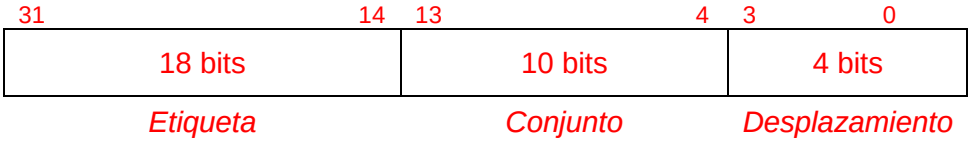
# Estructura de Computadores

## Recuperación Parcial 2 — 23 Junio - 2016

## Nombre: — Grupo:

**1)** ***(3 puntos)*** Un sistema basado en procesador MIPS R2000 dispone de una **CACHE L1 UNIFICADA** para Instrucciones y Datos, cuya configuración es de 64KB, 4 vías y tamaño de bloque 16B. La política de fallo en escritura es de Ubicación (*write allocate*) y la política de acierto en escritura (actualización) es de escritura Directa (***write through***). El algoritmo de reemplazo es LRU.

a) *(0,5 puntos)* Indique los campos (nombre y tamaño) en que se descompone la dirección de memoria principal




b) *(0,25 puntos)* Calcule los siguientes parámetros de la cache

| | |
|---|---|
| Número de líneas | 4K |
| Número de conjuntos | 1K |

c) *(0,25 puntos)* Suponiendo que el conjunto 0xF0 contiene el bloque etiquetado como 0x3C800, indique lo siguiente:

| | |
|---|---|
| Dirección de bloque | 0xF2000F0 |
| Rango de direcciones de MP que comprende el bloque | 0xF2000F00 … 0xF2000F0F |

d) El siguiente programa realiza la suma de dos vectores A y B de números enteros, almacenando el resultado sobre el vector A { A←A+B}

```
        .data 0x100C2000
A:      .word 1,2,3, …,256      #vector de 256 enteros
        .data 0x200E2000
B:      .word 1,2,3, …,256      #vector de 256 enteros

        .text 0x00400000
_start:li $t4,256               # carga contador
       lui $t0,0x100C           # carga puntero a vector A
       ori $t0,$t0,0x2000
       lui $t1,0x200E           # carga puntero a vector B
       ori $t1,$t1,0x2000
buc:   lw $t2,0($t0)            # lee A[i]
       lw $t3,0($t1)            # lee B[i]
       add $t2,$t2,$t3          # A[i]+B[i]
       sw $t2,0($t0)            # almacena en A[i] el resultado de la suma
       addi $t0,$t0,4           # incrementa puntero a vector A
       addi $t1,$t1,4           # incrementa puntero a vector B
       addi $t4,$t4,-1          # decrementa contador
       bnez $t4,buc             # mientras contador≠0, seguir en el bucle
       .end
```

d.1) *(1,25 puntos)* Calcule los siguientes valores tanto para Instrucciones como para Datos

| | **CÓDIGO** | **DATOS** |
|---|---|---|
| **Número de bloques que lo contienen** | 4 | 128 |
| **Dirección del primer bloque** | 0x0040000 | **Vector A:** 0x100C200<br>**Vector B:** 0x200E200 |
| **Dirección del último bloque** | 0x0040003 | **Vector A:** 0x100C23F<br>**Vector B:** 0x200E23F |
| **Conjunto al que se mapea el primer bloque** | 0x000 | **Vector A:** 0x200<br>**Vector B:** 0x200 |
| **Número de FALLOS** | 4 | 128 |
| **Número de ACCESOS**<br>*(Mostrar el cálculo)* | 5+8x256=2053 | 256x3= 768 |
| **Número de reemplazos de bloque** | 0 | 0 |
| **Número de palabras escritas en MP** | 0 | 256 |
| **TASA DE ACIERTOS**<br>*(Mostrar el cálculo)* | $1 - \frac{128 + 4}{2053 + 768} = 0{,}9532 \ (95{,}32\%)$ | |

d.2) *(0,25 puntos)* Suponiendo que el tiempo de acceso a la cache es de 1ns y que el acceso a memoria principal es de 300ns, calcule cuál sería el tiempo medio de acceso a memoria en la ejecución del anterior programa

