servicio.

$$D_b = D_{\text{discoB}} = 0,24s$$

$$X_{0\text{max}} = 1/D_b = 4,17 \text{ tr/s}$$

Por lo tanto, la solución buscada es:

$$X_{\text{cpu\_max}} = X_{0\text{max}} * V_{\text{cpu}} = 4,17 \text{ tr/s} * 16 = 66,7 \text{ tr/s} \text{ (66,7 procesos ejecutados por segundo).}$$

b) En el apartado anterior hemos visto que el servidor se satura cuando la tasa media de llegada supera los 4,2 tr/s. Por tanto, el servidor estará saturado con 5 tr/s. Así que la utilización del disco A nunca podrá superar su valor máximo que se puede calcular de la siguiente forma (diapositiva 44 del tema 5):

$$U_i = X_0 * D_i \text{ (relación utilización - demanda de servicio). Por tanto, } U_{\text{imax}} = X_{0\text{max}} * D_i$$

En particular, para el disco A:

$$U_{\text{discoA\_max}} = X_{0\text{max}} * D_{\text{discoA}} = 4,17 \text{ tr/s} * 0,14s = 0.58 \text{ (58\%)}$$

Y esa es la estimación que podemos hacer de cuál será la utilización del disco A con esa tasa de llegada.

c) Diapositiva 60 del tema 5:  $R_i = S_i / (1 - U_i)$ .

En particular, para la cpu:

$$R_{\text{cpu}} = S_{\text{cpu}} / (1 - U_{\text{cpu}})$$

d) Para una tasa de llegada de  $2 \text{ tr/s} < X_{0\text{max}}$ , sabemos que el servidor está en equilibrio de flujo, por lo que  $X_0 = \lambda_0 = 2 \text{ tr/s}$  y podemos utilizar la ley de Little aplicada al servidor completo:

$N_0 = X_0 * R_0$ , donde  $N_0$  es el nº medio de trabajos en el servidor = nº medio de clientes conectados al servidor suponiendo que cada cliente envía un único trabajo al servidor.

Por tanto, solo nos queda calcular  $R_0$  para poder resolver el ejercicio. Como estamos en equilibrio de flujo, podemos utilizar la ley general del tiempo de respuesta:

$$R_0 = V_{\text{cpu}} * R_{\text{cpu}} + V_{\text{discoA}} * R_{\text{discoA}} + V_{\text{discoB}} * R_{\text{discoB}}$$

Aprovechando la expresión que hemos obtenido en el apartado anterior:

$$R_i = S_i / (1 - U_i) = S_i / (1 - X_0 * D_i)$$

Por tanto:

$$R_{\text{cpu}} = 0,015s$$

$$R_{\text{discoA}} = 0,028s$$

$$R_{\text{discoB}} = 0,058s$$

Obtenemos  $R_0 = 0,89s$

Y finalmente:  $N_0 = 1,78$  clientes conectados al servidor de media.

#### Ejercicio 4:

a) Vemos que el valor medio de la diferencia entre las productividades de Conf1 menos las de Conf2 es un número positivo (Mean difference = 0,88). Por tanto, la productividad media conseguida por Conf1 es mayor que la de Conf2. Como tiene mejor rendimiento el que consigue la mayor productividad, sería Conf1 la mejor configuración.

b) La hipótesis de partida sería:

$H_0$ : Rendimiento(Conf1) es equivalente al Rendimiento(Conf2)

99% de nivel de confianza ->  $\alpha = 0,01$

De la tabla vemos que p-value = 0,91, valor que podemos identificar como la probabilidad de que la hipótesis pueda ser cierta. Es evidente que esa probabilidad es mayor que 0,01 por lo

que no podemos descartar dicha hipótesis por lo que concluimos que no hay diferencias significativas en el rendimiento para un 99% de nivel de confianza.

Otra forma sería razonar que el intervalo de confianza para la media real de las diferencias al 90% incluye el 0. Por tanto, si para el 90% no se puede rechazar  $H_0$ , tampoco se rechazará para el 99%.

c) La primera variable se refiere a la media muestral de la diferencia entre los rendimientos, es decir, la que se calcula de las muestras experimentales que hemos obtenido, mientras que la segunda es la media real de dicha diferencia, es decir, el verdadero valor medio de la diferencia entre los rendimientos si no hubiese aleatoriedad en las medidas o el valor al que debería tender la media muestral si hiciéramos infinitas medidas.

#### **Ejercicio 5:**

a) Diapositiva 55 del tema 2. Es una unidad de medida utilizada para estandarizar la distancia entre estantes en un armario (rack) de computadores. De esa forma, los chasis de un computador se suelen diseñar para tener un número entero de "rack units" y así facilitar que puedan acoplarse a dichos armarios.

b) Diapositiva 12 del tema 3.

c) Diapositiva 37 del tema 3. Importante matizar que gprof instrumenta el programa en la compilación para que cada vez que se ejecute una función del programa se ejecuten unas instrucciones que incrementan el contador asignado a dicha función. Es un valor exacto. Otra cosa bien distinta es cómo obtiene gprof el tiempo de cpu de cada función (usando un temporizador...), pero eso no se pregunta aquí.

d) Diapositiva 43 del tema 3.

#### **Ejercicio 6:**

Lo que nos piden es la fracción  $f$  de  $T_0$  en el que el hilo usaba la GPU antes de la mejora.

Una forma de hacerlo:

$T_0 = T_{cpu\_o} + T_{gpu\_o} \rightarrow$  nos piden  $f = T_{gpu\_o} / T_0$

$T_m = T_{cpu\_o} + T_{gpu\_m}$  (ya que la cpu no se ha mejorado)

Nos dicen que:

$T_m = T_0 / 3$

y que

$T_{gpu\_m} = T_m / 3 = T_0 / 9$

Por tanto:

$T_{gpu\_o} = T_0 - T_{cpu\_o} = T_0 - (T_m - T_{gpu\_m}) = T_0 - T_m + T_{gpu\_m} = T_0 - T_0 / 3 + T_0 / 9 = (7/9) * T_0$

$f = T_{gpu\_o} / T_0 = 7/9 = 0,78.$

\* Otra forma de resolver el ejercicio (y no es la única alternativa):

Por un lado, nos dicen que, tras la mejora,  $T_m = T_0 / 3$ . Por tanto, usando la ley de Amdahl:

$S = T_0 / T_m = 3 = 1 / (1 - f + f/k).$

Por otro lado, nos dicen que "la parte del programa que hace uso de la nueva tarjeta gráfica ahora (=tras la mejora) tarda un tercio del tiempo de ejecución actual (= un tercio del tiempo de ejecución mejorado)":

$f * T_0 / k = T_m / 3$

Y como  $T_o/T_m = 3$ , la expresión anterior se quedaría en:

$$3f/k = 1/3$$

Despejando k:

$$k = 9f$$

Ahora basta introducir esta última expresión en la ley de Amdahl de arriba y despejar f:

$$S = T_o/T_m = 3 = 1/(1-f+f/k) = 1/(1-f+f/9f) = 1/(1-f+1/9)$$

De donde  $f = 7/9 = 0,78$ .

De paso, también podríamos deducir que  $k = 9f = 7$ .

# Soluciones examen febrero 2022:

**IMPORTANTE:** La numeración de las diapositivas cambia de un año para otro. Aquí la numeración se refiere a la que había justo en el curso académico del examen.

Notación: En lo que sigue, "T" indica Transparencia o Diapositiva.

