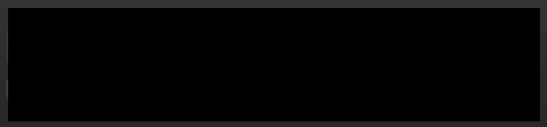
Administración de Memoria Principal

Explicación de práctica 5

Introducción a los Sistemas Operativos



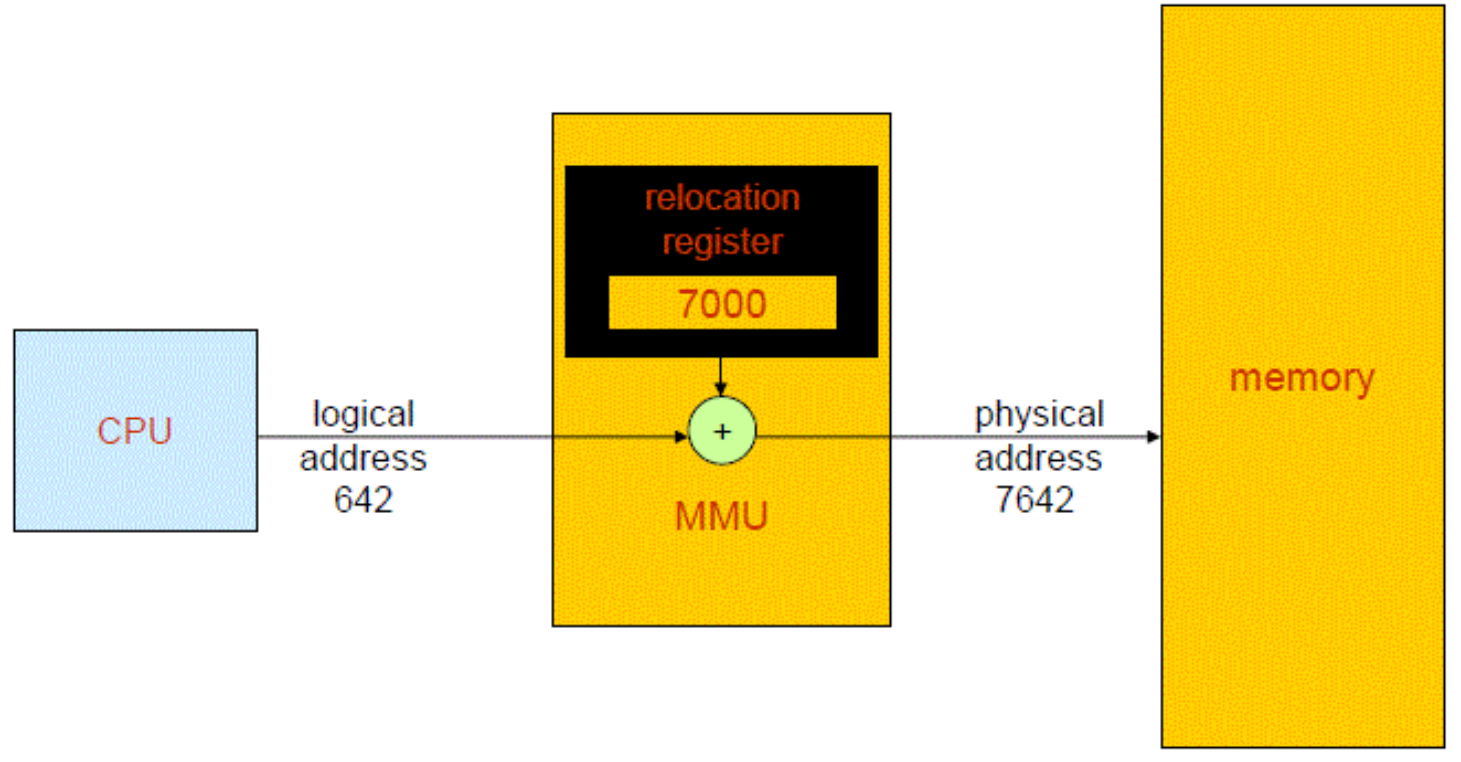
- La organización y administración de la *memoria RAM* es uno de los factores más importantes en el diseño de un SO
- Los programas y datos deben residir en ella para:
  - Poder ejecutar
  - Referenciarlos directamente

Memoria (cont.)

