Grupo ARCOS
Departamento de Informática
Universidad Carlos III de Madrid

Lección 5 (a)
La gestión de memoria

Diseño de Sistemas Operativos
Grado en Ingeniería Informática y Doble Grado I.I. y A.D.E.

Objetivos generales

1. Conocer el **espacio de memoria** de un proceso.
   1. Regiones de memoria, preparación de un ejecutable, etc.
2. **Gestores de memoria**:
   1. *Heap* para usuario, en kernel, memoria virtual, etc.
3. **Políticas y directrices de gestión**, impacto del diseño de estos elementos.

A recordar…

Antes de clase

Clase

Después de clase

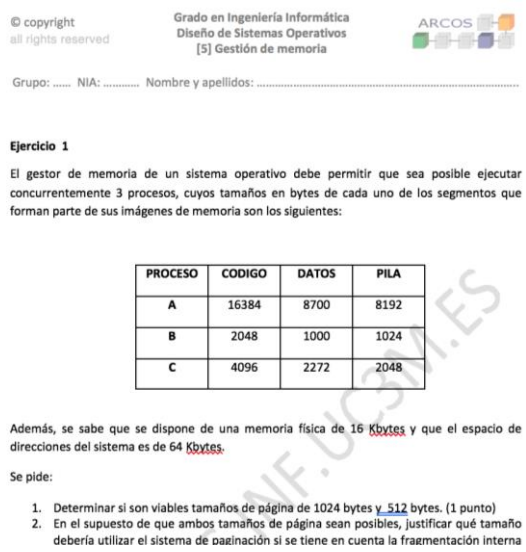
Preparar los pre-requisitos.

Estudiar el material asociado a la **bibliografía**:
las transparencias solo no son suficiente.
Preguntar dudas (especialmente tras estudio).

Ejercitar las competencias:

- Realizar todos los **ejercicios**.
- Realizar los **cuadernos de prácticas** y las **prácticas** de forma progresiva.

Ejercicios, cuadernos de prácticas y prácticas

Ejercicios ✔	Cuadernos de prácticas ✘	Prácticas ✘
		

Grado en Ingeniería Informática
Diseño de Sistemas Operativos
[5] Gestión de memoria

ARCOS

Grupo: ..... NIA: ..... Nombre y apellidos: .....

Ejercicio 1

El gestor de memoria de un sistema operativo debe permitir que sea posible ejecutar concurrentemente 3 procesos, cuyos tamaños en bytes de cada uno de los segmentos que forman parte de sus imágenes de memoria son los siguientes:

PROCESO	CODIGO	DATOS	PILA
A	16384	8700	8192
B	2048	1000	1024
C	4096	2272	2048

Además, se sabe que se dispone de una memoria física de 16 Kbytes y que el espacio de direcciones del sistema es de 64 Kbytes.

Se pide:

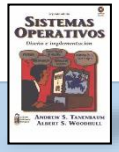
1. Determinar si son viables tamaños de página de 1024 bytes y 512 bytes. (1 punto)
2. En el supuesto de que ambos tamaños de página sean posibles, justificar qué tamaño debería utilizar el sistema de paginación si se tiene en cuenta la fragmentación interna

Lecturas recomendadas

Base

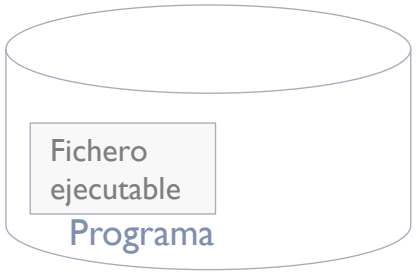
1. Carretero 2007:
   1. Cap.4

Recomendada



1. Tanenbaum 2006(en):
   1. Cap.4
2. Stallings 2005:
   1. Parte tres
3. Silberschatz 2006:
   1. Cap. 4

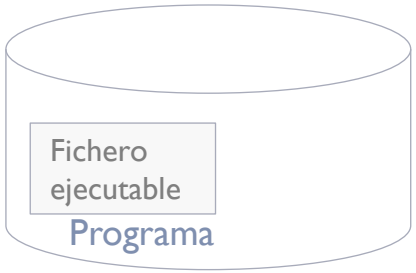
Contenidos



1. Introducción
   1. Modelo abstracto
   2. Definiciones básicas y entornos
   3. Regiones de memoria de un proceso
   4. Preparación de un ejecutable

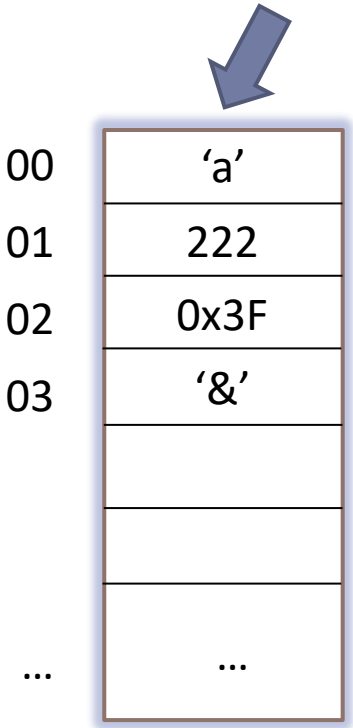
2. Soporte para memoria virtual

Contenidos



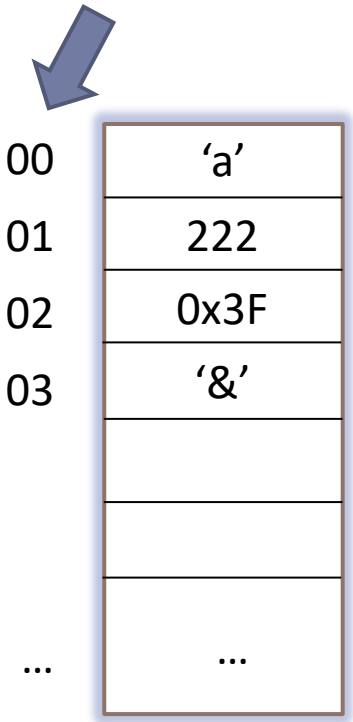
1. Introducción
   1. **Modelo abstracto**
   2. Definiciones básicas y entornos
   3. Regiones de memoria de un proceso
   4. Preparación de un ejecutable
2. Soporte para memoria virtual

Uso básico de la memoria
dirección, valor y tamaño



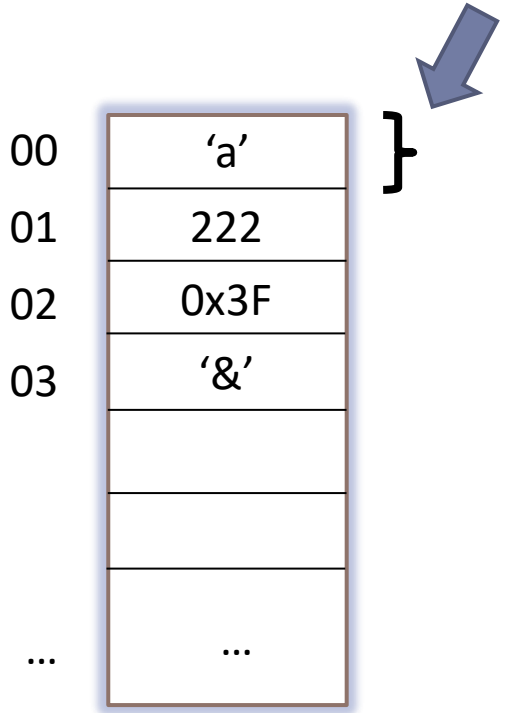
- Valor
  - Elemento guardado en memoria.

Uso básico de la memoria
dirección, valor y tamaño



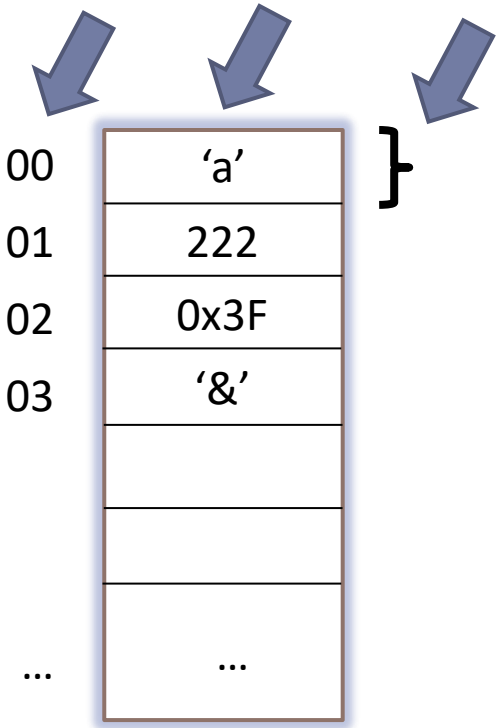
- Valor
  - Elemento guardado en memoria.
- Dirección
  - Posición de memoria.

Uso básico de la memoria
dirección, valor y tamaño



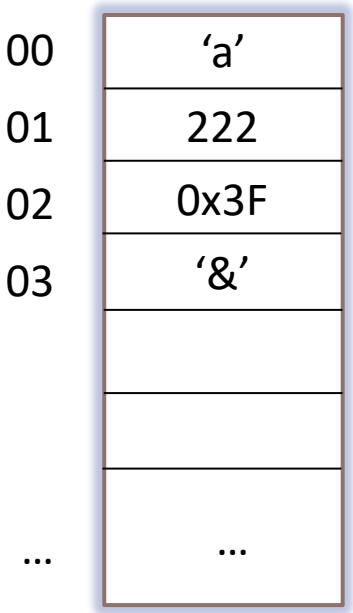
- Valor
  - Elemento guardado en memoria.
- Dirección
  - Posición de memoria.
- Tamaño
  - Número de bytes necesarios para almacenar el valor.

Uso básico de la memoria
dirección, valor y tamaño



- Valor
  - Elemento guardado en memoria a partir de una dirección, y que ocupa un cierto tamaño para ser almacenada.
- Dirección
  - Número que identifica la posición de memoria (celda) a partir de la cual se almacena el valor de un cierto tamaño.
- Tamaño
  - Número de bytes necesarios a partir de la dirección de comienzo para almacenar el valor.

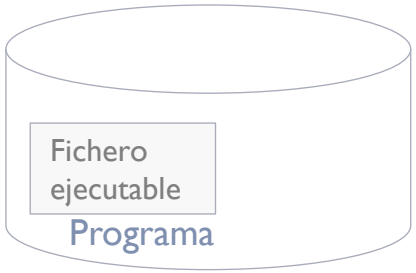
Uso básico de la memoria
interfaz funcional



- **valor = read (dirección)**
- **write (dirección, valor)**

- Antes de acceder a una dirección, tiene que apuntar a una zona de memoria previamente reservada (tener autorización/permiso).

Contenidos



1. Introducción
   1. Modelo abstracto
   2. **Definiciones básicas y entornos**
   3. Regiones de memoria de un proceso
   4. Preparación de un ejecutable

2. Soporte para memoria virtual

Introducción

- Definiciones

Programa

Imagen de proceso

Proceso

- Entornos

monoprogramados

multiprogramados

Introducción

- Definiciones

Programa

Imagen de proceso

Proceso

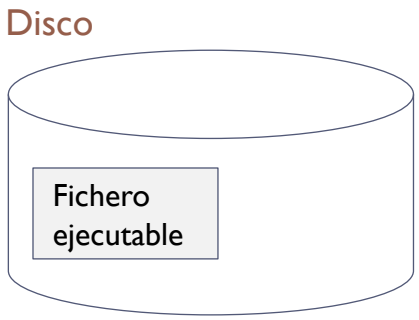
- Entornos

monoprogramados

multiprogramados

Programa y proceso

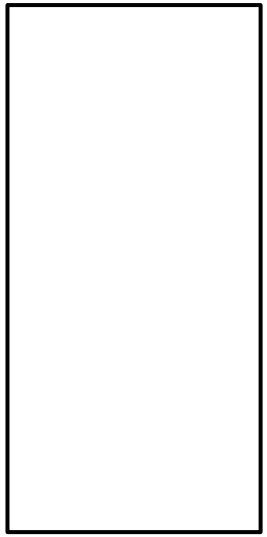
- Programa: conjunto de datos e instrucciones ordenadas que permiten realizar una tarea o trabajo específico.



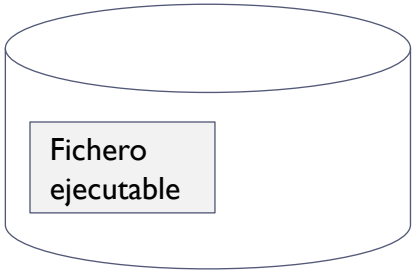
Programa y proceso

- Programa: conjunto de datos e instrucciones ordenadas que permiten realizar una tarea o trabajo específico.
  - Para su ejecución, ha de estar en memoria.

Memoria principal

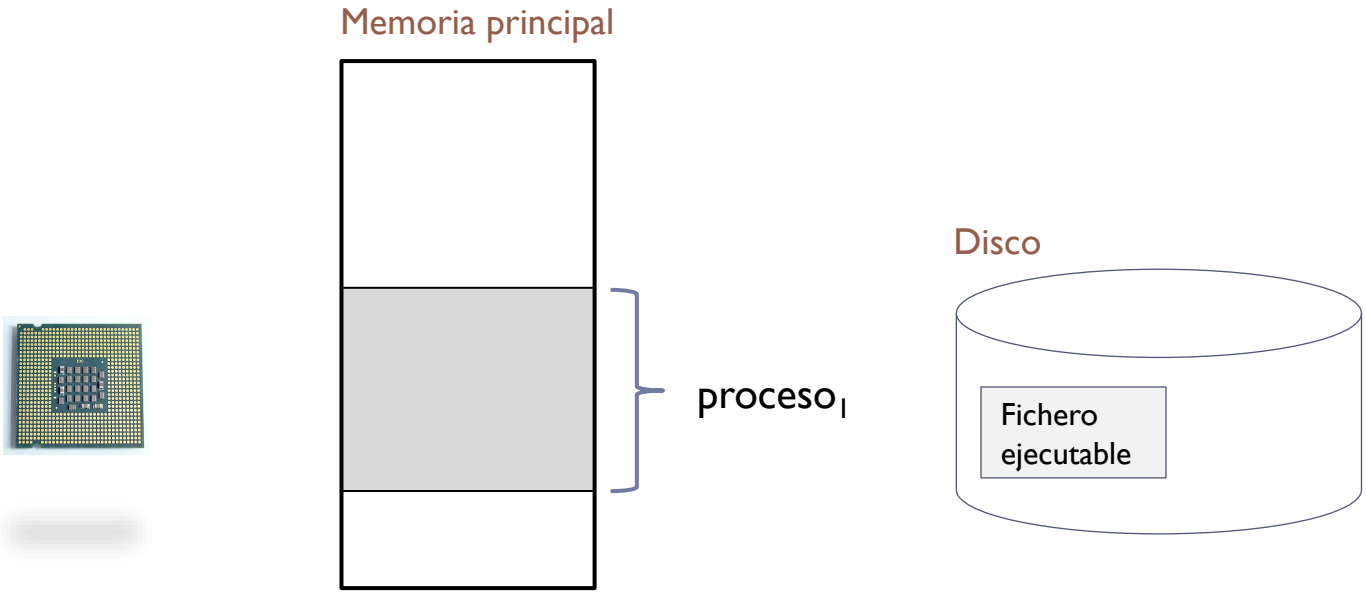


Disco



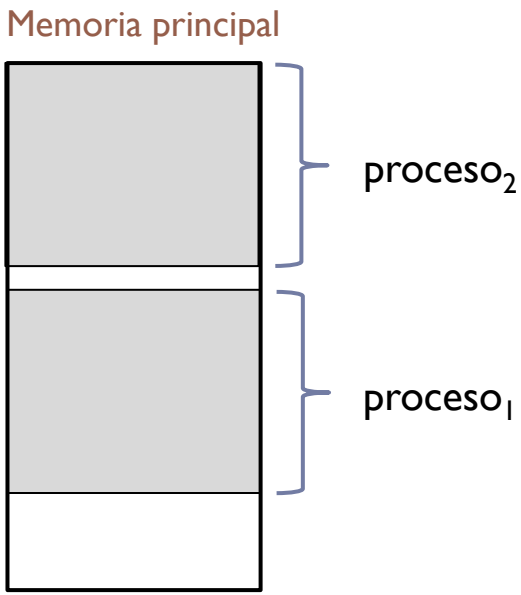
Programa y proceso

- Proceso: programa en ejecución.



Programa y proceso

- Proceso: programa en ejecución.
  - Es posible un mismo programa ejecutarlo varias veces (lo que da lugar a varios procesos).



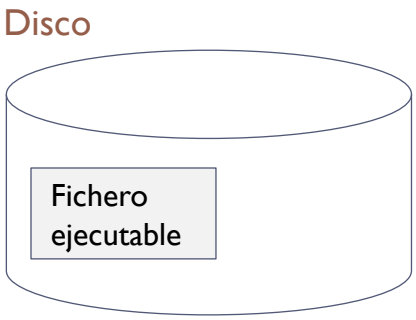
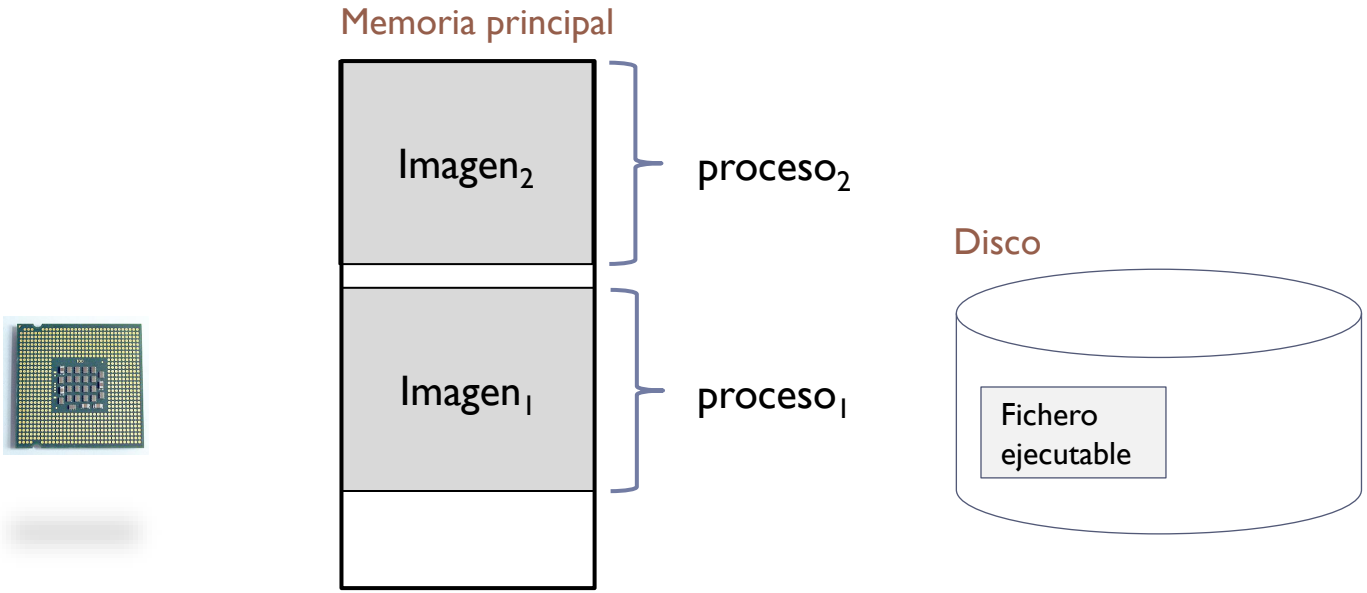


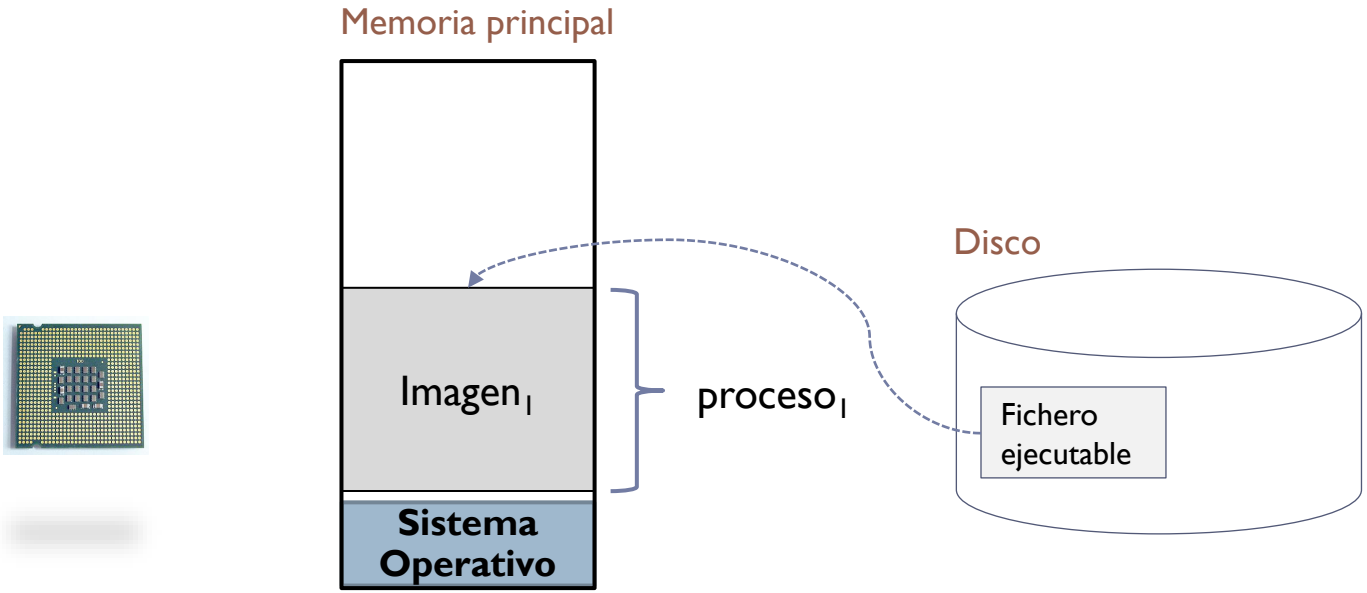
Imagen de un proceso

- Imagen de memoria: conjunto de direcciones de memoria asignadas al programa que se está ejecutando (y contenido).



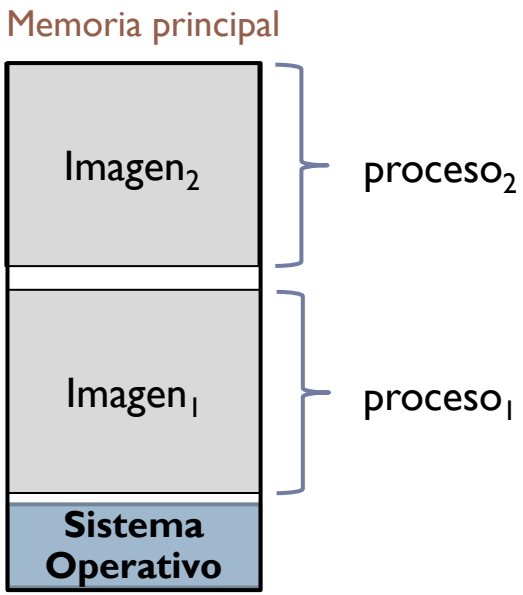
El sistema operativo…

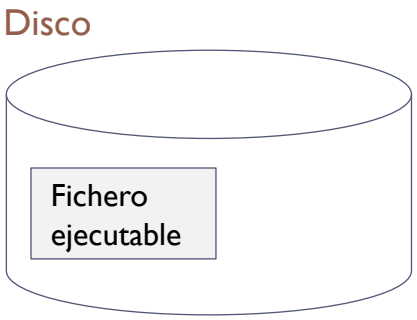
- El sistema operativo se encargará en la gestión de la memoria de:
  - Crear un proceso a partir de la información del ejecutable.



El sistema operativo…

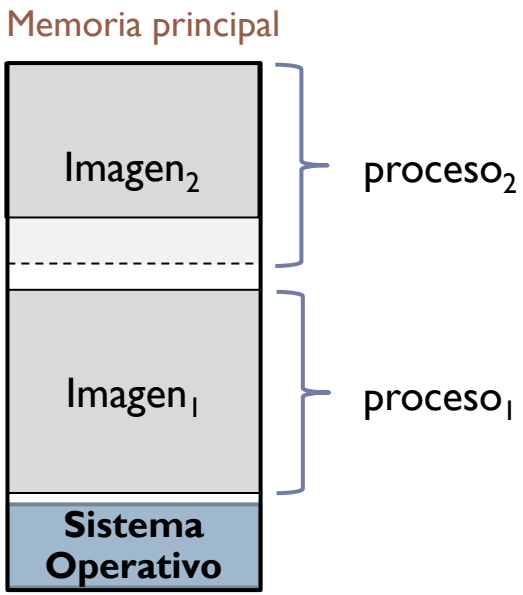
- El sistema operativo se encargará en la gestión de la memoria de:
  - Repartir su uso entre todos los procesos (similar a repartir la CPU).

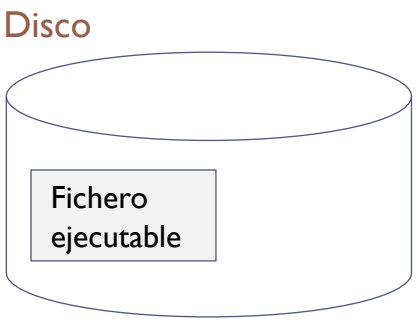




El sistema operativo…

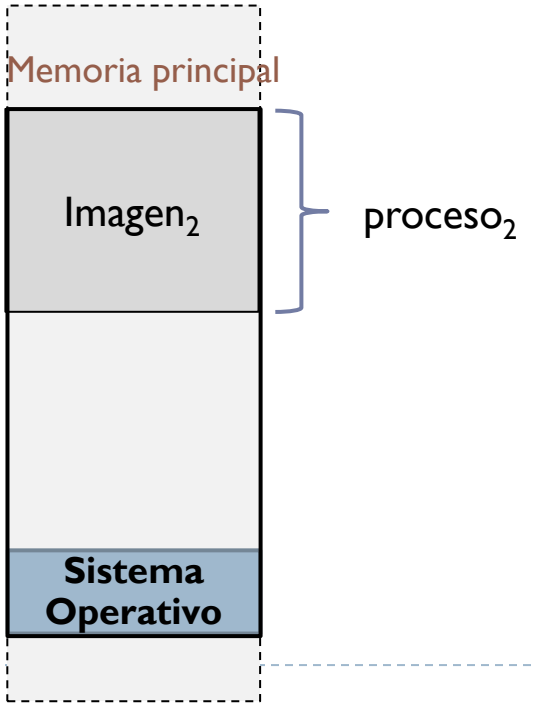
- El sistema operativo se encargará en la gestión de la memoria de:
  - Poder modificar la imagen a petición de los procesos.

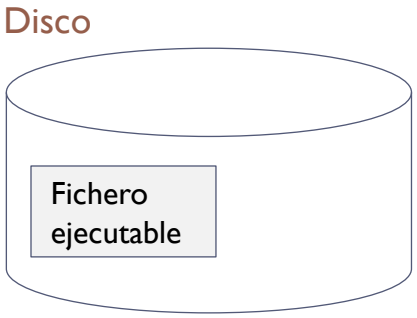




El sistema operativo…

- El sistema operativo se encargará en la gestión de la memoria de:
  - Cargar/Descargar parte de la imagen (tener lo necesario de ⇧ procesos).
    - Trata de mejorar el uso de recursos: *Out-of-core* + ocupación de la CPU
  - Parte información de gestión no en el BCP: por eficiencia y compartición.





Introducción

- Definiciones

Programa

Imagen de proceso

Proceso

- Entornos

monoprogramados

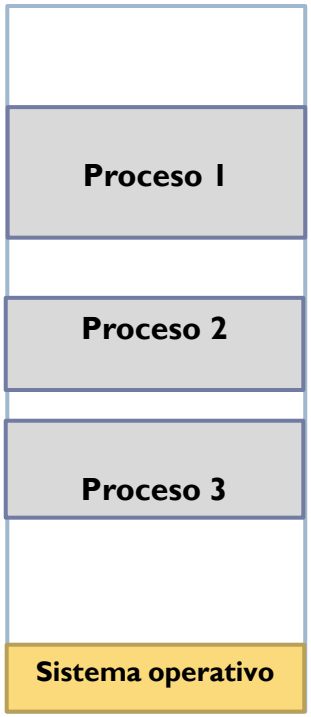
multiprogramados

Sistemas monoprogramados

- Ejecución un proceso como máximo
- Memoria compartida entre el sistema operativo y el proceso

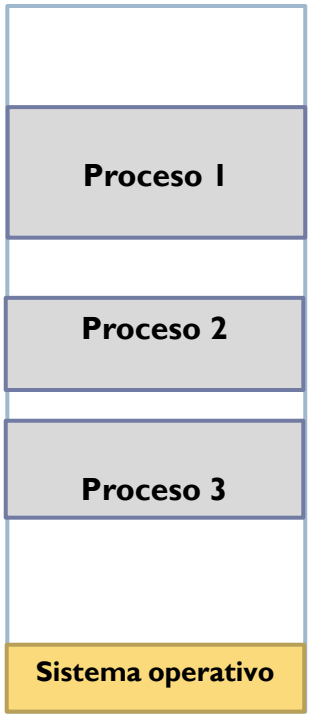
- Ej.: MS-DOS, DR-DOS, etc.

Sistemas multiprogramados



- Se mantiene más de un proceso en memoria
- Se mejorar ocupación de CPU:
  - proceso bloqueado -> ejecuta otro
- La gestión de memoria es una tarea de optimización bajo restricciones
- Ej.: Unix, Windows NT, etc.