## Ejercicio 1:

1. F. Cara != rango. T26.
2. V.  $(64+8)/4\text{bits}$  por chip x2 rangos. T26.
3. V. Se dijo en clase explicando la T28.
4. F. Mejoramos la disponibilidad. T22 y T26.
5. F. Eso sería si es Hot Plug. Hay ejemplos en varias transparencias, como la T29.
6. V. Se explicó en clase en la T33.
7. V. T40.
8. V. T18
9. V. T29. Además se explicó en clase que como sólo era para gráficos se eliminaron cosas no necesarias del protocolo PCI. Ojo, tiene menos ancho de banda que PCIe. T29.
10. V. T42.
11. F. T20.
12. F. T32.
13. F. T45.
14. V. T47.
15. V. T51.
16. F. T59.
17. F. T74.
18. F. T25.
19. F. T17.
20. F. Como contraejemplo, véase el ejercicio 4 de este examen.

## Ejercicio 2:

a)  $T_o = T_{\text{cpu}_o} + T_{\text{gpu}_o}$   
 $T_m = T_{\text{cpu}_o} + T_{\text{gpu}_m}$  (ya que la cpu no se ha mejorado)  
Nos piden  $k = T_{\text{gpu}_o}/T_{\text{gpu}_m}$

Nos dicen que:

$$T_o = 50\text{s}$$

$$T_m = 25\text{s}$$

$$T_{\text{gpu}_m} = T_m/2 = 12,5\text{s}$$

Por tanto:

$$T_{\text{cpu}_o} = T_m - T_{\text{gpu}_m} = 25 - 12,5 = 12,5\text{s}$$

$$T_{\text{gpu}_o} = T_o - T_{\text{cpu}_o} = 50 - 12,5 = 37,5\text{s}$$

De donde:

$$k = T_{\text{gpu}_o}/T_{\text{gpu}_m} = 37,5/12,5 = 3$$

b) Con una GPU infinitamente rápida,  $T_{m\_max} = T_{\text{cpu}_o} = 12,5\text{s}$ .

Por tanto,  $S_{max} = T_o/T_{m\_max} = 50/12,5 = 4$ .

Si lo medimos con respecto a la gpu mejorada:

$S_{max\_con\_respecto\_a\_Tm} = T_m/T_{m\_max} = 25/12,5 = 2$ .

### Ejercicio 3:

Usando la definición de MIPS (T8 del tema 4), obtenemos que cada activación del monitor tarda en ejecutarse:

$T_{ejec} = N_i / (MIPS * 10^6) = 0,00002s = 0,02ms$ .

a) Usando la definición de sobrecarga y aplicándola a una CPU (T13 del tema 3):

$1 = (0,00002s / \text{Periodo\_de\_muestreo}) * 100$ . De donde  $\text{Periodo\_de\_muestreo} = 0,002s = 2ms$ .

b) Si se activa una vez cada 15 minutos, se activará 4 veces por hora y  $4 * 24 = 96$  veces al día.

Como cada activación almacena 2KiB de información en el fichero saDD del día DD correspondiente, dicho fichero como mucho alcanzará los 192KiB de información.

### Ejercicio 4:

Nos dan como datos:

Solo hay dos dispositivos en nuestro modelo: cpu y dd

$T = 24h = 86400s$

$A_0 = 54000 \text{ consultas} = 54000 \text{ tr}$

$U_{dd} = 0,6$

$U_{cpu} = 0,7$

$V_{dd} = 5$

a)

Solo tenemos dos dispositivos y ninguno de ellos está saturado (su utilización no es 1). En concreto, la CPU es el cuello de botella (mayor utilización) y su utilización es menor que 1. Por lo tanto, el servidor no estará saturado. Si el servidor no está saturado, está en equilibrio de flujo (T38).

Otra alternativa es suponer que estamos en equilibrio de flujo, calcular  $X_{0max}$ , calcular  $\lambda_{00}$  y comprobar que  $\lambda_{00} < X_{0max}$ , confirmando que efectivamente estamos en equilibrio de flujo.

b)

$V_{dd} = C_{dd}/C_0 = X_{dd}/X_0$ . De donde:  $X_{dd} = V_{dd} * X_0$  (ley del flujo forzado)

Como estamos en equilibrio de flujo:

$X_0 = \lambda_{00} = A_0/T = 0,625 \text{ tr/s}$

Por tanto,  $X_{dd} = 3,125 \text{ tr/s}$

c)

Me piden  $S_{dd}$

$S_{dd} = B_{dd}/C_{dd} = U_{dd}/X_{dd} = 0,6/3,125 = 0,192s = 192ms$

d)

El cuello de botella es la cpu, por tener mayor utilización media. Por tanto:

$X_{0max} = 1/D_b = 1/D_{cpu}$

$D_{cpu} = B_{cpu}/C_0 = U_{cpu}/X_0 = 0,7/0,625 = 1,12s$

$X_{0max} = 0,89 \text{ tr/s}$

e)

Me están pidiendo  $R_{0min}$

$R_{0min} = D_{cpu} + D_{dd}$

Debo calcular ahora  $D_{dd}$

$D_{dd} = B_{dd}/C_0 = U_{dd}/X_0 = 0,6/0,625 = 0,96s$

Por tanto  $R_{0min} = 1,12 + 0,96 = 2,08s$

**Ejercicio 5:**

T34, T45 del tema 5.

Para la definición de NT, Z, y Db: T13, T14, T25 y T37.

**Ejercicio 6:**

a) T23 del tema 4

b) T26 del tema 4. Para la segunda parte: T6 y T50 del tema4.

**Ejercicio 7:**

a) T30 del tema 2.

b) T49 del tema 2.

c) T18 del tema 6.

# Soluciones examen enero 2023:

**IMPORTANTE:** La numeración de las diapositivas cambia de un año para otro. Aquí la numeración se refiere a la que había justo en el curso académico del examen.

Notación: En lo que sigue, "T" indica Transparencia o Diapositiva.

## Ejercicio 1:

1. F. T32 del tema1. Si la mejora aplicada empeora el tiempo de ejecución se obtendría un  $\text{speedup} < 1$ , pero el  $\text{speedup}$  nunca será negativo, es decir, menor que 0.
2. V. T16 del tema 2.
3. F. T15 del tema 1.
4. V. T13 del tema2.
5. F. T34. En todo caso, con un valor superior. Cuanto mayor sea la relación prestaciones/coste, mejor.
6. F. T37. AHCI es para SATA y no para PCIe. Además, AHCI incorpora NCQ, que está especialmente pensado para discos duros, no para SSD.
7. V. Ver figura de la T23 del tema 2.
8. F. SAS solo lo usan los servidores, no los computadores personales.
9. V. T21 del tema 2.
10. F. T12 del tema 2.
11. F. T37 del tema 2.
12. F. T13 del tema 3.
13. F. T37 (SATA) o T45 (USB 2.0) del tema 2 son contraejemplos.
14. V. T42-43 del tema 2.
15. V. T35 del tema 2.
16. V. T28 del tema 2.
17. V. T16 del tema 6.
18. F. T70-71 del tema 4. Fexp no es lo mismo que el p-value.
19. F. T37 del tema 3.
20. F. T8 del tema 6.

## Ejercicio 2:

a) Esa pasta/cola térmica se extiende a lo largo de la cara superior del microprocesador y su función es TRANSFERIR el calor generado por el microprocesador al disipador que tiene encima (sea activo o pasivo). Obviamente, se utiliza esta pasta porque transfiere el calor de forma más eficiente que el aire.

b) T22 del tema 2.

c) Solid State Drive. T31 del tema 2. (Drive = "Unidad" y no "Disco").

d) T30 del tema 4.

## Ejercicio 3:

Queremos que la ganancia en velocidad ( $\text{speedup}$ ) sea 6.

$6 = S = v_m/v_o = T_o/T_m$ , siendo  $T_o = 300s$ .

Por tanto, necesitamos que  $T_m = T_o/S = 300/6 = 50s$



Por otro lado, nos dicen que el 66% de  $T_0$  ( $=0,66 \cdot 300 = 198s$ ) se utiliza en operaciones en el procesador, mientras que el resto ( $300s - 198s = 102s$ ) se dedica a E/S. Por tanto, es evidente que actuando sobre el procesador no podremos nunca llegar a 50s ya que, por lo menos, 102s se seguirán necesitando para la E/S.

