

Apellidos:	Nombre:
Grupo: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> PCEO	DNI:

**Instrucciones:**

- Todas las respuestas deben escribirse con **bolígrafo**.
- Se valorará la **exactitud, completitud y brevedad** de todas las respuestas, que deberán ser **RAZONADAS**. No tendrán validez las respuestas no justificadas.
- Esta parte vale 3 puntos y, por tanto, representa el 30 % de la nota de este examen de teoría.

1. (1,6 puntos) Supón la tabla de páginas invertida mostrada a continuación (se muestran todas las entradas que se están usando en este momento), en la que los tamaños en bits de cada uno de los campos se han ajustado al mínimo imprescindible en cada caso (NPV representa el número de página virtual, NMP el número de marco de página y Control incluye, además de los bits R y M mostrados, otros bits como los de permiso, bit de visible en modo núcleo... , que no son de relevancia para el ejercicio; los tamaños en bits que aparecen marcados como ¿? habrán de ser calculados). El sistema operativo emplea páginas de 4 KiB. Se pide:

	<i>1bit</i> <b>V</b>	<i>¿?</i> <b>Número</b>
0	1	1
1	1	0
2	1	2
3	1	3
4	0	--
5	0	--
6	1	7
7	0	--
8	0	--
...		
255	1	5

### Tabla de dispersión

	1bit V	¿? NPV	12 bits PID	¿? NMP	16 bits Control	¿? Encaden
0	1	0x...0810	0x011	75	R=1,M=0	0
1	1	0x...0822	0x022	100	R=0,M=0	9
2	1	0x...0013	0x011	76	R=1,M=1	8
3	1	0x...0630	0x033	125	R=0,M=0	3
4	1	0x...0824	0x022	101	R=0,M=0	4
5	1	0x...0DDD	0x022	102	R=0,M=0	5
6	1	0x...0833	0x033	126	R=0,M=1	6
7	1	0x...0835	0x033	127	R=0,M=0	4
8	1	0x...0313	0x011	77	R=0,M=1	8
9	1	0x...0811	0x011	78	R=1,M=1	6
10	0	--	--	--	--	--
...						
1 048 575	0	--	--	--	--	--

### Tabla de Traducción

Se pide:

- (0,15 puntos) Sabiendo que el espacio de memoria virtual de cada proceso es de 64 GiB, calcula el tamaño del campo NPV de la tabla de traducción.
- (0,1 puntos) Calcula el tamaño (en bits) de los campos Número de la tabla de dispersión y Encaden de la tabla de traducción. Para este último supón que se utiliza el número de la propia entrada como marca de fin.
- (0,15 puntos) Calcula el tamaño del campo NMP de la tabla de traducción y determina la cantidad total de memoria RAM instalada en el sistema.
- (0,1 puntos) Calcula el número de bits devuelto por la función hash empleada para indexar la tabla de dispersión.
- (0,6 puntos) Suponiendo que la función hash devuelve, para cada acceso, los bits menos significativos de calcular la operación `xor` entre los bits del PID del proceso y los bits del número de la página virtual del acceso, indica de forma razonada:
  - Una dirección virtual para el proceso con PID `0x033` que produzca un fallo de página que pueda ser detectado sin necesidad de acceder a la tabla de traducción.
  - Una dirección virtual para el proceso con PID `0x022` que produzca un fallo de página cuya detección requiera acceder a 2 entradas de la tabla de traducción.
  - Una dirección virtual para el proceso con PID `0x011` que produzca un acierto para una página que haya sido modificada recientemente y que sea detectado con un solo acceso a la tabla de traducción.

f) (0,5 puntos) Dado que el SO implementa una política de asignación estática y algoritmo de reemplazo NRU, y que a cada uno de los tres procesos se le ha asignado un total de 4 marcos de página, explica cómo quedarían las tablas de dispersión y traducción tras un acceso de lectura del proceso  $0 \times 011$  a la página virtual  $0 \times \dots 0014$ . Es suficiente con que muestres cómo quedan las entradas que pudiesen cambiar en cada tabla.