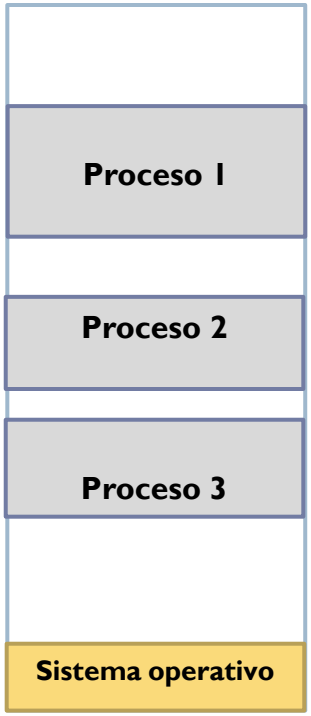
Sistemas multiprogramados



- Se mantiene más de un proceso en memoria
- Se mejorar ocupación de CPU:
  - proceso bloqueado -> ejecuta otro
- La gestión de memoria es una tarea de optimización bajo restricciones
- Ej.: Unix, Windows NT, etc.

Sistemas multiprogramados

ejemplo de cálculo de utilización

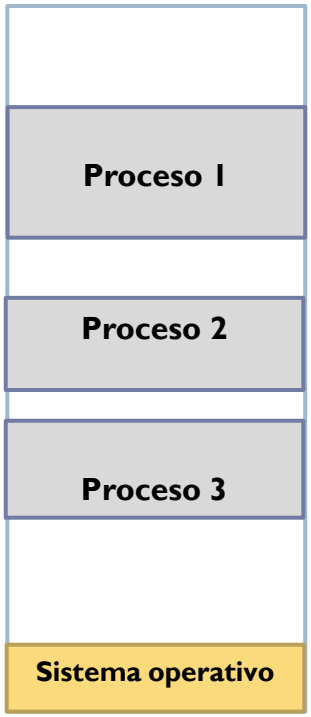


- n = 5 procesos independientes
- p = 0,8 del tiempo bloqueado (20% en CPU)
- **utilización = 5*20% → 100%**

http://www.cs.rutgers.edu/~pxk/416/notes/content/09-memory_management-slides-6.pdf

Sistemas multiprogramados

ejemplo de cálculo de utilización



- **p** = % tiempo un proceso está bloqueado
- $\mathbf{p^n}$ = probabilidad de que n procesos independientes estén todos bloqueados
- $\mathbf{1 - p^n}$ = probabilidad de que la CPU **no** esté ociosa (no *idle*)
  - n = 5 procesos independientes
  - p = 0,8 del tiempo bloqueado (20% en CPU)
  - **utilización = 5*20% → 100%**
  - **utilización = $1-0{,}8^5$ → 67%**
    $1-0{,}8^{10}$ → 89%

http://www.cs.rutgers.edu/~pxk/416/notes/content/09-memory_management-slides-6.pdf

Introducción
resumen

- Definiciones

Programa

Imagen de proceso

Proceso

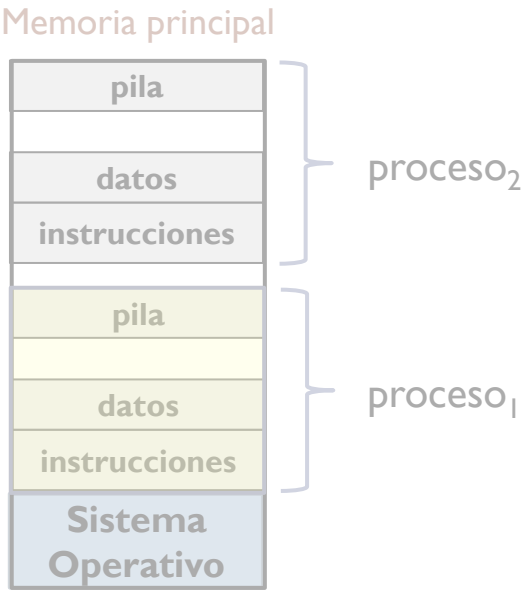
- Entornos

monoprogramados

multiprogramados

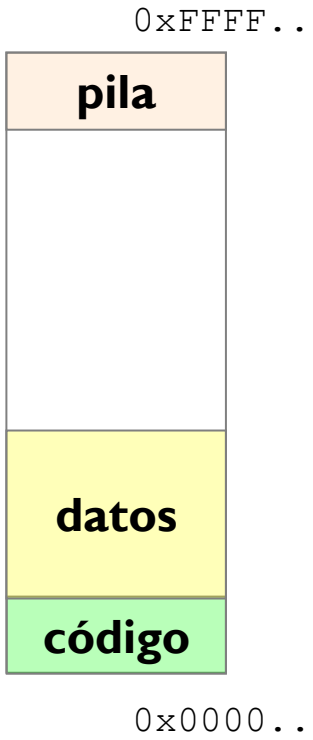
Contenidos

1. Introducción
   1. Modelo abstracto
   2. Definiciones básicas y entornos
   3. **Regiones de memoria de un proceso**
   4. Preparación de un ejecutable
2. Soporte para memoria virtual



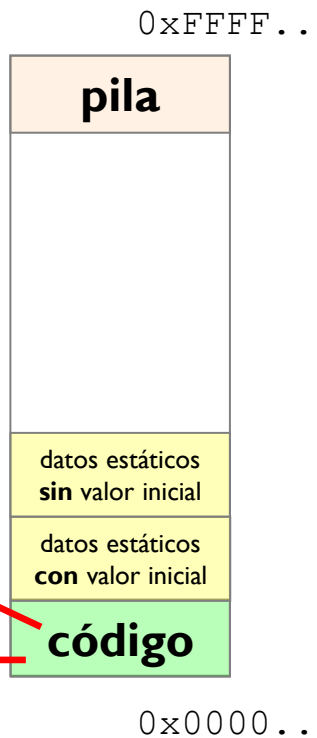
Organización lógica (de los programas)
modelo de memoria de un proceso

- Un proceso está formado por una serie de regiones.
- Una región es una zona contigua del espacio de direcciones de un proceso con las mismas propiedades.
- Principales propiedades:
  - Permisos: lectura, escritura y ejecución.
  - Compartición entre hilos: *private* o *shared*
  - Tamaño (fijo/variable)
  - Valor inicial (con/sin soporte)
  - Creación estática o dinámica
  - Sentido de crecimiento



Principales regiones de un proceso
código (*text*)

```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        .......
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```

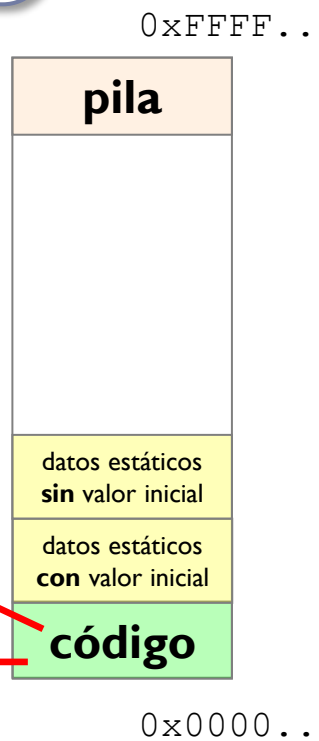


Principales regiones de un proceso

código (*text*)

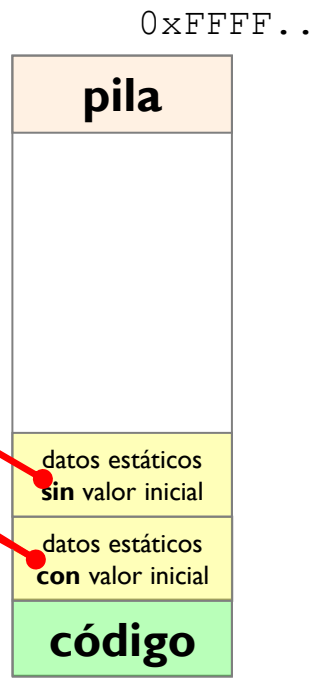
Código
- Estático
- Se conoce en tiempo de compilación
- Secuencia de instrucciones a ser ejecutadas

```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        .......
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```



Principales regiones de un proceso
datos (*data*)

```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        .......
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```



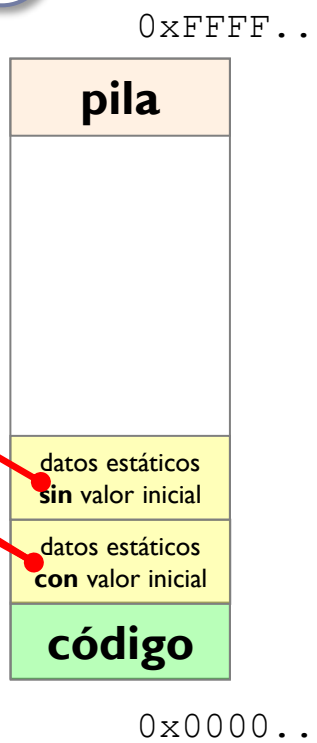
Principales regiones de un proceso

datos (*data*)

Variable globales

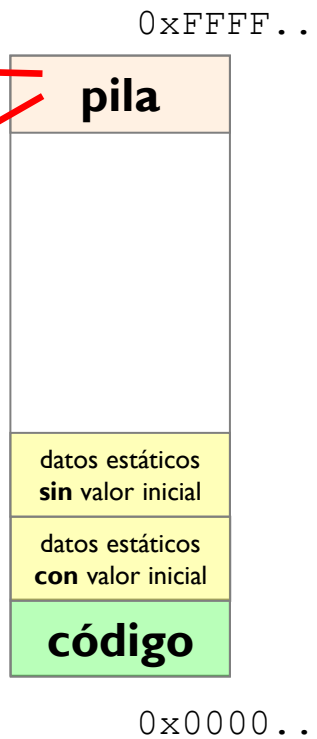
- Estáticas
- Se crean al iniciar el programa
- Existen durante ejecución
- Dirección fija en memoria y ejecutable

```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        .......
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```



Principales regiones de un proceso
pila (*stack*)

```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        .......
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```



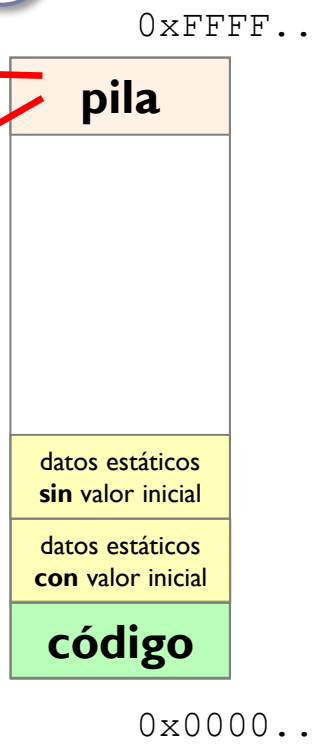
Principales regiones de un proceso

pila (*stack*)

Variable locales y parámetros

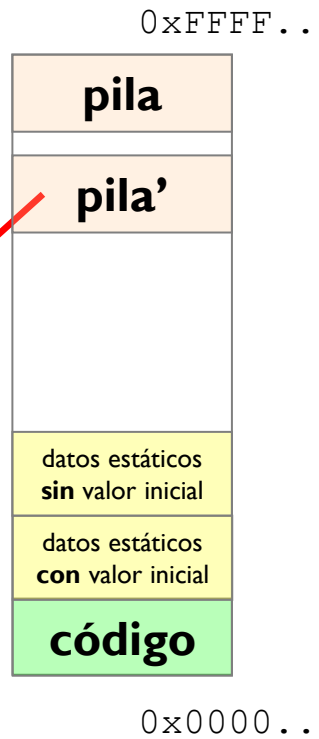
- Dinámicas
- Se crean al invocar la función
- Se destruyen al retornar
- Recursividad: varias instancias de una variable

```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        .......
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```



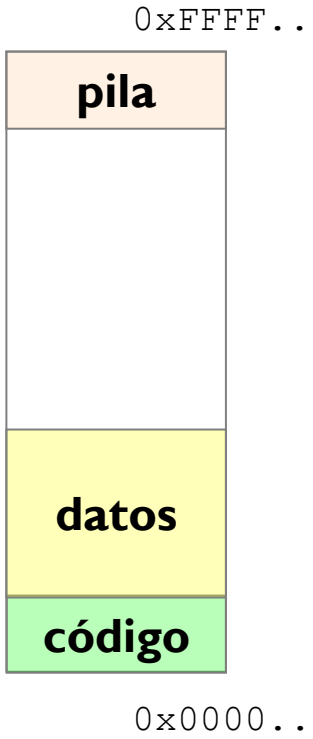
Principales regiones de un proceso
pila (*stack*)

```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        ....... pthread_create(f…)
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```



Organización lógica (de los programas)
modelo de memoria de un proceso

- Código o Texto
  - Compartida, RX, T. Fijo, soporte en ejecutable
- Datos
  - Con valor inicial
    - Compartido, RW, T. Fijo, soporte en ejecutable
  - Sin valor inicial
    - Compartido, RW, T. Fijo, sin soporte (rellenar 0)
- Pila
  - Privada, RW, T. Variable, sin soporte (rellenar 0)
  - Crece hacia direcciones más bajas
  - Pila inicial: argumentos del programa



Organización lógica (de los programas)
modelo de memoria de un proceso

- Región de *Heap*
  - Soporte de memoria dinámica (malloc en C)
  - Compartido, RW, T. Variable, sin soporte (rellenar 0)
  - Crece hacia direcciones más altas
- Ficheros proyectados
  - Región asociada al fichero proyectado
  - Privado/Compartido, T. Variable, soporte en fichero
  - Protección especificada en proyección

Organización lógica (de los programas)
modelo de memoria de un proceso

- Región de *Heap*
  - Soporte de memoria dinámica (malloc en C)
  - Compartido, RW, T. Variable, sin soporte (rellenar 0)
  - Crece hacia direcciones más altas
- Ficheros proyectados
  - Región asociada al fichero proyectado
  - Privado/Compartido, T. Variable, soporte en fichero
  - Protección especificada en proyección

Principales regiones de un proceso
datos dinámicos (*heap*)

```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        .......
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```

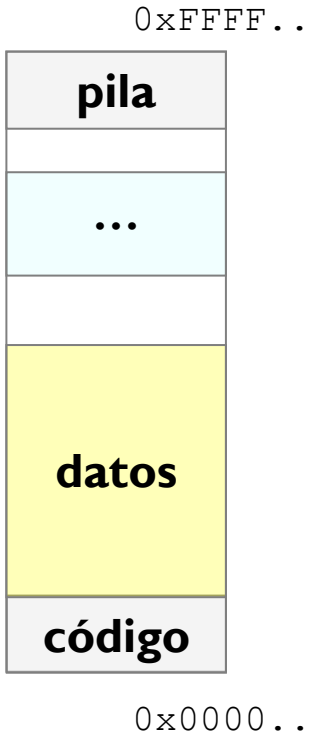
Principales regiones de un proceso
datos dinámicos (*heap*)

Variable dinámicas
- Variables locales o globales sin espacio asignado en tiempo de compilación
- Se reserva (y libera) espacio en tiempo de ejecución

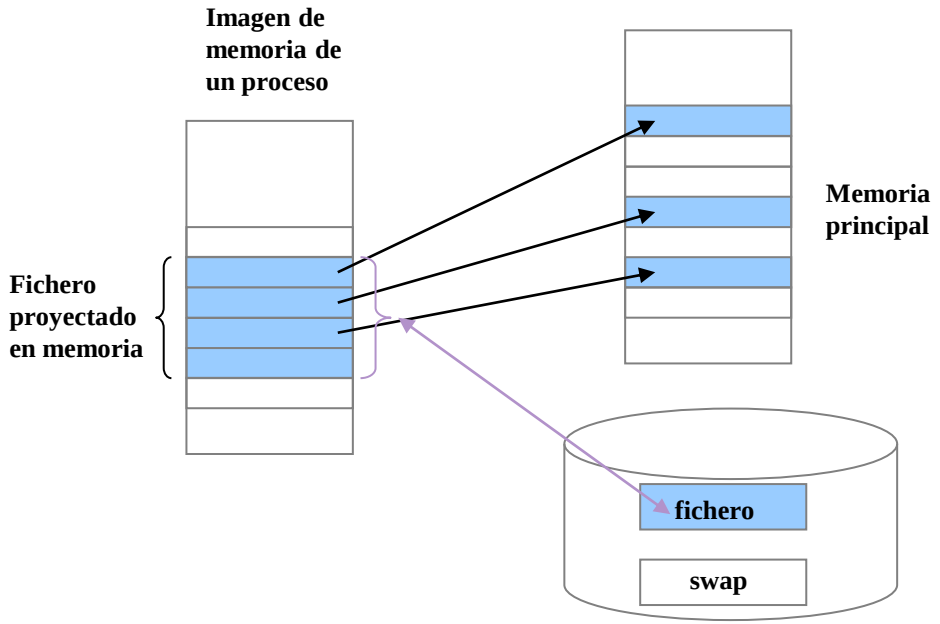
```
int a;
int b = 5;

void f(int c) {
        int d;
        static e = 2;

        b = d + 5;
        .......
        return;
}

main (int argc, char **argv) {
        char *p;
        p = (char *) malloc (1024)
        f(b)
        .......
        free (p)
        ....
        exit (0)
}
```

Organización lógica (de los programas)
modelo de memoria de un proceso

- Región de *Heap*
  - Soporte de memoria dinámica (malloc en C)
  - Compartido, RW, T.Variable, sin soporte (rellenar 0)
  - Crece hacia direcciones más altas
- Ficheros proyectados
  - Región asociada al fichero proyectado
  - Privado/Compartido, T.Variable, soporte en fichero
  - Protección especificada en proyección



Ficheros proyectados en memoria (1/3)



- Una región de un proceso se asocia a un fichero
- Habrá páginas del fichero en memoria principal
- El proceso direcciona dentro del fichero con instrucciones de acceso a memoria (en lugar de read/write)

Ficheros proyectados en memoria (2/3)

*void *mmap(void *addr, size_t len, int prot, int flags, int fildes, off_t off);*

- Establece una proyección entre el espacio de direcciones de un proceso y un descriptor de fichero u objeto de memoria compartida.
  - Devuelve la dirección de memoria donde se ha proyectado el fichero.
  - `addr` dirección donde proyectar. Si `NULL` el SO elige una.
  - `len` especifica el número de bytes a proyectar.
  - `prot` el tipo de acceso (lectura, escritura o ejecución).
  - `flags` especifica información sobre el manejo de los datos proyectados (compartidos, privado, etc.).
  - `fildes` representa el descriptor de fichero del fichero o descriptor del objeto de memoria a proyectar.
  - `off` desplazamiento dentro del fichero a partir del cual se realiza la proyección.

*void munmap(void *addr, size_t len);*

- Desproyecta parte del espacio de direcciones de un proceso comenzando en la dirección `addr`.

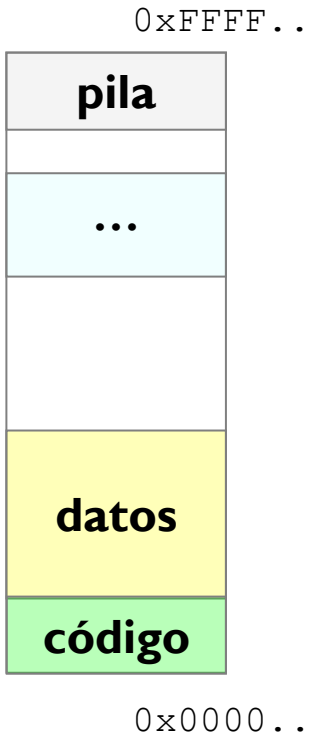
Ficheros proyectados en memoria (3/3)

- Cuántas veces aparece carácter en fichero proyectando en memoria.

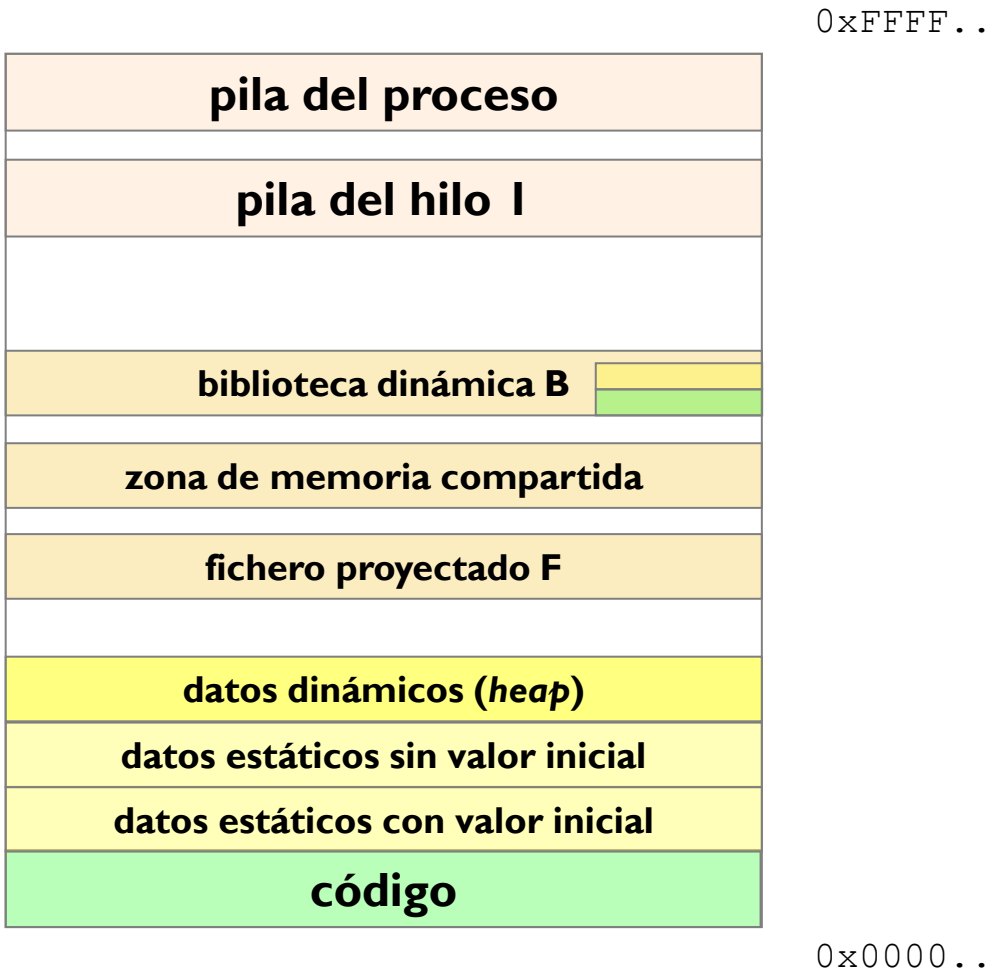
```
/* 1) Abrir el fichero */
fd=open(argv[2], O_RDONLY)); /* Abre fichero */
fstat(fd, &fs); /* Averigua long. fichero */

/* 2) Proyectar el fichero */
org=mmap((caddr_t)0, fs.st_size, PROT_READ, MAP_SHARED, fd, 0));
close(fd); /* Se cierra el fichero */

/* 3) Bucle de acceso */
p=org;
for (i=0; i<fs.st_size; i++)
     if (*p++==caracter) contador++;

/* 4) Eliminar la proyección */
munmap(org, fs.st_size);
printf("%d\n", contador);
```

Organización lógica (de los programas)
modelo de memoria de un proceso

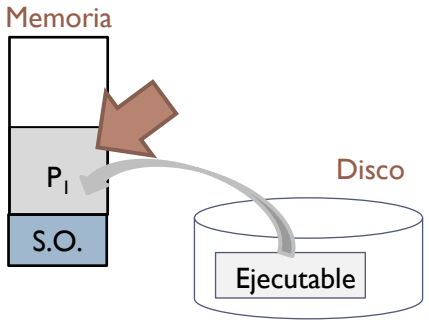
- Región de *Heap*
  - Soporte de memoria dinámica (malloc en C)
  - Compartido, RW, T. Variable, sin soporte (rellenar 0)
  - Crece hacia direcciones más altas
- Ficheros proyectados
  - Región asociada al fichero proyectado
  - Privado/Compartido, T. Variable, soporte en fichero
  - Protección especificada en proyección
- Bibliotecas dinámicas
  - Biblioteca con código y datos **proyectados**
- Memoria compartida
  - Entre **distintos procesos**



Ejemplo de mapa de memoria



Inspeccionar un proceso



- Detalles de las secciones de un proceso:

```
acaldero@phoenix:~/infodso/$ cat /proc/1/maps
b7688000-b7692000 r-xp 00000000 08:02 1491       /lib/libnss_files-2.12.1.so
b7692000-b7693000 r--p 00009000 08:02 1491       /lib/libnss_files-2.12.1.so
b7693000-b7694000 rw-p 0000a000 08:02 1491       /lib/libnss_files-2.12.1.so
b7694000-b769d000 r-xp 00000000 08:02 3380       /lib/libnss_nis-2.12.1.so
b769d000-b769e000 r--p 00008000 08:02 3380       /lib/libnss_nis-2.12.1.so
b769e000-b769f000 rw-p 00009000 08:02 3380       /lib/libnss_nis-2.12.1.so
b769f000-b76b2000 r-xp 00000000 08:02 1414       /lib/libnsl-2.12.1.so
b76b2000-b76b3000 r--p 00012000 08:02 1414       /lib/libnsl-2.12.1.so
b76b3000-b76b4000 rw-p 00013000 08:02 1414       /lib/libnsl-2.12.1.so
b76b4000-b76b6000 rw-p 00000000 00:00 0
..
b78b7000-b78b8000 r-xp 00000000 00:00 0          [vdso]
b78b8000-b78d4000 r-xp 00000000 08:02 811        /lib/ld-2.12.1.so
b78d4000-b78d5000 r--p 0001b000 08:02 811        /lib/ld-2.12.1.so
b78d5000-b78d6000 rw-p 0001c000 08:02 811        /lib/ld-2.12.1.so
b78d6000-b78ef000 r-xp 00000000 08:02 1699       /sbin/init
b78ef000-b78f0000 r--p 00019000 08:02 1699       /sbin/init
b78f0000-b78f1000 rw-p 0001a000 08:02 1699       /sbin/init
b81e5000-b8247000 rw-p 00000000 00:00 0          [heap]
bf851000-bf872000 rw-p 00000000 00:00 0          [stack]
```

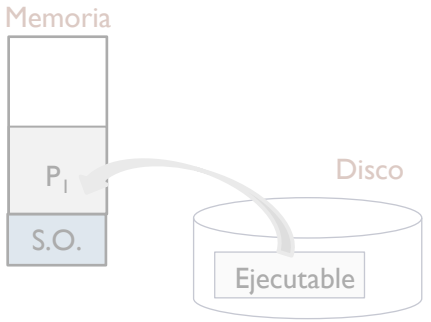
direccion perm. offset dev nodo-i nombre

Ejercicio
completar características de regiones

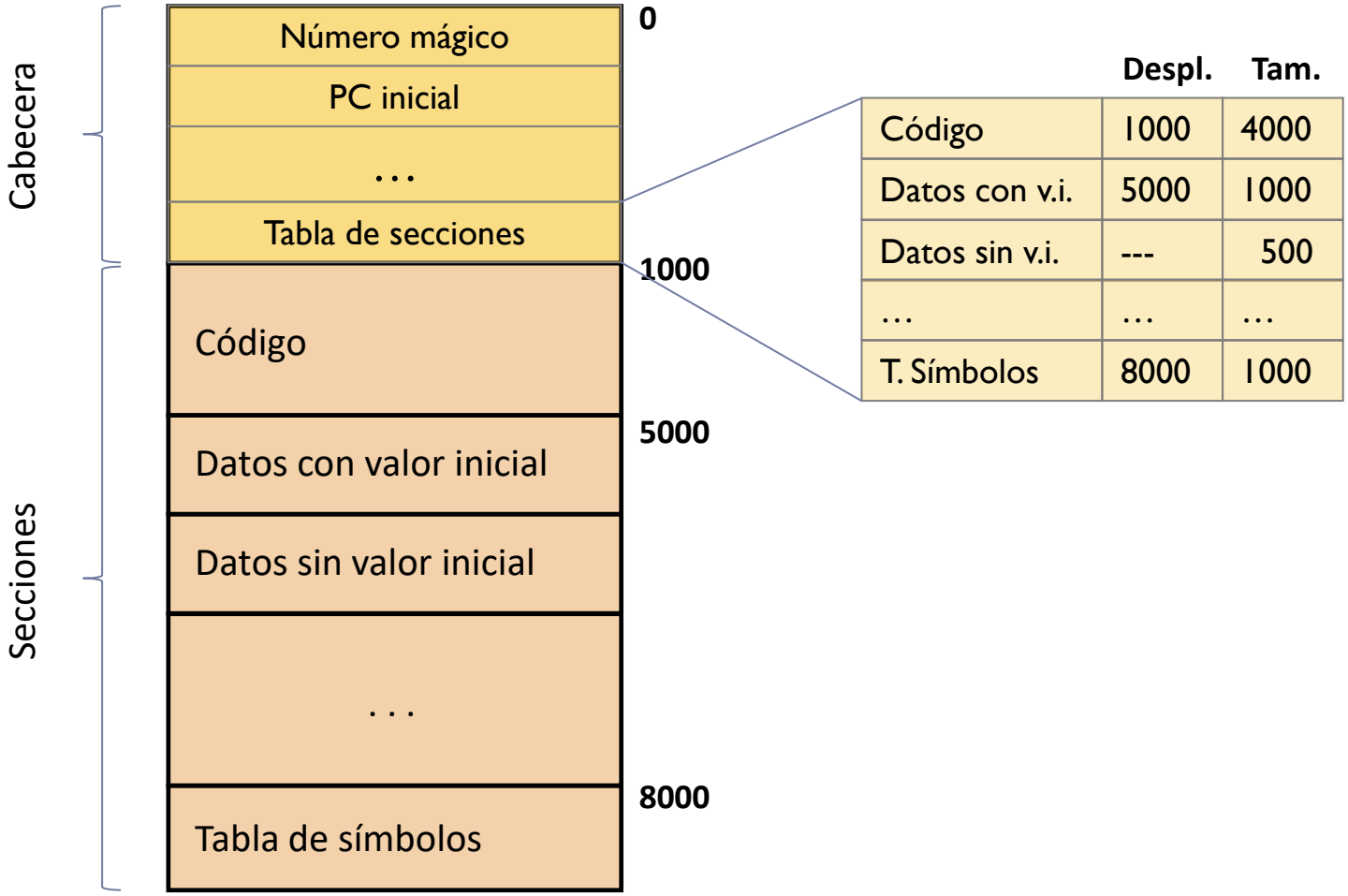
Región	Soporte	Protección	Comp./Priv.	Tamaño
Código	Fichero	RX	Compartida	Fijo
…	…	…	…	…