Tm= 0,9532x1ns + (1-0,9532)x300ns= 14,99 ns

d.3) *(0,25 puntos)* Comente cómo se vería afectada la tasa de aciertos calculada anteriormente si se empleara correspondencia directa en lugar de correspondencia asociativa por conjuntos de 4 vías. Razone la respuesta

Puesto que los bloques de los vectores A y B mapean a los mismos conjuntos, el empleo de correspondencia directa causaría la colisión de ambos, haciendo que todos los accesos a datos sean fallos. En consecuencia, la tasa de aciertos se reduciría considerablemente, al contabilizar como aciertos únicamente los accesos a código (hasta el 72,63%).

d.4) *(0,25 puntos)* Comente qué efecto tendría el empleo de las políticas *no-write allocate* y *write back* en los valores de la tabla del apartado d.2

El empleo de no-write allocate no tendría ningún efecto, puesto que no hay fallos en escritura. Sin embargo, el empleo de write back, dado que no hay reemplazos, haría que el número de escrituras a memoria principal fuera cero.

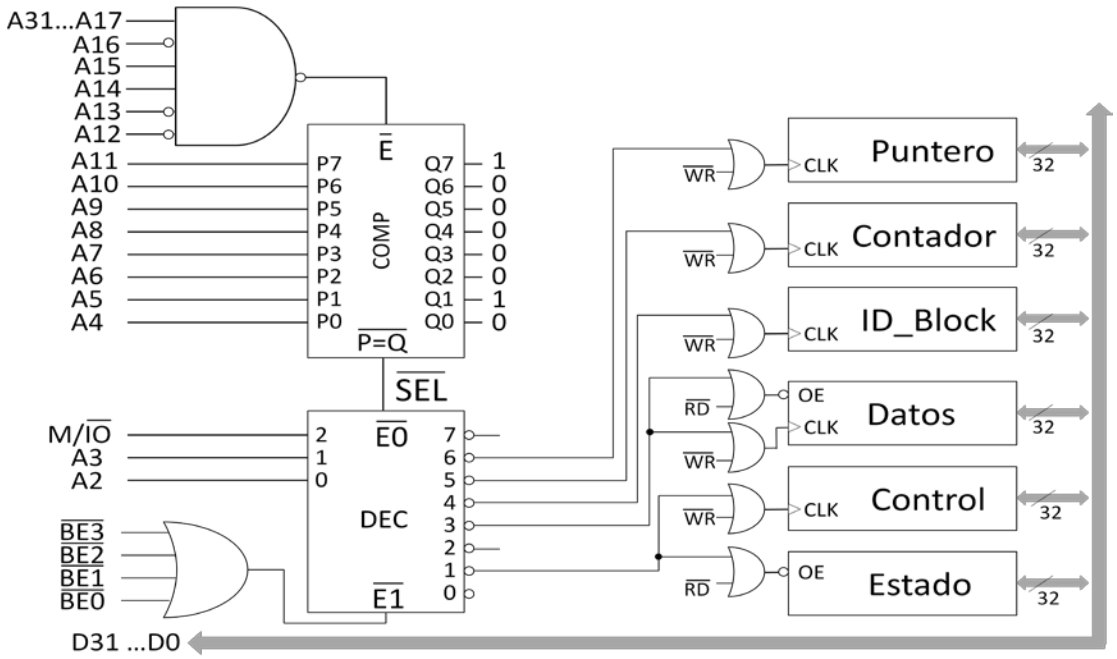
**2)** ***(2,5 puntos)*** La figura muestra la interfaz de un disco magnético. Esta interfaz se conecta a una CPU MIPS R2000 modificada, de manera que incluye espacios de direccionamiento separados para memoria y E/S. El acceso al espacio de E/S se realiza por medio de las instrucciones `InputW/InputH/InputB` y `OutputW/OutputH/OutputB`, con sintaxis similar a las `load/store`. El disco soporta transferencias PIO y DMA. Los registros Estado y Control poseen los siguientes bits significativos:

Registro **CONTROL**:

- **MOD** (bits 7 y 6). Permite seleccionar entre el modo PIO (MOD=00) y el modo ADM (MOD=11)
- **A** (bit 3), a 1 ordena al interfaz el inicio de un operación de lectura/escritura sobre el periférico (disco magnético)
- **IE** (bit 2) a 1 habilita la interrupción int0*. Si IE=1, la interrupción se emitirá cada vez que R sea igual a 1
- **R/W** (bit 1), indica al interfaz si se trata operación de lectura (R/W= 0) o de escritura (R/W=1) sobre el dispositivo de bloques
- **CL** (bit 0), a 1 hace R=0

Registro **ESTADO**:

- **R** (bit 3) se activa a 1 cuando el bloque está listo para empezar a ser transferido a/desde memoria (modo PIO) o bien cuando la transferencia a/desde memoria ha concluido (modo ADM)




***Nota**: Obsérvese que la señal M/IO* se halla conectada a la entrada del decodificador*

a) *(0,25 puntos)* Calcule la dirección base (DB) del interfaz

0xFFFEC820

b) *(0,5 puntos)* Calcule la dirección (DB+X) de cada uno de los registros del interfaz e indique el espacio de direccionamiento (Memoria o E/S) en el que se hallan ubicados

| Registro | Dirección | Espacio |
|---|---|---|
| ESTADO | DB+4 | E/S |
| CONTROL | DB+4 | E/S |
| DATOS | DB+12 | E/S |

| Registro | Dirección | Espacio |
|---|---|---|
| ID_BLOCK | DB | M |
| CONTADOR | DB+4 | M |
| PUNTERO | DB+8 | M |

c) *(1 punto)* En el driver del dispositivo de bloques controlado a través del interfaz del esquema anterior se define la siguiente función:

| Función | Índice (en $v0) | Argumentos |
|---|---|---|
| Read_Disk | 400 | $a0: Puntero a buffer de memoria<br>$a1: Número de ciclos de transferencia<br>$a3: Identificador del bloque |

Implemente la función `Read_Disk` de modo que la transferencia se realice en modo **ADM** y que la sincronización con el dispositivo se realice mediante **INTERRUPCIÓN**. La sincronización se realiza al nivel de bloque. Se asume que los registros $a0, $a1 y $a3 han sido, en el momento de la llamada a la función `Read_Disk` desde la aplicación, debidamente inicializados con la dirección inicial del buffer en memoria, el número de ciclos de transferencia que requiere el bloque y el identificador del bloque que se desea leer de disco, respectivamente. El código deberá configurar adecuadamente el ADM sobre el interfaz y habilitar la interrupción int0*. **Nota**: *Al terminar, tenga en cuenta que se está en un contexto en el que múltiples procesos pueden estar ejecutándose concurrentemente*

```
Read_Disk:  la $t0,0xFFFEC820
            sw $a0,8($t0)            # incializa reg. PUNTERO a memoria
            sw $a1,4($t0)            # inicializa reg. CONTADOR
            sw $a3,0($t0)            # inicializa reg. ID_BLOCK
            li $t1,0xCC
            OutputW $t1,4($t0)       # configura modo ADM, habilita interrupción
                                     # y ordena inicio de operación de lectura
            jal suspende_proceso     # suspende el proceso actual




            j retexc
```

