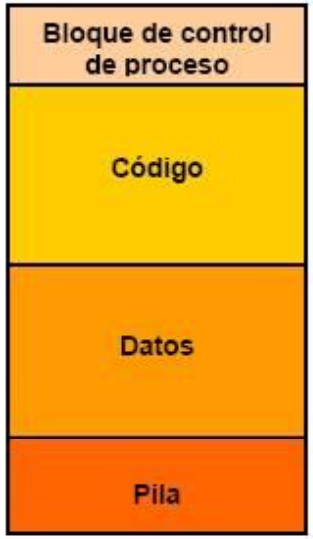
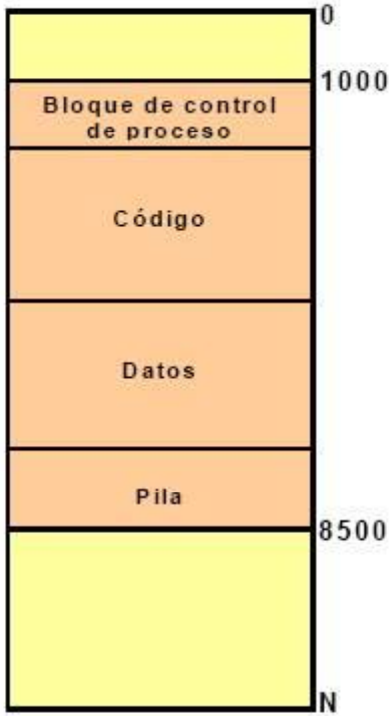
Gestión de memoria

Conceptos básicos

- La gestión de la memoria se encarga de administrar el recurso “memoria” en un sistema donde se ejecutan varios procesos.
- El espacio asociado a un proceso se contempla como un conjunto de referencias a instrucciones o datos (espacio de direcciones lógicas)



- El espacio de direcciones físico es la zona de memoria física donde se ubica el proceso para su ejecución.

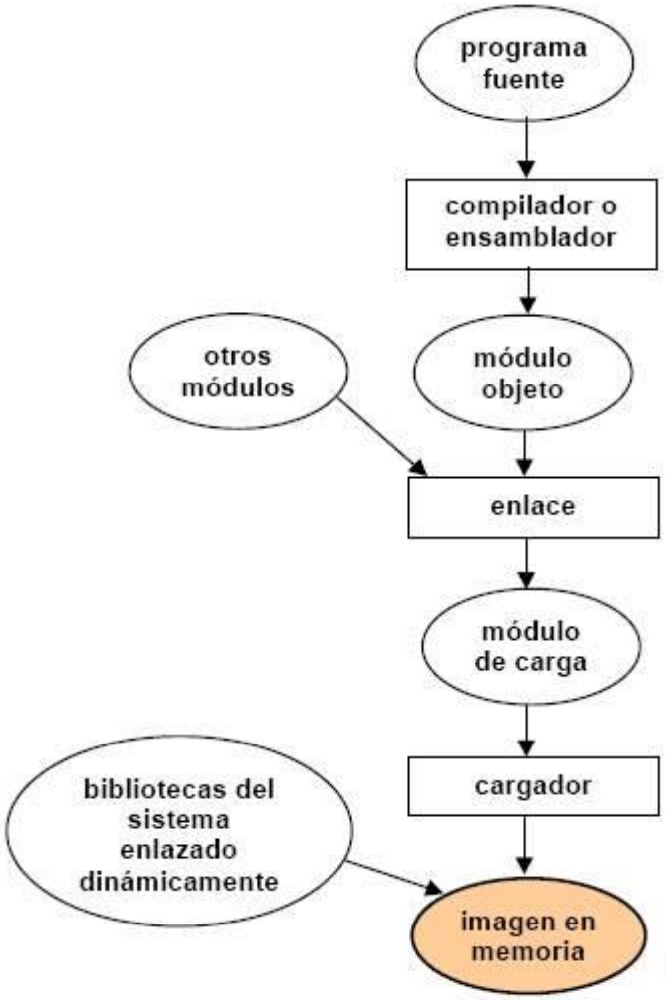


Problemas fundamentales

- **Reubicación:** las referencias de un proceso deben adaptarse a la ubicación de memoria donde éste se ejecuta.
- **Escasez:** la memoria requerida por los procesos puede ser mayor que la memoria física disponible.
- **Protección:** la zona de memoria asignada a cada proceso es privada y no debe ser "invadida" por otros procesos.
- **Compartición:** se reduce la ocupación de memoria si varios procesos comparten datos o código.
- **Organización:** la memoria física puede ser asignada a los procesos de forma contígua o dispersa.