Contenidos

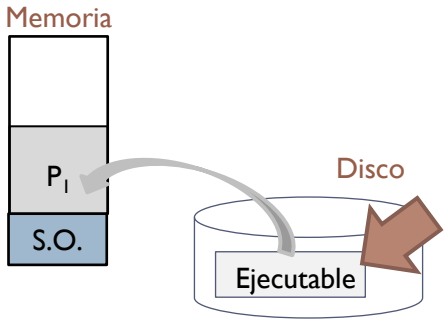
1. Introducción
   1. Modelo abstracto
   2. Definiciones básicas y entornos
   3. Regiones de memoria de un proceso
   4. **Preparación de un ejecutable**
2. Soporte para memoria virtual

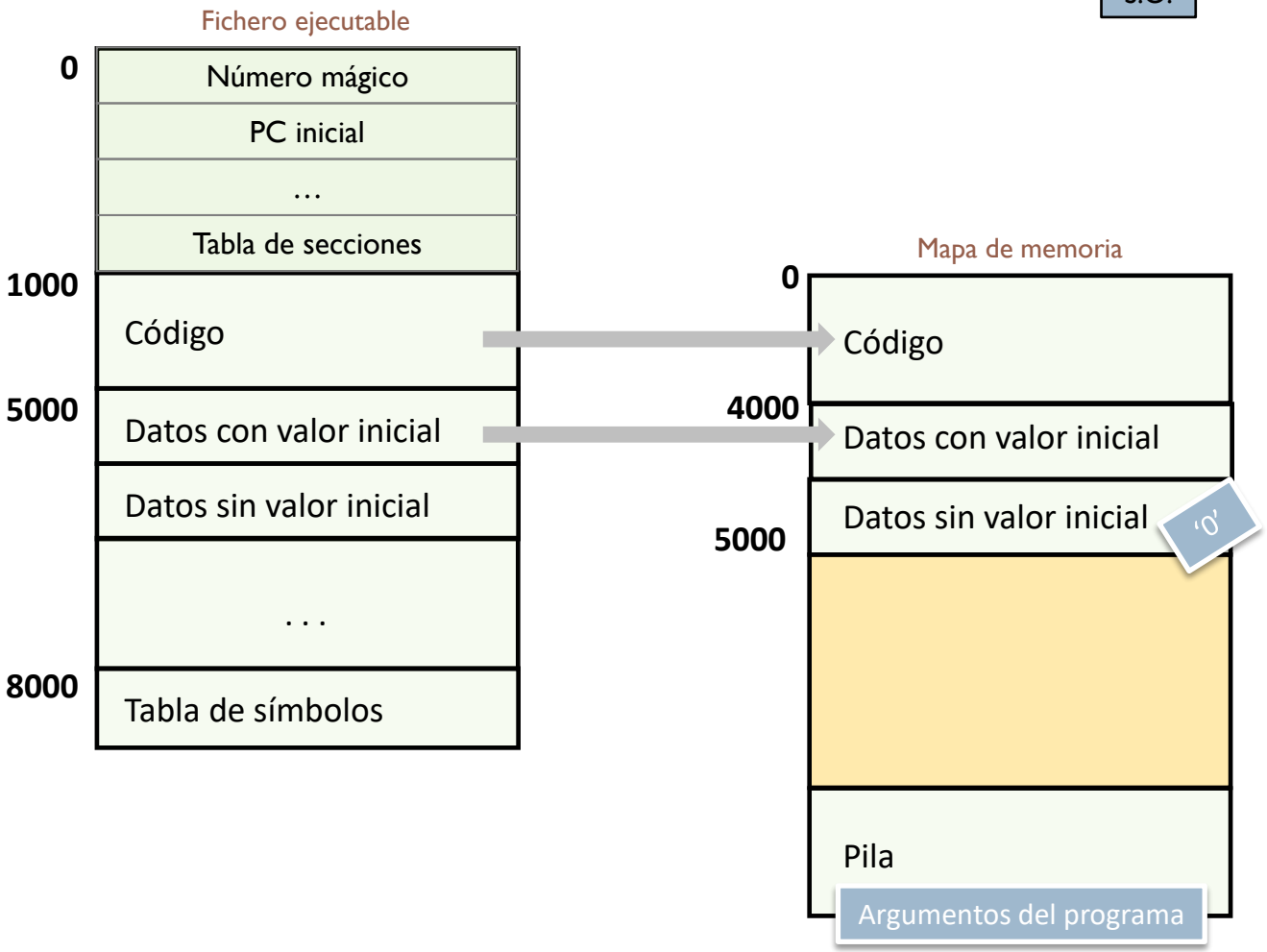


Ejemplo de formato de ejecutable

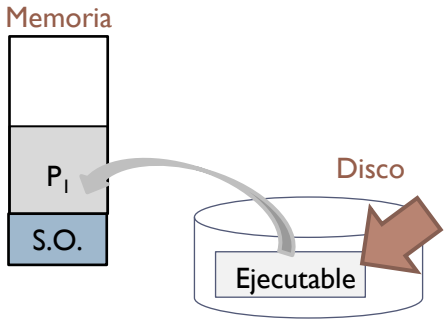


Crear mapa desde ejecutable





Inspeccionar un ejecutable



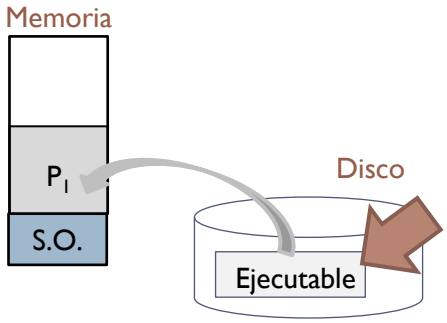
- Dependencias de un ejecutable (lib. dinámicas):

```
acaldero@phoenix:~/infodso/$ ldd main.exe
        linux-gate.so.1 =>  (0xb7797000)
        libdinamica.so.1 => not found
        libc.so.6 => /lib/libc.so.6 (0xb761c000)
        /lib/ld-linux.so.2 (0xb7798000)
```

- Símbolos de un ejecutable:

```
acaldero@phoenix:~/infodso/$ nm main.exe
08049f20 d _DYNAMIC
08049ff4 d _GLOBAL_OFFSET_TABLE_
0804856c R _IO_stdin_used
         w _Jv_RegisterClasses
08049f10 d __CTOR_END__
08049f0c d __CTOR_LIST__
...
```

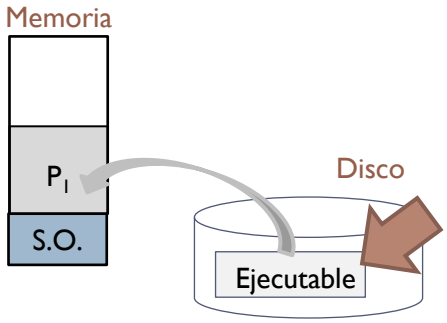
Inspeccionar un ejecutable



- Detalles de las secciones de un ejecutable:

```
acaldero@phoenix:~/infodso/$ objdump -x main.exe
...

Program Header:
...
 DYNAMIC off    0x00000f20 vaddr 0x08049f20 paddr 0x08049f20 align 2**2
         filesz 0x000000d0 memsz 0x000000d0 flags rw-
...
   STACK off    0x00000000 vaddr 0x00000000 paddr 0x00000000 align 2**2
         filesz 0x00000000 memsz 0x00000000 flags rw-
...

Dynamic Section:
  NEEDED               libdinamica.so
  NEEDED               libc.so.6
  INIT                 0x08048368
...
```

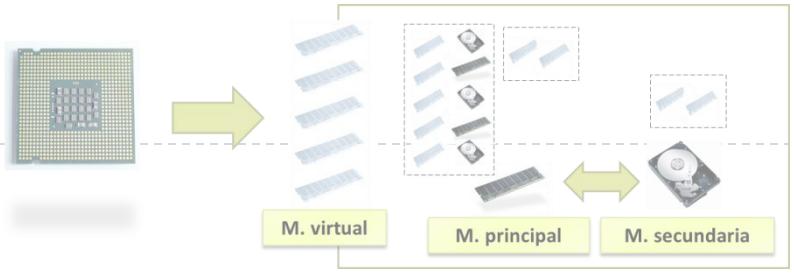
Inspeccionar un ejecutable



(continuación)

```
Sections:
Idx Name          Size      VMA       LMA       File off  Algn
  0 .interp       00000013  08048134  08048134  00000134  2**0
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, READONLY, DATA
...
 12 .text         0000016c  080483e0  080483e0  000003e0  2**4
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, READONLY, CODE
...
 23 .bss          00000008  0804a014  0804a014  00001014  2**2
                  ALLOC
...

SYMBOL TABLE:
08048134 l    d  .interp              00000000           .interp
08048148 l    d  .note.ABI-tag        00000000           .note.ABI-tag
08048168 l    d  .note.gnu.build-id   00000000           .note.gnu.build-id
...
0804851a g     F .text  00000000              .hidden __i686.get_pc_thunk.bx
08048494 g     F .text  00000014              main
08048368 g     F .init  00000000              _init
```

Contenidos

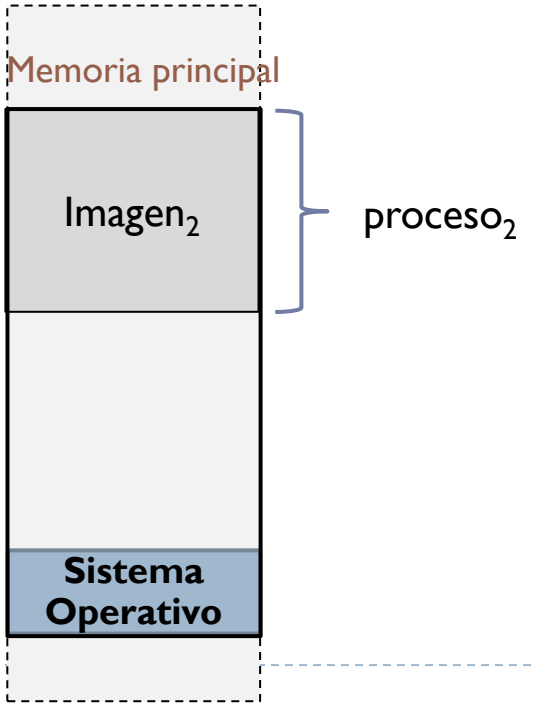


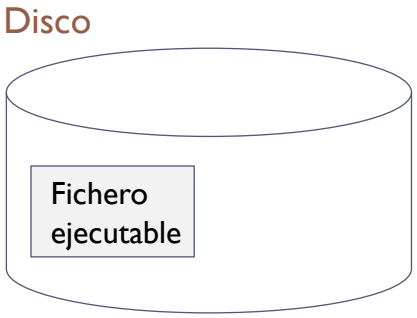
1. Introducción
   1. Modelo abstracto
   2. Definiciones básicas y entornos
   3. Regiones de memoria de un proceso
   4. Preparación de un ejecutable

2. **Soporte para memoria virtual**

El sistema operativo…

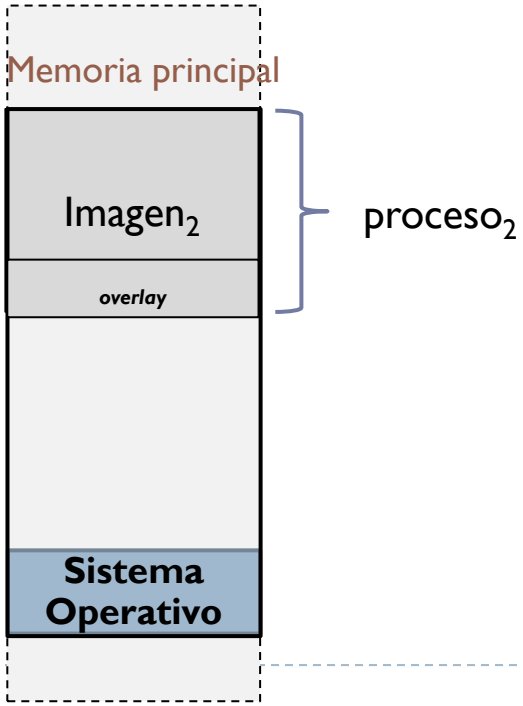
- El sistema operativo se encargará en la gestión de la memoria de:
  - Cargar/Descargar parte de la imagen (tener lo necesario de ⇧ procesos).
    - Trata de mejorar el uso de recursos: ***Out-of-core*** + ocupación de la CPU
  - Parte información de gestión no en el BCP: por eficiencia y compartición.

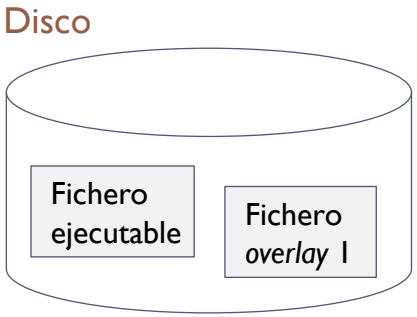




El sistema operativo…

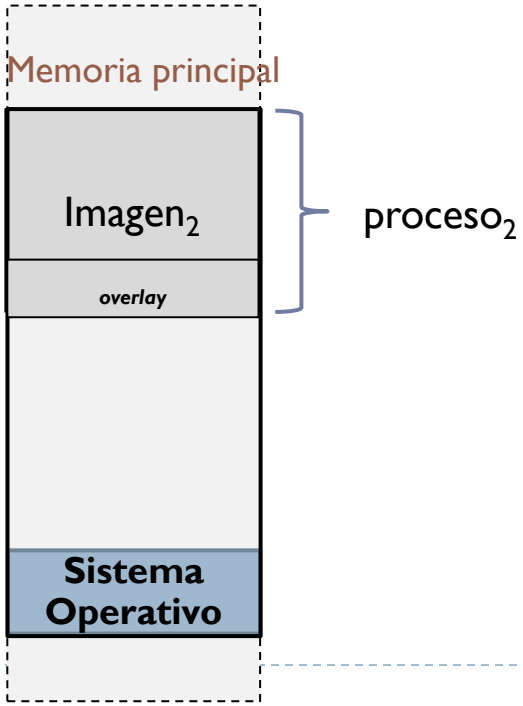
- Inicialmente se usó el mecanismo de *overlays* de:
  - Cargar/Descargar parte de la imagen (solo tener lo necesario en memoria).
  - Cada programador se ocupa explícitamente de los *overlays* de su programa.

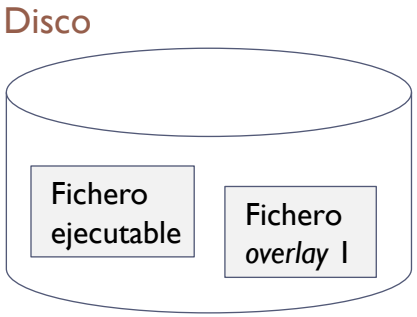




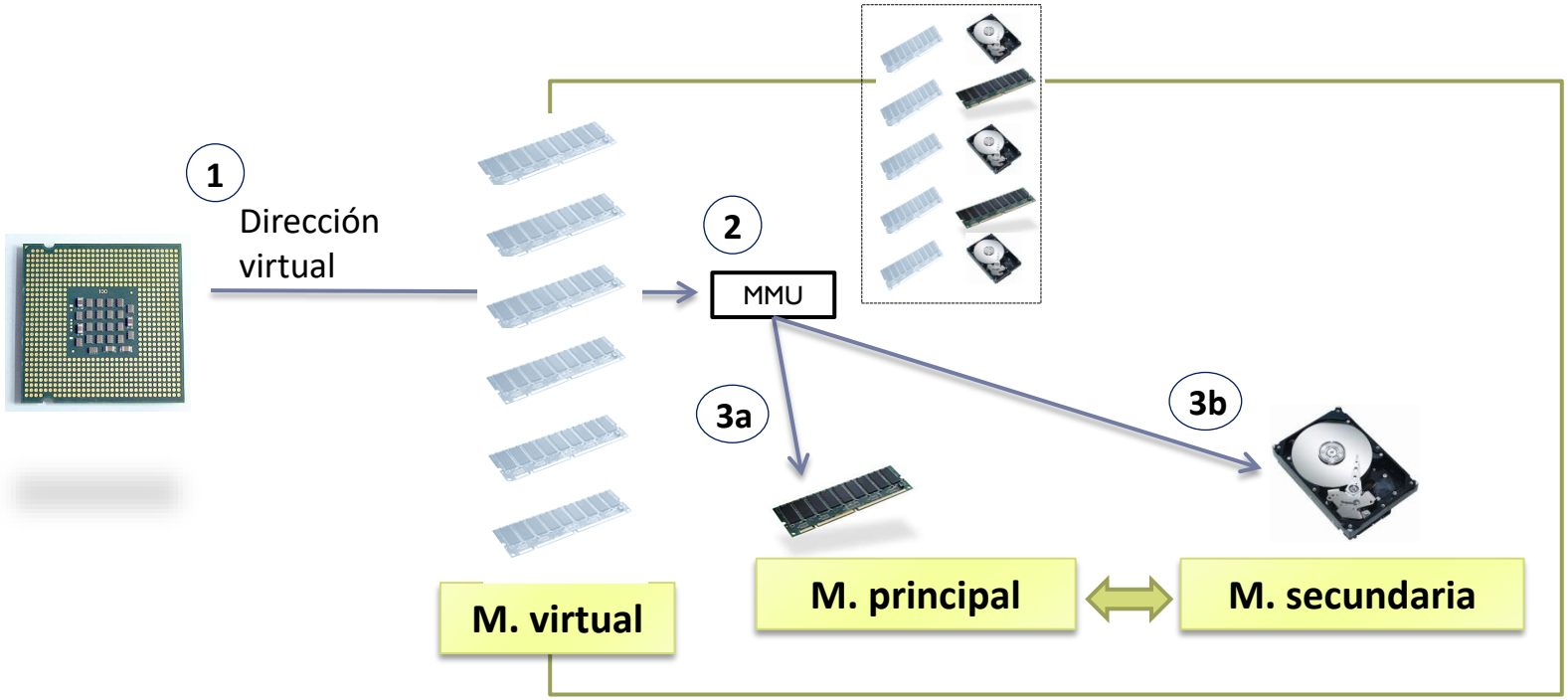
El sistema operativo…

- La CPU + S.O. ofrecen un mecanismo alternativo a *overlays*:
  - Memoria virtual (automatiza la parte de solo tener lo necesario en memoria).
  - Transparente a los programadores.

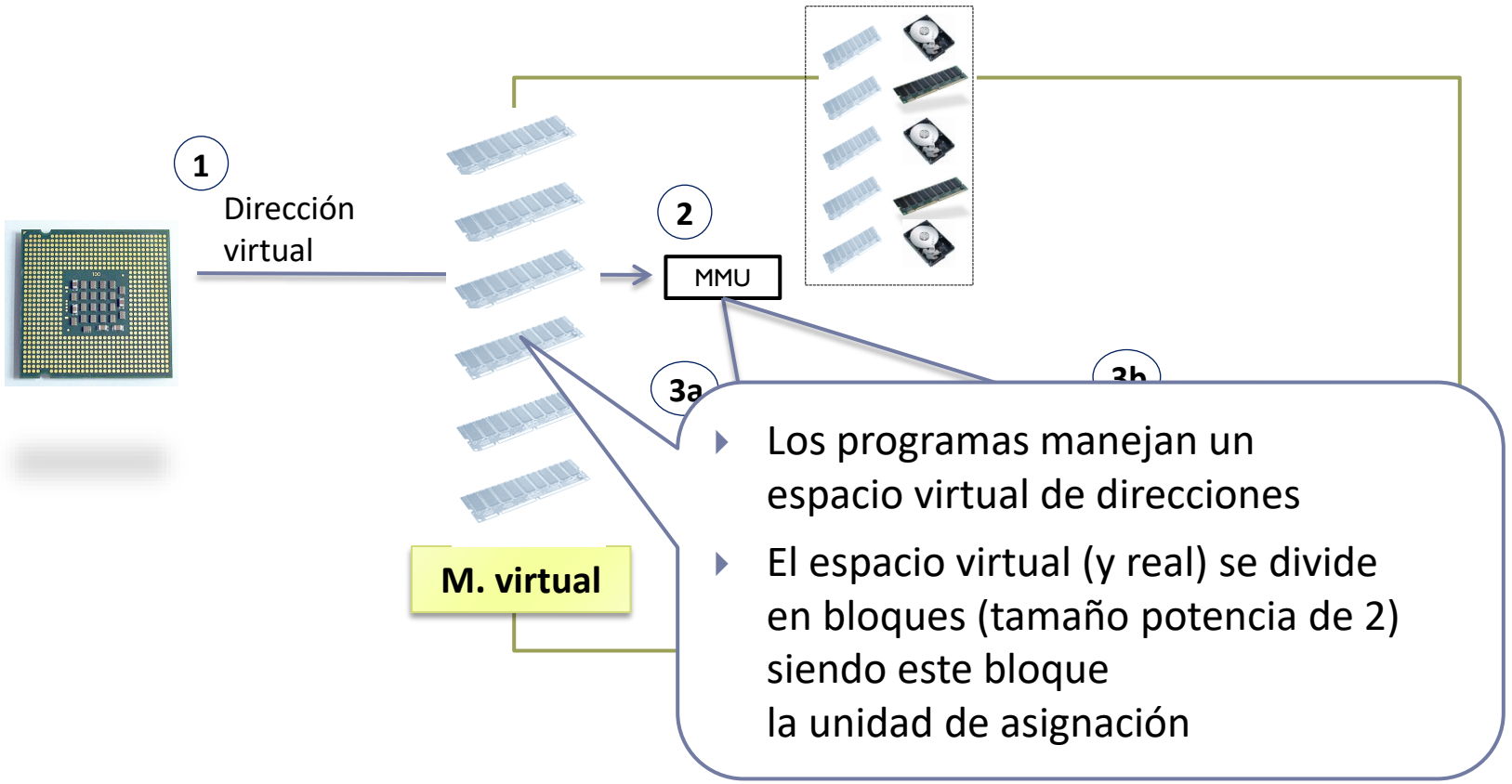




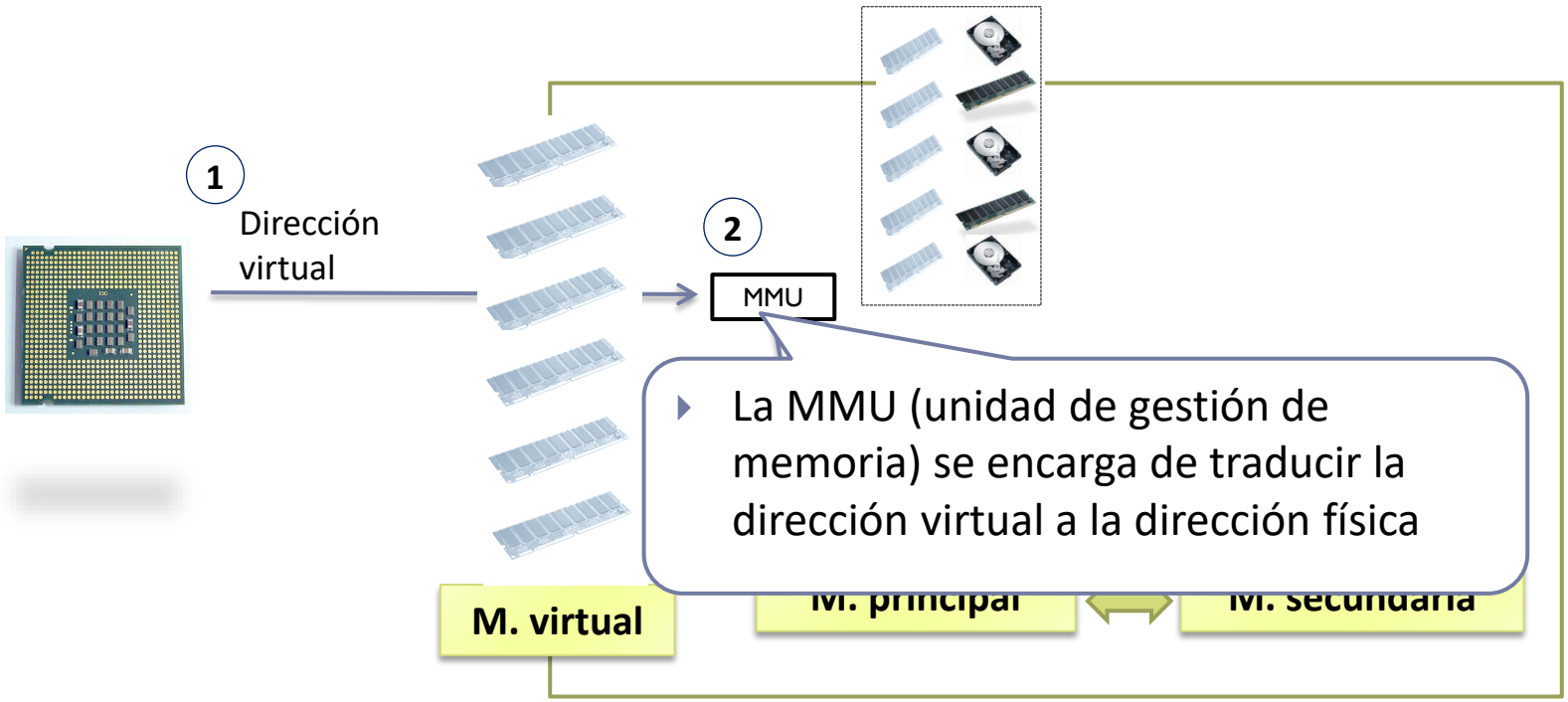
Sistemas con memoria virtual



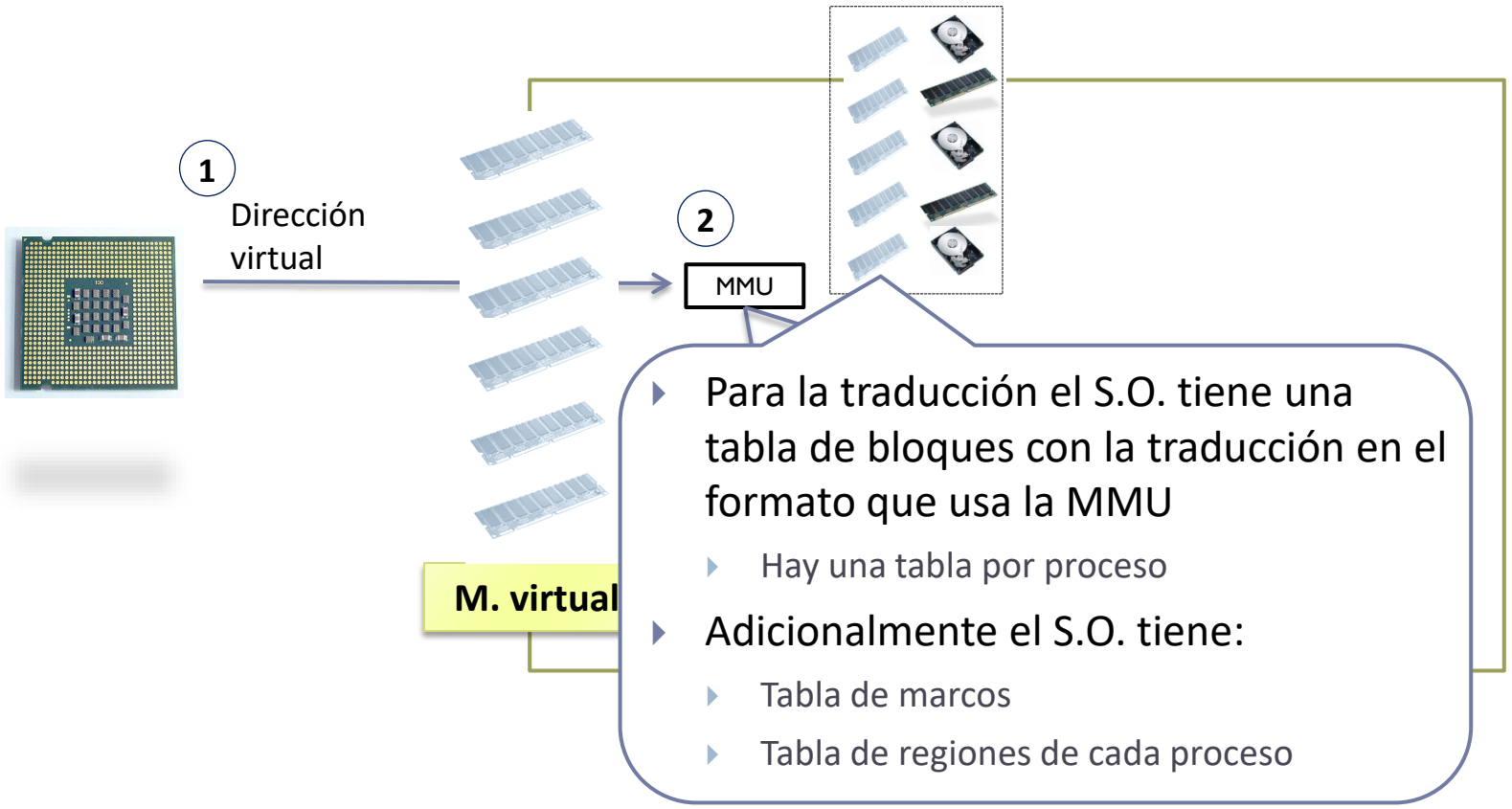
Sistemas con memoria virtual



Sistemas con memoria virtual

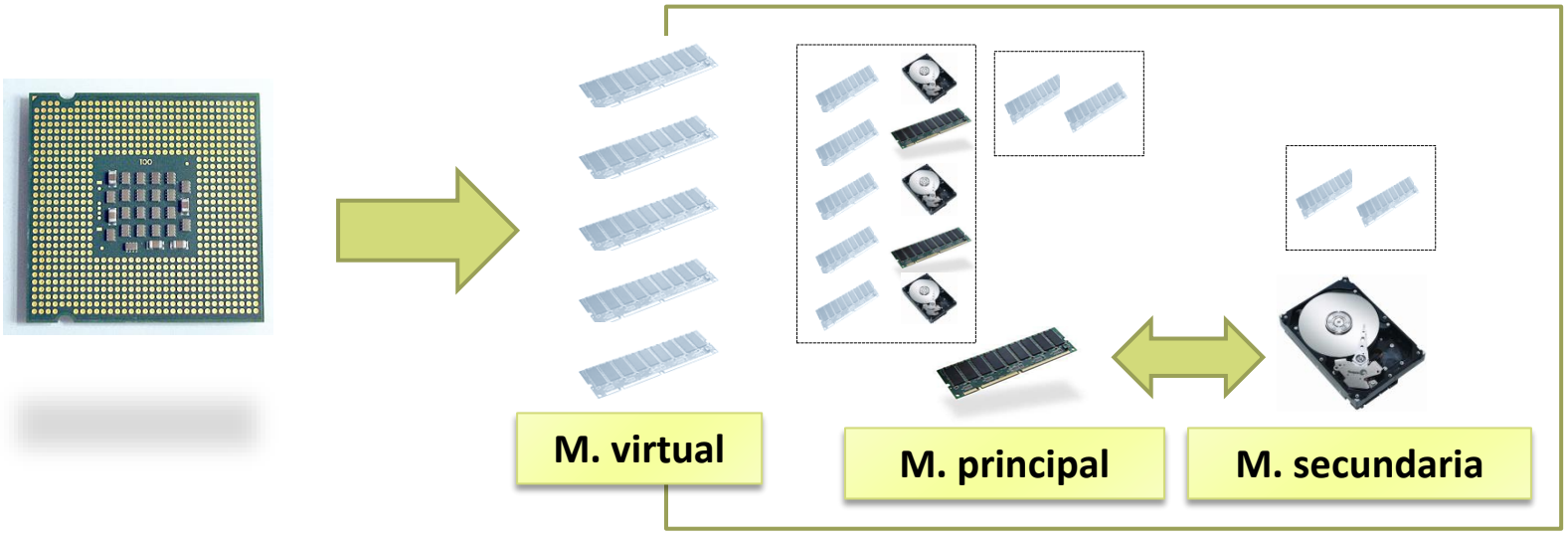


Sistemas con memoria virtual



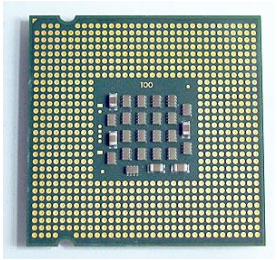
- Para la traducción el S.O. tiene una tabla de bloques con la traducción en el formato que usa la MMU
  - Hay una tabla por proceso
- Adicionalmente el S.O. tiene:
  - Tabla de marcos
  - Tabla de regiones de cada proceso