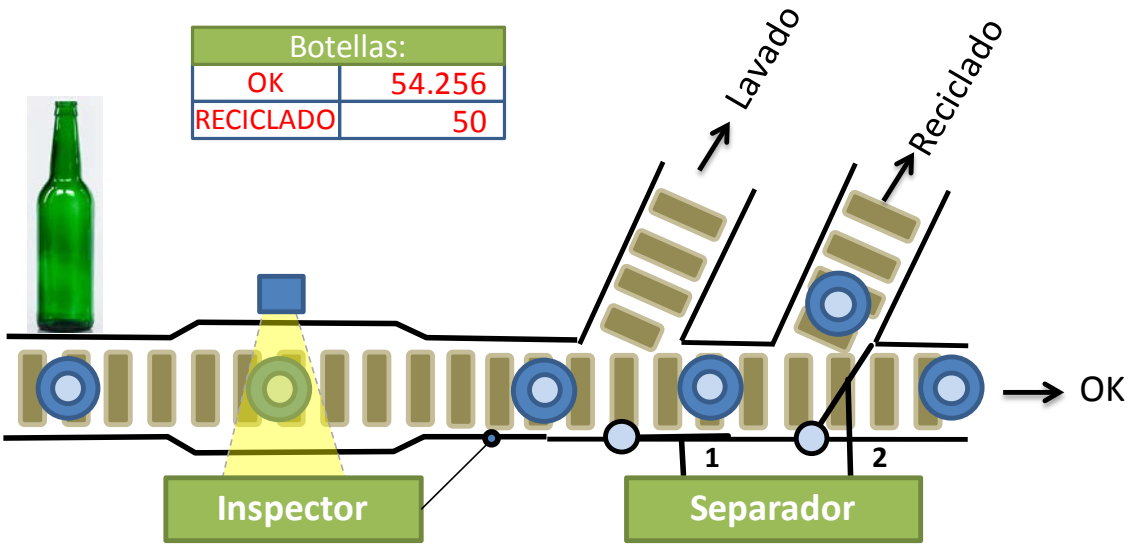
d) *(0,75 puntos)* Suponga que la sincronización de la transferencia ADM anterior se realiza mediante CONSULTA DE ESTADO. Indique la secuencia de código que se requeriría para hacer la sincronización y realizar la lectura de la primera palabra del bloque que se encuentra almacenado en memoria, a partir de la dirección `Mem_Block`, al término del ADM.

```
          la $t0,0xFFFEC820
     buc: inputW $t1,4($t0) # lectura registro ESTADO
          andi $t1,$t1,0x08 # máscara para consultar R (bit 3 reg. ESTADO)
          beqz $t1,buc      # bucle de consulta

          li $t1,1
          outputW $t1,4($t0)# cancela R (R=0) poniendo CL (bit 0 reg. CONTROL)=1

          lw $t1,Mem_Block  # lectura primera palabra del bloque en memoria
```

**3) (2.5 puntos)** En una fábrica de envasado de refrescos, se dispone de un sistema de inspección de botellas de vidrio vacías situado entre la lavadora y la llenadora. Las botellas recién lavadas llegan por una cinta transportadora y son inspeccionadas mediante un sistema de análisis de imagen. Si la botella está correcta, seguirá hacia la llenadora. Si todavía está sucia, debe ser llevada de vuelta a la lavadora, y si se ha deteriorado hay que retirarla para reciclado. Un esquema del inspector de botellas se muestra en la figura adjunta.

El sistema se compone de tres dispositivos: El **INSPECTOR de botellas**, el **SEPARADOR** y un **VISUALIZADOR**. El inspector comprueba, una a una, todas las botellas y cuando la botella activa el sensor que hay a la salida emite el resultado de la inspección. El separador abre o cierras las

trampillas para que cada botella siga el curso apropiado. El visualizador muestra en todo momento la cuenta de botellas que están OK y las que se han separado para reciclaje.




El sistema se controla con un MIPS R2000, al que están conectados los tres periféricos mediante las interfaces siguientes:

**INSPECTOR** (Dir. Base 0xFFFF1000)

- Registro de **CONTROL** (Sólo escritura, 8 bits, DB+0)
  - Bit 0 - **A**: 1 para activar la inspección de botellas. 0: Para detener el inspector pero las botellas pueden pasar.
  - Bit 6 – **E**: Se pone a 1 para habilitar la interrupción en la interfaz y a 0 para inhibirla.
  - Bit 7 – **C**: Bit de cancelación: Si se escribe un 1 entonces la interfaz pone el bit R a 0.
- Registro de **ESTADO** (Sólo lectura, 8 bits, DB + 4)
  - Bit 7 – **R**: (Ready) La interfaz lo pone a 1 cada vez que una botella inspeccionada aparece por la salida del inspector. Si E=1, entonces se activa la interrupción INT3 del MIPS.
  - Bits 1,0: **RES-** Resultado de la inspección:
    00: OK - 01: Sucia (a lavar) - 10: Deteriorada (a reciclar)