Problema de reubicación

- Todas las referencias a instrucciones o datos (direcciones lógicas) realizadas en un proceso tienen que ser traducidas a direcciones absolutas o físicas.
- El problema de reubicación puede resolverse en cualquiera de las siguientes fases:
  - ✓ Programación
  - ✓ Compilación
  - ✓ Carga
  - ✓ Ejecución



Reubicación en tiempo de programación

- El programador especifica directamente todas las direcciones físicas reales en el propio programa.

Reubicación en tiempo de compilación

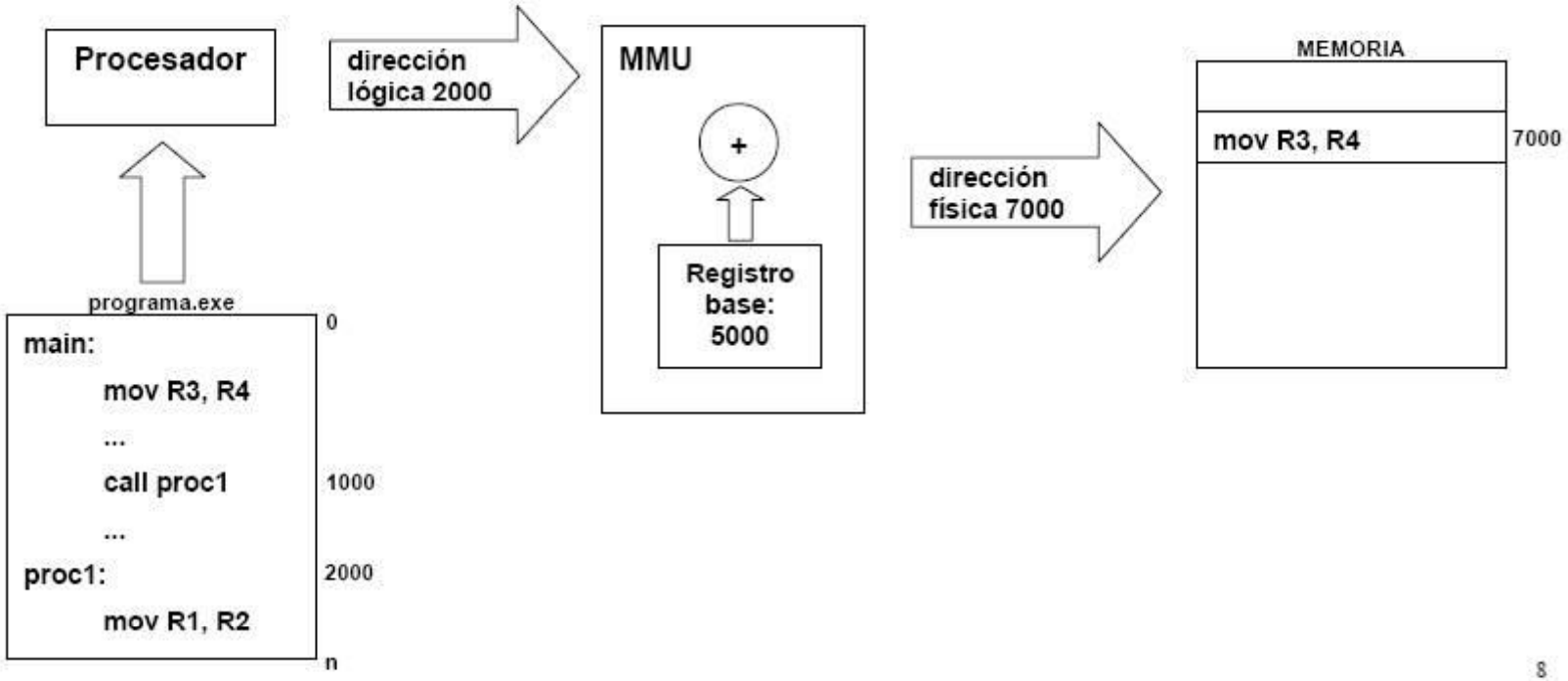
- La asignación de direcciones físicas se produce durante la compilación del programa. Es necesario saber dónde va a estar ubicado el proceso.
- El proceso debe ser recompilado, si finalmente se asigna a una ubicación diferente de memoria.