- La parte del SO que administra esta memoria se llama "*administrador de la memoria*":
  - Lleva un registro de las partes de la memoria que se están utilizando y de aquellas que no
  - Asigna espacio en memoria a los procesos cuando estos la necesitan
  - Libera espacio de momoria asignada a procesos que han terminado
- Se espera que el SO haga uso eficiente de esta memoria con el fin de alojar el mayor número de procesos $\rightarrow$ repercute en la *multiprogramación*

- **Dirección Lógica**:
  - Es una dirección que enmascara o abstrae una dirección física
  - Referencia a una localidad en memoria
  - Se la debe traducir a una dirección física
- **Dirección Física**:
  - Es la dirección real. Es con la que se accede efectivamente a memoria
  - Representa la dirección absoluta en memoria principal
- La CPU trabaja con direcciones lógicas. Para acceder a la memoria se deben transformar en direcciones físicas
- El mapeo entre direcciones virtuales y físicas se realiza mediante *hardware* $\rightarrow$ **MMU** (Memory Management Unit)

Traduccion **MMU**



- **Particiones Fijas**:
  - La memoria se divide en particiones o regiones de tamaño fijo $\rightarrow$ tamaños iguales o diferentes
  - Alojan un único proceso
  - Cada proceso se coloca en alguna partición de acuerdo a algún criterio:
    - **First Fit**
    - **Best Fit**
    - **Worst Fit**
    - **Next Fit**
- **Particiones Dinámicas**:
  - Las particiones varían en tamaño y número
  - Alojan un proceso cada una
  - Cada partición se genera en forma dinámica del tamaño justo que necesita el proceso

¿Qué problemas se generan en cada caso?

- **Particiones Fijas**:
  - La memoria se divide en particiones o regiones de tamaño fijo $\rightarrow$ tamaños iguales o diferentes
  - Alojan un único proceso
  - Cada proceso se coloca en alguna partición de acuerdo a algún criterio:
    - **First Fit**
    - **Best Fit**
    - **Worst Fit**
    - **Next Fit**
- **Particiones Dinámicas**:
  - Las particiones varían en tamaño y número
  - Alojan un proceso cada una
  - Cada partición se genera en forma dinámica del tamaño justo que necesita el proceso

¿Qué problemas se generan en cada caso?