Si mejoramos “infinitamente” el procesador, el tiempo de ejecución mejorado sería 102s (la parte correspondiente a la E/S). Por tanto, la ganancia máxima sería:

$$S_{\max} = T_0 / T_{\text{dedicado\_a\_E/S}} = 300s / 102s = 2,94.$$

Otra forma (usando la Ley de Amdahl):

En este caso,  $T_0 = 300s$ ,  $f = 0,66$  y queremos que  $S=6$ :

$$S = 1 / (1 - f + f/k)$$

$$6 = 1 / (1 - 0,66 + 0,66/k)$$

Despejamos  $k$  y nos dará un valor negativo  $\rightarrow$  no existe un valor  $k > 0$  que haga que  $S = 6 \rightarrow$  no es posible conseguir ese speedup actuando solo sobre el procesador.

$$S_{\max} = \text{limite de } S \text{ cuando } k \text{ tiende a infinito} = 1 / (1 - f) = 1 / (1 - 0,66) = 2,94.$$

#### Ejercicio 4:

$$0,8 = \text{sobrecarga\_cpu}(\%) = (0,15s / T_{\text{muestreo}}) \cdot 100 \rightarrow T_{\text{muestreo}} = 0,15 \cdot 100 / 0,8 = 18,75s.$$

Debe activarse cada 18,75s.

$$\text{sobrecarga\_memoria}(\%) = (210 \text{KiB} / 2 \text{GiB}) \cdot 100 = (210 \cdot 1024 / (2 \cdot 1024 \cdot 1024 \cdot 1024)) \cdot 100 = 0,01\%$$

Ha sido un error mucho más corriente de lo normal confundir 2GiB con 2MiB

#### Ejercicio 5:

a) Vemos que el valor medio de la diferencia entre las LATENCIAS de DDR4 menos las de DDR5 es un número positivo (Mean difference = 0,88ns). Por tanto, la LATENCIA media conseguida por DDR4 es mayor que la de DDR5. Como tiene MEJOR RENDIMIENTO el que presenta la MENOR LATENCIA, sería DDR5 la mejor tecnología.

b) La hipótesis de partida sería:

$H_0$ : Rendimiento(DDR4) es equivalente al Rendimiento(DDR5) (en este caso, rendimiento se refiere a “latencia media”).

99% de nivel de confianza  $\rightarrow$   $\alpha = 0,01$

De la tabla vemos que  $p\text{-value} = 0,91$ , valor que podemos identificar como la probabilidad de que la hipótesis pueda ser cierta. Es evidente que esa probabilidad es mayor que 0,01 por lo que no podemos descartar dicha hipótesis. Así que concluimos que los rendimientos de ambas alternativas podrían ser equivalentes para un 99% de nivel de confianza.

#### Ejercicio 6:

Los primeros tres apartados de este ejercicio son casi idénticos a los resueltos en la diapositiva 44 del tema 5.

Antes que nada, conviene calcular las demandas de servicio ( $D_i = V_i \cdot S$ ), detectar el cuello de botella de este servidor y calcular la productividad máxima del servidor. También conviene pasar los tiempos de servicio a segundos (sabiendo que  $1s = 1000ms$ ):

$$D_{\text{cpu}} = 0,15s$$

$$D_{\text{discoA}} = 0,21s$$

$D_{\text{discoB}} = 0,12s$

Por tanto, el cuello de botella es el Disco A por ser el de mayor demanda de servicio ( $D_b = D_{\text{discoA}} = 0,21s$ )

$X_{0\text{max}} = 1/D_b = 4,76 \text{ tr/s}$

a)  $R_{0\text{min}} = D_{\text{cpu}} + D_{\text{discoA}} + D_{\text{discoB}} = 0,48s$

b) Si el servidor recibe una media de 6 tr/s, estará saturado ( $6 > X_{0\text{max}}$ ). Por lo tanto, NO SE CUMPLE EL EQUILIBRIO DE FLUJO Y NO PODEMOS IDENTIFICAR  $X_0$  CON LA TASA DE LLEGADA (muchos lo han hecho así y, por tanto, su respuesta es incorrecta).

La utilización del disco B nunca podrá superar su valor máximo, que se puede calcular a partir de la relación utilización - demanda de servicio:  $U_i = X_0 * D_i$ . Por tanto,  $U_{\text{max}} = X_{0\text{max}} * D_i$

En particular, para el disco B:

$U_{\text{discoB\_max}} = X_{0\text{max}} * D_{\text{discoB}} = 4,76 \text{ tr/s} * 0,12s = 0,57 \text{ (57\%)}$

Y esa es la mejor estimación que podemos hacer de cuál será la utilización del disco B con esa tasa de llegada.

c) Una forma de resolverlo sería:

Partimos de la ley del flujo forzado:  $X_i = X_0 * V_i$

Por tanto:  $X_{\text{max}} = X_{0\text{max}} * V_i$

En particular, para el Disco A:  $X_{\text{discoA\_max}} = X_{0\text{max}} * V_{\text{discoA}} = 4,76 \text{ tr/s} * 6 = 28,6 \text{ tr/s}$

Otra forma: Como el Disco A es el cuello de botella, puede llegar a alcanzar una utilización = 1 en este servidor (diapositiva 38). Usando la ley de la utilización:

$U_i = X_i * S_i \rightarrow U_{\text{discoA}} = X_{\text{discoA}} * S_{\text{discoA}}$ . Como  $U_{\text{discoA}}$  puede llegar a ser 1  $\rightarrow X_{\text{discoA\_max}} = 1/S_{\text{discoA}} = 1/0,035 = 28,6 \text{ tr/s}$

Algunos indican que por ser el Disco A cuello de botella:  $X_{\text{discoA\_max}} = X_{0\text{max}} = 1/D_{\text{discoA}}$ . Obviamente, eso es incorrecto (y un fallo grave).

d) Diapositiva 60 del tema 5. Se deben indicar todos los pasos necesarios para llegar a la siguiente expresión:  $R_i = S_i / (1 - X_i * S_i)$ . Y de ahí, particularizarlo para la CPU:

$R_{\text{cpu}} = S_{\text{cpu}} / (1 - X_{\text{cpu}} * S_{\text{cpu}})$

e) Antes que nada, comprobamos que estamos en equilibrio de flujo ya que  $4 \text{ tr/s} < X_{0\text{max}}$ . Por lo tanto  $X_0 = \lambda_0 = 4 \text{ tr/s}$ .

Este apartado se resuelve igual que el apartado e) del ejercicio de la diapositiva 62. Una posible solución:

(ley de Little aplicada a la cola de la estación de servicio de la CPU, que se puede utilizar porque estamos en equilibrio de flujo):  $Q_{\text{cpu}} = X_{\text{cpu}} * W_{\text{cpu}} = X_{\text{cpu}} * (R_{\text{cpu}} - S_{\text{cpu}})$ , donde  $R_{\text{cpu}}$  se puede obtener a partir del resultado del apartado anterior. Para ello, basta calcular primero  $X_{\text{cpu}} = V_{\text{cpu}} * X_0 = 15 * 4 = 60 \text{ tr/s}$ .

Y de ahí tenemos que  $R_{\text{cpu}} = 0,025s$

Y, finalmente,  $Q_{\text{cpu}} = 60 \text{ tr/s} * (0,025s - 0,01s) = 0,9 \text{ tr} = 0,9 \text{ procesos}$ .

f) Reemplazar la CPU por otra más rápida no influye ni en el tiempo de servicio ni en la razón de visita del Disco B. Recordemos el símil de la cadena de montaje que fabrica coches: reemplazar el elemento que pone las ventanas por uno más rápido no hace que el elemento que pone las ruedas sea más rápido en colocar una rueda (su tiempo de servicio) ni que varíe el número de ruedas que hay que ponerle a cada coche (la razón de visita).