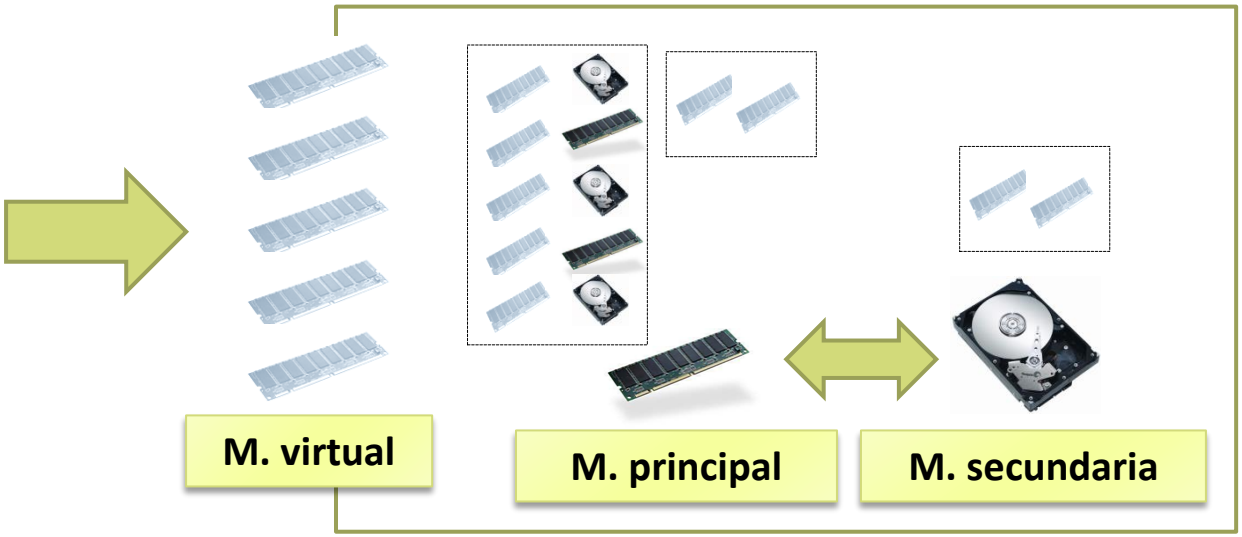
Introducción a memoria virtual



Introducción a memoria virtual

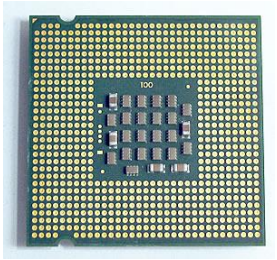
...
lw $t0 vector
...

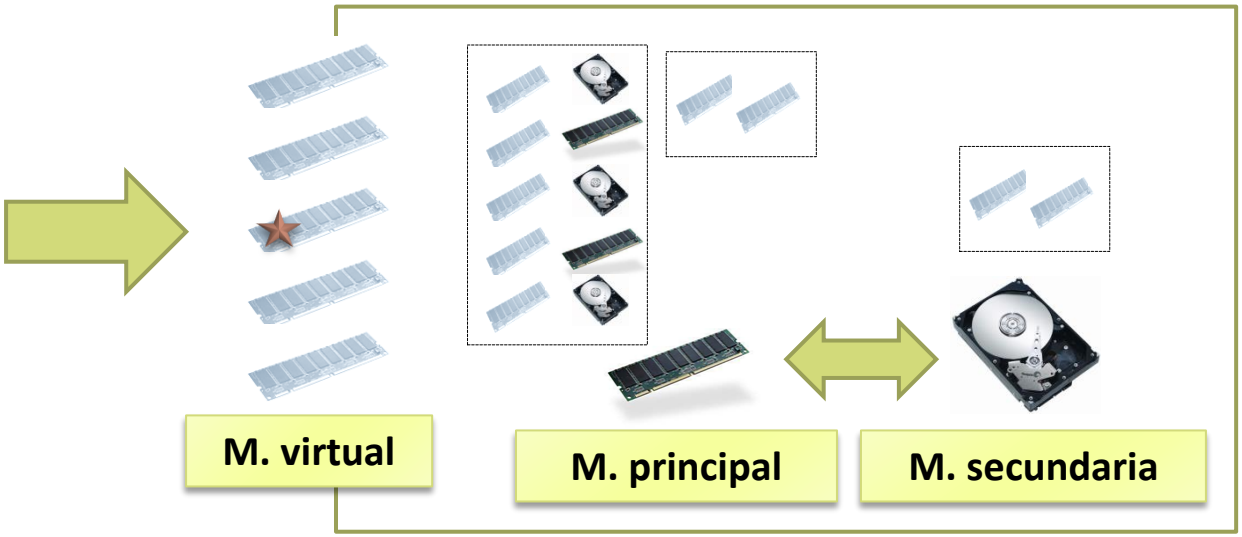




Introducción a memoria virtual

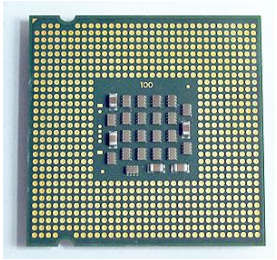
...
lw $t0 vector
...

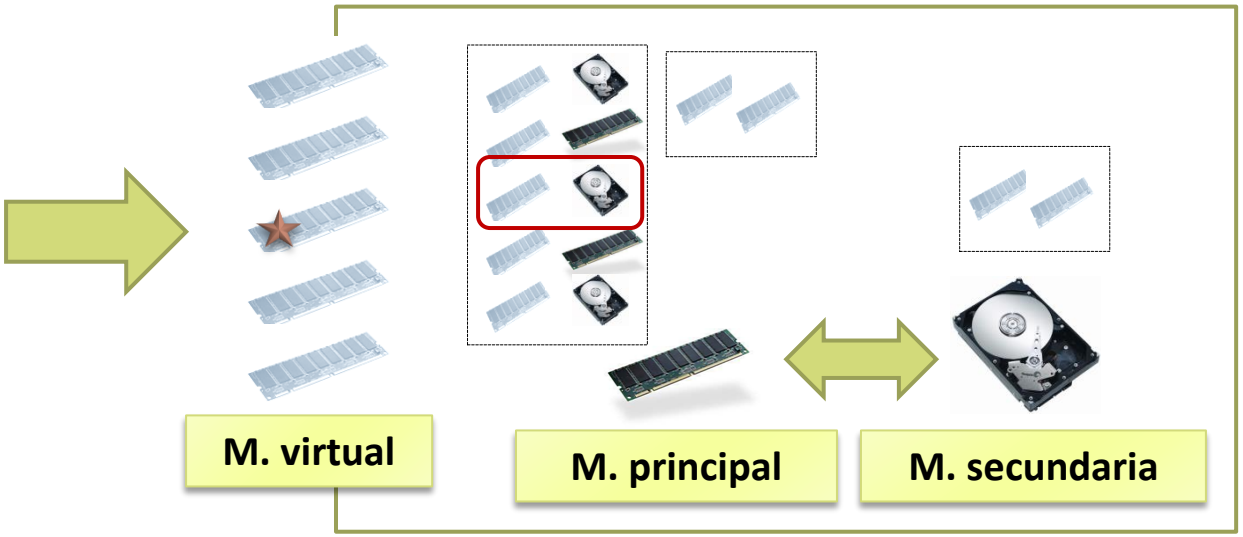




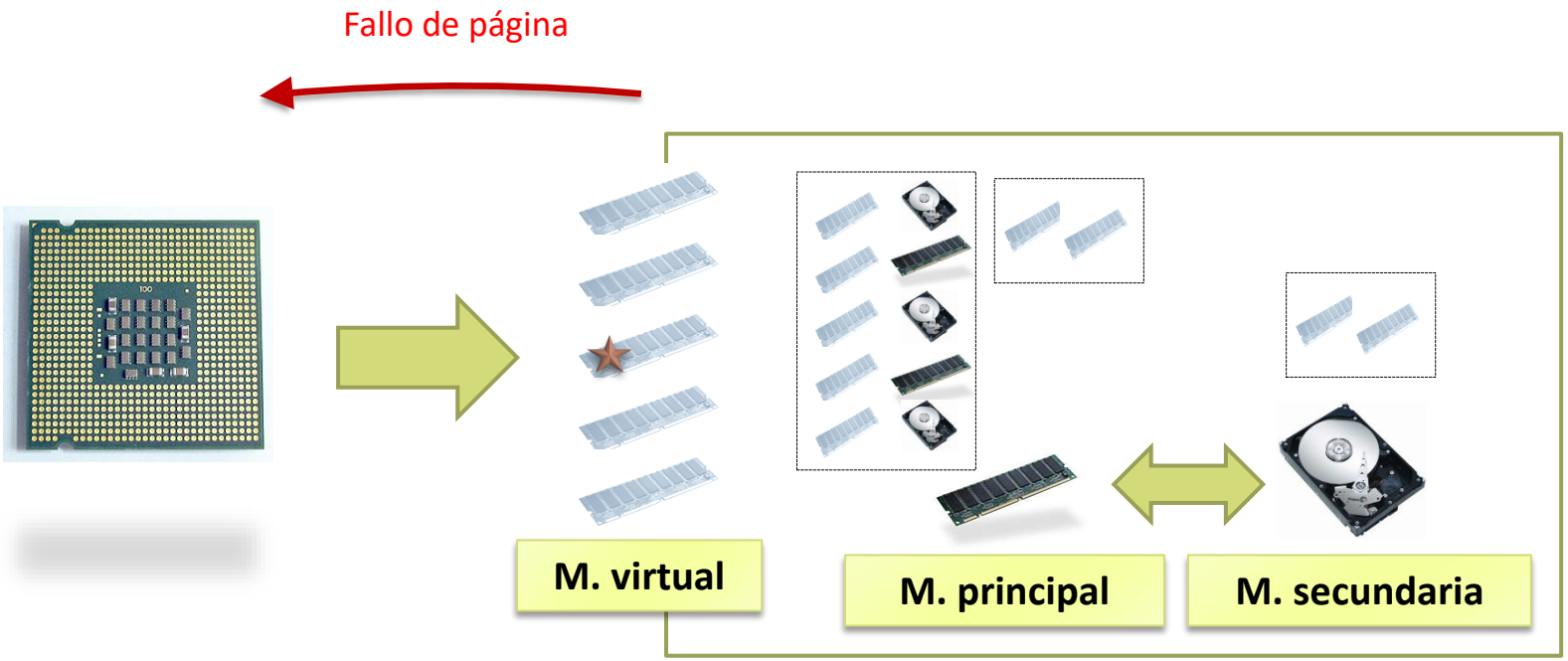
Introducción a memoria virtual

...
lw $t0 vector
...



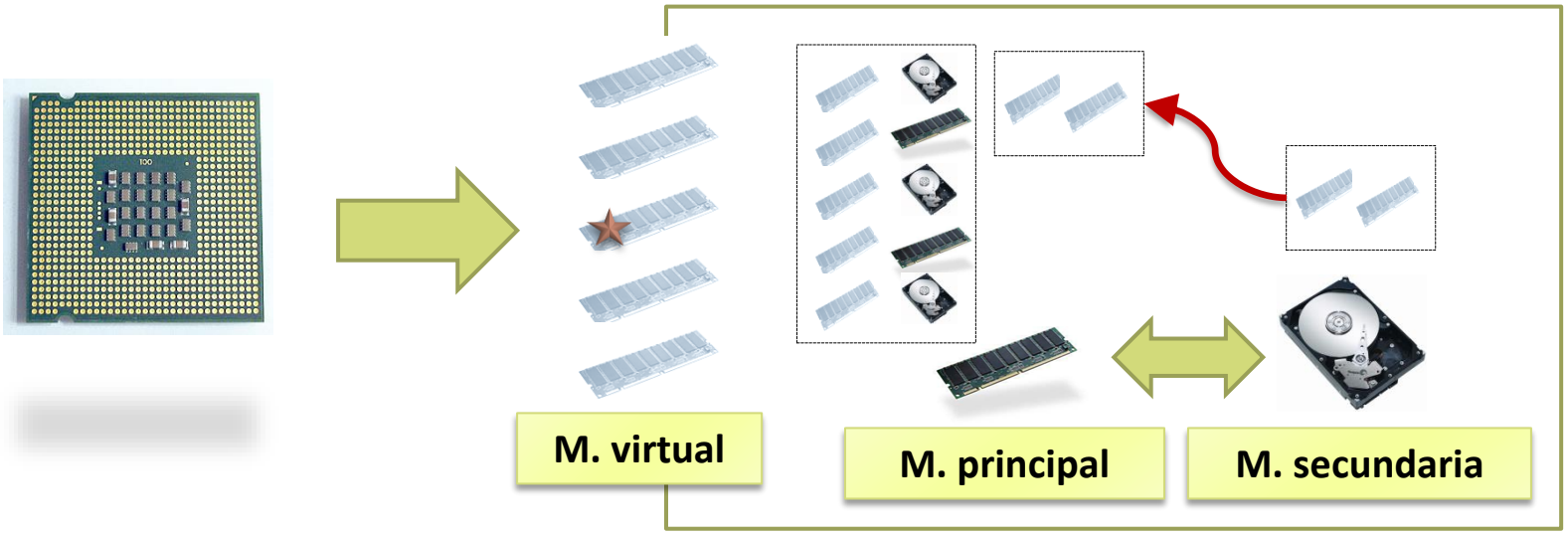


Introducción a memoria virtual



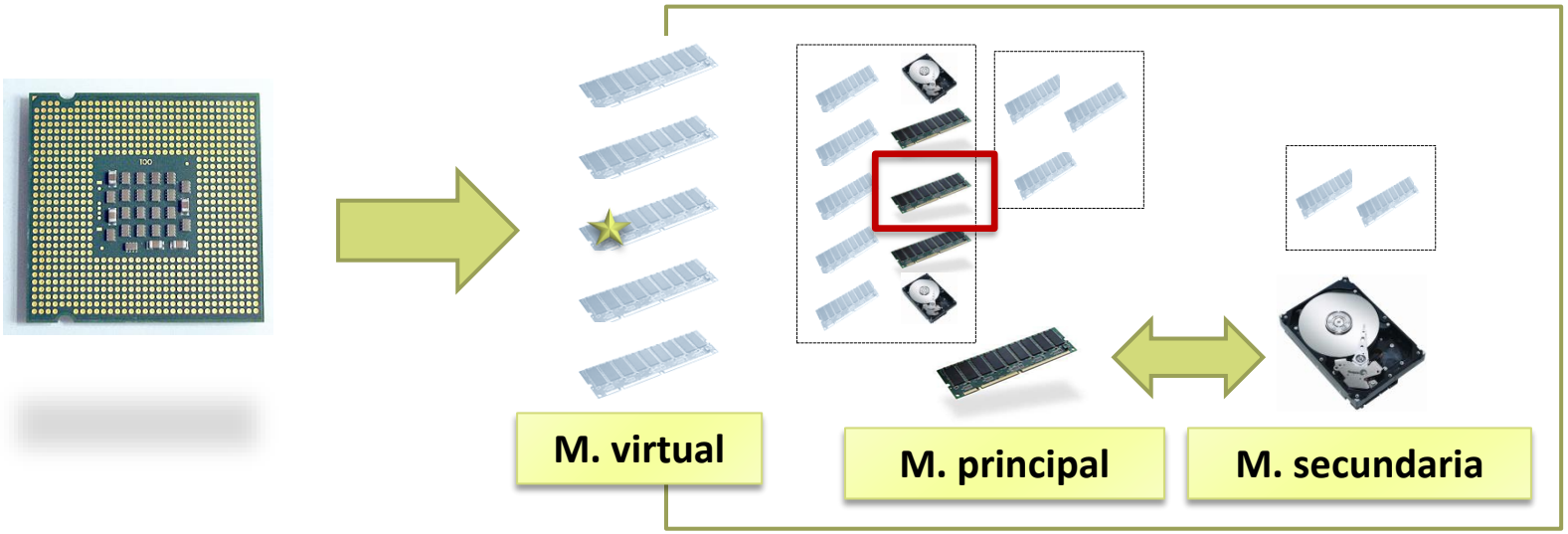
- El fallo de página es una excepción que provoca que el procesador ejecute la rutina de tratamiento asociada (kernel del s.o.).
- La rutina pide los bloques de disco asociados y bloquea el proceso.

Introducción a memoria virtual



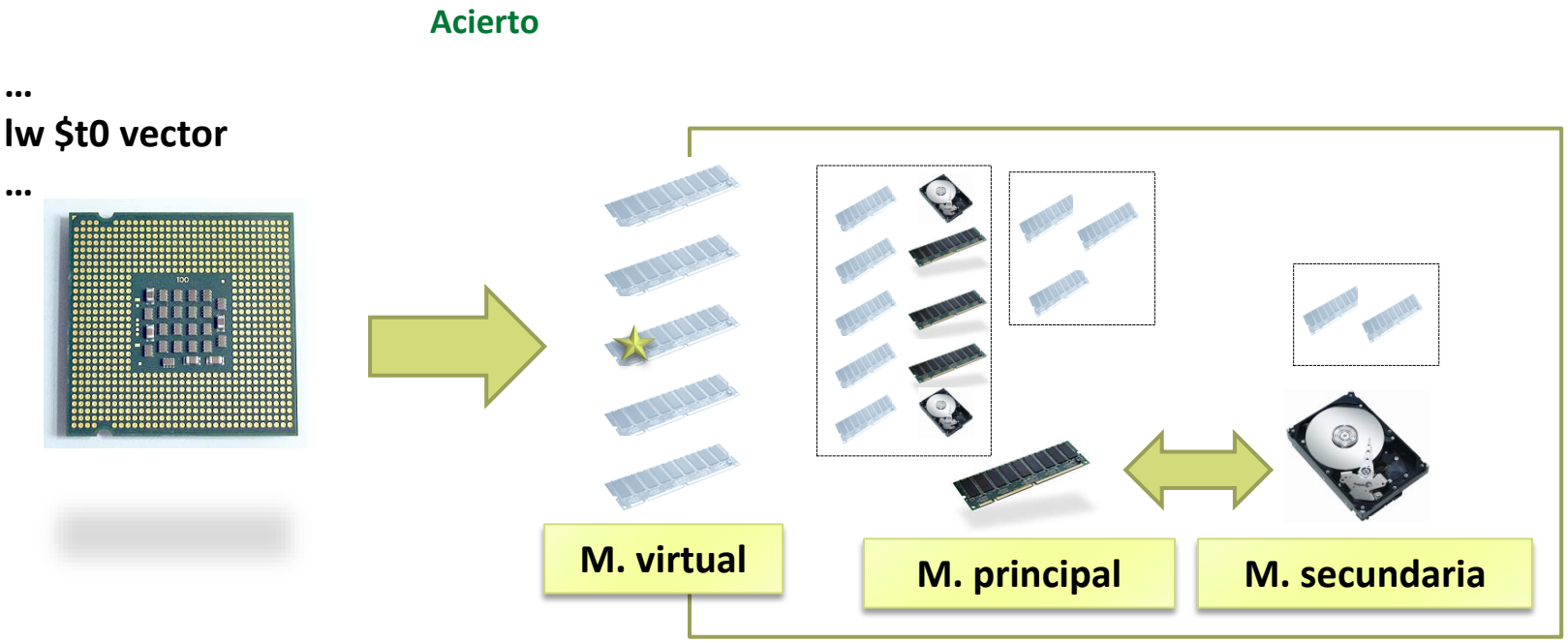
- En la interrupción hardware de disco se transfiere el 'bloque' solicitado a memoria principal y programa una interrupción software.

Introducción a memoria virtual



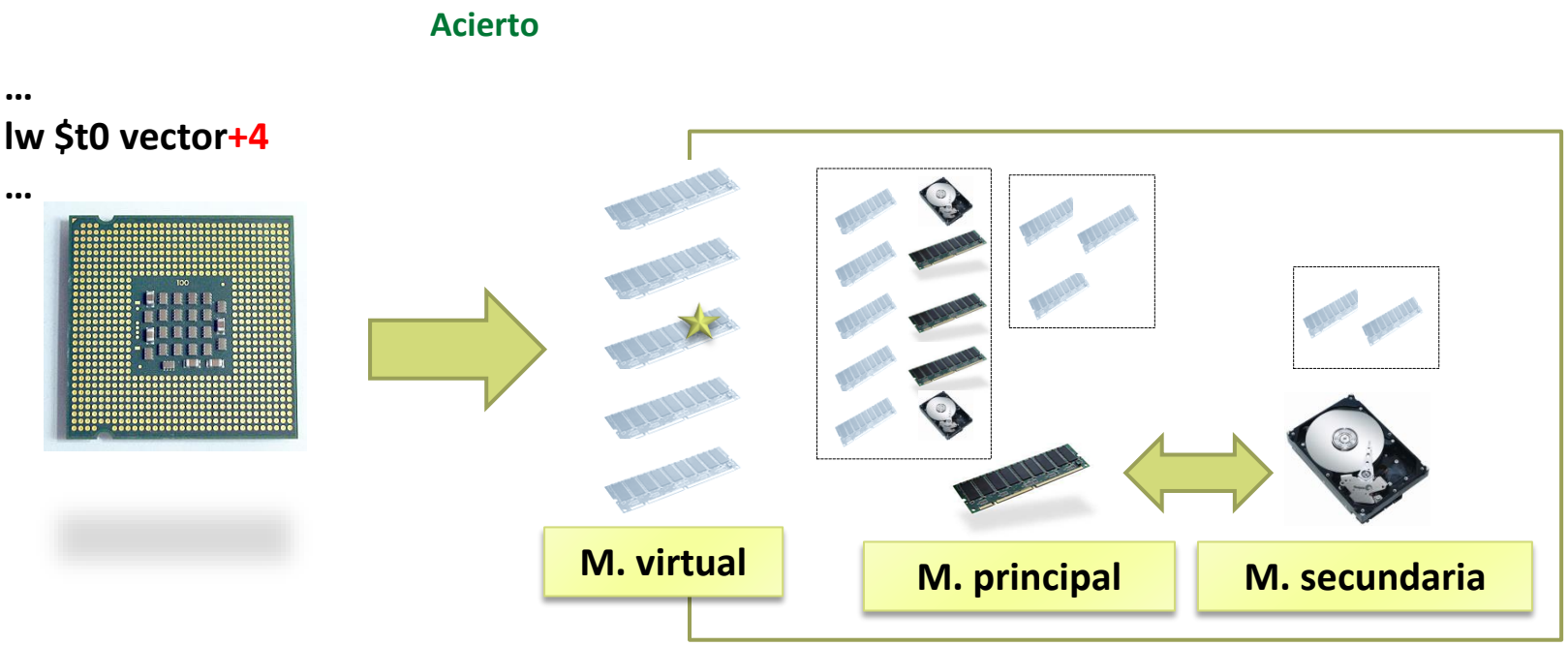
- En la interrupción software se actualiza la tabla de 'bloques' y se pone el proceso listo para ejecutar.

Introducción a memoria virtual



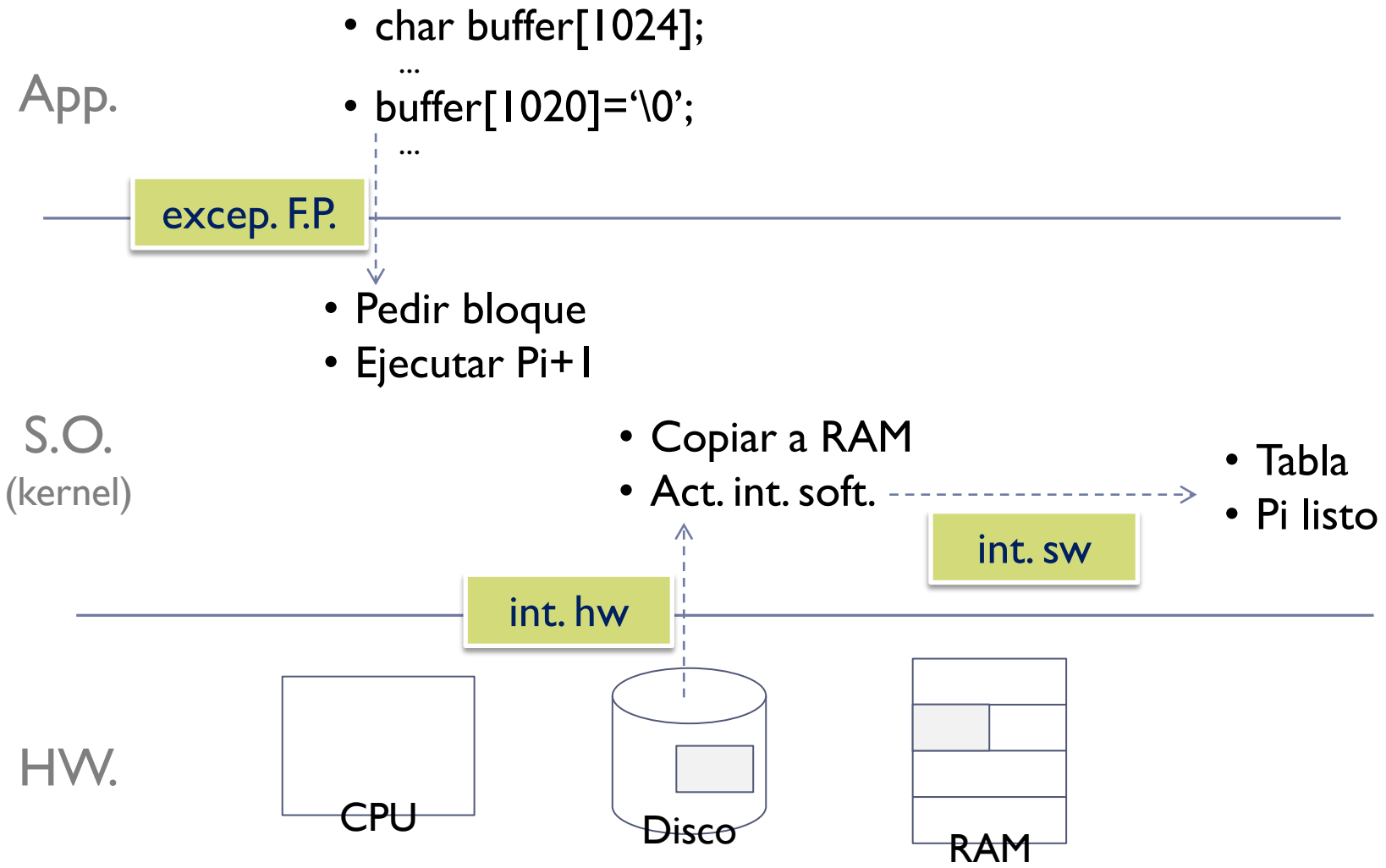
- Se reanuda la ejecución de la instrucción que provocó el fallo.