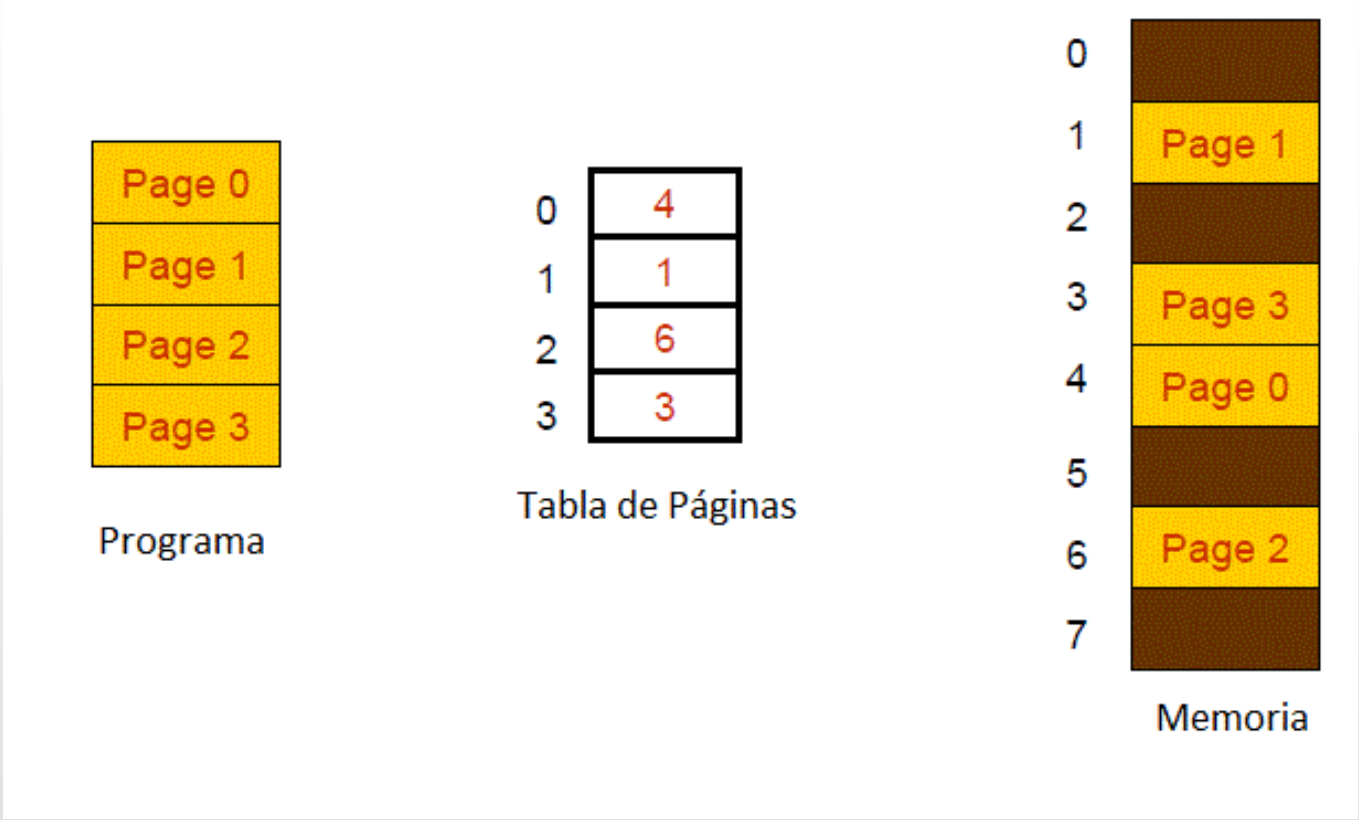
Fragmentación

- La fragmentación se produce cuando una localidad de memoria no puede ser utilizada por no encontrarse en forma contigua
- **Fragmentación Interna**:
  - Se produce en el esquema de particiones fijas, por ejemplo
  - Es interna a la localidad asignada
  - Es la porción de la localidad que queda sin utilizar
- **Fragmentación Externa**:
  - Se produce en el esquema de particiones dinámicas, por ejemplo
  - son huecos que van quedando en la memoria a medida que los procesos finalizan
  - Al no encontrarse en forma contigua puede darse el caso de que tengamos memoria libre para alocar un proceso, pero que no la podamos utilizar
  - Solución $\rightarrow$ *compactación* $\rightarrow$ muy costosa

Paginación

- La memoria se divide en porciones de igual tamaño llamadas *marco*
- El espacio de direcciones de los procesos se divide en porciones de igual tamaño denominadas **páginas**
- Tamaño página = tamaño *marco* = 512 bytes (generalmente)
- El SO mantiene una tabla de páginas para cada proceso, la cual contiene el *marco* donde se encuentra cada página
- La paginación bajo demanda es una técnica eficiente de manejar esta estrategia $\rightarrow$ *Thrashing*

Paginación - **Direccionamiento**



- Un proceso en ejecución hace referencia a una dirección virtual $\rightarrow v = (p,d)$
- El SO busca la página p en la *tabla de páginas* del proceso y determina en que *marco* se encuentra
- La dirección de almacenamiento real se forma por la concatenación de la resolución de p (dirección inicio del marco que aloca la página) y d, donde p es el número de página y d es el desplazamiento

Paginación - Ejemplo

- Memoria administrada por sistema de paginacion
- Tamaño de página $\rightarrow$ 515 Bytes
- Cada dirección de memoria referencia a 1 Byte
- Los *marco* en memoria principal se encuentran desde la dirección física 0
- Tenemos un proceso con un tamaño de 2000 Bytes y con la siguiente tabla de páginas

Paginación - Ejemplo (cont.)