**SEPARADOR** (Dir. Base 0xFFFFA000)

- Registro de **CONTROL** (Sólo escritura, 8 bits, DB+0)
  - Bit 1,0 – TRAMPILLAS
    00 – Abre las dos trampillas (OK)
    01 – Cierra trampilla 1 (a lavado)
    10 – Abre trampilla 1 y cierra trampilla 2 (a reciclado)
    11 – Sin efecto.

**VISUALIZADOR** de 2 líneas (Dir. Base 0XFFFF7000). E/S directa

- Registro de **DATOS 1** (Sólo escritura, 32 bits, DB+0): Número a visualizar por la línea 1
- Registro de **DATOS 2** (Sólo escritura, 32 bits, DB+4): Número a visualizar por la línea 2

Se pide:

a) (0,5 puntos) Programe la siguiente función de sistema:

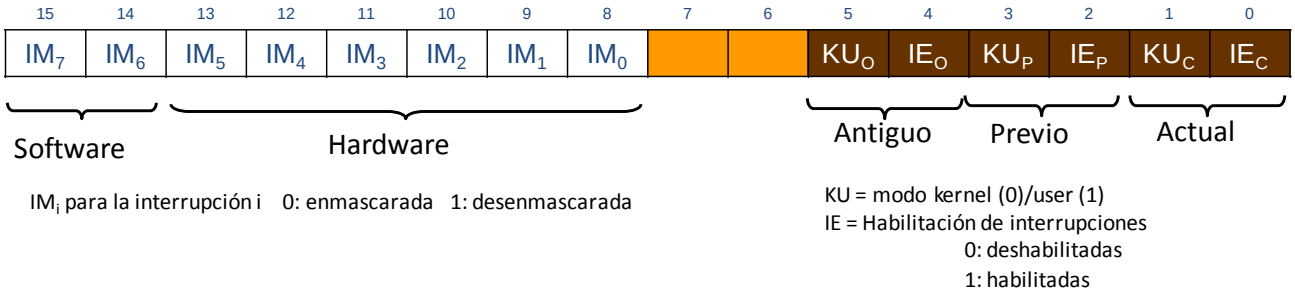
| Función | Índice | Argumentos | Resultado |
|---|---|---|---|
| *Activar_inspector* | $v0 = 30 | ----- | Inicializa el sistema de interrupciones y habilita la INT3 en procesador e interfaz. Activa el inspector. Pone a cero y visualiza los contadores de botellas. |

Se supone que hay definidas sendas variables del sistema con los contadores de botellas, como sigue:

```
.kdata
Botellas_OK:        .word 0
Botellas_reciclado: .word 0
```

```
Activar_inspector:
        mfc0 $t0, $12
        ori $t0, 0x080C          # Desenmascara INT3, habilita interrupciones (en estado Previo)
        mtc0 $t0, $12
        la $t0, 0xFFFF1000       # DB del inspector
        li $t1, 0xC1             #  A=1, E=1, C=1
        sb $t1, 0($t0)           # Activa inspector
        sw $zero, Botellas_total # Inicializa las variables
        sw $zero, Botellas_OK
        la $t0, 0xFFFF7000
        sw $zero, 0($t0)         # Visualiza los contadores
        sw $zero, 4($t0)









        b retexc
```