Reubicación en tiempo de carga

- El cargador lee un fichero ejecutable y lo carga en memoria
- El cargador puede detectar las referencias no resueltas en tiempo de compilación y resolverlas en función de la ubicación donde se cargue el fichero ejecutable

Reubicación en tiempo de ejecución

- El programa cargado conserva direcciones relativas.
- Necesita el soporte de hardware específico (MMU: Unidad de Manejo de Memoria) que permita traducir direcciones lógicas a direcciones físicas de forma dinámica.



Problema de escasez de memoria

- Los requerimientos de memoria de los procesos tienden a superar la cantidad de memoria física disponible.
- Técnicas para solucionarlo:
  - ✓Superposiciones (overlays)
  - ✓Intercambios (swapping)
  - ✓Memoria virtual
  - ✓Carga y enlace dinámicos

Método de superposiciones

- Un proceso puede fragmentarse en partes denominadas superposiciones (overlays).
- Sólo se mantienen en memoria las partes necesarias en cada momento.
- Inconveniente: debe ser manejado por el diseñador del programa.
- Ejemplo: compilador de dos pasadas.

Paso 1:	70K	Memoria disponible:	150K
Paso 2:	80K	Memoria necesaria:	200K
Tabla de símbolos:	20K	Paso 1:	120K
Rutinas comunes:	30K	Paso 2:	130K

Método de intercambios (swapping)

- Técnica para poder ejecutar concurrentemente más procesos que los que caben en memoria física.
- Inconveniente: hace más complejos y costosos los cambios de contexto, sobre todo si el tamaño de los procesos es grande.