Página	Marco
0	1
1	**2**
2	3
3	0

Marco	Inicio-Fin
0	0 - 511
1	512 - 1023
2	**1024 - 1535**
3	1536 - **2047**

F.I. de 48 B.

- Si tenemos una dirección **virtual**, por ejemplo 580:
  - Para averiguar el número de página hacemos 580 div 512 = 1. Luego esta dirección corresponde a la página 1 que se encuentra en el *marco* 2
  - Para averiguar el desplazamiento hacemos 580 mod 512 = 68
  - La dirección física es 1024 + 68 = 1092

Paginación - Ejemplo (cont.)

Página	Marco
0	1
1	**2**
2	3
3	0

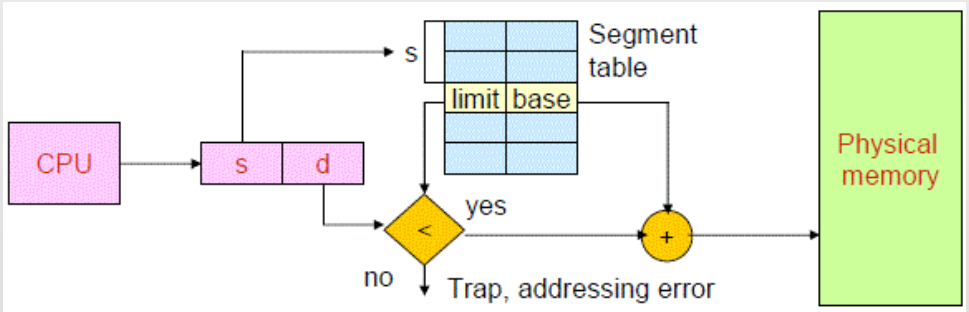
Marco	Inicio-Fin
0	0 - 511
1	512 - 1023
2	**1024 - 1535**
3	1536 - **2047**

F.I. de 48 B.

- Si tenemos una dirección **física**, por ejemplo 1092:
  - Para averiguar el número de *marco* hacemos 1092 div 512 = 2. En el *marco* número 2 tenemos la página número 1
  - Para averiguar el desplazamiento hacemos 1092 mod 512 = 68
  - La dirección virtual es 512 + 68 = 580

Segmentación

- La segmentación básicamente la podemos ver como una mejora de la paginación (*no hay F.I., sino externa*)
- Ahora la tabla de segmentos, además de tener la dirección de inicio del mismo, tiene la longitud o límite
- Las direcciones lógicas constan de dos partes $\rightarrow$ un número de segmento s y un desplazamiento d dentro del segmento ($0 \langle d \langle$ *límite*)



Memoria Virtual *con Paginación*

- La técnica de paginación intenta alocar la mayor cantidad de páginas necesarias posibles
- Cada vez que hay que alocar una página en un *marco*, se produce un **fallo de página** (page fault) $\rightarrow$ *hard page fault*
- ¿Qué sucede si es necesario alocar una página y ya no hay espacio disponible?
- Se debe seleccionar una página víctima, para lo cual existen diversos algoritmos
- ¿Cuál es el mejor algoritmo?:
  - El que seleccione como página víctima aquella que no vaya a ser referenciada en un futuro próximo
- La mayoria de los algoritmos predicen el comportamiento futuro mirando el comportamiento pasado

Memoria Virtual *con Paginación*

- La técnica de paginación intenta alocar la mayor cantidad de páginas necesarias posibles
- Cada vez que hay que alocar una página en un *marco*, se produce un **fallo de página** (page fault) $\rightarrow$ *hard page fault*
- ¿Qué sucede si es necesario alocar una página y ya no hay espacio disponible?
- Se debe seleccionar una página víctima, para lo cual existen diversos algoritmos
- ¿Cuál es el mejor algoritmo?:
  - El que seleccione como página víctima aquella que no vaya a ser referenciada en un futuro próximo
- La mayoria de los algoritmos predicen el comportamiento futuro mirando el comportamiento pasado