**Ejercicio 7:**

Se trata de un servidor modelado por una red de colas cerrada interactiva. Nos piden el tiempo medio de reflexión (Z).

Es recomendable dibujar dicha red. Se debería indicar que en este tipo de configuraciones, el servidor siempre está en equilibrio de flujo por lo que podemos aplicar la Ley de Little a la red completa:  $NT = X0*(Z+R0)$ .

Me están indicando que el punto teórico de saturación debe ser 30:  $NT^* = 30$  (ver diapositiva 48). En ese punto, se podrían obtener, al menos teóricamente, la productividad máxima y el tiempo de respuesta mínimo globales del servidor:

$$NT^* = X0_{max} * (Z + R0_{min})$$

Así que solo queda despejar Z:

$$Z = NT^* / X0_{max} - R0_{min}$$

A partir de la tabla calculo las demandas de servicio ( $Di = Vi * Si$ ) y detecto el cuello de botella:

$$D_{cpu} = 0,8s$$

$$D_{disco} = 10s$$

$$D_{red} = 1,2s$$

Por tanto, el cuello de botella es el disco, por ser el de mayor demanda de servicio ( $Db = D_{disco} = 10s$ ).

A partir de esa información:

$$X0_{max} = 1/Db = 0,1 \text{ tr/s}$$

$$R0_{min} = D_{cpu} + D_{disco} + D_{red} = 12s$$

Por tanto:

$$Z = 30 / 0,1 - 12 = 288s$$

# Soluciones examen febrero 2023:

**IMPORTANTE:** La numeración de las diapositivas cambia de un año para otro. Aquí la numeración se refiere a la que había justo en el curso académico del examen.

Notación: En lo que sigue, "T" indica Transparencia o Diapositiva.

## Ejercicio 1:

1. F. T15 tema 2 (Intel Core son para PC)
2. F. T19 tema 2. Necesita refresco porque está formada por condensadores cuya carga almacenada se va perdiendo con el tiempo, pero no por ser volátil. Las SRAM son volátiles y no necesitan refresco.
3. F. T38 del tema 5. El servidor se satura cuando  $U_b=1$ . Es fácil encontrar un contraejemplo (el mismo ejercicio 5 de este examen) en el que la suma de utilidades es mayor que 1 y el servidor no está saturado.
4. V. T11 del tema 2.
5. V. T47 del tema 4.
  
6. V. T38 del tema 2.
7. V. T25 del tema 5.
8. F. T14 y T15 del tema 6.
9. F. T27 y T60 del tema 5.
10. F. T26 del tema 5.
  
11. F. T20 del tema 5.
12. V. T38 del tema 2.
13. F. T14 y T15 del tema 5.
14. V. T13 del tema 6.
15. F. T16 del tema 2.
  
16. F. Dicho en clase (y ver soluciones del examen de enero).
17. V. T30-32 del tema 2.
18. F. T19 y T22 del tema 2. Las LR-DIMM son DRAM. Las memorias que se usan para caché son SRAM.
19. V. T50 del tema 2.
20. F. T28 del tema 2.
  
21. V. T11 y T54 del tema 2.
22. F. T47 del tema 2 (proceden de la ROM/Flash BIOS)
23. F. T6 del tema 2. Son de cobre.
24. F. T28 del tema 2. El reloj está embebido en los datos.
25. V. T37 del tema 2. Se pone "podrían ser" y no "son" porque también podrían ser conectores SAS (T38).

## Ejercicio 2:

- a) T23-25 del tema 3.
- b) T42-47 del tema 3.
- c) T26 del tema 1 y T32 del tema 3.

## Ejercicio 3:

- a)  
 $T_o = T_{HD} + T_{CF}$  (HD = disco duro, CF = coma flotante)

$$THD = 0,3 \cdot T_o$$

$$TCF = 0,7 \cdot T_o$$

Tras mejorar 2 veces el procesador tendremos:

$$T_m = THD + TCF/2$$

Y nos dicen que  $T_m = 65s$

Por tanto:  $65s = T_m = THD + TCF/2 = 0,3 \cdot T_o + (0,7 \cdot T_o)/2 = 0,65 \cdot T_o$ . De donde podemos despejar  $T_o = 100s$ .

La ganancia en velocidad (speedup) sería:  $S = v_m/v_o = T_o/T_m = 100/65 = 1,54$ .

El tanto por ciento de mejora sería:  $(S-1) \cdot 100 = 54\%$ .

Otra forma: Usando la Ley de Amdahl. Como la mejora se hace con respecto a la parte de coma flotante, tendríamos que  $f = 0,7$  y  $k=2$ :

$S = 1/(1-f+f/k) = 1/(1-0,7+0,7/2) = 1,54$ . De donde  $T_o = S \cdot T_m = 100s$ . El % de mejora se calcula igual que antes.

b) Si mejoramos el disco duro 3 veces, tendríamos ahora que  $f = 0,3$  y  $k = 3$ :

$$S = 1/(1-f+f/k) = 1/(1-0,3+0,3/3) = 1,25$$

El nuevo tiempo mejorado sería:

$$S = T_o/T_m \rightarrow T_m = T_o/S = 100/1,25 = 80s$$

Por tanto, en este caso es preferible reemplazar el procesador por otro 2 veces más rápido ( $T_m=65s$ ) que reemplazar el disco duro por otro 3 veces más rápido ( $T_m=80s$ ).

#### Ejercicio 4:

Debemos realizar un test-t (ver T56 del tema 4).

$H_0$ : Rendimiento Propuesta\_A es equivalente al Rendimiento Propuesta\_B.

Calculo las diferencias entre los valores medidos:

$$d_1 = 156-150 = 6s$$

$$d_2 = 6-7,5 = -1,5s$$

$$d_3 = 128-125 = 3s$$

$$d_4 = 46-43 = 3s$$

$$d_5 = 95-89 = 6s$$

Calculo  $t_{exp} = \text{media\_muestral\_de\_las\_diferencias}/(s/\text{raiz}(n))$

$$\text{media muestral de las diferencias} = (d_1+d_2+d_3+d_4+d_5)/5 = (6-1,5+3+3+6)/5 = 16,5/5 = 3,3s$$

$s$  = desviación típica muestral = 3,1s (me lo dan en el enunciado)

$n = 5$  (el número de programas)

Por tanto:

$$t_{exp} = 3,3/(3,1/\text{raiz}(5)) = 3,3 \cdot \text{raiz}(5)/3,1 = 2,38$$

Nivel de confianza = 90%. Por tanto, el grado de significatividad  $\alpha = 1-90/100 = 1-0,9 = 0,1$ .

Usando el segundo método de la T56 del tema 4, sabemos que debemos rechazar  $H_0$  para un nivel de confianza del 90% si  $t_{exp}$  no se encuentra en el intervalo  $[-t_{\alpha/2; n-1}, t_{\alpha/2; n-1}]$ .

La tabla que se da en el examen nos da los valores de  $t_{\alpha/2; n-1}$  para unos valores de "df" (degrees of freedom =  $n-1$ ) y  $\alpha$  (¡OJO!  $\alpha$  y no  $\alpha/2$ ).

Como  $df = n-1 = 5-1 = 4$ , y  $\alpha = 0,1$ , el valor que nos interesa en la tabla es "2.1318".

Por tanto, si fuera cierta la hipótesis nula, el valor de  $t_{exp}$  debería estar en el intervalo  $[-2,13, 2,13]$ . Como no lo está (ya que vale 2,38) concluimos que "debemos rechazar la  $H_0$  para el 90% de nivel de confianza". Por tanto, una de las propuestas es significativamente mejor que la otra para el 90% de nivel confianza.