---

2. (0,8 puntos) Supón un disco duro con 6 cabezas, 8192 cilindros y 256 sectores por pista (por simplicidad supondremos que todas las pistas son iguales) que gira a una velocidad de 3 000 RPM. Si el tamaño de sector es de 512 bytes, se pide:

- a) (0,4 puntos) Calcula el tiempo de acceso al sector 123, sabiendo que en el instante actual las cabezas se encuentran sobre el cilindro 4 096 y que se necesitan 0,2 ms por cada cilindro que se haya que desplazar las cabezas.
  - b) (0,4 puntos) Si el sistema de memoria virtual emplea páginas de 4 KiB, y el área de intercambio de disco (*swap*) comienza en el sector 150 000 y tiene un tamaño de 500 MiB, indica la posición en el disco (cilindro, pista dentro del cilindro y sectores dentro de la pista) que ocuparían, respectivamente, la primera y la última página que podrían ser almacenadas en el área de intercambio.
- 

3. (0,6 puntos) Supongamos un ordenador que emplea un reloj programable funcionando en modo onda cuadrada. Sabemos que el oscilador de cristal de cuarzo funciona a una frecuencia de 10 MHz y que el valor del registro de carga es 200 000. Se pide:

- a) (0,25 puntos) Calcula el número de veces por segundo que se ejecutaría el manejador del reloj y el tiempo que transcurre entre dos invocaciones consecutivas del mismo (la resolución que se obtendría).
  - b) (0,2 puntos) Calcula el valor que tendría el registro contador descendente del reloj a las 18 horas, 30 minutos, 13 seg, 30 ms, del día 20 de diciembre de 2023.
  - c) (0,15 puntos) Si la CPU del ordenador es capaz de ejecutar 200 MIPS y cada invocación del manejador del reloj implica la ejecución de 15 000 instrucciones, calcula el porcentaje de tiempo de CPU que se estaría dedicando a la ejecución del manejador del reloj.
-

# Soluciones

## Ejercicio 1:

La solución de cada apartado se muestra a continuación:

- a) Dado que el espacio de memoria virtual de cada proceso es de 64 GiB y cada página son 4 KiB, el número total de páginas será  $\frac{64 \times 2^{30}}{4 \times 2^{10}} = 2^{24}$ , con lo que necesitarán 24 bits para el NPV.
  - b) Tal y como vemos, la tabla de traducción tiene un total de 1 048 536 entradas, con lo que para referirnos a cada una de ellas necesitaremos un total de  $\log_2 1\,048\,536 = 20$  bits. De esta forma, los campos Número y Encaden tienen 20 bits de longitud.
  - c) Una tabla de páginas invertida se caracteriza porque tiene tantas entradas en la tabla de traducción como marcos físicos tiene la memoria principal. De esta forma, el campo NMP tendrá también una longitud de 20 bits. En cuanto al tamaño de la memoria física, lo calcularemos multiplicando el número de marcos de página por el tamaño de la página:  $2^{20} \times 4 \text{ KiB} = 4 \times 2^{30} = 4 \text{ GiB}$ .
  - d) Vemos que la tabla de dispersión tiene un total de 256 entradas, con lo que el valor devuelto por la función de dispersión, que es lo que se usa para indexar la tabla de dispersión, tiene una longitud de 8 bits.
  - e) Los tres casos planteados son:
    - Una dirección virtual para el proceso con PID 0x033 que produzca un fallo de página que pueda ser detectado sin necesidad de acceder a la tabla de traducción. **Sol.:** Se trata, en este caso, de buscar un NPV que el valor de los 8 bits menos significativos del resultado de la operación xor con el PID (0x033) nos lleve a una entrada de la tabla de dispersión con el bit de validez a 0. Esto, por ejemplo, sucedería para cualquier página virtual cuyo número acabase en 0x37 (por ejemplo, NPV=0x000037), ya que nos llevaría a la entrada 4 de la tabla de dispersión.
    - Una dirección virtual para el proceso con PID 0x022 que produzca un fallo de página cuya detección requiera acceder a 2 entradas de la tabla de traducción. **Sol.:** En este caso debemos buscar alguna entrada que sea final de lista y que se encuentre encadenada a otra entrada que sea explorada en primer lugar. Usaremos, por ejemplo, la entrada 2 de la tabla de traducción, que nos lleva a la entrada 8, la cual es final de lista. Ahora debemos elegir un NPV que, realizado el XOR con el PID 0x022, nos lleve hasta la entrada 2 de la tabla de dispersión (que es desde donde se accede a la entrada 2 de la tabla de traducción). Este es el caso de todas las páginas virtuales cuya dirección acabe en 0x20, con lo que podría ser, por ejemplo, el NPV 0x000020
    - Una dirección virtual para el proceso con PID 0x011 que produzca un acierto para una página que haya sido modificada recientemente. **Sol.:** En este caso, debemos buscar alguna página del proceso 0x011 con los bits de referencia y modificado activados y accesible directamente desde la tabla de dispersión. En este caso, la página virtual buscada es la 0x000013, cuya traducción se encontrará en la entrada 2 de la tabla de traducción (accedida, como hemos visto en el caso anterior, a partir de la entrada 2 de la tabla de dispersión).
- Hay que tener en cuenta que a los números de página virtual anteriores habría que añadirles, como bits menos significativos, los 12 bits correspondientes al desplazamiento de página (por ejemplo, podríamos poner estos 12 bits a 0) para obtener las direcciones virtuales pedidas.
- f) Para el acceso a la página 0x000014 por parte del proceso con PID 0x011, la función de dispersión devolvería el valor 5. Yendo a esa entrada en la tabla de dispersión, vemos que no hay entrada asociada en la tabla de traducción, por lo que se trata de un fallo de página. Dado que el proceso con PID 0x011 ha consumido ya sus