Memoria Virtual *con Paginación*

- La técnica de paginación intenta alocar la mayor cantidad de páginas necesarias posibles
- Cada vez que hay que alocar una página en un *marco*, se produce un **fallo de página** (page fault) $\rightarrow$ *hard page fault*
- ¿Qué sucede si es necesario alocar una página y ya no hay espacio disponible?
- Se debe seleccionar una página víctima, para lo cual existen diversos algoritmos
- ¿Cuál es el mejor algoritmo?:
  - El que seleccione como página víctima aquella que no vaya a ser referenciada en un futuro próximo
- La mayoria de los algoritmos predicen el comportamiento futuro mirando el comportamiento pasado

Algoritmo **Óptimo**

- Selecciona la página cuyo próxima referencia se encuentra más lejana a la actual
- Imposible de implementar $\rightarrow$ no se conoce los futuros eventos

Marco/Página	**1**	**2**	**1**	**3**	**4**	**1**	**4**	**3**	**5**
F1	1	1	1	1	1	1	1	1	?
F2		2	2	2	4	4	4	4	?
F3				3	3	3	3	3	?
PF?	X	X		X	X				X

Continuación de la secuencia: 4 6 3 5 8 1

Algoritmo **LRU**

- El algoritmo *LRU* (Least Recently User) reemplaza la página que no fue referenciada por más tiempo
- Cada página debe tener información del instante de su última referencia $\rightarrow$ el overhead es mayor

Marco/Página	**1**	**2**	**1**	**3**	**4**	**1**	**4**	**3**	**5**
F1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
F2		2	2	2	4	4	4	4	4
F3				3	3	3	3	3	3
PF?	X	X		X	X				X

Algoritmo **FIFO**

- El algoritmo *FIFO* (Fist In First Out) trata a los *frames* en uso como una cola circular
- Simple de implementar
- La página más vieja en la memoria es reemplazada
- La página puede ser necesitada pronto

Marco/Página	**1**	**2**	**1**	**3**	**4**	**1**	**4**	**3**	**5**
F1	1	1	1	1	4	4	4	4	4
F2		2	2	2	2	1	1	1	1
F3				3	3	3	3	3	5
PF?	X	X		X	X	X			X

Algoritmo **FIFO con segunda chande**

- Se utiliza un *bit* adicional $\rightarrow$ bit de referencia
- Cuando la página se carga en memoria, el *bit R* se pone a 0
- Cuando la página es referenciada el *bit R* se pone en 1
- La víctima se busca en orden *FIFO*. Se selecciona la primer página cuyo *bit R* esta en 0
- Mientras se busca la víctima cada *bit R* que tiene el valor 1, se cambia a 0

- El algoritmo *FIFO* (Fist In First Out) trata a los *frames* en uso como una cola circular
- Simple de implementar
- La página más vieja en la memoria es reemplazada
- La página puede ser necesitada pronto

Marco/Página	**1**	**2**	**1**	**3**	**4**	**1**	**4**	**3**	**5**
F1	1	1	1*	1*	1	1*	1*	1*	1
F2		2	2	2	4	4	4*	4*	4
F3				3	3	3	3	3*	5
PF?	X	X		X	X				X

$* = bit\ R = 1$

- La asignación de *marco* se puede realizar de dos modos:
  - **Asignación Fija**: a cada proceso se le asigna una cantidad arbitraria de *marco*. A su vez para el reparto se puede usar:
    - **Reparto equitativo**: se asigna la misma cantidad de *marcos* a cada proceso $\rightarrow$ *m div p*
    - **Reparto proporcional**: se asignan *marco* en base a la necesidad que tiene cada proceso $\rightarrow$ V_p . *m* / V_t
  - **Asignación dinámica**: los procesos se van cargando en forma dinámica de acuerdo a la cantidad de marcos que necesiten