Alternativamente, también se podría haber usado el tercer método. En este caso, tendríamos que el intervalo de confianza para el  $d_{\text{real}}$  sería  $[0.35, 6.25]$ s. Y como el 0 no está en el intervalo, igualmente concluiríamos que “debemos rechazar la  $H_0$  para el 90% de nivel de confianza”. Por tanto, una de las propuestas es significativamente mejor que la otra para el 90% de nivel de confianza.

Aunque esto ya no se pide, en este caso sería mejor la unidad de estado sólido de la Propuesta B utilizando como criterio la media aritmética de los tiempos de ejecución, ya que su tiempo medio de ejecución es 3,3s menor que el de la Propuesta A.

### Ejercicio 5:

Me dan  $\lambda_0$ ,  $S_i$  y  $U_i$ . Conviene expresar  $U_i$  en "tanto por uno":

Dispositivo	$S_i$ (s)	$U_i$
CPU	0,01	0,32
Disco A	0,04	0,64
Disco B	0,03	0,36

a) El dispositivo cuello de botella es el que tiene mayor demanda de servicio o, equivalentemente, mayor utilización. Por tanto, el Disco A es el cuello de botella por tener la mayor utilización.

Es obvio que el servidor no está saturado ya que la utilización del cuello de botella es menor que 1 ( $U_{\text{DiscoA}} = 0,64 < 1$ ).

b) Me están preguntando por la razón media de visita del Disco A.

Al no estar saturado, el servidor está en equilibrio de flujo. Por tanto  $X_0 = \lambda_0$ .

A partir de  $U_i = X_0 \cdot D_i$  puedo obtener las demandas de servicio ( $D_i = U_i / X_0$ ).

Igualmente, a partir de  $D_i = V_i \cdot S_i$  puedo obtener las razones de visita ( $V_i = D_i / S_i$ ). Solución:

$$D_{\text{DiscoA}} = U_{\text{DiscoA}} / X_0 = 0,64 / 4 = 0,16s$$

$$V_{\text{DiscoA}} = D_{\text{DiscoA}} / S_{\text{DiscoA}} = 0,16s / 0,04s = 4 \text{ (esta es la solución de este apartado).}$$

Aunque esto no se pide ahora, pero va a ser útil en posteriores apartados, se muestran a continuación las demandas de servicio y las razones de visita de todos los dispositivos:

Dispositivo	$D_i$ (s)	$V_i$
CPU	0,08	8
Disco A	0,16	4
Disco B	0,09	3

c) Ya hemos mencionado que el dispositivo cuello de botella es el que tiene mayor demanda de servicio. La demanda de servicio depende del tiempo de servicio y de la razón de visita, y estos son independientes de la tasa de llegada. Por lo tanto, ésta no afecta a la determinación del cuello de botella. Decir simplemente que “no afecta” no es suficiente. Hay que justificarlo (en el ejercicio se dice claramente que “la respuesta se considerará incorrecta si no se justifica adecuadamente”).

d) Ya hemos dicho que el cuello de botella actualmente es el Disco A. Por tanto

$$D_b = D_{\text{DiscoA}} = 0,16s. \text{ Por tanto, } X_{0\text{max}} = 1/D_b = 1/0,16 = 6,25 \text{ tr/s.}$$

Podría pensarse que se podría conseguir doblar  $X_{0\text{max}}$  actuando únicamente sobre el tiempo de servicio del Disco A (haciendo que valga la mitad), pero eso haría que el cuello de botella dejase de ser el Disco A para pasar a ser el Disco B. Es el Disco B el que entonces limitaría la

productividad máxima y ésta nunca podría superar los  $1/D_{\text{DiscoB}} = 1/0,09 = 11,1 \text{ tr/s}$ . Por lo tanto, actuando únicamente sobre el tiempo de servicio del Disco A no podríamos conseguir una productividad de  $12,5 \text{ tr/s}$ .

No darse cuenta de eso, hace que este apartado tenga 0 puntos. Es un concepto fundamental en esta asignatura saber que tras una mejora es posible que el cuello de botella cambie de dispositivo.

e) Antes del cambio tenemos:

$$R_{0\min} = 0,08 + 0,16 + 0,09 = 0,33 \text{ s}$$

$$X_{0\max} = 6,25 \text{ tr/s}$$

Tras el cambio, todos los accesos al DiscoA tendrían que ir al DiscoB por lo que ahora la razón de visita del DiscoB pasaría a ser  $4+3=7$ . En ese caso, tendríamos:

Dispositivo	Si (s)	Vi
-------------	--------	----

CPU	0,01	8
-----	------	---

Disco B	0,03	7
---------	------	---

por lo que:

$$R_{0\min} = 0,08 + 0,21 = 0,29 \text{ s (hay una mejora de } 0,04 \text{ s con respecto al valor anterior).}$$

$$X_{0\max} = 1/0,21 = 4,76 \text{ tr/s (en este caso, hay un claro empeoramiento: el sistema se satura mucho antes).}$$

Errores graves (=conceptuales) que hacen que este apartado tenga 0 puntos:

Eliminar el DiscoA “sin más”, sin indicar que la razón de visita del DiscoB debe cambiar (se le debe sumar la razón de visita que tenía antes el DiscoA). En el enunciado se dice claramente que “todos los accesos a disco se tuvieran que hacer al Disco B”.

Decir que la utilización del DiscoB es ahora la suma de las utilizaciones de los dos discos.

Decir que el tiempo de servicio del DiscoB es ahora la suma de los tiempos de servicio de los dos discos.

Decir que la demanda de servicio del DiscoB es ahora la suma de las demandas de servicio de los dos discos.

# Soluciones examen enero 2024:

## Ejercicio 1:

Lo más fácil es usar la ley de Amdahl.

Con el disco duro tenemos una ganancia (speedup) de 1,2, mientras que con el procesador sería de 1,6.

Las prestaciones del servidor son, obviamente, proporcionales a las ganancias, por lo que para obtener la relación “prestaciones del servidor/coste de la mejora”, basta dividir las cantidades anteriores por los costes de cada mejora, respectivamente.

Al hacer eso, obtenemos que la relación “prestaciones del servidor/coste de la mejora” de reemplazar el disco duro es 3,75 veces mejor que la que se obtiene reemplazando el procesador (0,012 por € invertido frente a 0,0032 por € invertido), por lo que, según ese criterio, sería más rentable reemplazar el disco duro.

Fallos graves que hacen que este ejercicio esté mal:

No saber usar la ley de Amdahl.

Decir que las prestaciones son proporcionales a los tiempos de ejecución o inversamente proporcionales al speedup.

## Ejercicio 2:

- a) Se explicó en clase. NCQ es una extensión de SATA, incluido en el protocolo AHCI, que permite a las unidades de disco duro optimizar internamente el orden en que se ejecutan los comandos de lectura y escritura recibidos (como mucho 32), con el fin de mejorar el rendimiento.
- b) Diapositiva 36 del tema 3. Es fundamental en esta pregunta explicar cómo se actualiza el contador c2 de cada función y cómo se usan estos contadores, junto con el tiempo de CPU del programa, para estimar el tiempo de CPU de cada función.
- c) Diapositivas 32 a 35 del tema 4. Es importante hacer notar que la segunda parte de la pregunta hace referencia al “diseño” de un servidor y no a la “optimización” del mismo. Por eso es fundamental hacer referencia a lo que se explicó en la diapositiva 35.
- d) Diapositiva 38 del tema 5. Ahí aparece la definición de cuello de botella y se usó para explicar lo que se pide en la pregunta. Es importante recalcar que en esta pregunta se pide “demostrar”, por lo que no basta poner, sin más, leyes operacionales o poner un ejemplo concreto, sin generalizarlo.