Memoria virtual

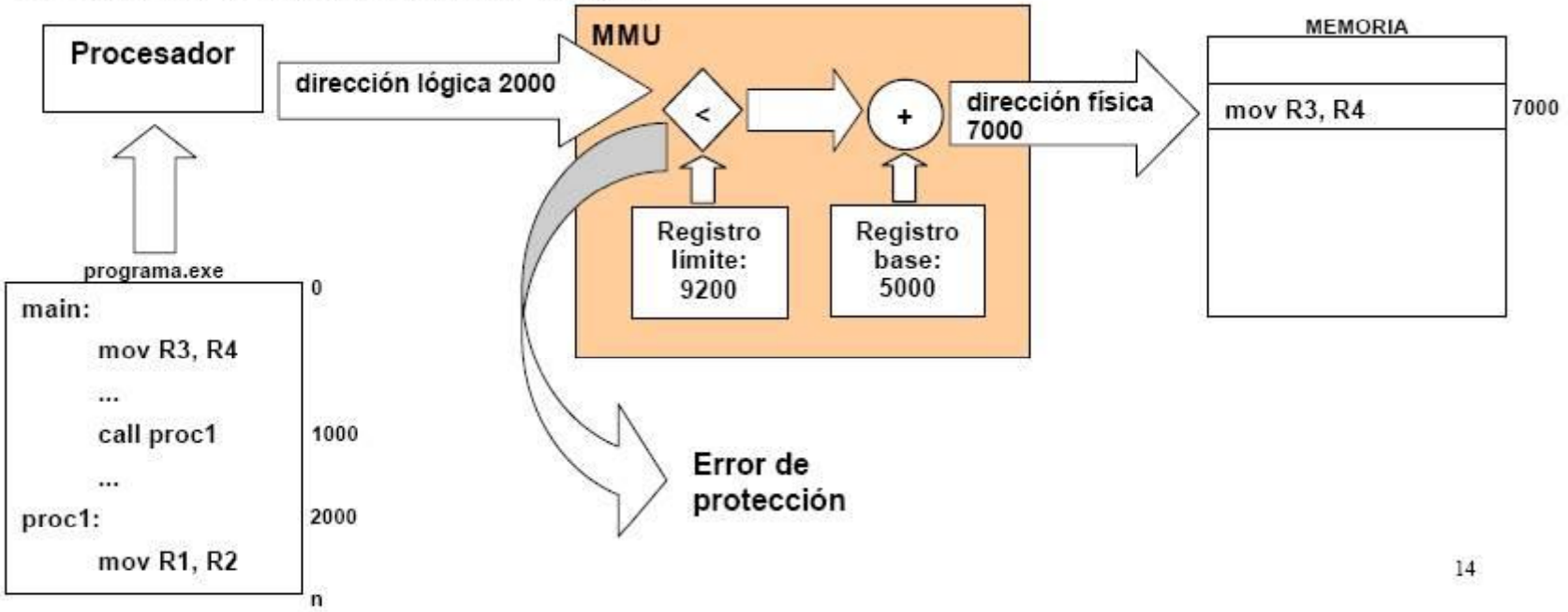
- La alternativa consiste en intercambiar "fragmentos" de los procesos.
- Para ello se requieren técnicas de gestión basadas en el uso de memoria virtual:
  - ✓ que permitan la división del espacio del proceso y su asignación a zonas de memoria física no contínuas
  - ✓ pueden utilizarse zonas de disco (memoria secundaria) como complemento del espacio de memoria primaria disponible

Método de carga y enlace dinámico

- Se puede retrasar tanto el enlace como la carga de una biblioteca hasta el momento de se ejecución. Por tanto, no es necesario que las bibliotecas permanezcan en memoria.
- También permite la compartición de las bibliotecas cargadas.
- Ejemplo: DLL en entorno Windows.

Problema de protección de memoria

- Cada proceso debe tener un espacio de direcciones (o zona de memoria) propio.
- Los procesos sólo pueden acceder a su propio espacio de direcciones salvo en aquellos casos que el sistema permita compartir zonas de memoria.
- Se utilizan registros base y límite.



Compartición

- Procesos cooperativos pueden compartir código o datos.
- El gestor de memoria debe permitir el acceso a áreas compartidas de memoria sin comprometer la protección básica.
- Ejemplo:

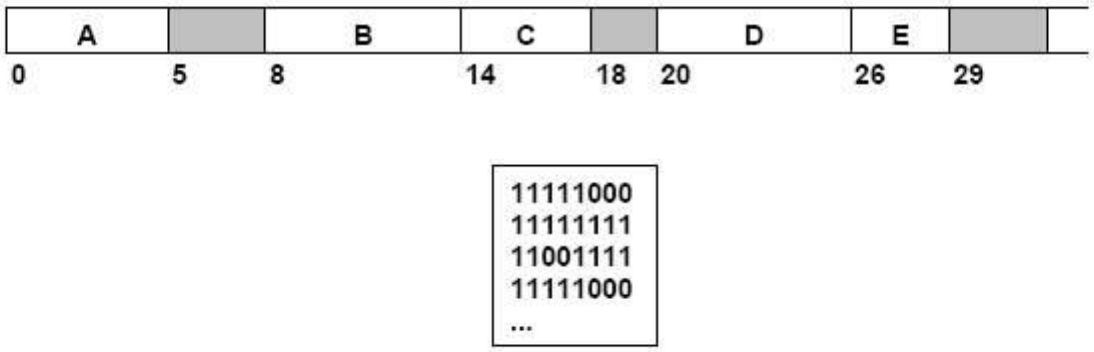
Código:	50K	Usuarios: 20
Datos:	10K	Memoria necesaria: 20 * (50K + 10K)
		Con compartición: 50K + 20*10K