Paginación - Alcance del reemplazo

- Al momento de seleccionar una página víctima, podemos utilizar:
  - **Reemplazo global**: el fallo de página de un proceso puede reemplazar la página de cualquier proceso
  - **Reemplazo local**: el fallo de página de un proceso solo puede reemplazar sus propias páginas

Paginación - Descarga asincrónica de páginas

- El sistema operativo reserva uno o varios *marco* para la descarga asincrónica de páginas
- Cuando es necesario descargar una página modificada:
  - La página que provoco el fallo se coloca en un *frame* designado a la descarga asincrónica
  - El SO envía la orden de descargar asincrónicamente la página modificada mientras continua la ejecución de otro proceso
  - El *frame* de descarga asincrónica pasa a ser el que contenía a la página víctima que ya se descargó correctamente

Descarga asincrónica de páginas (ejemplo)

- Ejemplo de algoritmo *FIFO*

Marco/ Página	1	2	1M	3	4	3M	5		6	7	
F1	1	1	1M	1M	1M	1M	1M			7	7
F2		2	2	2	2	2	2	2	6	6	6
F3				3	3	3M	3M	3M	3M	3M	
F4					4	4	4	4	4	4	4
F5							5	5	5	5	5

- La técnica de paginación por demanda puede generar una degradación de rendimiento del sistema debido a que el reemplazo de páginas es costoso
- Tasa de *page faults* $0 \langle p \langle 1$:
  - Si $p = 0$, no hay *page faults*
  - Si $p = 1$, cada referencia es un *page fault*
- *Effective Access Time*: medida utilizada para medir este costo:

  - **Am** = tiempo de acceso a la memoria real
  - **Tf** = tiempo de atención de un fallo de página
  - **At** = tiempo de acceso a la tabla de páginas. Es igual al tiempo de acceso a la memoria (*Am*) si la entrada de la tabla de páginas no se encuentra en la *TLB* (cache donde residen las traducciones de direcciones realizadas)

$$\mathbf{TAE = At + (1 - p) * Am + p * (Tf + Am)}$$

Thrashing

- *Thrashing* (hiperpaginación):
  - decimos que un sistema está en *thrashing* cuando pasa más tiempo paginando que ejecutando procesos
- Si un proceso cuenta con todos los *frames* que necesita, no habría *thrashing*. Salvo excepciones como la *anomalía de* **Belady**
- Existen técnicas para evitarlo $\rightarrow$ estrategia de *Working Set*

Working Set - **Modelo de Localidad**

- Las referencias a datos y programas dentro de un proceso tienden a agruparse
- La localidad de un proceso en un momento dado se da por el conjunto de páginas que son referenciadas en ese momento
- En cortos períodos de tiempo, el proceso necesitará pocas "piezas" del proceso (una página de instrucciones y otra de datos)
- Entonces se define una ventana de trabajo o *working set* (Δ) que contiene las referencias de memoria más recientes
- **Working Set**: es el conjunto de páginas que tienen las Δ referencias a páginas más recientes

Selección del Δ

- Δ chico: no cubrirá la localidad. Toma muy pocas referencias
- Δ grande: puede tomar varias localidades. Toma referencias de la localidad y algunas más, posiblemente viejas
- Para determinar la medida del *working set* debemos tener en cuenta:
  - $m =$ cantidad de *frames* disponibles
  - $D =$ demanda total de *frames*
  - $WSS_i =$ medida del *working set* del proceso$_i$
  - $\sum WSS_i = D$
  - Si $D \rangle m$ habrá **thrashing**

Introducción a los Sistemas Operativos

Práctica 5 - Repaso Administración de Memoria

Paginación - Traducción de Direcciones

7) Suponga un sistema donde la memoria es administrada mediante la técnica de paginación, y donde:

- El tamaño de la página es de 512 bytes
- Cada dirección de memoria referencia 1 byte.
- Los marcos en MP se encuentran desde la dirección física 0.
- Suponga además un proceso de 2000 bytes.