## Ejercicio 3:

**IMPORTANTE: La numeración de las diapositivas cambia de un año para otro. Aquí la numeración se refiere a la que había justo en el curso académico del examen.**

Notación: En lo que sigue, "T" indica Transparencia o Diapositiva.

1. V. T25 del tema 1.
2. F. T22-23 del tema 3.
3. V. T29 del tema 3.
4. V. T30 del tema 2.
5. V. T19 del tema 2.
6. F. T23 del tema 2.
7. F. T29 del tema 2.



8. V. T29 del tema 2.
9. F. T48 del tema 2.
10. V. T44-45 del tema 2.
11. F. T25 del tema 5.
12. V. T15 del tema 6.

#### Ejercicio 4:

a) A: 15,67s; B: 15,33s. Es más rápida la B (la que tarda MENOS, de media, en ejecutar los 3 programas).

b) Siguiendo lo que se indica en la diapositiva 39 del tema 4, los pesos serían:  $w_1=w_2=0,4$ ,  $w_3 = 0,2$  (la variable C = 8s).

Las medias ponderadas de los tiempos de ejecución según esos pesos serían: A: 13,8s; B: 15,2s (ojo a las unidades: segundos). En ese caso, es la más rápida la A (media aritmética ponderada menor).

c)  $SPEC\_A = 1,75$ .  $SPEC\_B = 1,64$ . En ese último caso, sería mejor la máquina A (SPEC mayor). No saber calcular el índice SPEC correctamente hace que este apartado esté mal, igual que no saber que cuanto mayor sea este índice, mejores se consideran las prestaciones. El fallo más común, a pesar de mi insistencia de esto en clase, ha sido usar sumas en lugar de multiplicaciones para calcular la media geométrica. Otro fallo, menos grave (-0,2 puntos de penalización) ha sido medir el índice SPEC en segundos (este índice no tiene unidades).

#### Ejercicio 5:

$H_0$ : El rendimiento de todos los niveles del factor "config\_SO" es equivalente, es decir, el factor config\_SO no influye en el rendimiento (=da igual la configuración de S.O. que se utilice).

p-valor (mirando la columna "p" de la tabla) = 0,98 (podemos decir que la probabilidad de que  $H_0$  sea cierta es 0,98).

Al 99% de confianza:  $\alpha=0,01$ .

Como p-valor no es menor que 0,01, **no podemos rechazar**  $H_0$  al 99% de confianza: da igual la configuración de S.O. que se utilice (ese factor no influye en el rendimiento).

#### Ejercicio 6:

Nos dan como datos:

$T = 2h = 7200s$

$A_0 = 1500$  consultas = 1500 tr

$U_{cpu} = 0,45$

$U_{dd} = 0,8$

$V_{dd} = 50$

$S_{cpu} = 0,1s$

En general, utilizar una definición o una ley incorrectamente se considera un error grave y estaría mal el apartado en donde se ha utilizado. Y, tal y como se indica en el enunciado, no se debe olvidar que "el estudiante debe indicar el razonamiento seguido, las definiciones o leyes que haya utilizado y si éstas se pueden aplicar o no a este problema concreto. No se considerará válido un resultado correcto sin justificar."

a) En el enunciado me dicen que no hay ningún otro dispositivo con utilización mayor que la del disco duro. Por tanto, el disco duro es el cuello de botella (mayor utilización). Además, como su utilización es menor que 1, el cuello de botella no está saturado y, por tanto, el servidor no está saturado. Si el servidor no está saturado, está en equilibrio de flujo (T39 del tema 5).

Otra alternativa consiste en suponer que estamos en equilibrio de flujo, calcular  $X_{0max}$  (0,26tr/s), calcular  $\lambda_0$  (0,208tr/s) y comprobar que  $\lambda_0 < X_{0max}$ , confirmando que efectivamente estamos en equilibrio de flujo.

b) Me piden  $V_{cpu}$ .

$$V_{cpu} = C_{cpu} / C_0$$

Como estamos en equilibrio de flujo (apartado anterior),  $C_0 = A_0 = 1500$  tr.

Por otro lado:

$$S_{cpu} = B_{cpu} / C_{cpu}$$

De donde  $C_{cpu} = B_{cpu} / S_{cpu}$

$S_{cpu}$  lo conocemos. Solo nos falta calcular  $B_{cpu}$ :

$$U_{cpu} = B_{cpu} / T. \text{ Por tanto, } B_{cpu} = U_{cpu} * T = 0,45 * 3600s = 3240s$$

Finalmente:

$$C_{cpu} = B_{cpu} / S_{cpu} = 3240s / 0,1s = 32400 \text{ tr.}$$

$$V_{cpu} = C_{cpu} / C_0 = 32400 \text{ tr} / 1500 \text{ tr} = 21,6. \text{ } V_{cpu} \text{ no tiene unidades (en todo caso peticiones/consulta al servidor o algo similar).}$$

Otra alternativa para llegar a esta solución consiste en partir de la ley del flujo forzado ( $V_{cpu} = X_{cpu} / X_0$ ) y calcular cada uno de estos valores de la siguiente forma:

$$X_0 = C_0 / T = A_0 / T \text{ (por estar en eq. de flujo)} = 0,208 \text{ tr/s}$$

$$U_{cpu} = X_{cpu} * S_{cpu} \text{ (ley de la utilización)} \rightarrow X_{cpu} = U_{cpu} / S_{cpu} = 4,5 \text{ tr/s}$$

$$\text{De donde: } V_{cpu} = X_{cpu} / X_0 = 4,5 / 0,208 = 21,6$$

c) Me piden  $D_{dd}$  (no saber que lo que me piden es  $D_{dd}$  se considera un fallo grave y no se obtiene ninguna puntuación de este apartado).

Hay muchas formas de calcular  $D_{dd}$ :

$$D_{dd} = V_{dd} * S_{dd} = B_{dd} / C_0 = U_{dd} / X_0$$

La más fácil quizás sería usar:

$$D_{dd} = B_{dd} / C_0$$

$$U_{dd} = B_{dd} / T. \text{ De donde: } B_{dd} = U_{dd} * T = 5760s$$

$$C_0 = A_0 \text{ (por estar en equilibrio de flujo)} = 1500 \text{ tr}$$

Por tanto:

$$D_{dd} = B_{dd} / C_0 = 5760s / 1500 \text{ tr} = 3,84s / \text{tr} \text{ (o, simplemente: } 3,84s)$$

d) El cuello de botella es inicialmente el disco duro, por tener mayor utilización media o, equivalentemente, la mayor demanda de servicio. Por tanto:

$$X_{0max} = 1 / D_b = 1 / D_{dd}$$

Si reemplazamos el procesador por otro más rápido, ahora  $S_{cpu}$  pasa a valer la mitad que antes y, por tanto, su demanda de servicio será la mitad que antes.

Pero esto no afecta a la demanda de servicio del disco duro o a la de cualquier otro dispositivo. Por tanto,  $D_{dd}$  seguirá siendo la mayor demanda de servicio de todos los dispositivos del servidor y, por tanto, el disco duro seguirá siendo el cuello de botella. Por tanto,  $X_{0max}$  seguirá siendo el mismo que antes. El tanto por ciento de mejora será 0%.

e)  $R_{dd} = S_{dd} / (1 - U_{dd})$  (demostración en transparencia 63 del tema 5). Al usar  $N_i = X_i \cdot R_i$  hay que decir que es la Ley de Little y que sólo es válida en equilibrio de flujo. Como en este ejercicio lo estamos, se puede usar. También es necesario usar la ley de la utilización para acabar el ejercicio.

f) Me piden  $Q_{dd}$  (no saber que lo que me piden es  $Q_{dd}$  se considera un fallo grave y no se obtiene ninguna puntuación de este apartado)

Hay muchas formas de resolver este problema (véase transparencia 67 del tema 5). Una de ellas:

$Q_{dd} = N_{dd} - U_{dd} = W_{dd} / S_{dd} - U_{dd}$  (donde hemos usado la hipótesis:  $W_{dd} = N_{dd} \cdot S_{dd}$ )

$U_{dd}$  lo conocemos. Nos queda calcular  $W_{dd}$  y  $S_{dd}$ .