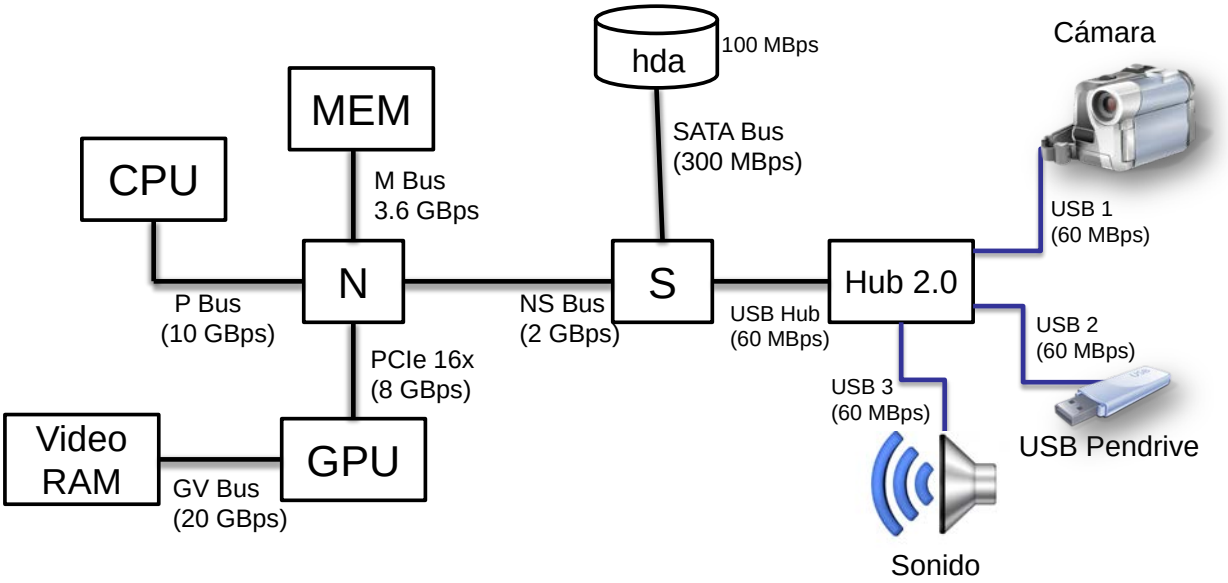
La figura adjunta muestra el contenido del Registro de Estado ($12) del MIPS




b) (1.5 puntos) Programe la rutina de servicio de la interrupción INT3. Esta rutina debe comprobar el resultado de la inspección de cada botella y activar el separador como corresponda. También debe actualizar las variables de contadores de botellas y mostrarlos por el visualizador.

```
INT3:   la $t0, 0xFFFF1000
        li $t1, 0xC1            #  A=1, E=1, C=1
        sb $t1, 0($t0)          # cancelar INT3
        lb $t1, 4($t0)          # Reg estado inspector
        andi $t1, $t1, 0x03      # extraigo los bits del resultado de la inspección
        la $t0, 0xFFFFA000
        sb $t1, 0($t0)          # los dos bits de la inspección sirven para activar las trampillas
        bnez $t1, no_OK         # para comprobar si ha pasado la inspección (OK)
        lw $t0, Botellas_OK             # Botellas_OK+= 1
        addi $t0, $t0, 1
        sw $t0, Botellas_OK
        la $t0, 0xFFFF7000
        sw $t0, 0($t0)                  # Visualiza Botellas_OK
        b retexc
no_OK:  andi $t1, $t1, 0x02     # para comprobar si ha sido enviada a reciclaje
        beqz $t1, retexc
        lw $t0, Botellas_reciclado      # Botellas_reciclado += 1
        addi $t0, $t0, 1
        sw $t0, Botellas_reciclado
        la $t0, 0xFFFF7000
        sw $t0, 4($t0)                  # Visualiza Botellas_reciclado




        b retexc
```

**4)** **(1.0 punto)** En un sistema como el que se indica en la figura se está reproduciendo en tiempo real el vídeo tomado desde la cámara. La cámara codifica vídeo+audio en formato MPEG con una tasa de 30 Mbits/s. Se utiliza la GPU para descomprimir el vídeo y el audio. De esta forma, se mueve el vídeo comprimido por DMA desde la Cámara a la Memoria (MEM), mientras que la CPU lo lee de Memoria y lo transmite a la GPU, que procesará y escribirá las imágenes descomprimidas en Memoria de Vídeo (Vídeo RAM) y el sonido en el dispositivo de audio (Sonido), ambos también por DMA.