Tabla de páginas del proceso	
# Página	# Marco/Frame
0	3
1	5
2	2
3	6

Memoria Principal (MP)	
# Marco	Bytes inicio..fin
0	0..511
1	512..1023
2	1024..1535
3	1536..2047
4	2048..2559
5	2560..3071

Páginación - Traducción de Direcciones

Entonces...

- Tamaño de página = 512 bytes

a) Indicar si las siguientes direcciones lógicas son correctas y en caso afirmativo indicar la dirección física a la que corresponden **(traducción de dir. lógica a dir. física)**:

i. 35
ii. 512
iii. 2051
iv. 0
v. 1325
vi. 602

RECORDAR:

Dir. Lógica **div** Tam. Página = N.º de Página

Dir. Lógica **mod** Tam. Página = Desplazamiento

Dir. Física = Inicio o base del frame + desplazamiento

Páginación - Traducción de Direcciones

Página	Marco
0	3
1	5
2	2
3	6

Dir Lógica	DIV (512) N° Pag	MOD (512) Desplazamiento	Marco (base)	Dir. Física
35	0	35	M 3 (1536)	1536 + 35 = 1571
512	1	0	M 5 (2560)	2560 + 0 = 2560
2051	4	3	error	
0	0	0	M 3 (1536)	1536 + 0 = 1536
1325	2	301	M 2 (1024)	1024 + 301 = 1325
602	1	90	M 5 (2560)	2560 + 90 = 2650

Paginación - Traducción de Direcciones

b) Indicar, en caso de ser posible, las direcciones lógicas del proceso que se corresponden si las siguientes direcciones físicas: **(traducción de dir. física a dir. lógica)**

i. 509
ii. 1500
iii. 0
iv. 3215
v. 2014
vi. 2000

RECORDAR

Dir. física **div** Tam Marco = N.º de Marco

Dir. física **mod** Tam Marco = Desplazamiento

Dir. lógica = (N° página * tam. página) + desplazamiento

Paginación - Traducción de Direcciones

Página	Marco
0	3
1	5
2	2
3	6

Dir Fisica	**DIV (512) N° Marco**	**MOD (512) Desplazamiento**	Página (base)	Dir. Logica
509	0	509	error	
1500	2	476	P 2 (1024)	1024 + 476 =1500
0	0	0	error	
3215	6	143	P 3 (3072)	3072 + 143 = 3215
2014	3	478	P 0 (0)	0 + 478 = 478
2000	3	464	P 0 (0)	0 + 464 = 464

15) Si se dispone de un espacio de direcciones virtuales de 32 bits, donde cada dirección referencia 1 byte:

a) ¿Cuál es el tamaño máximo de un proceso?

Cantidad de direcciones:
$2^{32} = 4.294.967.296$

(cant de direcciones) * (tam. de referencia) =

2^32 * 1 byte = 4GiB

b) Si el tamaño de página es de 512 KiB. ¿Cuál es el número máximo de páginas que puede tener un proceso?

en el inciso anterior obtuvimos que el tamaño máximo del proceso es:

4.294.967.296 Bytes / 1024 = **4194304 KiB**

Tamaño máx. del proceso / tamaño de página =

4194304 KiB / 512 KiB = **8192 páginas**

c) Si el tamaño de página es de 512KiB y se dispone de 256 MiB de memoria real ¿Cuál es el número de marcos que puede haber?

Recordar que las páginas y los marcos deben tener el mismo tamaño. Y que la diferencia está en que las páginas hacen referencia a la memoria lógica, y los marcos a la memoria física.

Siempre pasar a una misma unidad para hacer las cuentas

Página = 512 KiB Memoria = 262144 KiB

262144 KiB / 512 KiB = **512 frames**

d) ¿Cuál es el tamaño máximo de un proceso si ahora cada dirección apunta (referencia) a 2 bytes?