Introducción a memoria virtual



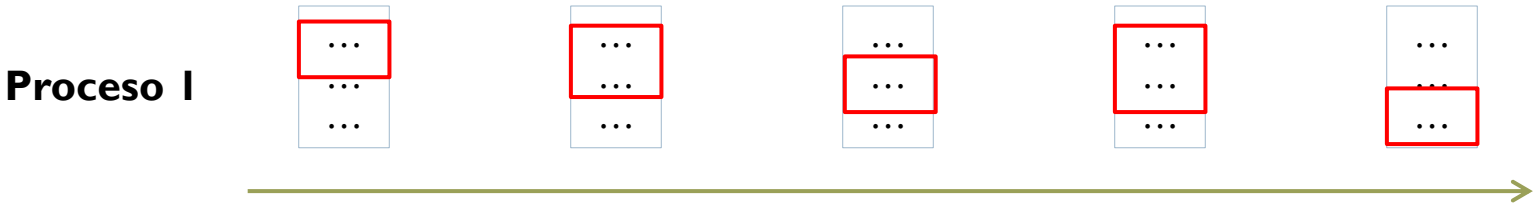
- La siguiente instrucción del mismo bloque no provoca fallo.

Esquema de la excepción de fallo de página



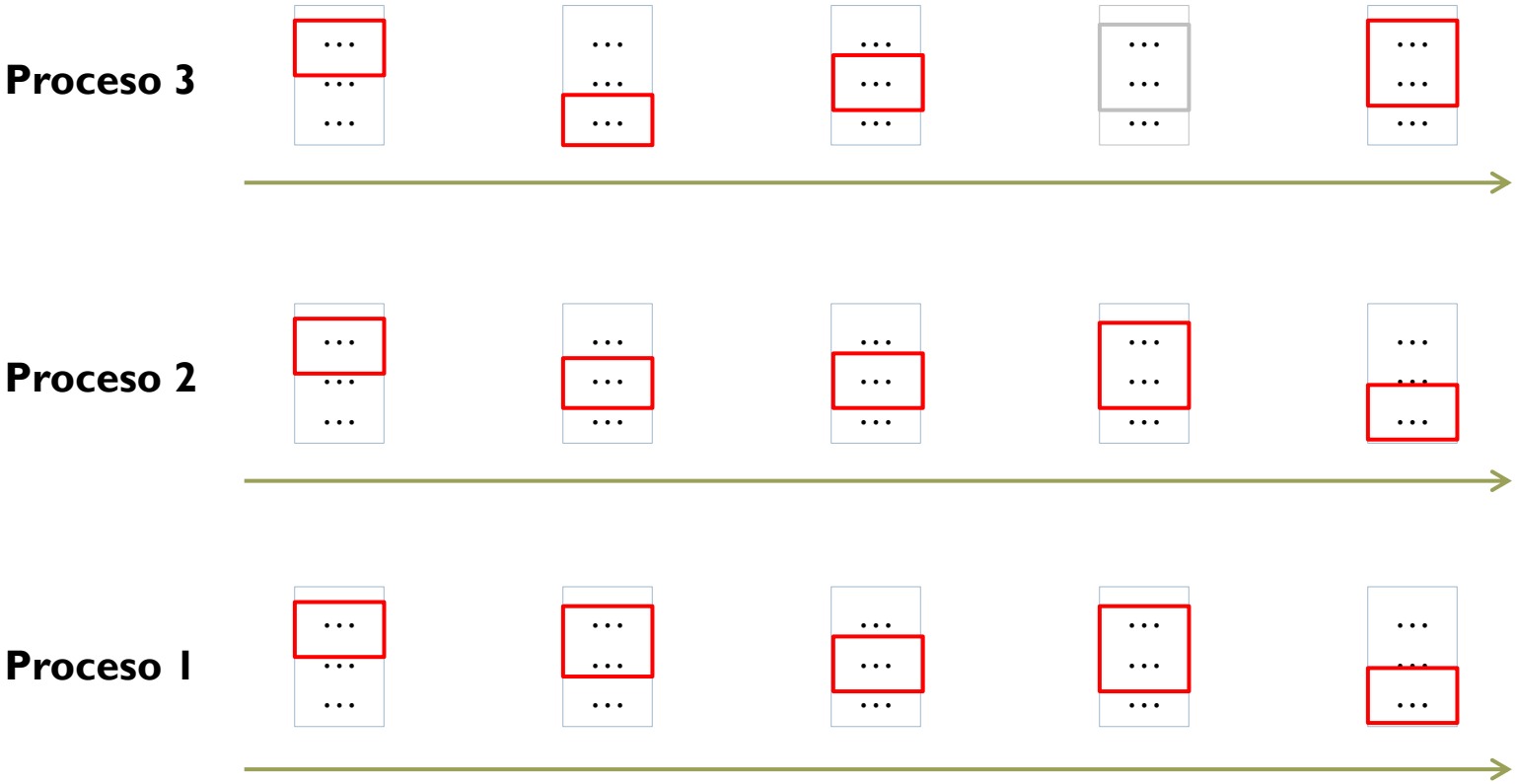
Introducción a memoria virtual

Espacio de trabajo y multiprogramación



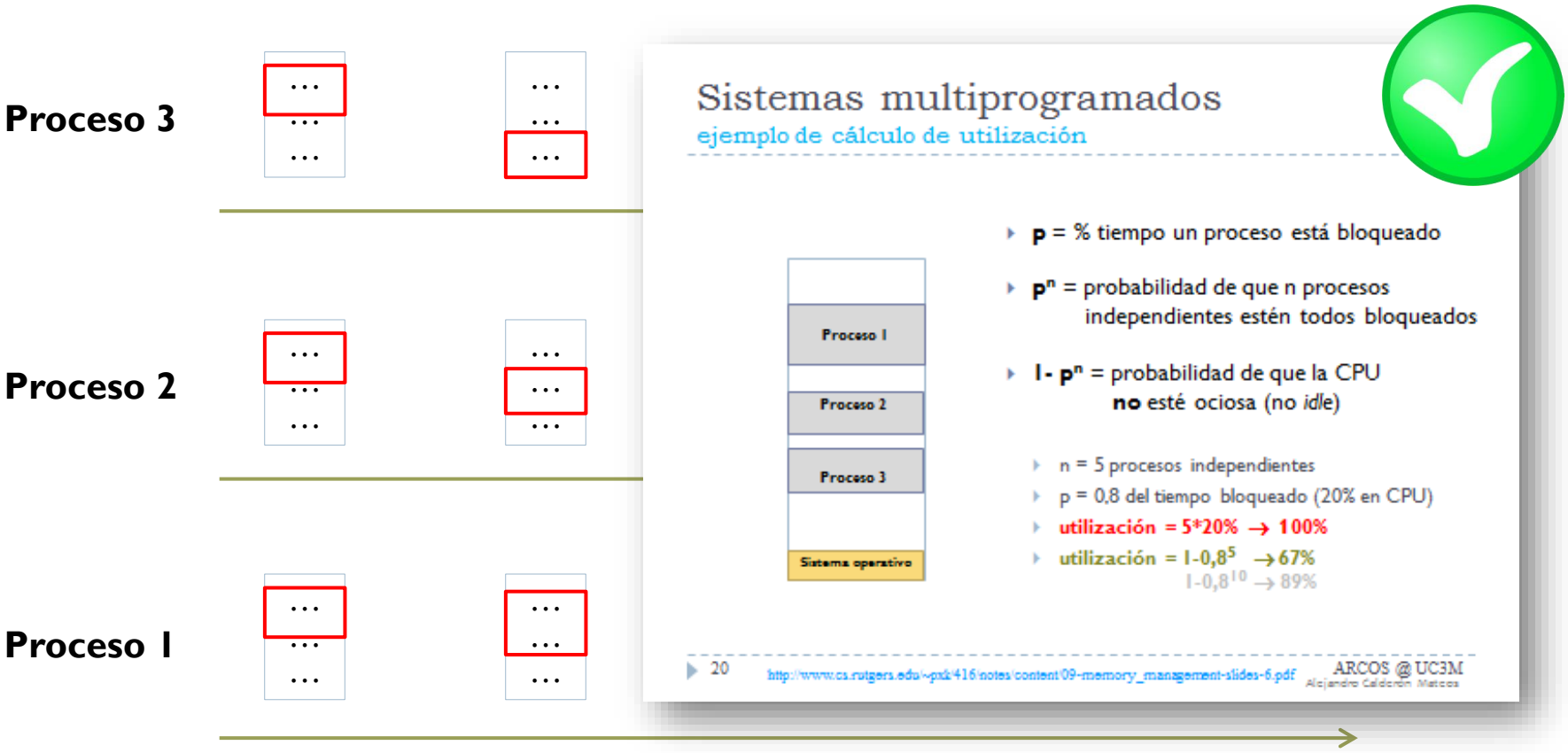
Introducción a memoria virtual

Espacio de trabajo y multiprogramación



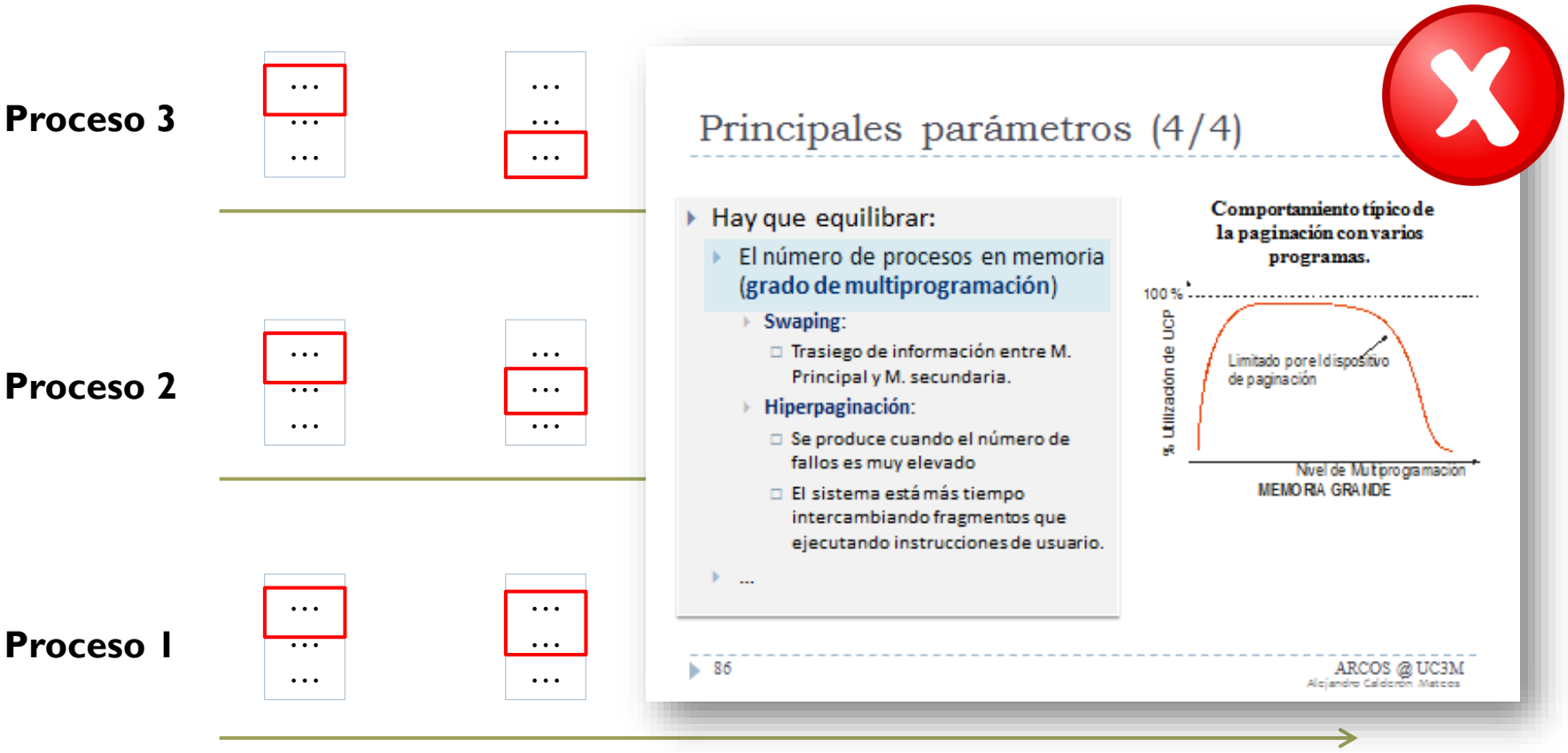
Introducción a memoria virtual

Espacio de trabajo y multiprogramación

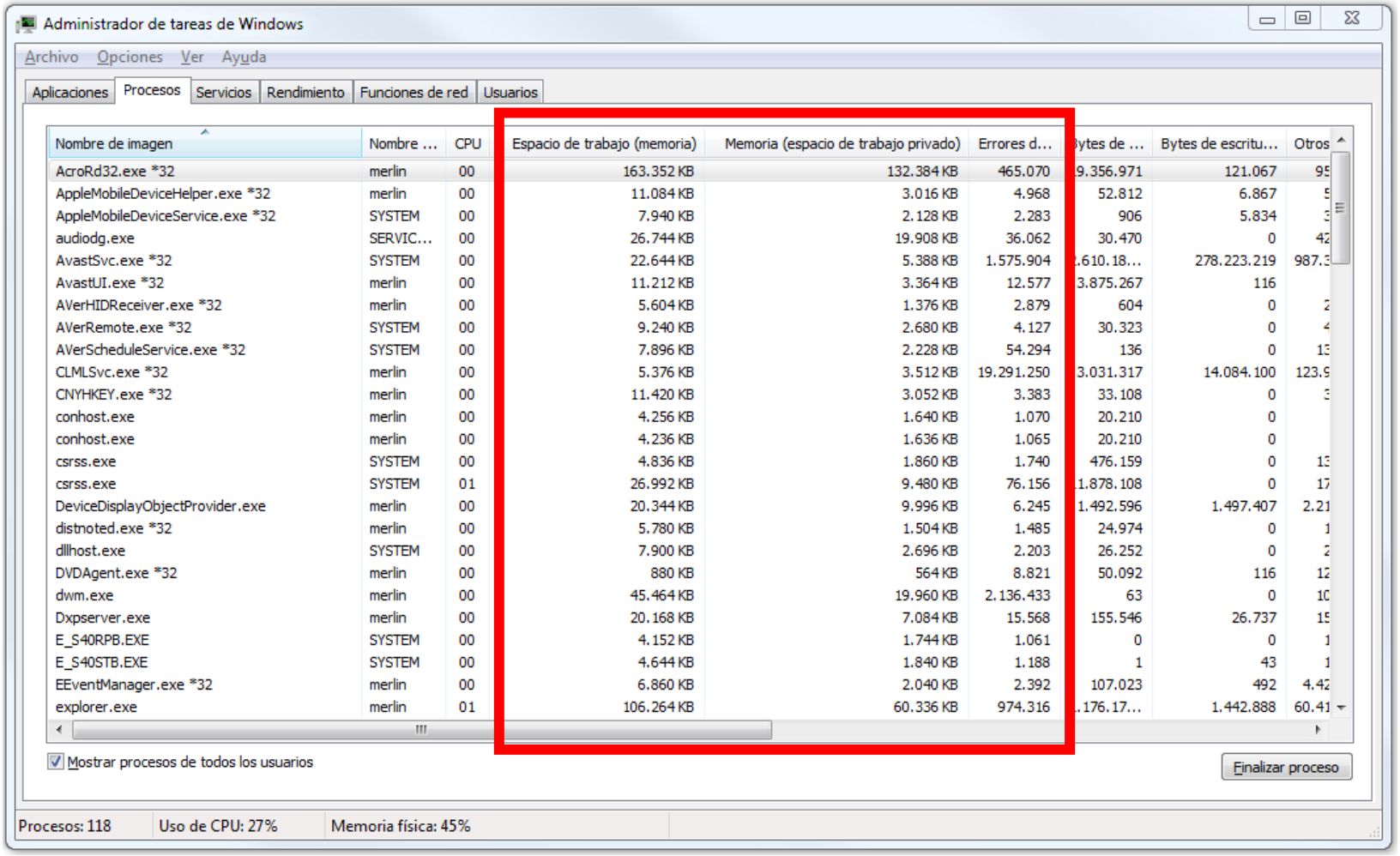


Introducción a memoria virtual

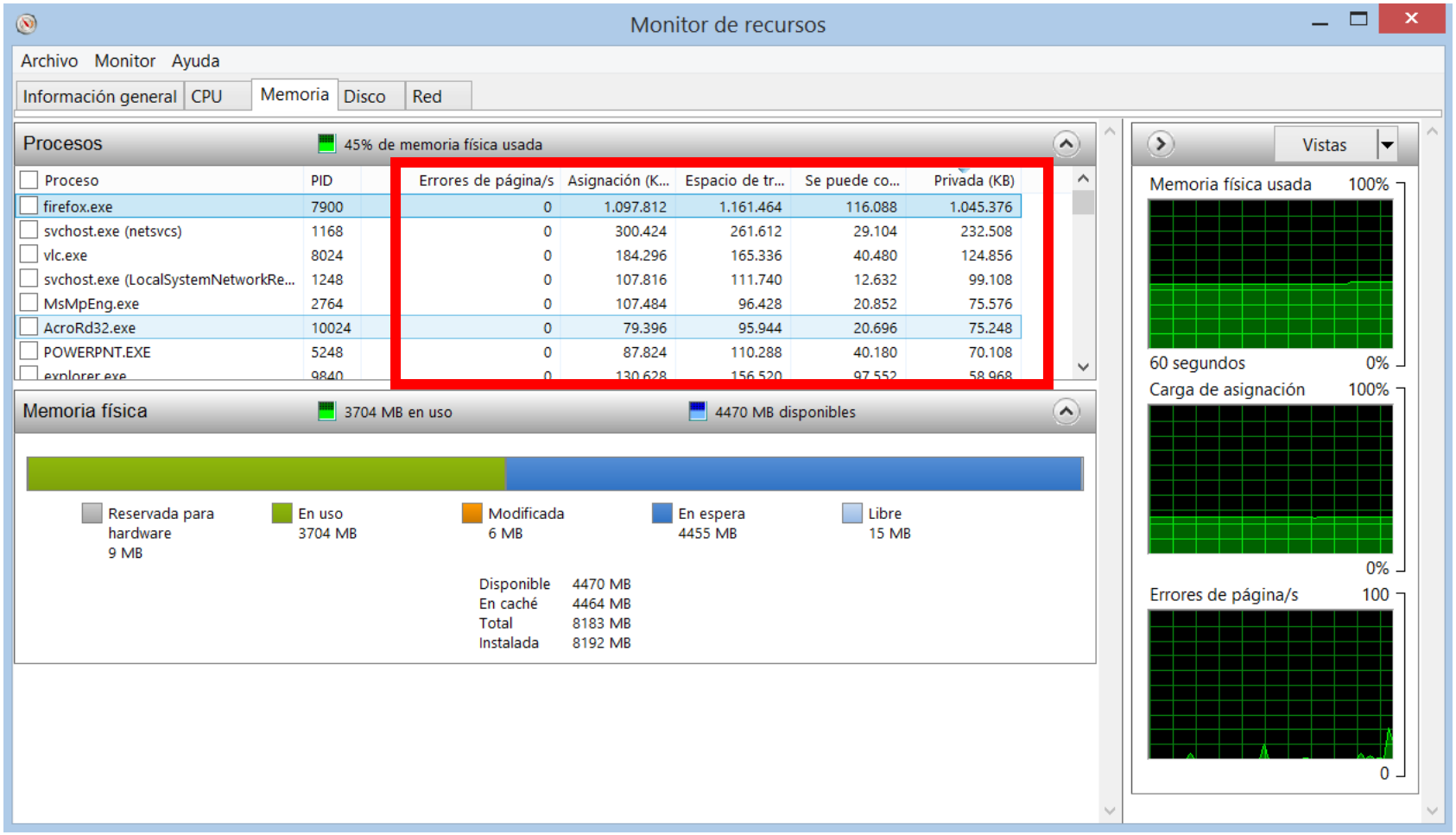
Espacio de trabajo y multiprogramación



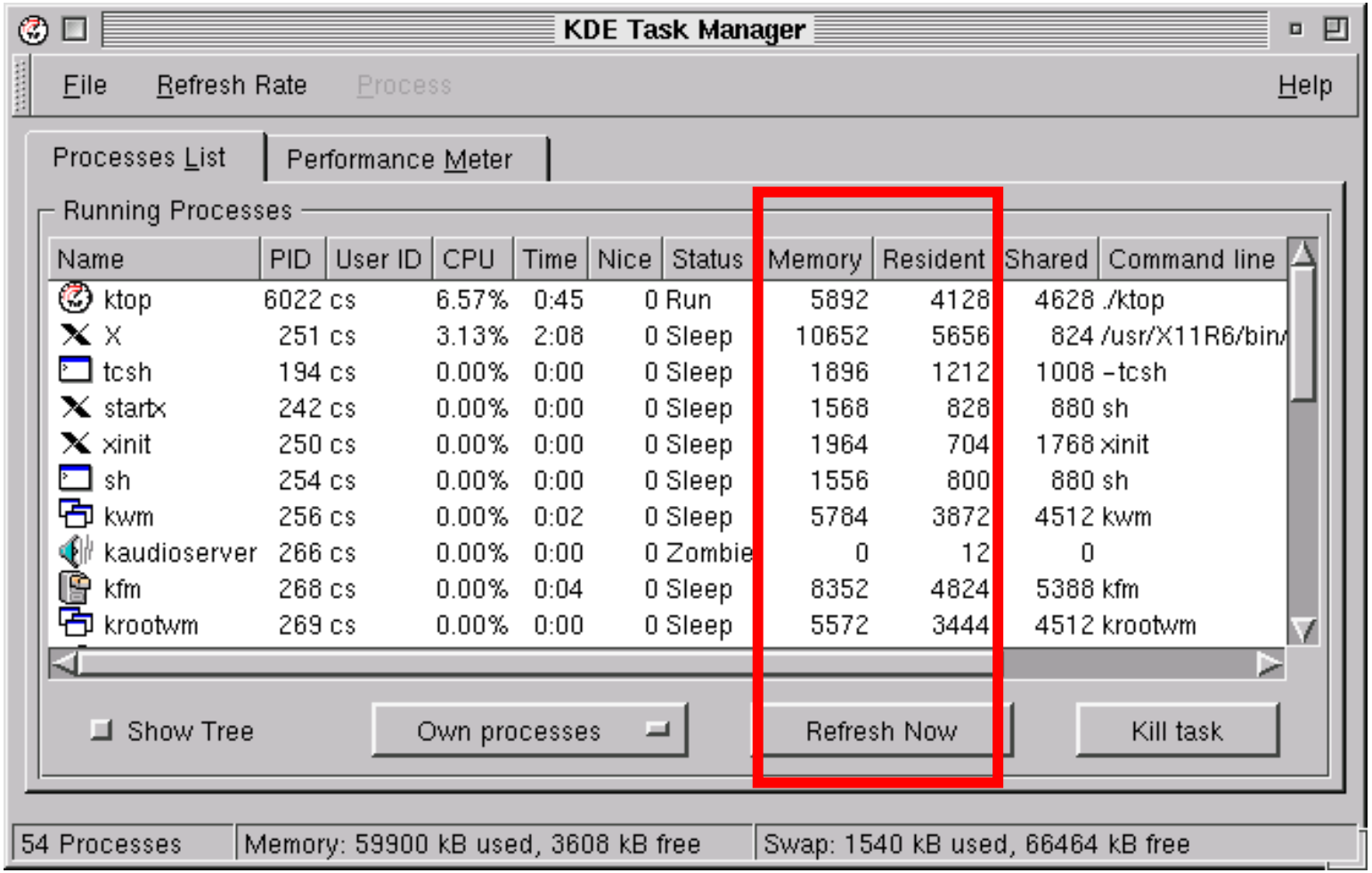
Memoria virtual: Windows 7



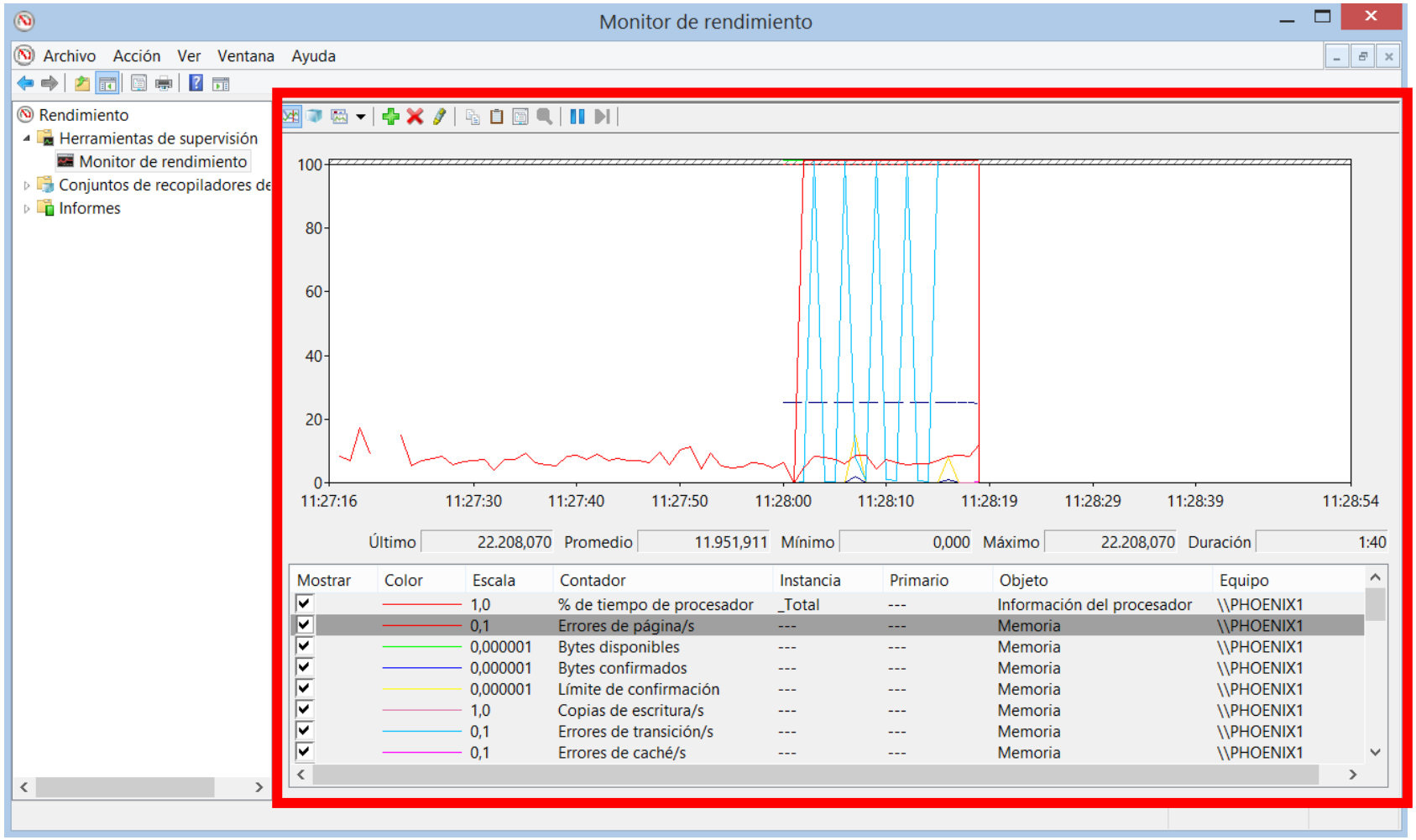
Memoria virtual: Windows 8.x



Memoria virtual: Linux



Windows: perfmon



http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc958290.aspx

Linux: ps, top, …

```
arcos:~$ ps -o min_flt,maj_flt 1
  MINFL  MAJFL
  18333     25
```

Minor fault: petición de reserva de página

Major fault: se precisa acceso a disco

http://www.cyberciti.biz/faq/linux-command-to-see-major-minor-pagefaults/

Linux: ps, top, …

```
arcos:~$ vmstat 1 5
procs   -----------memory----------  ---swap-- -----io---- -system-- ----cpu-----
 r  b   swpd   free    buff   cache    si   so    bi    bo   in   cs us sy  id wa
 1  0    140 3092132 1575132 2298820    0    0    12    19   20   32  1  2  97  0
 0  0    140 3092124 1575132 2298820    0    0     0     0  128  250  0  0 100  0
 0  0    140 3092124 1575132 2298820    0    0     0    16  143  281  0  0 100  1
 0  0    140 3092124 1575132 2298820    0    0     0     0  137  247  0  0 100  0
 0  0    140 3092124 1575132 2298820    0    0     0     0  138  270  0  0 100  0
```

Procs

r: The number of processes waiting for run time.
b: The number of processes in uninterruptible sleep.