Organización de la memoria física

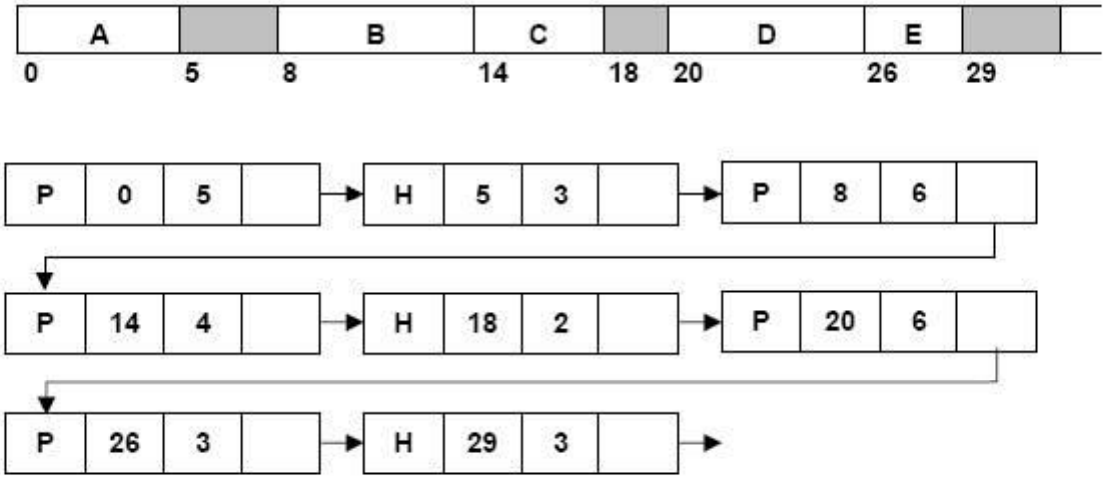
- **Asignación contígua:** las direcciones físicas de un mismo proceso son contíguas:
  - ✓ Particiones fijas
  - ✓ Particiones variables
- **Asignación dispersa:** las direcciones físicas de un mismo proceso no tienen por qué ser contíguas:
  - ✓ Paginación
  - ✓ Segmentación
  - ✓ Segmentación paginada

Gestión de la ocupación de memoria

- Mediante mapa de bits:
  - ✓ Se divide la memoria en unidades de asignación.
  - ✓ El estado de cada asignación se representa con un bit (1=asignada, 0=no asignada)
  - ✓ Es importante la elección del tamaño de la unidad de asignación



- Mediante lista enlazada:
  - ✓ Se tiene una lista de segmentos ocupados (proceso) y libres (hueco)
  - ✓ Se suelen tener ordenadas por direcciones.
  - ✓ Se pueden tener listas separadas para procesos y huecos (ordenadas por tamaño)



Asignación contígua simple

- Reserva una zona de memoria consecutiva al sistema operativo y el resto lo asigna al programa objeto de procesamiento.
- Utilizada en sistemas monousuario.
- Consideraciones:
  - ✓ es espacio de direcciones se encuentra todo en el mismo estado (asignado o no)
  - ✓ la asignación de memoria se produce durante la planificación del proceso
  - ✓ la liberación ocurre al terminar el procesamiento
  - ✓ la protección se establece mediante un registro límite y un indicador del modo de procesamiento (usuario o superusuario)

- Inconvenientes:
  - ✓ No se permite multiprogramación
  - ✓ Parte de la zona asignada puede estar vacía (**pobre utilización de la memoria)**
  - ✓ Limitación del tamaño máximo de programa que puede procesarse
  - ✓ Incapacidad para compartir recursos lógicos comunes
  - ✓ Todo el programa tiene que estar cargado en memoria para poderlo ejecutar