$S_{dd} = D_{dd} / V_{dd} = 3,84s / 50 = 0,0768s$

$W_{dd} = R_{dd} - S_{dd}$

$R_{dd} = S_{dd} / (1 - U_{dd}) = 0,0768s / (1 - 0,8) = 0,384s$

Por tanto,  $W_{dd} = 0,384s - 0,0768s = 0,307s$

De donde:  $Q_{dd} = W_{dd} / S_{dd} - U_{dd} = 0,307s / 0,0768s - 0,8 = 3,2$  tr = 3,2 peticiones de lectura-escritura.

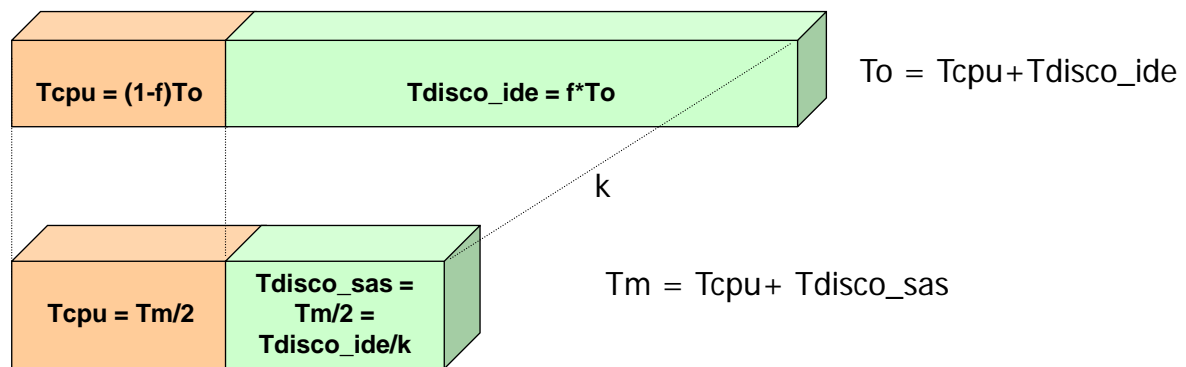
# Soluciones examen febrero 2024:

## Ejercicio 1:

Planteamiento del ejercicio:

Lo que nos piden es el número de veces que ha mejorado la velocidad del disco. Llamamos a esa variable  $k$ . De la figura de abajo tenemos que  $k = V_{\text{disco\_sas}}/V_{\text{disco\_ide}} = T_{\text{disco\_ide}}/T_{\text{disco\_sas}}$

Aunque no es necesario para resolver el ejercicio, en la figura llamamos  $f$  a la fracción del tiempo original que el programa pasa accediendo al disco.



$T_{\text{cpu}}$  no cambia ya que ese recurso no ha cambiado.

Tras la mejora, me dicen que  $T_{\text{cpu}} = T_{\text{disco\_sas}} = T_m/2$

También me dicen que la mejora hace que el programa sea un 200% más rápido:  $(S-1) \cdot 100 = 200$

Por tanto,  $S = 3 = T_o/T_m$

Solución:

$$T_o = T_{\text{cpu}} + T_{\text{disco\_ide}} = T_{\text{cpu}} + k \cdot T_{\text{disco\_sas}} = T_m/2 + k \cdot T_m/2.$$

$$S = 3 = T_o/T_m = (T_m/2 + k \cdot T_m/2)/T_m = 1/2 + k/2. \text{ De donde } k = 2 \cdot (3 - 1/2) = 6 - 1 = 5$$

Otra forma de encontrar la solución:

En la figura se ve que:

$$T_{\text{cpu}} = (1-f) \cdot T_o$$

$$T_{\text{disco\_ide}} = f \cdot T_o$$

$$T_{\text{disco\_sas}} = f \cdot T_o / k$$

Ahora solo queda jugar con todas esas expresiones para obtener  $k$ :

$$T_{\text{cpu}} = T_m/2 = (1-f) \cdot T_o. \text{ De donde } 1/2 = (1-f) \cdot T_o/T_m = (1-f) \cdot S. \text{ Despejo } f: f = 5/6$$

Igualmente,  $T_{disco\_sas} = T_m/2 = f \cdot T_o/k$ . De donde  $\frac{1}{2} = f \cdot S/k$ . Despejo k, sabiendo que  $f=5/6$ :  $k=5$

Otra forma de encontrar la solución:

$$T_{disco\_sas} = T_m/2 = T_{disco\_ide}/k = (T_o - T_{cpu})/k = (3 \cdot T_m - T_m/2)/k$$

Por tanto:

$$T_m/2 = (3 \cdot T_m - T_m/2)/k$$

Dividiendo por  $T_m$ :

$$\frac{1}{2} = (3 - 1/2)/k$$

$$\text{De donde: } k = 2 \cdot (3 - 1/2) = 5$$

### Ejercicio 2:

- a) Diapositiva 36 del tema 3. Es fundamental en esta pregunta explicar cómo se actualiza el contador c2 de cada función y cómo se usan estos contadores, junto con el tiempo de CPU del programa, para estimar el tiempo de CPU de cada función.
- b) Diapositivas 32 a 35 del tema 4. Es importante hacer notar que la segunda parte de la pregunta hace referencia al “diseño (desde cero)” de un servidor y no a la “optimización” del mismo. Por eso es fundamental hacer referencia a lo que se explicó en la diapositiva 35.
- c) Diapositiva 38 del tema 5. Ahí aparece la definición de cuello de botella y se usó para explicar lo que se pide en la pregunta. Es importante recalcar que en esta pregunta se pide “demostrar”, por lo que no basta poner, sin más, leyes operacionales o poner un ejemplo concreto, sin generalizarlo.

### Ejercicio 3:

**IMPORTANTE: La numeración de las diapositivas cambia de un año para otro. Aquí la numeración se refiere a la que había justo en el curso académico del examen.**

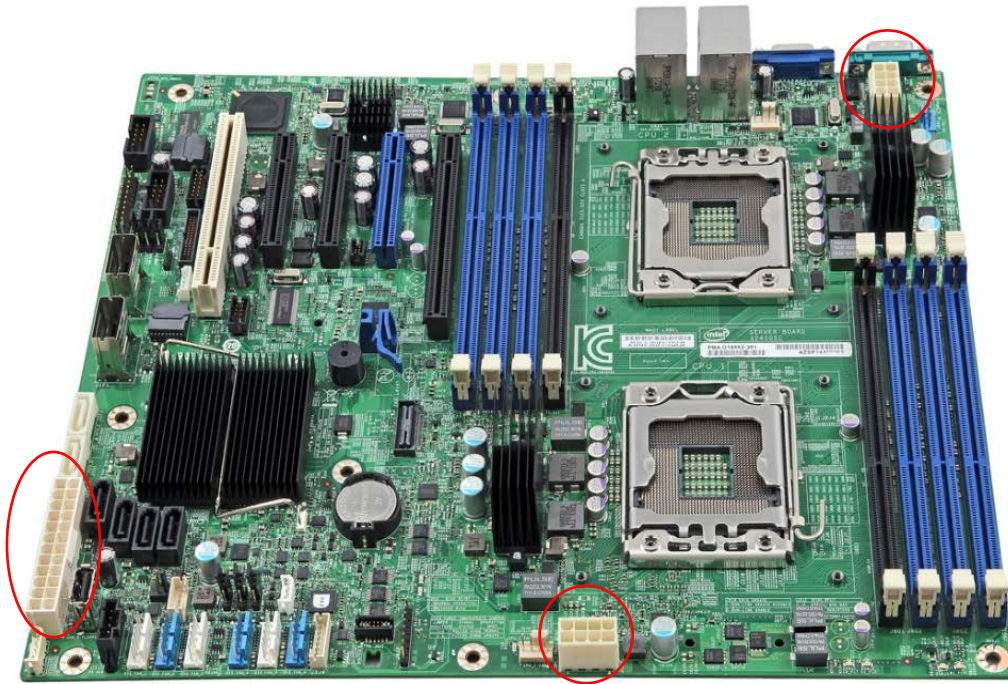
Notación: En lo que sigue, "T" indica Transparencia o Diapositiva.