4 marcos de página y nos dicen que la política de asignación es estática, tendrá que reutilizar uno de sus cuatro marcos de página (se aplicará un reemplazo local). Aplicando NRU, reemplazará la página virtual  $0 \times 000313$ , que es la que tiene menor clasificación teniendo en cuenta los valores de los bits R y M (clase 1 en este caso). Este reemplazo también supone ajustar la información de encadenamiento que nos llevaría a la entrada 8 (la de la entrada 2). De esta forma, las tablas de dispersión y traducción quedarían como sigue tras el acceso (se muestran resaltados):

1bit	20 bits	1bit	24 bits	12 bits	20 bits	16 bits	20 bits
V	Número	V	NPV	PID	NMP	Control	Encaden
0	1	1	0x000810	0x011	75	R=1,M=0	0
1	1	1	0x000822	0x022	100	R=0,M=0	9
2	1	1	0x000013	0x011	76	R=1,M=1	2
3	1	1	0x000630	0x033	125	R=0,M=0	3
4	0	1	0x000824	0x022	101	R=0,M=0	4
5	1	1	0x000DDD	0x022	102	R=0,M=0	5
6	1	1	0x000833	0x033	126	R=0,M=1	6
7	0	1	0x000835	0x033	127	R=0,M=0	4
8	0	1	0x000014	0x011	77	R=1,M=0	8
	...	9	0x000811	0x011	78	R=1,M=1	6
255	1	0	--	--	--	--	--
...							
1 048 575							
		0	--	--	--	--	--

Tabla de dispersión

Tabla de Traducción

## Ejercicio 2:

La solución de cada apartado se muestra a continuación:

- a) Dado que el tamaño de cilindro es de  $6 \times 256 = 1\,536$  sectores, sabemos que el sector buscado (123) se encuentra en el cilindro 0 del disco, con lo que se requiere mover las cabezas a lo largo de 4 096 cilindros en total. De esta forma, el tiempo de búsqueda sería igual a  $4\,096 \times 0,2 = 819,2$  ms. Por su parte, el tiempo medio de latencia lo calculamos como el tiempo necesario para dar media vuelta, con lo que sería igual a  $\frac{60}{2} \times 1000 = 10$  ms. Finalmente, el tiempo de transferencia es el tiempo que se tarda en recorrer un sector, dado que hay 256 en cada pista, tendríamos  $\frac{60}{256} \times 1000 = 0,078125$  ms. De esta forma, sumando los 3 componentes tenemos el tiempo de acceso:  $819,2 + 10 + 0,078125 = 829,278125$  ms.
- b) La primera página del área de intercambio estará almacenada usando los sectores del 150 000 al 150 007. Para calcular el cilindro en el que se encuentran estos sectores, calculamos primero el tamaño de cilindro en sectores, que será  $6 \times 256 = 1\,536$ . De esta forma, el cilindro buscado es el cociente de la división  $\frac{150\,000}{1\,536} = 97$ . El resto de la misma nos indica la posición del sector dentro del cilindro (sector 1 008 dentro del cilindro 97). Ahora bien, el cilindro se encuentra organizado en 6 pistas de 256 sectores cada una, con lo que la cabeza a través de la cual se accedería a él (pista dentro cilindro) sería el cociente de la división  $\frac{1\,008}{256} = 3$ , mientras que el resto nos indica la posición del sector dentro de la pista (sector 240). De esta forma, la primera página del área de intercambio se encontraría en el cilindro 97, pista 3 y sectores del 240 al 247.

A partir de los datos que nos dan en el enunciado, el último sector del área de intercambio será el  $150\,000 + \frac{500 \times 2^{20}}{512} - 1 = 1\,173\,999$ . De esta forma, la última página almacenada dentro del área de intercambio estará dentro de los sectores 1 173 992–1 173 999.

Repitiendo las operaciones anteriores para el primer sector de esta última página (el sector 1 173 992), obtendríamos que el cilindro buscado es el  $\frac{1\,173\,992}{1\,536} = 764$ , la pista dentro del cilindro sería la  $\frac{488}{256} = 1$ , y los sectores dentro de la pista serían 232 al 239.

## Ejercicio 3:

La solución de cada apartado se muestra a continuación:

- a) El número de veces que se ejecutaría el manejador de reloj es el número de tics por segundo que está produciendo el reloj programable. A partir de los datos que nos dan, el valor es de  $\frac{10\,000\,000}{200\,000} = 50$  tics/segundo. El tiempo que transcurre entre dos llamadas consecutivas al manejador del reloj es precisamente la inversa de esta frecuencia:  $\frac{1}{50} = 0,02$  seg = 20 ms y esta es la resolución con la que se trabajaría.
- b) A partir de la resolución anterior (20 ms), sabemos que para cualquier número de segundos (y de minutos, horas, días...), el valor del contador será 0. Nos fijamos pues en los 30 ms que nos indican. Durante este tiempo se

habría generado un tic de reloj (20 ms) y se estaría justo a mitad de camino de otro (los 10 ms que restan). Por lo tanto, el valor del contador se habría reducido justamente a la mitad, o sea, su valor sería 100 000 en el momento que nos indican.

- c) A partir del resultado del apartado anterior y dado que cada invocación al manejador del reloj significa la ejecución de 15 000 instrucciones, sabemos que el total de instrucciones ejecutadas por segundo correspondientes al manejador del reloj es de  $15\,000 \times 50 = 750\,000$ . Dado que la CPU procesa 200 millones de instrucciones cada segundo, el porcentaje de tiempo de CPU dedicado a ejecutar el manejador de reloj es  $\frac{750\,000}{200\,000\,000} \times 100 = 0,375\%$ .

Nº	a	b
1	X	
2	X	
3	X	
4	X	
5		X
6		X
7		X
8	X	
9	X	
10		X
11	X	
12		X
13	X	
14		X
15	X	
16	X	
17		X
18	X	

Respuestas del test

Nº	a	b
19		X
20	X	
21	X	
22	X	
23		X
24		X
25		X
26		X
27	X	
28		X
29	X	
30	X	
31		X
32	X	
33		X
34	X	
35	X	