Memory

swpd: the amount of virtual memory used.
free: the amount of idle memory.
buff: the amount of memory used as buffers.
cache: the amount of memory used as cache.
inact: the amount of inactive memory. (-a option)
active: the amount of active memory. (-a option)

Swap

si: Amount of memory swapped in from disk (/s).
so: Amount of memory swapped to disk (/s).

IO

bi: Blocks received from a block device (blocks/s).
bo: Blocks sent to a block device (blocks/s).

System

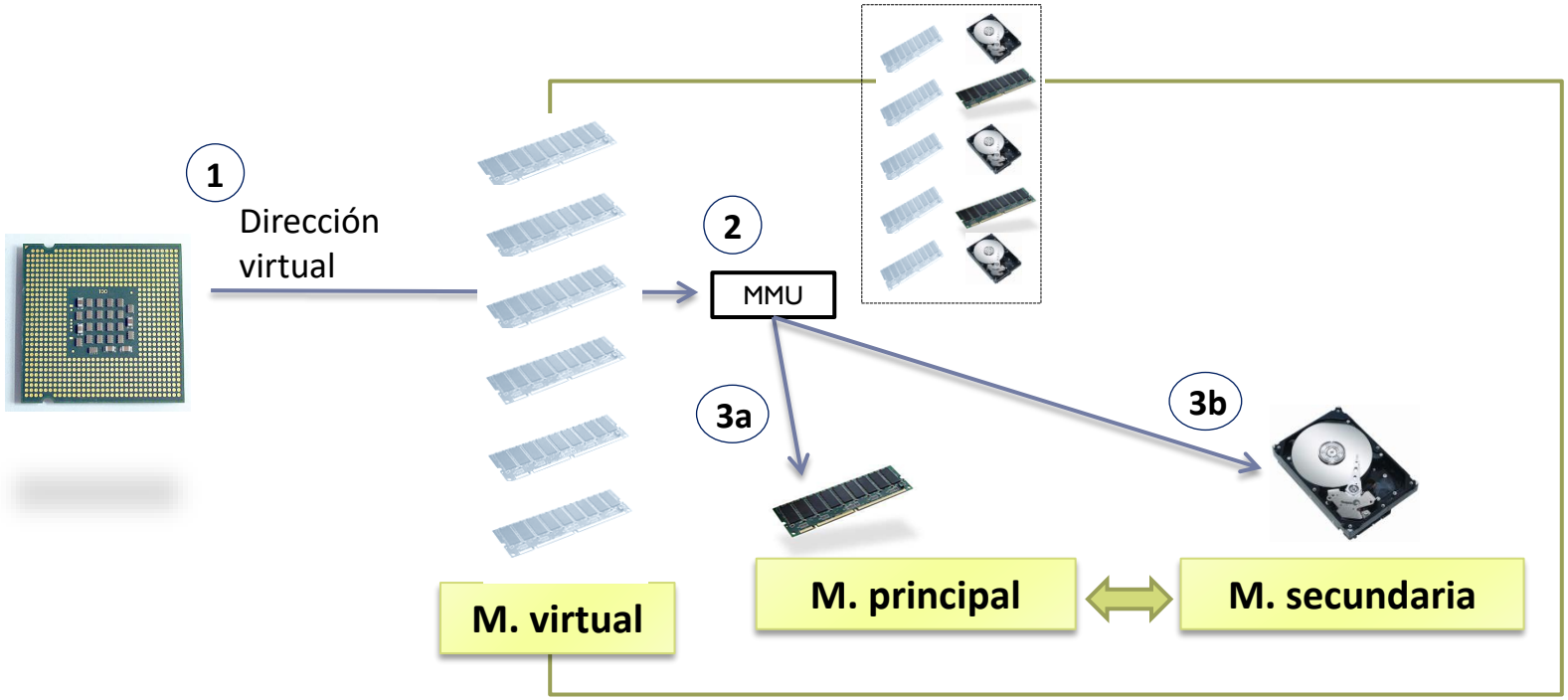
in: The number of interrupts per second, including the clock.
cs: The number of context switches per second.

CPU

These are percentages of total CPU time.
us: Time spent running non-kernel code. (user time, including nice time)
sy: Time spent running kernel code. (system time)
id: Time spent idle. Prior to Linux 2.5.41, this includes IO-wait time.
wa: Time spent waiting for IO. Prior to Linux 2.5.41, included in idle.
st: Time stolen from a virtual machine. Prior to Linux 2.6.11, unknown.

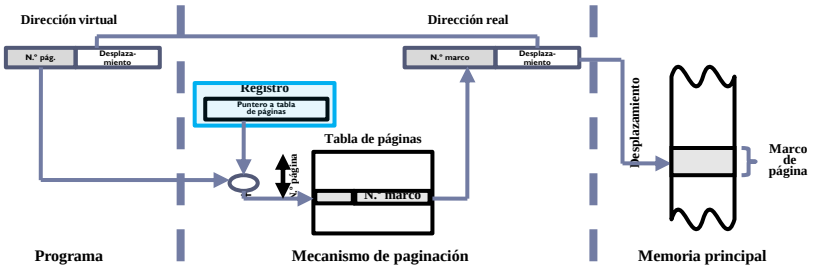
http://www.cyberciti.biz/faq/linux-command-to-see-major-minor-pagefaults/

Sistemas con memoria virtual
mecanismos de implementación

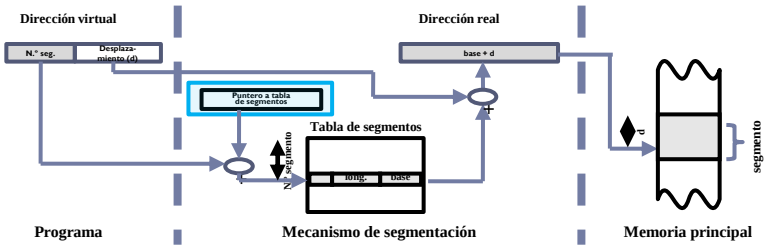


Memoria virtual

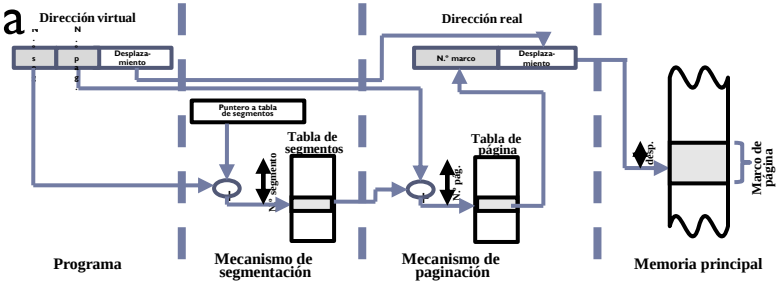
- Paginación



- Segmentación

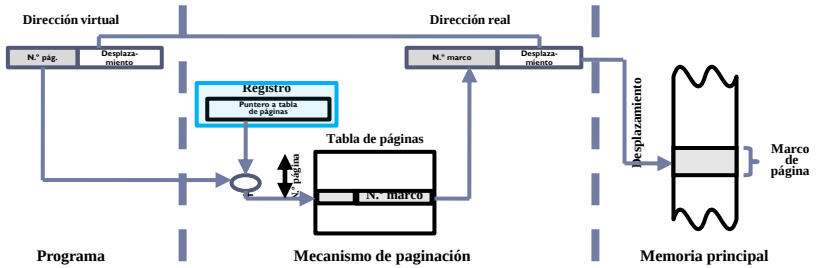


- Segmentación paginada

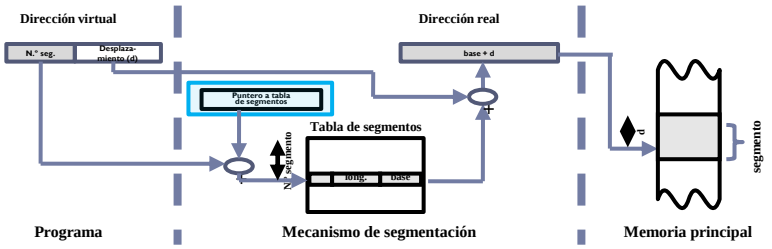


Memoria virtual

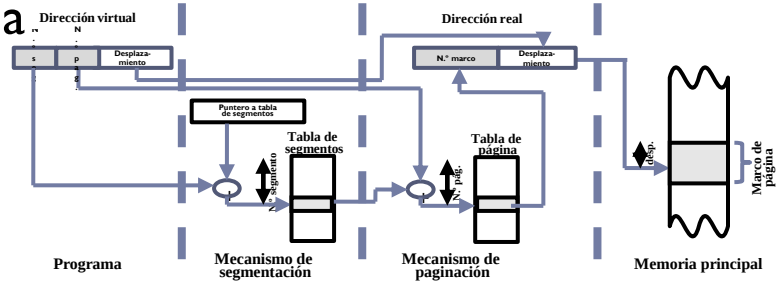
- Paginación



- Segmentación



- Segmentación paginada



Ejemplo

32 bits

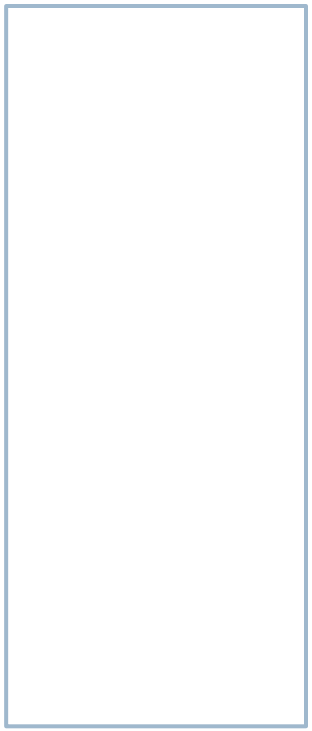
0110100010010l0

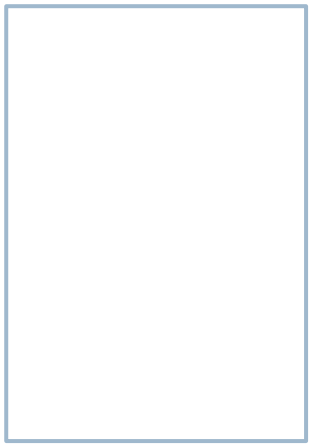
Dirección virtual

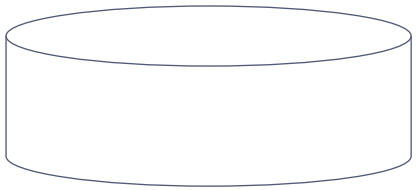
22 bits

1111100100000

Dirección física

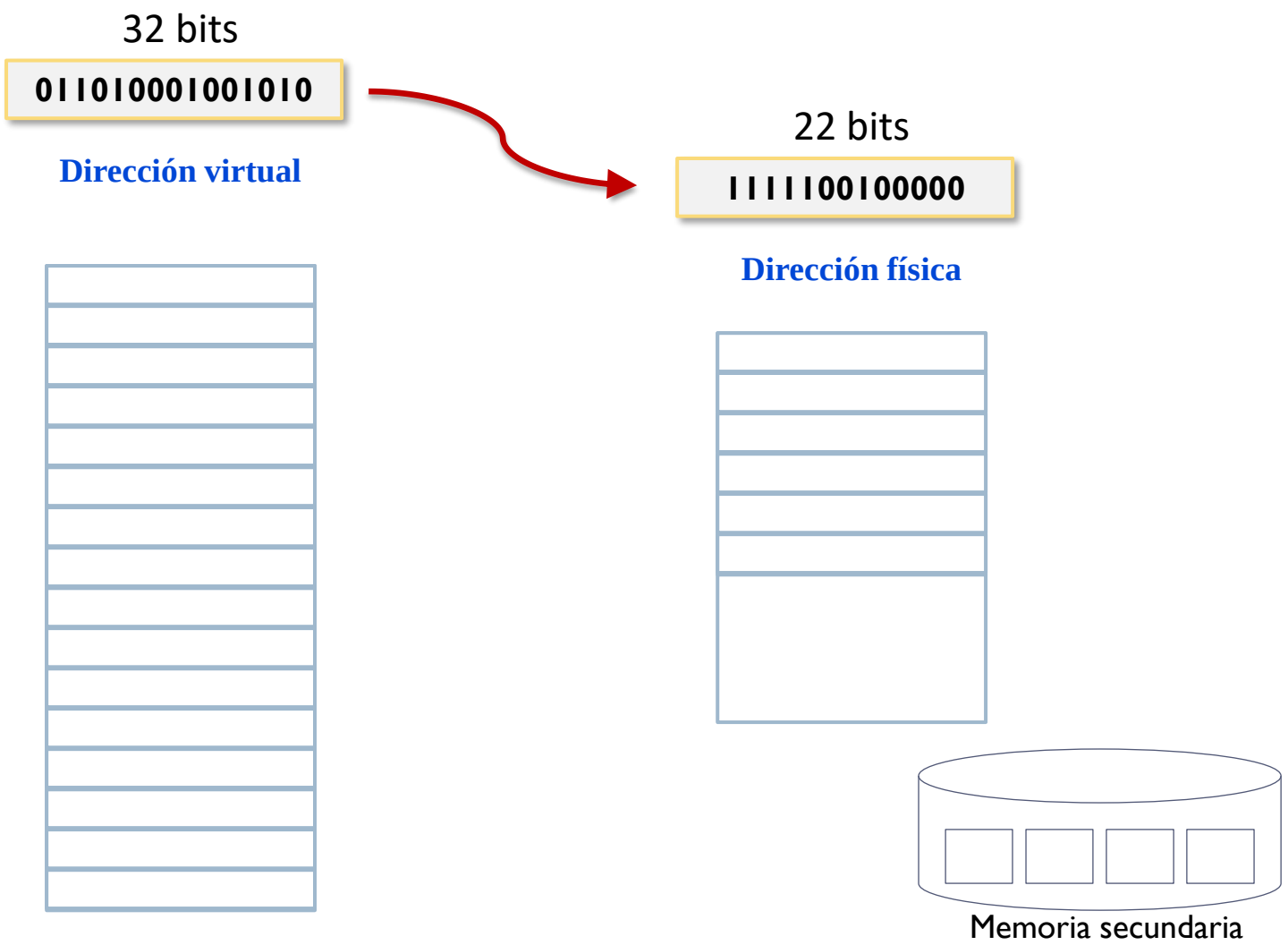






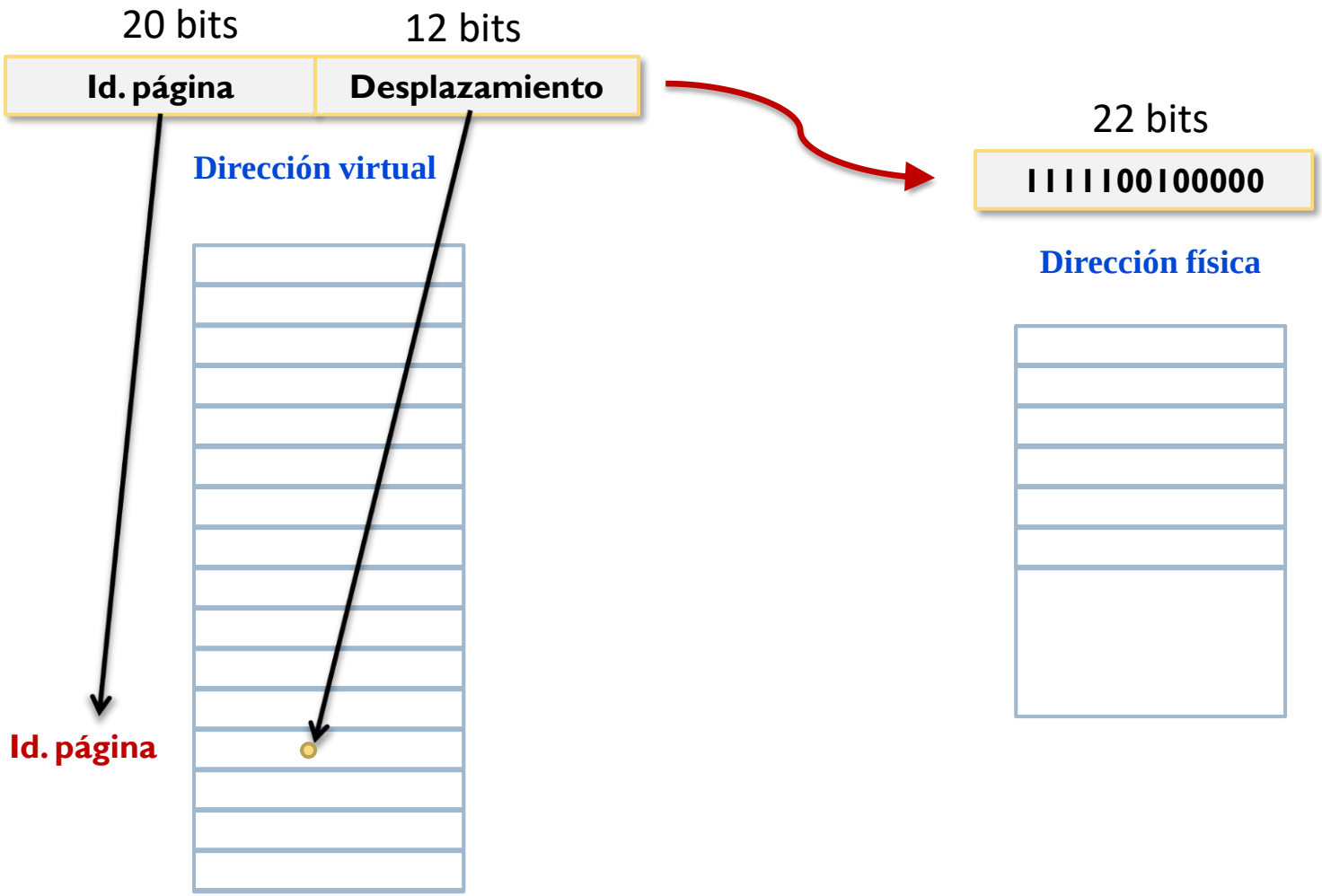
Memoria secundaria

Ejemplo



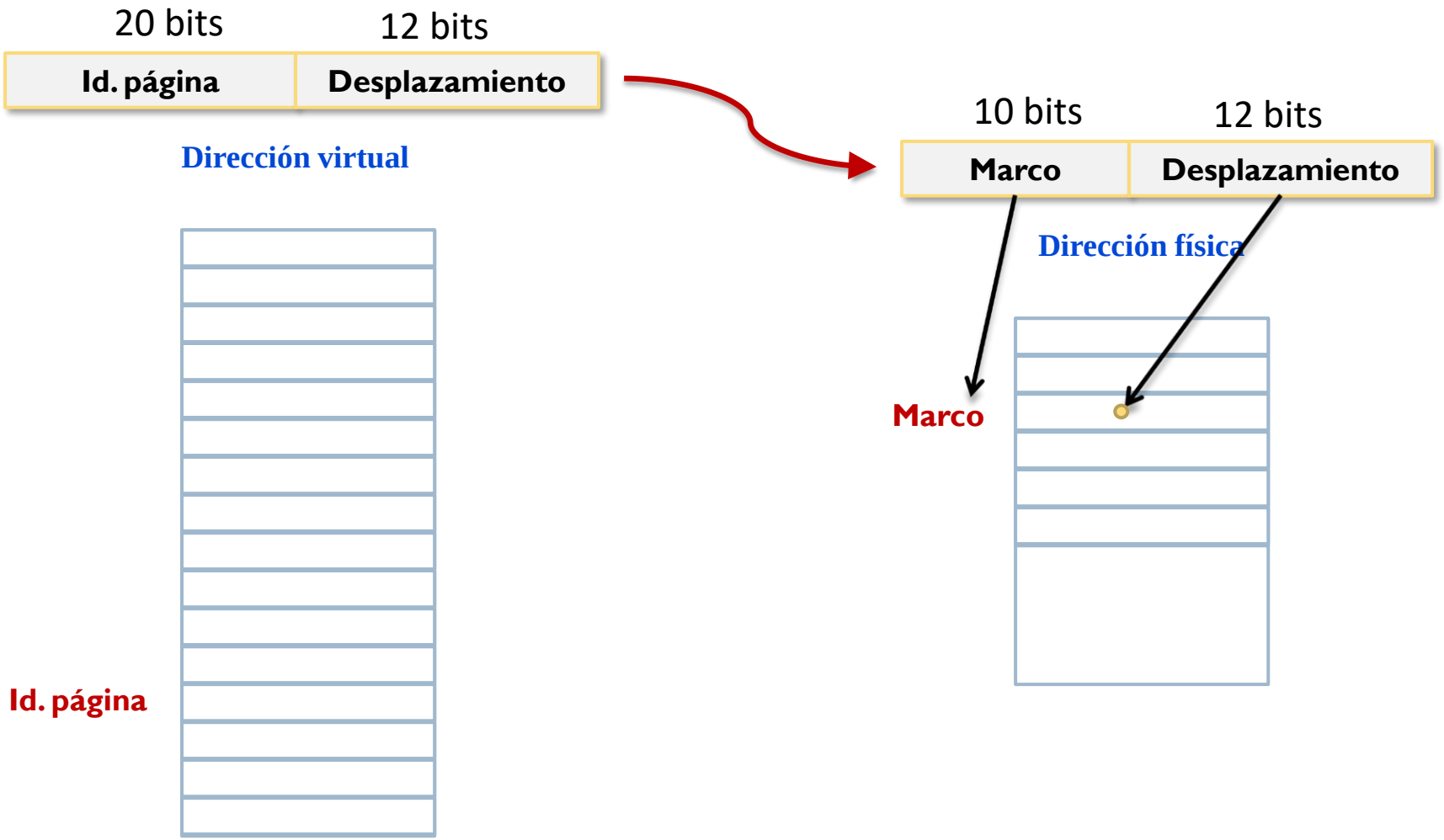
División en bloques del mismo tamaño -> páginas

Ejemplo



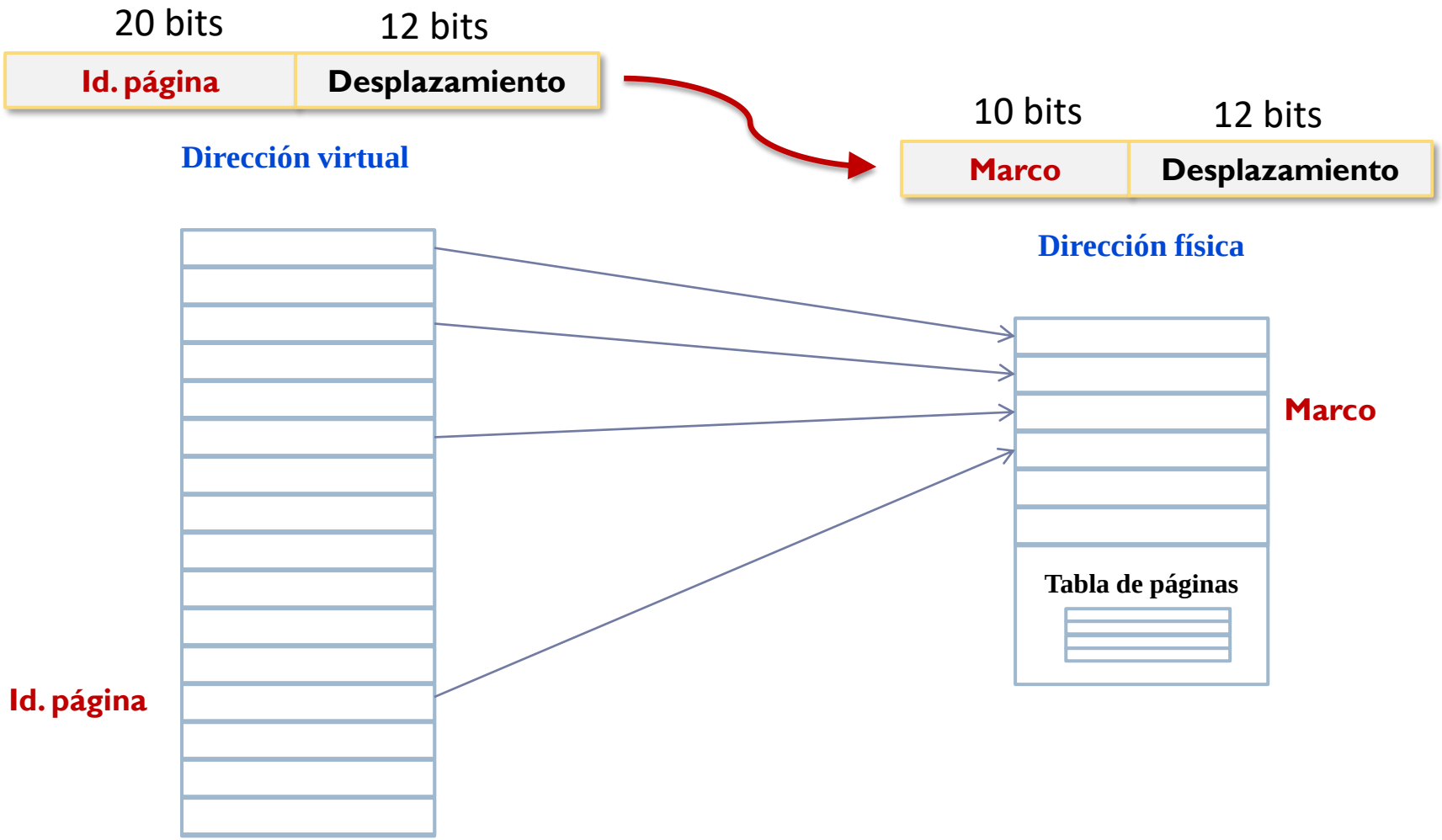
División en bloques del mismo tamaño -> páginas

Ejemplo



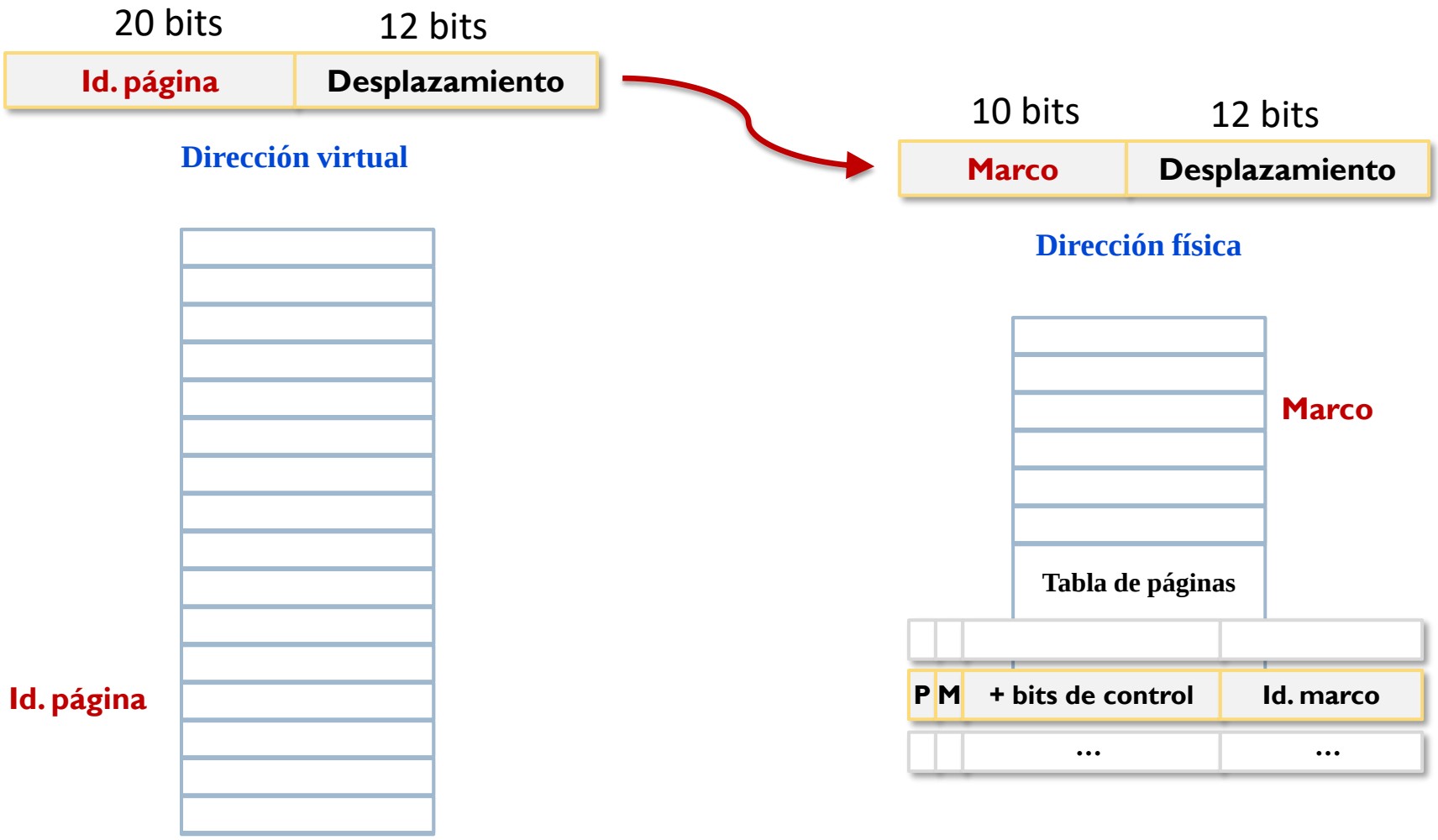
División en bloques del mismo tamaño -> páginas