- 13. V. T34 del tema 1.
- 14. F. T15 del tema 2.
- 15. F. T16 del tema 2. Fue el primer procesador con el conjunto de instrucciones AMD x86-64, pero no el primer procesador comercial de 64 bits.
- 16. F. T19 del tema 2.
- 17. F. T24 del tema 2.
- 18. F. Se explicó en clase.
- 19. F. T28 del tema 2.
- 20. F. T50 del tema 2.
- 21. F. T11 del tema 3.
- 22. V. T12 del tema 3.
- 23. V. T25 del tema 4.
- 24. F. T14-15 del tema 6.

#### Ejercicio 4:

Esta placa se explicó en clase: diapositiva 56 del tema 2.

- a) 2
- b) 8 (4 por cada microprocesador)
- c) 4 (3 PCIe x8 y 1 PCIe x16). El conector blanco al lado de uno de los PCIe x8 es un PCI y, por tanto, no es PCIe.
- d) Ver dibujo más abajo.



- e) Diapositiva 41 del tema 2. Es un conector mini-SAS. Permite conectar la placa base con hasta 4 unidades de almacenamiento SAS o SATA, por ejemplo, usando un "1-to-4 splitter cable".
- f) Diapositiva 12 del tema 2. Es uno de los módulos reguladores de voltaje de la placa (VRM, Voltage Regulator Module). Adapta la tensión continua de la fuente de alimentación (5V, 12V) a las tensiones continuas menores que necesitan los diferentes elementos de un computador (CPU, memoria, chipset, etc.), dándoles también estabilidad.

#### Ejercicio 5:

a) Para ello, primero debemos ver qué dispositivo es el cuello de botella. En este caso, lo más fácil es calcular las demandas de servicio:

Dispositivo	S (s)	V	D(s)
CPU (1) 0,2	15	3	
DiscoA (2)	0,7	6	4,2
DiscoB (3)	0,2	8	1,6

Por tanto, el cuello de botella es el disco A (mayor demanda de servicio).

Sabemos que  $V_{DiscoA} = C_{DiscoA} / C_0 = X_{DiscoA} / X_0$ . Por tanto,  $X_{DiscoA} = X_0 * V_{DiscoA}$  (ley del flujo forzado). El problema es que no podemos identificar  $X_0$  con  $\lambda_0$  a no ser que demos que el servidor está en equilibrio de flujo. Para ello, lo más fácil es calcular  $X_{0max}$  y compararlo con la tasa de llegada:

La productividad máxima del servidor será:  $X_{0max} = 1/D_b = 1/D_{DiscoA} = 0,24 \text{ tr/s}$ .

Como  $\lambda_0 = 0,15 \text{ tr/s} < X_{0max}$ , el servidor no está saturado y estamos en equilibrio de flujo.

Ahora sí podemos decir que  $X_0 = \lambda_0 = 0,15 \text{ tr/s}$ .

Una vez que sabemos esto, ya podemos calcular  $X_{DiscoA} = X_0 * V_{DiscoA} = \lambda_0 * V_{DiscoA} = 0,15 * 6 = 0,9 \text{ tr/s}$ .

a) Nos piden  $W_{DiscoA}$

$W_{DiscoA} = R_{DiscoA} - S_{DiscoA} = S_{DiscoA} / (1 - U_{DiscoA}) - S_{DiscoA} = 1,19s$

Ya que  $U_{DiscoA} = X_0 * D_{DiscoA} = \lambda_0 * D_{DiscoA}$  (ya que al no estar saturado, estamos en equilibrio de flujo) = 0,63.

c) La solución es prácticamente idéntica a la de la diapositiva 16 del fichero Ejercicios5\_20\_y\_5\_15.pdf del SWAD.

Por tanto, la solución es:

Dispositivo	S (s)	V
CPU (1)	0,2	15
DiscoA (2)	0,7	3,1
DiscoB (3)	0,2	10,9

Comprobación:

$D_{DiscoA} = D_{DiscoB} = 2,2s$

$V_{DiscoA} + V_{DiscoB} = 3,1 + 10,9 = 14$

## Ejercicio 6:

Se trata de una red cerrada interactiva. Sabemos que  $N_T=10$ ,  $Z=6s$ ,  $R_0=2s$

a) Diapositiva 35 del tema 5. Ha sido un error muy común aplicar la ley de Little sin haber razonado antes que el servidor está en equilibrio de flujo (ver lo que se indica al respecto en esa diapositiva).

b) Basta aplicar la ley de Little a los clientes en reflexión. De nuevo, hay que indicar que se puede aplicar porque estamos en equilibrio de flujo.  $N_z = X_0 * Z$ .

No conocemos  $X_0$ , pero se puede obtener fácilmente de la ley del apartado anterior:

$X_0 = N_T / (Z + R_0) = 10 / (6 + 2) = 1,25 \text{ tr/s}$ .

Por tanto,  $N_z = 1,25 * 6 = 7,5$  clientes en reflexión de media.

- c) Nos piden el punto teórico de saturación. Usando el método de la diapositiva 49 del tema 5:

$$N_T^* = X_o^{max} \times (R_o^{min} + Z) = \frac{D + Z}{D_b} = \frac{0,9 + 6}{0,7} = 9,85 \text{ clientes}$$

Donde, para calcular D y Db, hemos tenido que calcular las demandas de servicio de todos los dispositivos:

Dispositivo	V	S (s)	D(s)
Procesador (1) 7	0,1	0,7	
Disco (2)	3	0,025	0,075
Disco (3)	1	0,05	0,05
Disco (4)	2	0,035	0,07

### Ejercicio 7:

Diapositivas 61-62 del tema 4.

Nivel de confianza: 95%. Por tanto, nivel o grado de significatividad  $\alpha = 0,05$ .

$n = 5$  (el número de experimentos). Grados de libertad ( $df = n-1 = 4$ )

Por tanto:

$$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} = t_{\frac{0,05}{2}, 5-1} = 2,78$$

(se debe hacer notar que en la columna de la tabla de abajo hay que seleccionar el valor de  $\alpha$  y no  $\alpha/2$ )

$$\alpha = 0,05$$

$$df = 5-1 = 4$$

df	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	3.0777	6.3138	12.7062	31.8205	63.6567	636.6192
2	1.8856	2.9200	4.3027	6.9646	9.9248	31.5991
3	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8409	12.9240
4	1.5332	2.1318	2.7764	3.7469	4.6041	8.6103
5	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321	6.8688
6	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074	5.9588
7	1.4149	1.8946	2.3646	2.9980	3.4995	5.4079

Por tanto, hay un 95% de probabilidad de que el tiempo medio de ejecución real de ese fichero se encuentre en el intervalo:

$$\overline{\text{tiempo\_ejecución}} \pm \frac{s}{\sqrt{n}} t_{\alpha/2, n-1} = 16 \pm \frac{0,63}{\sqrt{5}} \times 2,78 = 16 \pm 0,78 = [15,22, 16,78]s$$

Hay que acordarse de poner las unidades al resultado final. En este caso, segundos.