a) (0.5 puntos) Asumiendo que el vídeo HD es de 1920x1080x24 bits a 30 fps (frames per second) y el audio es Surround 5.1 de 16 bits por canal y 48khz de frecuencia de muestreo, indique el ancho de banda requerido, en MB/s, para:

Lectura del vídeo MPEG desde la Cámara a la Memoria: 30 Mbps /8bits = 3,75 MB/s.
Escritura de los cuadros de imagen desde la GPU a la Memoria de vídeo:
1920x1080x(24/8Bytes) x 30fps = 186,624 MB/s

Escritura de la información de audio desde la GPU al dispositivo de sonido:
6 canales x 48000muestras/s x (16/8bytes) = 0.576 MB/s

b) (0.5 puntos) Estando en la situación anterior, se procede a transferir un archivo de 1 GB ($10^9$ bytes) desde el Pendrive hasta el disco HDA, garantizando en todo momento la correcta reproducción de vídeo y audio. Para ello se lee del Pendrive por DMA a la Memoria (MEM) y desde ésta al disco duro también por DMA y de forma concurrente. ¿Cuánto tardará la transferencia del archivo completo? Indique también la ocupación (%) del bus NS

El factor limitante es el bus USB Hub, que está ocupado en la lectura del vídeo comprimido (3,75 MBps) y en la transferencia del audio (0.576 MBps) de forma que el ancho de banda disponible es 60 – 3,75 – 0.576 = 55,674 MBps
Por lo tanto la transferencia del archivo durará: $10^3$ (MB)/ 55,674 (MB/s) =17.96 s.

NS: (3,75+0.576 + 2x 55.674 )/ 2000 = 4,326 / 2000 = 5.784%

**5) (1.0 punto)** Sea un disco duro magnético formado por tres platos. El área útil de las seis superficies es una corona circular de 3" de diámetro exterior y 1" de diámetro interior. El área útil se ha distribuido en 4 zonas o anillos. Cada anillo contiene 100.000 cilindros. La distribución de sectores (de 512 bytes de capacidad) es la siguiente:

| | Anillo 0 | Anillo 1 | Anillo 2 | Anillo 3 |
|---|---|---|---|---|
| Sectores/pista | 1000 | 800 | 600 | 400 |

El disco gira a 9000 rpm, el tiempo medio de posicionamiento de 10 ms, el *track-to-track time* de 2 ms y dispone de una conexión SATA de 3 Gbps con codificación 8/10.

a) (0.5 puntos) Calcule los siguientes parámetros del disco:

Capacidad del disco en número de sectores: 6 caras x 100.000 ciclindros x (1000 + 800 + 600 + 400 sectores) = 1.680.000.000 sectores
Capacidad del disco en GB ($10^9$ B): 1.680.000.000 sectores x 512 bytes = 860,16 GB

Densidad lineal de pistas en tpi (tracks per inch): 100.000 pistas / 0.25" = 400.000 tpi

b) (0.5 puntos) Con el disco duro conectado al computador mediante el bus SATA, ¿cuál es el tiempo medio para leer un archivo de 2 MB ($2x10^6$ B): ubicado en la zona 0? ¿Y en la zona 3? En ambos casos, suponga que el archivo está almacenado en el disco de forma óptima.

El archivo ocupará 2·10^6/512 = 3906,25~ **3907 sectores**
Una vuelta de disco dura 6.67 ms; media vuelta 3.33
En zona 0: puede alojarse en un cilindro (capacidad 6x1000 = 6000 sectores)
tiempo = 10 + 3.3 + 6.67 x 3907 sectores /1000 = 39.36 ms (76.76 MBps < 300 MBps SATA)
En zona 3: hacen falta dos cilindros, pues cada uno contiene 2400 sectores
Por tanto, 10 + 3.3 + 6.67 x 3907/400 + 2 ms = 80.48 ms (30.7 MBps < 300 MBps SATA)