Ejemplo



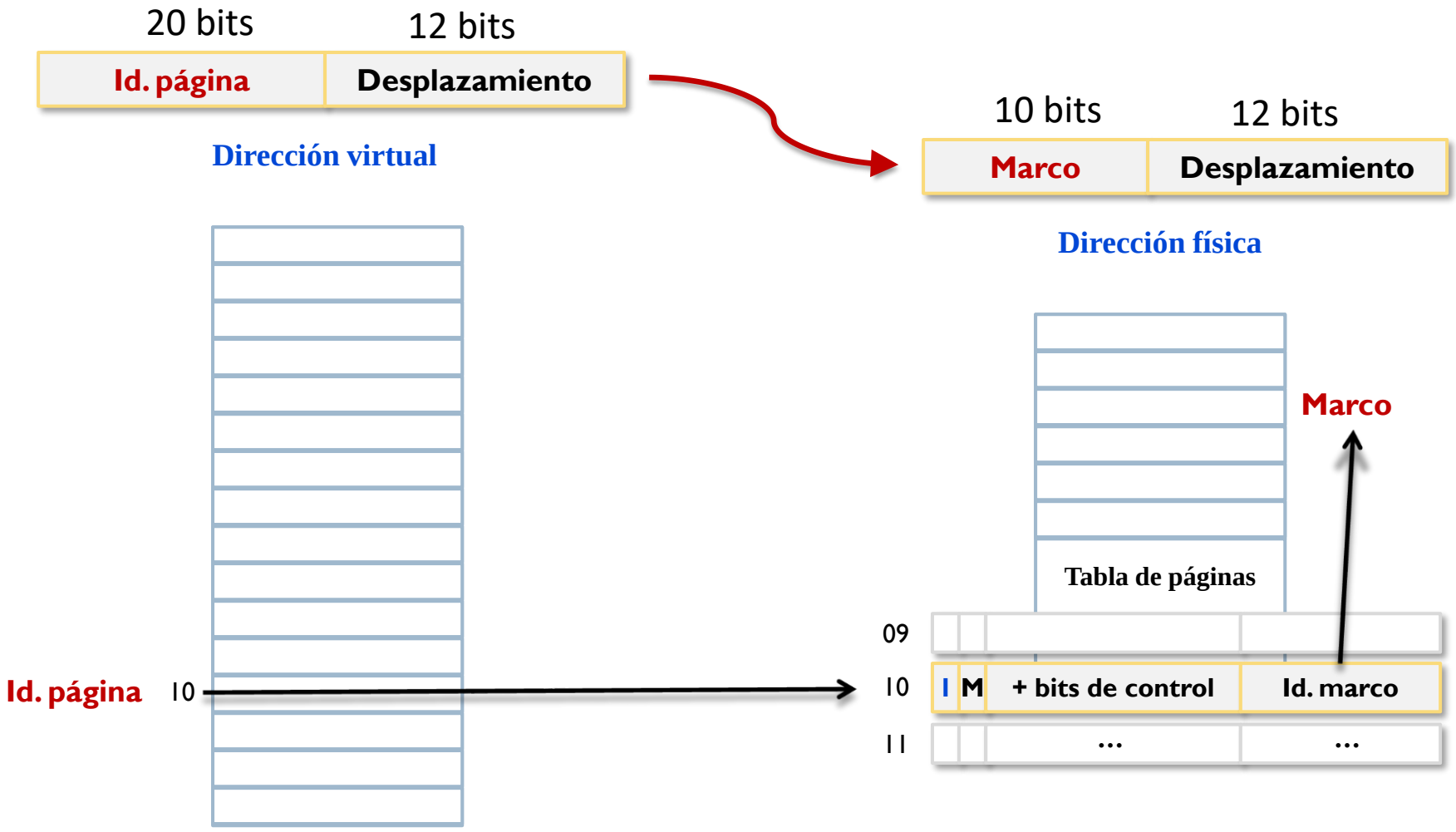
Correspondencia entre Id. página y marco -> T. páginas

Ejemplo

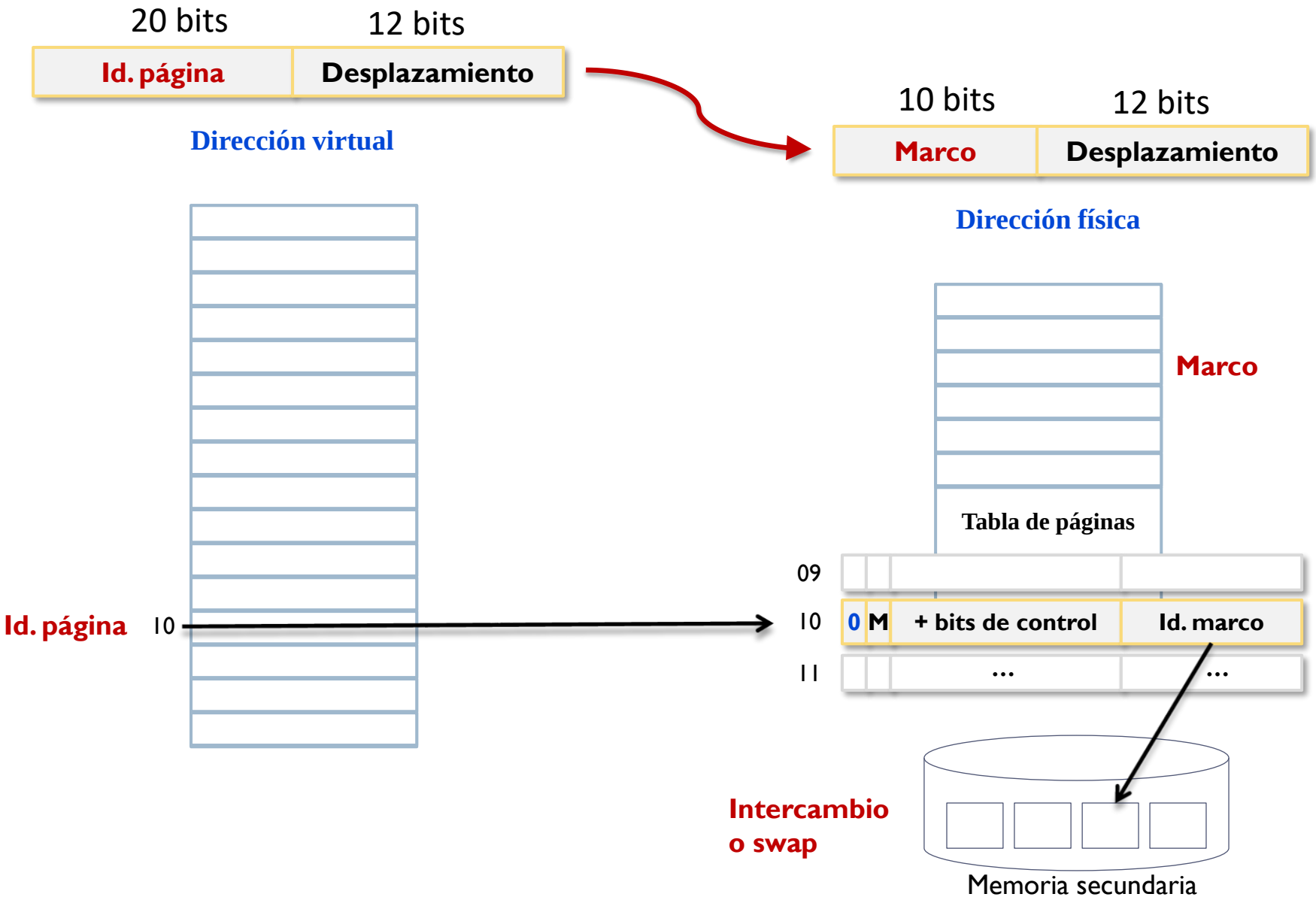


Correspondencia entre Id. página y marco -> T. páginas

Ejemplo

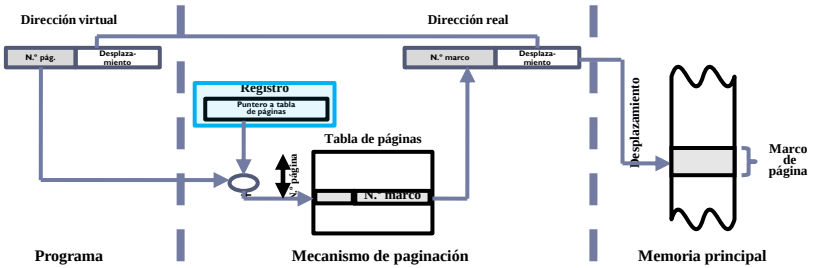

20 bits
12 bits
Id. página
Desplazamiento
Dirección virtual
10 bits
12 bits
Marco
Desplazamiento
Dirección física
Marco
Tabla de páginas
Id. página
10
09
10
11
I
M
+ bits de control
Id. marco
...
...

Ejemplo

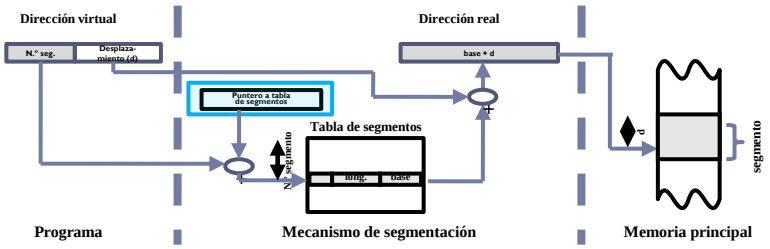

20 bits
12 bits
Id. página
Desplazamiento
Dirección virtual
10 bits
12 bits
Marco
Desplazamiento
Dirección física
Marco
Tabla de páginas
09
10
11
0
M
+ bits de control
Id. marco
...
...
Id. página
10
Intercambio o swap
Memoria secundaria

Memoria virtual

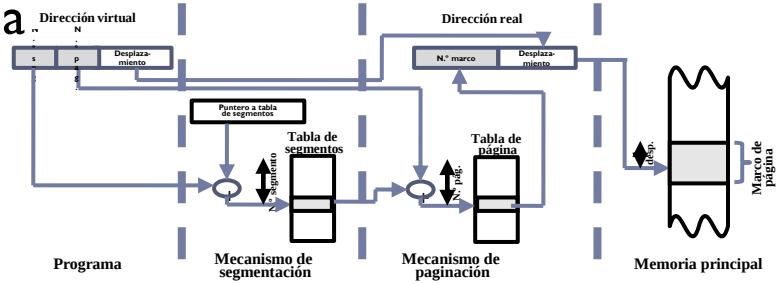
- Paginación



- Segmentación



- Segmentación paginada



Ejemplo

32 bits

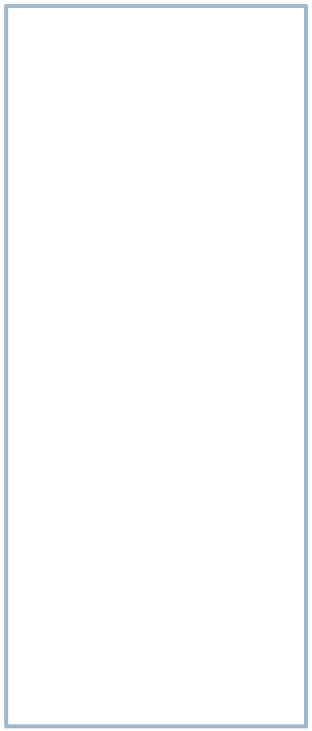
0110100010010l0

Dirección virtual

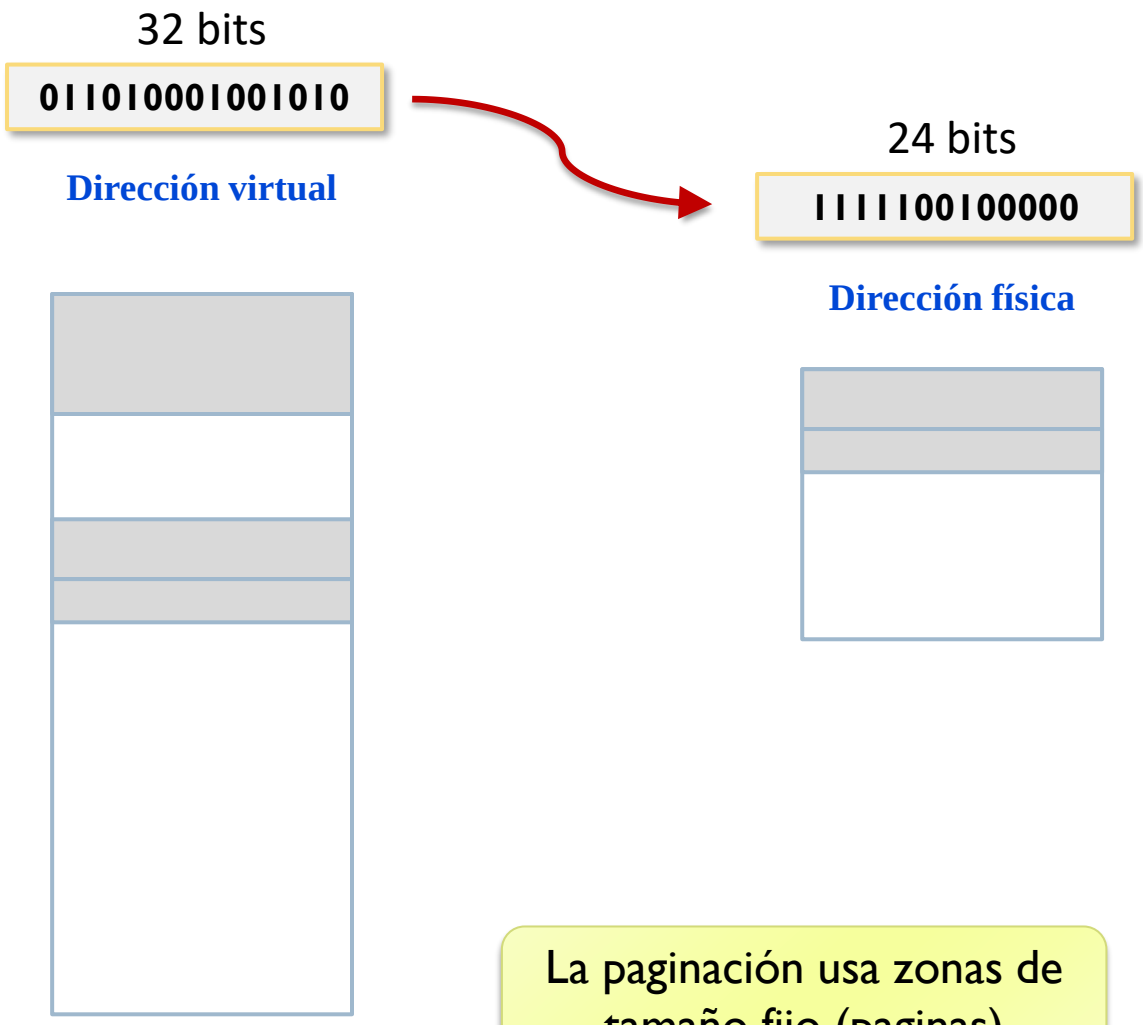
24 bits

111110010000

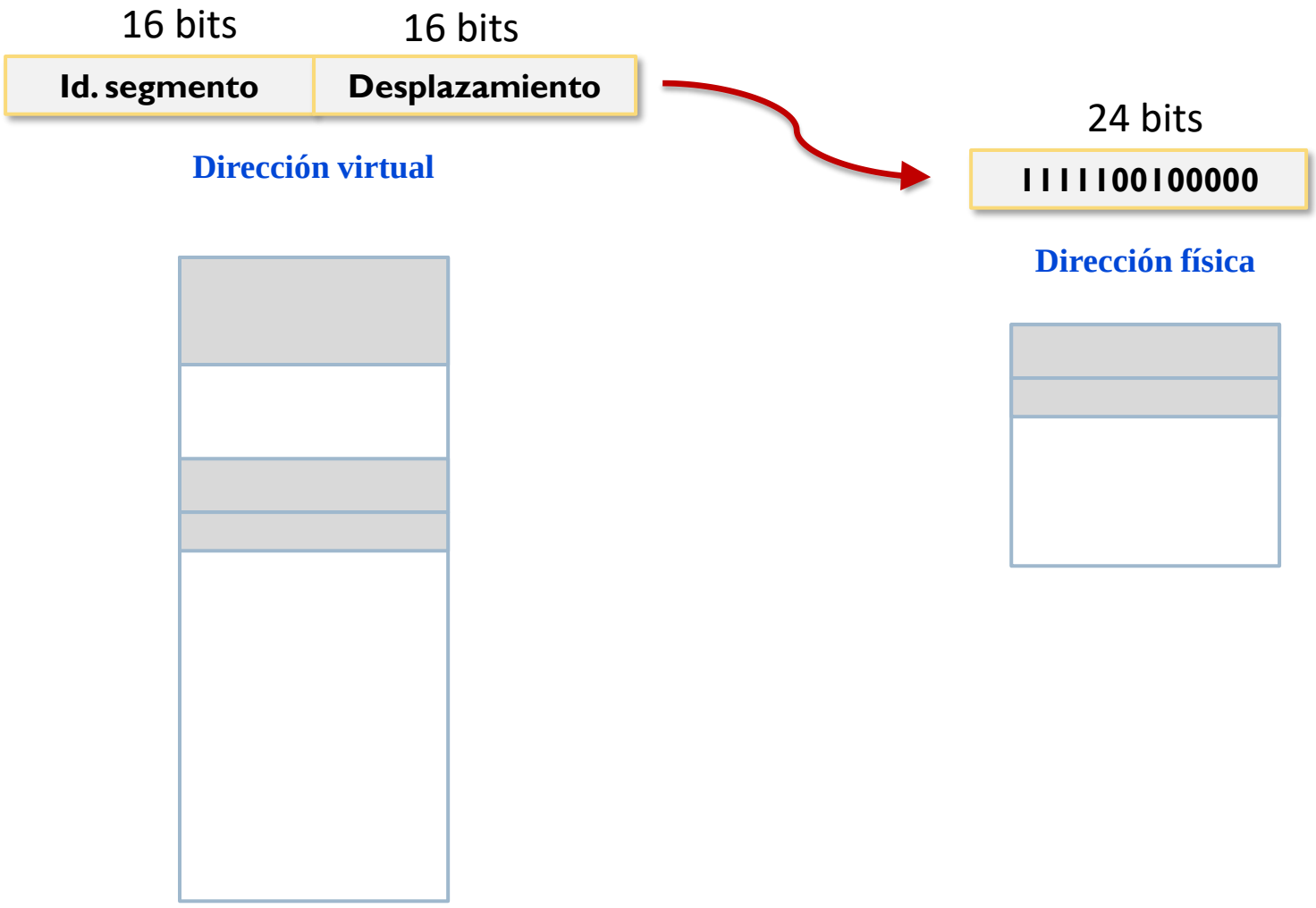
Dirección física



Ejemplo

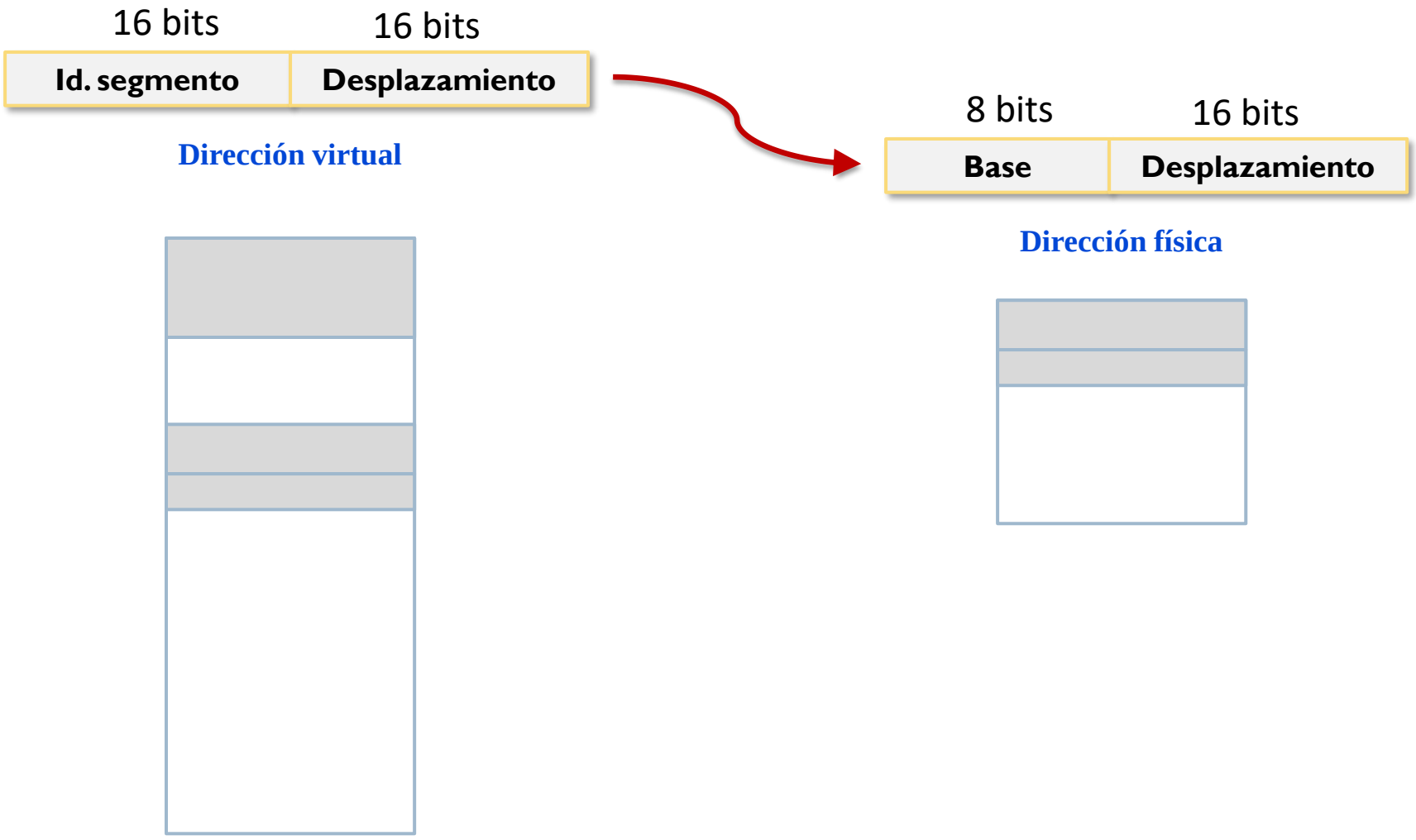

32 bits
01101000100101O
Dirección virtual
24 bits
111110010000O
Dirección física
La paginación usa zonas de tamaño fijo (paginas)
División en zonas de tamaño variable -> segmentos

Ejemplo



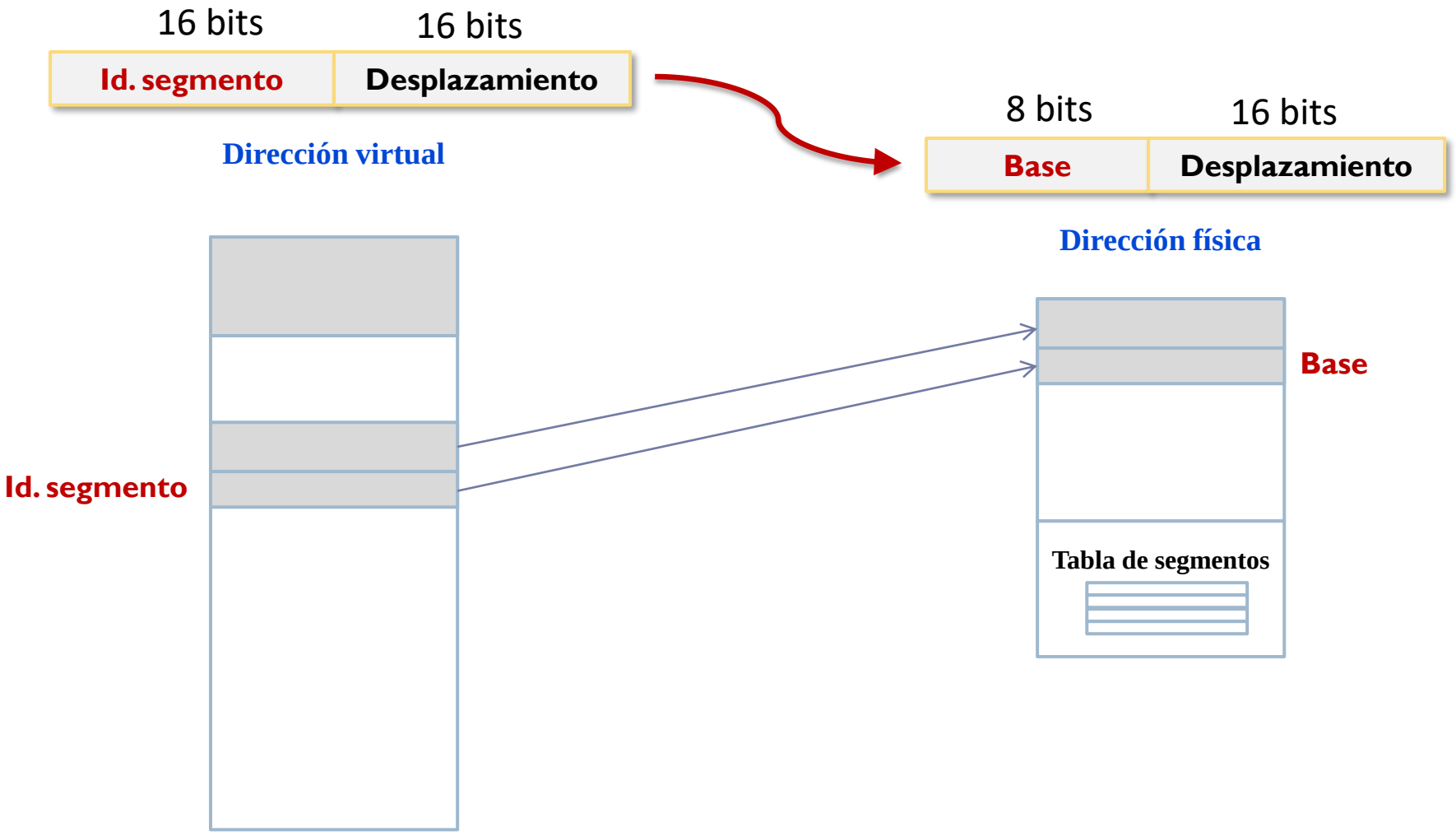
División en zonas de tamaño variable -> segmentos

Ejemplo



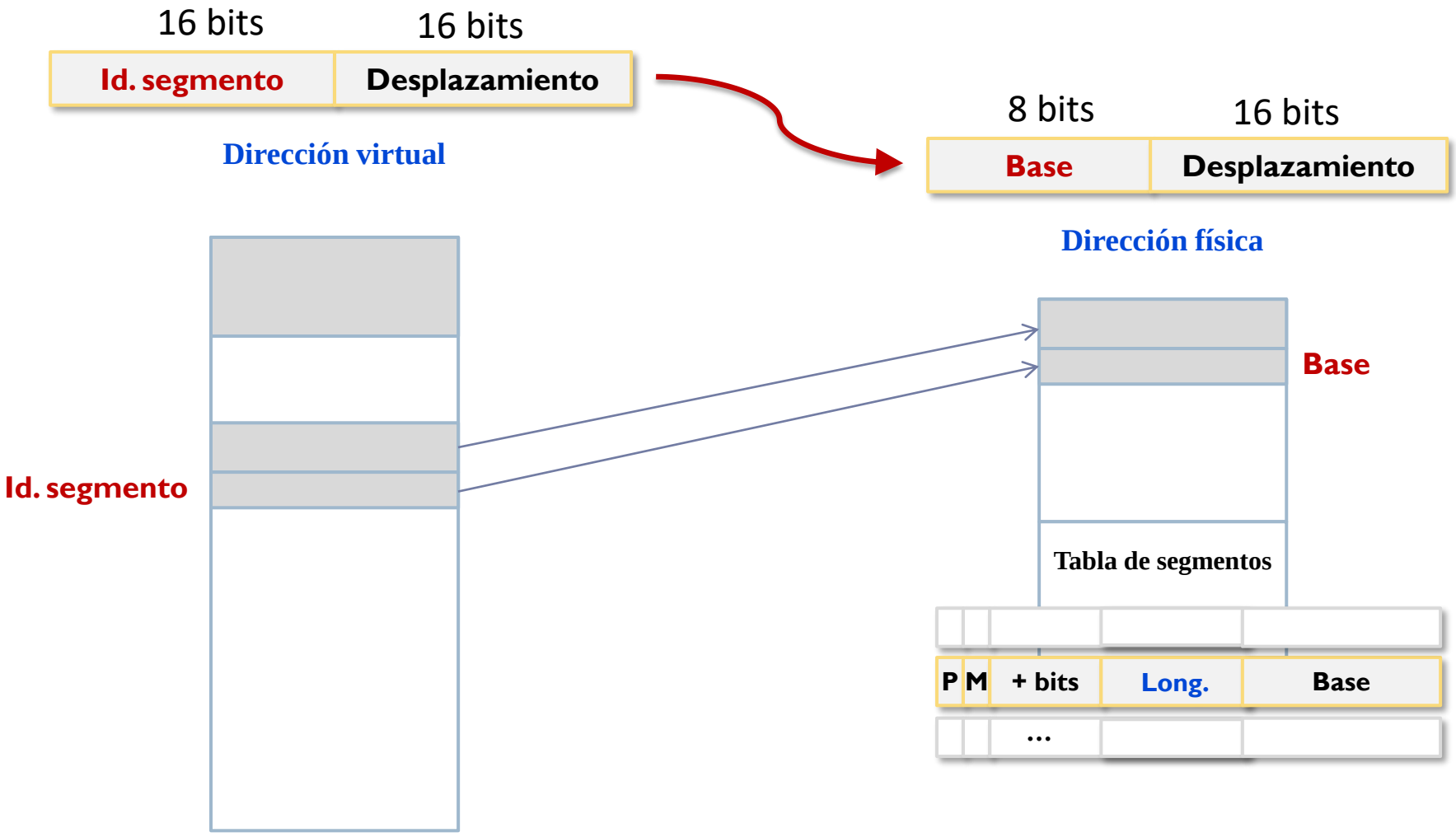
División en zonas de tamaño variable -> segmentos