Recordar Cantidad de direcciones:
$2^{\wedge 32}$ = 4.294.967.296

Tam. de Proceso = can. de dir. * tam. de cada referencia

4.294.967.296 * 2 bytes = **8589934592 bytes = 8GiB**

22) Considere la siguiente secuencia de referencias a páginas: 1, 2, 15, 4, 6, 2, 1, 5, 6, 10, 4, 6, 7, 9, 1, 6, 12, 11, 12, 2, 3, 1, 8, 1, 13, 14, 15, 3, 8

Si se dispone de 5 marcos. ¿Cuántos fallos de página se producirán si se utilizan las siguientes técnicas de selección de víctima? (Considere una política de Asignación Dinámica y Reemplazo Global)

i) Segunda Chance (Cola circular con Bit R ó *)
ii) FIFO (Cola circular)
iii) LRU (Clock)

i) Segunda Chance. PF = 22

1	**2**	**15**	**4**	**6**	**2**	**1**	**5**	**6**	**10**	**4**	**6**	**7**	**9**	**1**	**6**	**12**	**11**	**12**	**2**	**3**	**1**	**8**	**1**	**13**	**14**	**15**	**3**	**8**
1	1	1	1	1	1	1*	1	1	1	**4**	**4**	4	4	4	4	**12**	12	12*	12*	12*	12*	12	12	12	12	**15**	15	15
	2	2	2	2	2*	2*	2	2	2	2	2	**7**	7	7	7	7	**11**	**11**	11	11	11	**8**	**8**	8	8	8	**3**	3
		15	15	15	15	15	**5**	**5**	5	5	5	5	**9**	9	9	9	9	9	**2**	2	2	2	2	**13**	13	13	13	**8**
			4	4	4	4	4	4	**10**	10	10	10	10	**1**	**1**	1	1	1	1	**3**	3	3	3	3	**14**	14	14	14
				6	**6**	**6**	6	6*	6*	6	6*	6*	6*	6*	6*	6	6	6	6	6	**1**	1	1*	1*	1*	1	1	1
x	x	x	x	x			x		x	x		x	x	x		x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x

ii) FIFO. PF = 21

1	**2**	**15**	**4**	**6**	**2**	**1**	**5**	**6**	**10**	**4**	**6**	**7**	**9**	**1**	**6**	**12**	**11**	**12**	**2**	**3**	**1**	**8**	**1**	**13**	**14**	**15**	**3**	**8**
1	1	1	1	1	1	1	**5**	**5**	5	5	5	5	5	5	**6**	6	6	6	6	6	**1**	1	1	1	1	1	**3**	**3**
	2	2	2	2	2	2	2	2	**10**	**10**	**10**	10	10	10	10	**12**	12	12	12	12	12	**8**	**8**	8	8	8	8	8
		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	**7**	7	7	7	7	**11**	**11**	11	11	11	11	11	**13**	13	13	13	13
			4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	**9**	9	9	9	9	9	**2**	2	2	2	2	2	**14**	14	14	14
				6	**6**	**6**	6	6	6	6	6	6	6	**1**	1	1	1	1	1	**3**	3	3	3	3	3	**15**	15	15
x	x	x	x	x			x		x			x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	

iii) LRU . PF = 22

1	**2**	**15**	**4**	**6**	**2**	**1**	**5**	**6**	**10**	**4**	**6**	**7**	**9**	**1**	**6**	**12**	**11**	**12**	**2**	**3**	**1**	**8**	**1**	**13**	**14**	**15**	**3**	**8**
1	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	1	1	1	1	**1**	**1**	7	7	7	7	**7**	11	11	11	11	**11**	8	8	8	8	**8**	3	3
	2	2	2	2	2	2	2	2	**2**	4	4	4	4	**4**	**4**	12	12	12	12	12	12	**12**	**12**	13	13	13	13	**13**
		15	15	15	15	**15**	**5**	**5**	5	5	5	**5**	9	9	9	9	**9**	**9**	2	2	2	2	2	**2**	14	14	14	14
			4	4	4	4	**4**	**4**	10	10	10	10	**10**	1	1	1	1	1	**1**	3	3	3	3	3	**3**	15	15	15
				6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	**6**	1	1	1	1	1	1	**1**	8
x	x	x	x	x			x		x	x		x	x	x		x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x