Ejemplo



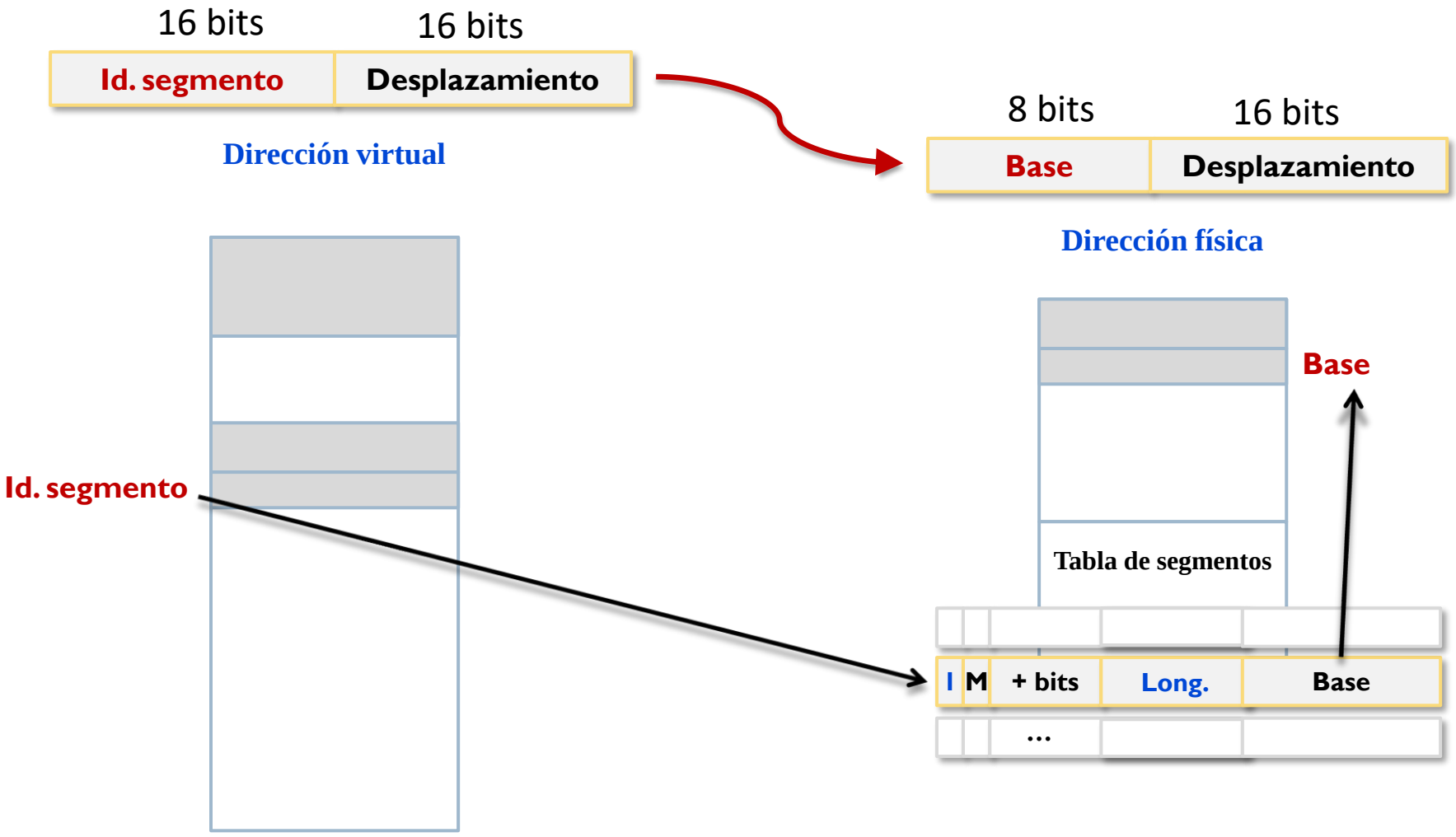
Correspondencia M.V. y M.F. -> tabla de segmentos

Ejemplo

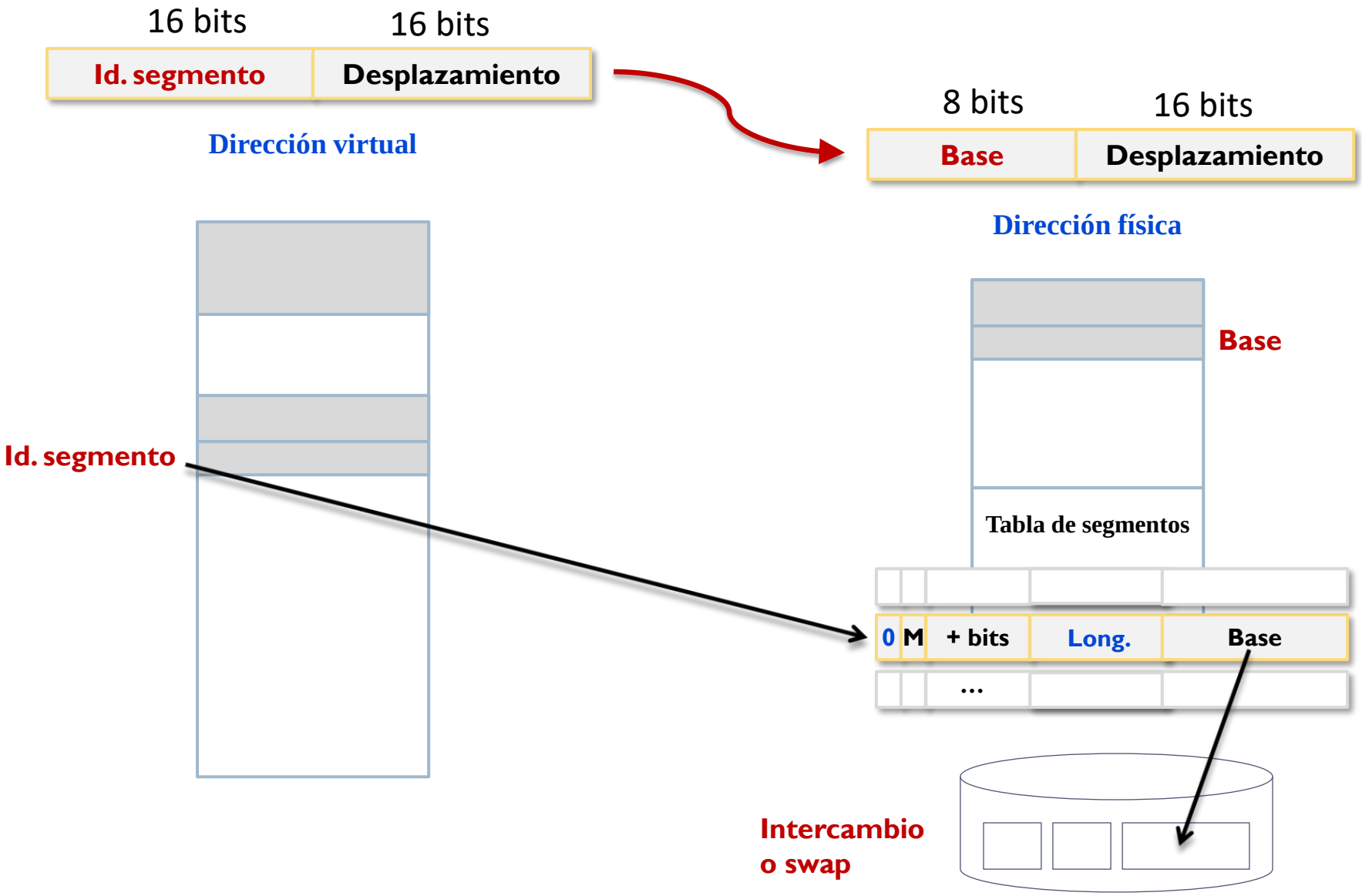


Correspondencia M.V. y M.F. -> tabla de segmentos

Ejemplo

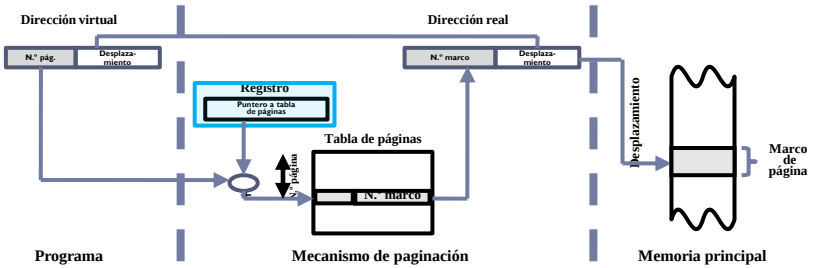

16 bits
16 bits
Id. segmento
Desplazamiento
Dirección virtual
8 bits
16 bits
Base
Desplazamiento
Dirección física
Id. segmento
Base
Tabla de segmentos
I
M
+ bits
Long.
Base
...

Ejemplo

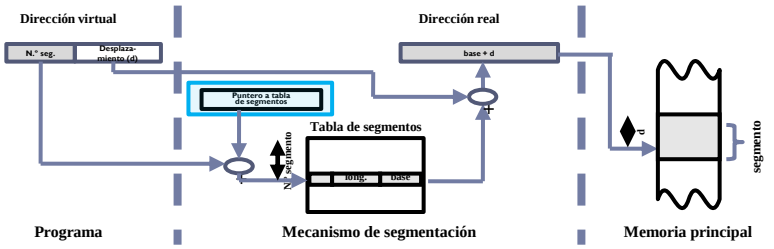

16 bits
16 bits
Id. segmento
Desplazamiento
Dirección virtual
8 bits
16 bits
Base
Desplazamiento
Dirección física
Id. segmento
Base
Tabla de segmentos
0
M
+ bits
Long.
Base
...
Intercambio
o swap

Memoria virtual

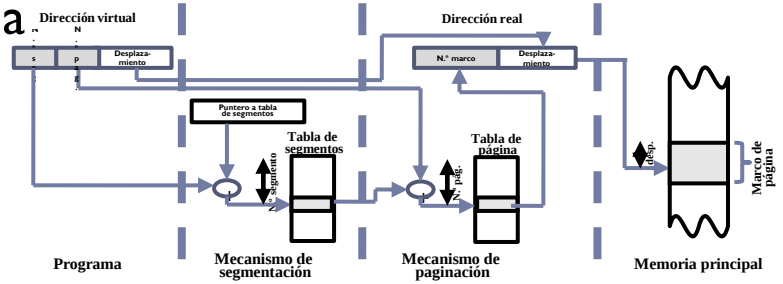
- Paginación



- Segmentación

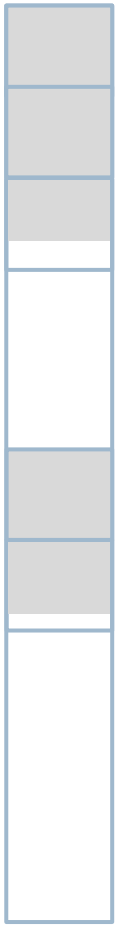


- Segmentación paginada

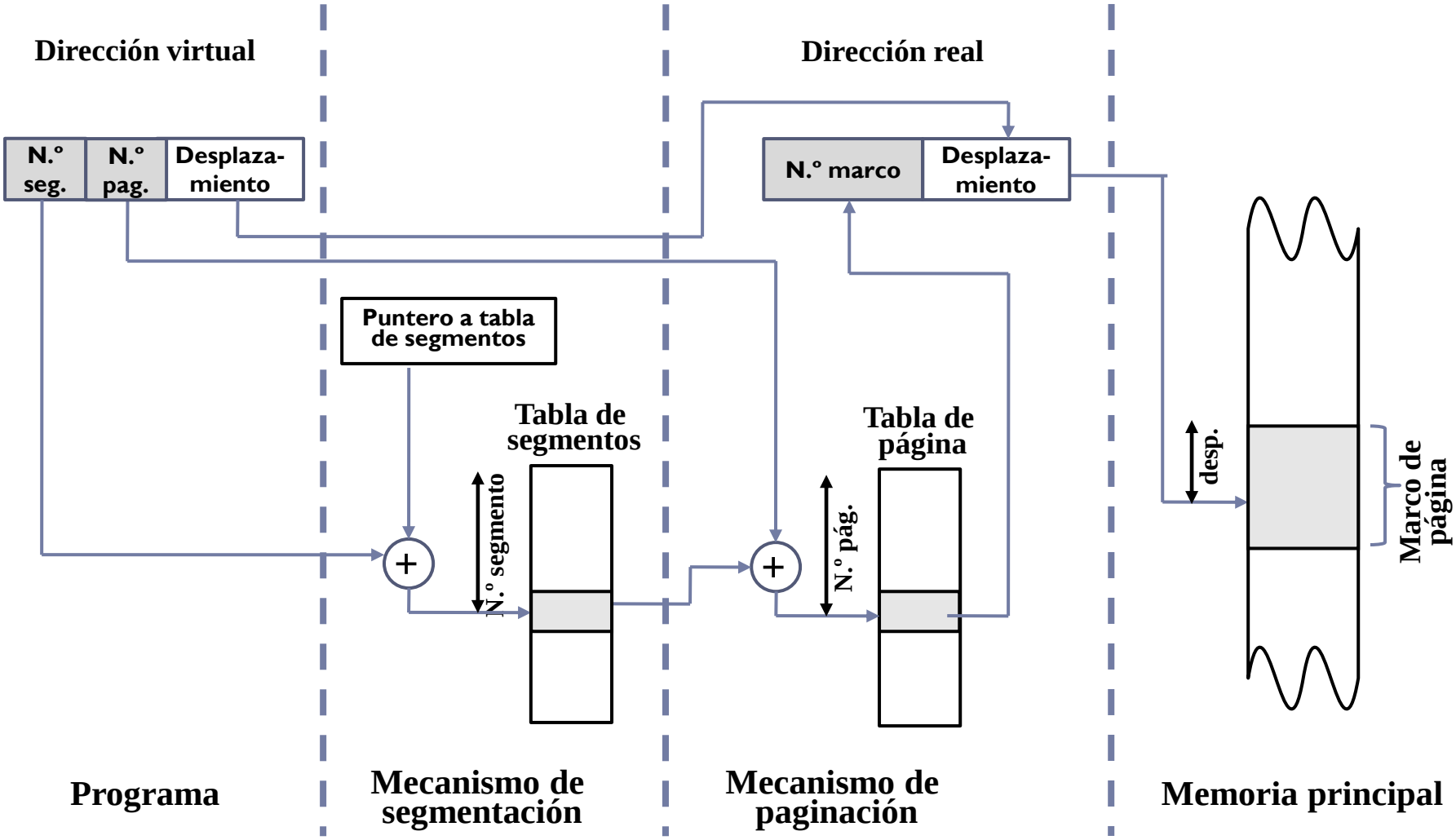


Memoria virtual:
segmentación y paginación

- Entrada en la tabla de segmentos 'apunta' a una tabla de páginas asociada al segmento
  - Los segmentos de tamaño variable se fragmentan en páginas de tamaño fijo

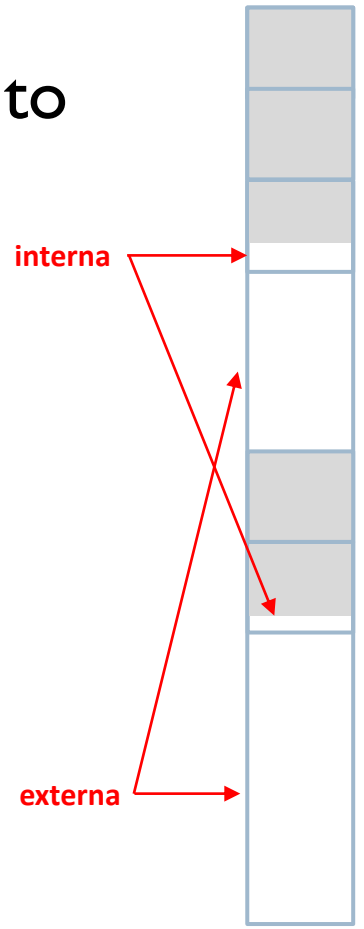


Traducción de direcciones
segmentación paginada



Memoria virtual:
segmentación y paginación

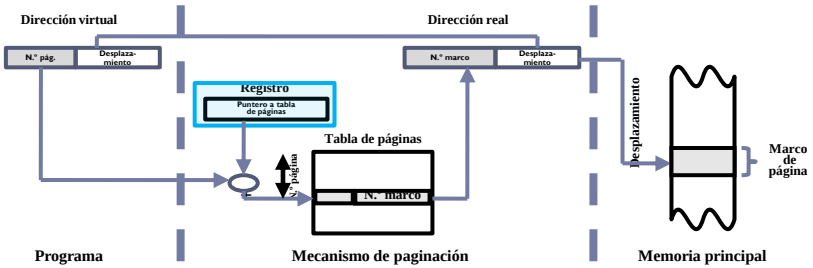
- Entrada en la tabla de segmentos 'apunta' a una tabla de páginas asociada al segmento
  - Los segmentos de tamaño variable se fragmentan en páginas de tamaño fijo
- Lo mejor de las dos soluciones:
  - Segmentación:
    - Facilita operaciones con regiones de memoria
    - Evita la fragmentación interna (tiene externa)
  - Paginación:
    - Optimiza el acceso a la memoria secundaria
    - Evita la fragmentación externa (tiene interna)



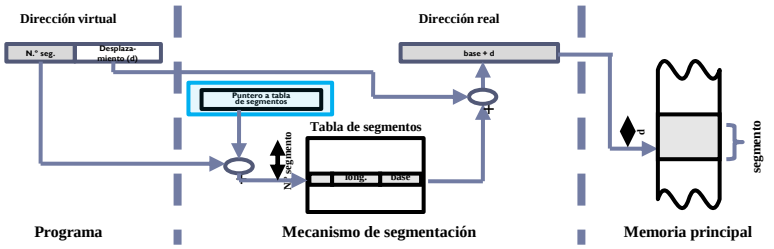
Memoria virtual

resumen

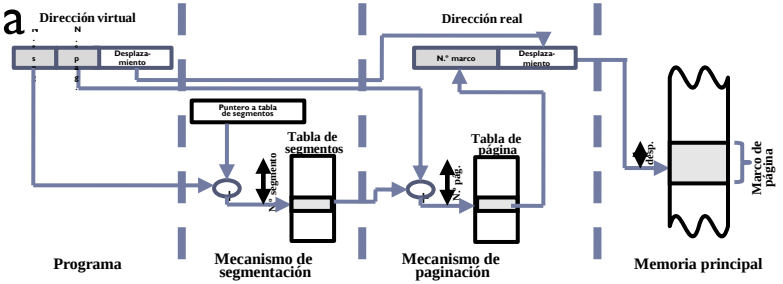
- Paginación



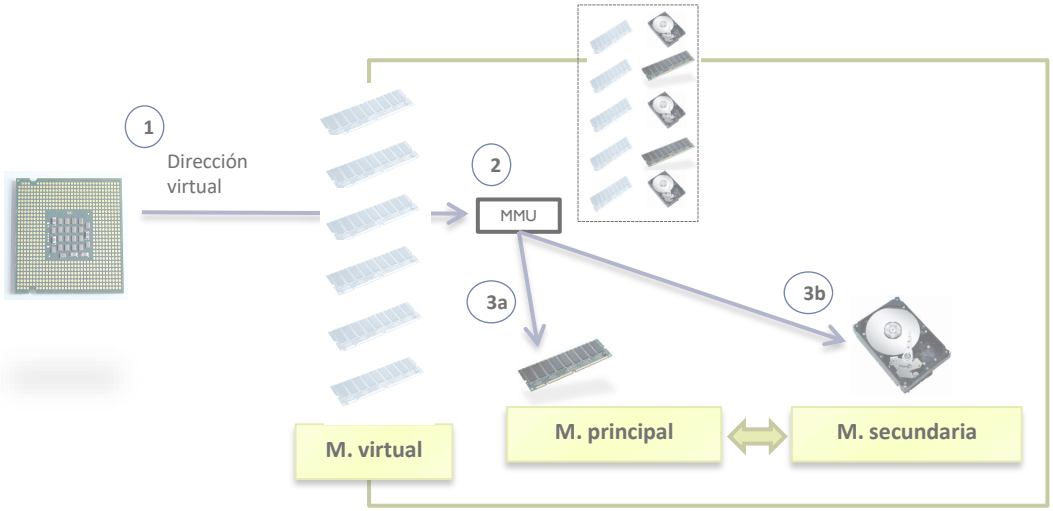
- Segmentación



- Segmentación paginada



Gestión de memoria
aspectos avanzados



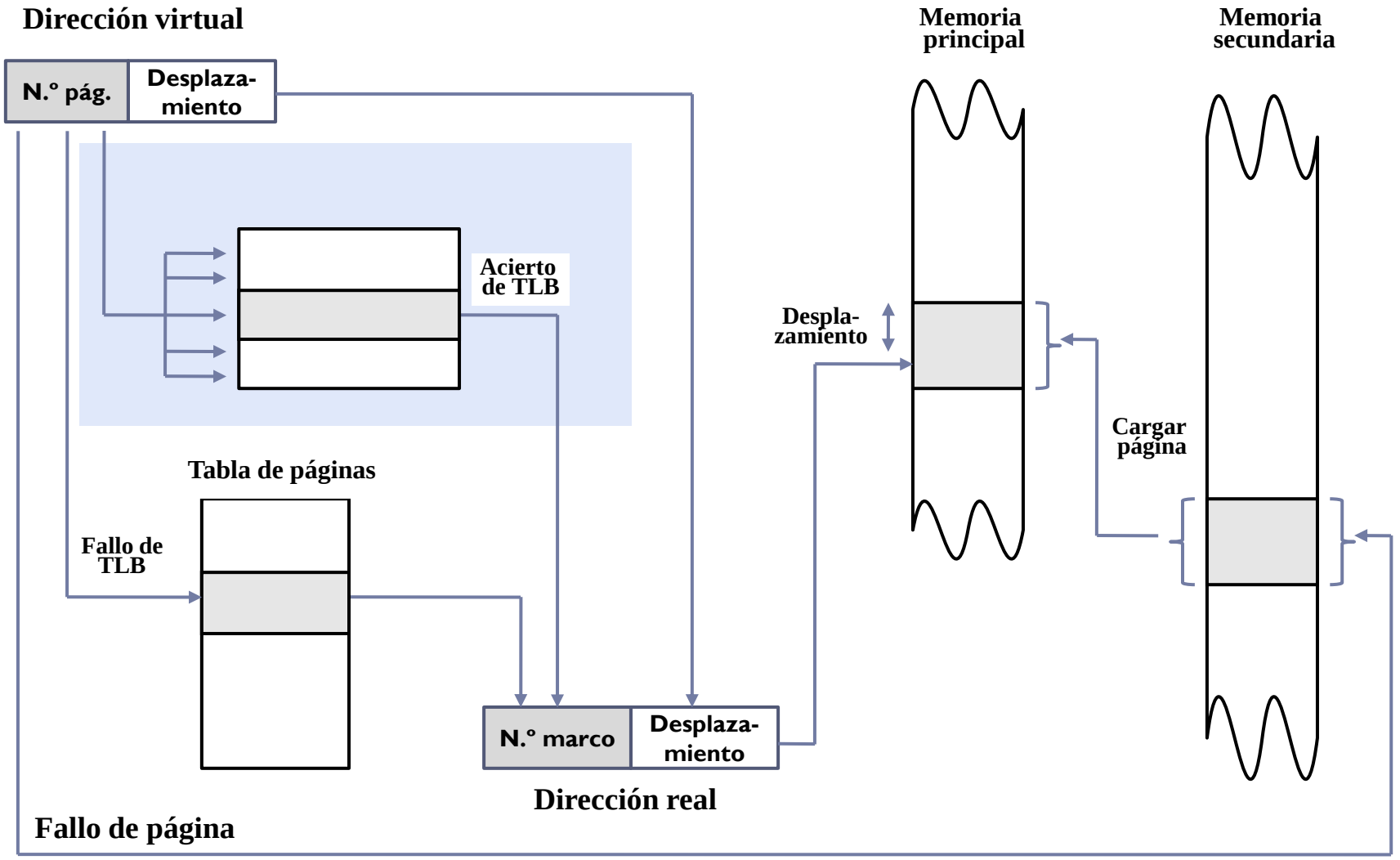
- TLB
- Tablas multinivel

Cache de traducciones

- Memoria virtual basado en tablas de páginas:
  - Problema: sobrecarga de acceso a memoria (2 accesos)
    - A la tabla de páginas/segmentos + al propio dato o instrucción
  - Solución: TLB
    - Caché de traducciones

- TLB (buffer de traducción adelantada)
  - Memoria caché asociativa que almacena las entradas de la tabla de página usadas más recientemente
  - Permite acelerar el proceso de búsqueda del marco

Traducción de direcciones (con TLB)

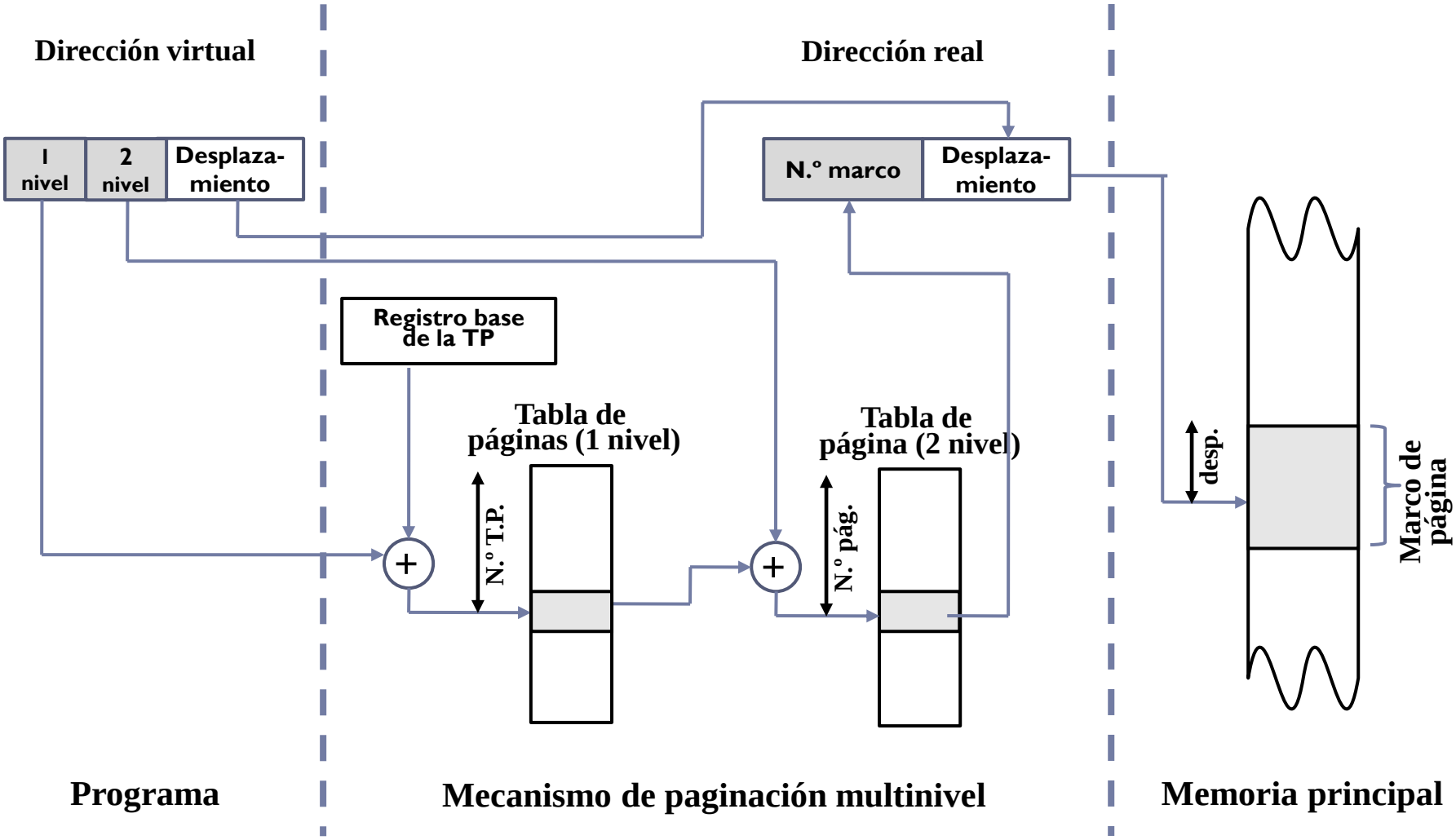


Tablas multinivel

- Memoria virtual basado en tablas de páginas:
  - Problema: consumo de memoria para las tablas
    - Ej.: páginas 4KB, dir. lógica 32 bits y 4 bytes por entrada: 2^{20} *4 = 4MB/proceso
  - Solución: tablas multinivel

- Tabla multinivel
  - Esquema de traducción en dos niveles:
    - En memoria la tabla de primer nivel
    - Solo en memoria las tablas de segundo nivel que se necesiten
  - Tablas de cada nivel mucho más compactas: 2^{10} *4 = 4KB/tabla

Tablas multinivel



Grupo ARCOS
Departamento de Informática
Universidad Carlos III de Madrid

Lección 5 (a)
La gestión de memoria

Diseño de Sistemas Operativos
Grado en Ingeniería Informática y Doble Grado I.I. y A.D.E.