Método de particiones

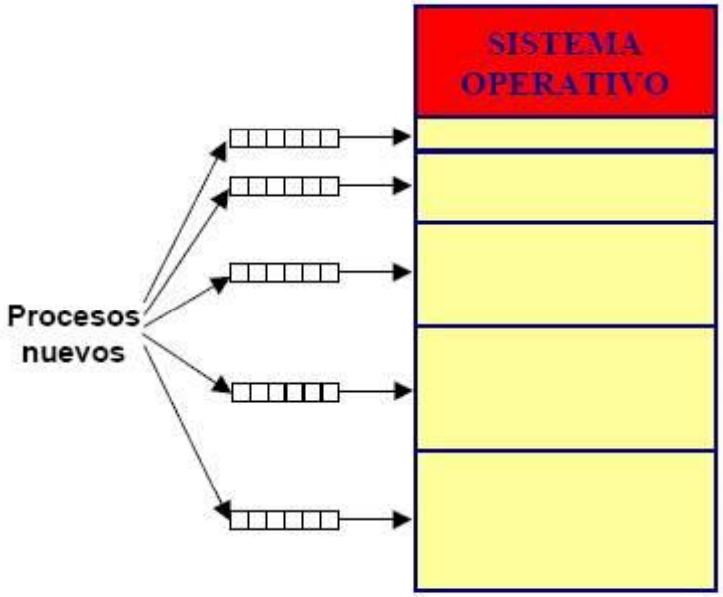
- Se reserva una zona de memoria al sistema operativo y el resto se divide en particiones, cada una de las cuales se asigna a un programa.
- Es el mecanismo más simple para la gestión de la multiprogramación.
- El grado de multiprogramación (número máximo de programas en memoria) viene dado por el número máximo de particiones.
- Consideraciones:
  - ✓ Es necesario saber el estado, asignado o no, de cada partición y su tamaño.

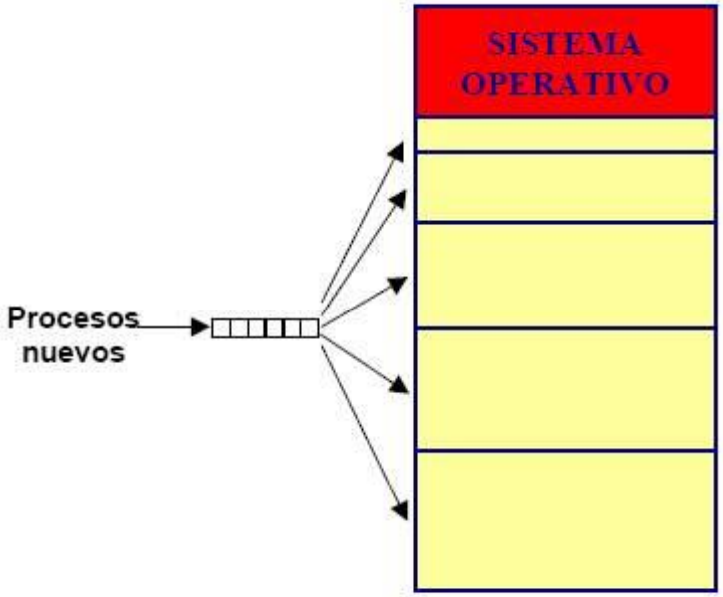
- ✓ La asignación se produce, por particiones completas, durante la planificación.
- ✓ La liberación, por particiones completas, se realiza al terminar.
- ✓ La protección se consigue mediante registros límite. En cada acceso a memoria se obtendrá la dirección física y se comparará con los registros límite.

- **Tabla de estado de descripción de las particiones:**
  - ✓ Estado de la partición (asignada o no)
  - ✓ Identificador del programa al que está asignada
  - ✓ Registro base de la partición
  - ✓ Registro límite o tamaño de la partición

Particiones fijas

- Las particiones tienen un tamaño fijo.
- Estas pueden tener o no el mismo tamaño.
- El administrador del sistema elige los tamaños de particiones dependiendo del entorno donde se ubique el sistema.
- Cada partición contiene un proceso.
- El número de particiones limita el nivel de multiprogramación.
- Alternativas:
  - ✓ Cola única
  - ✓ Múltiples colas: se asigna cada proceso a la menor partición en la que quepa.

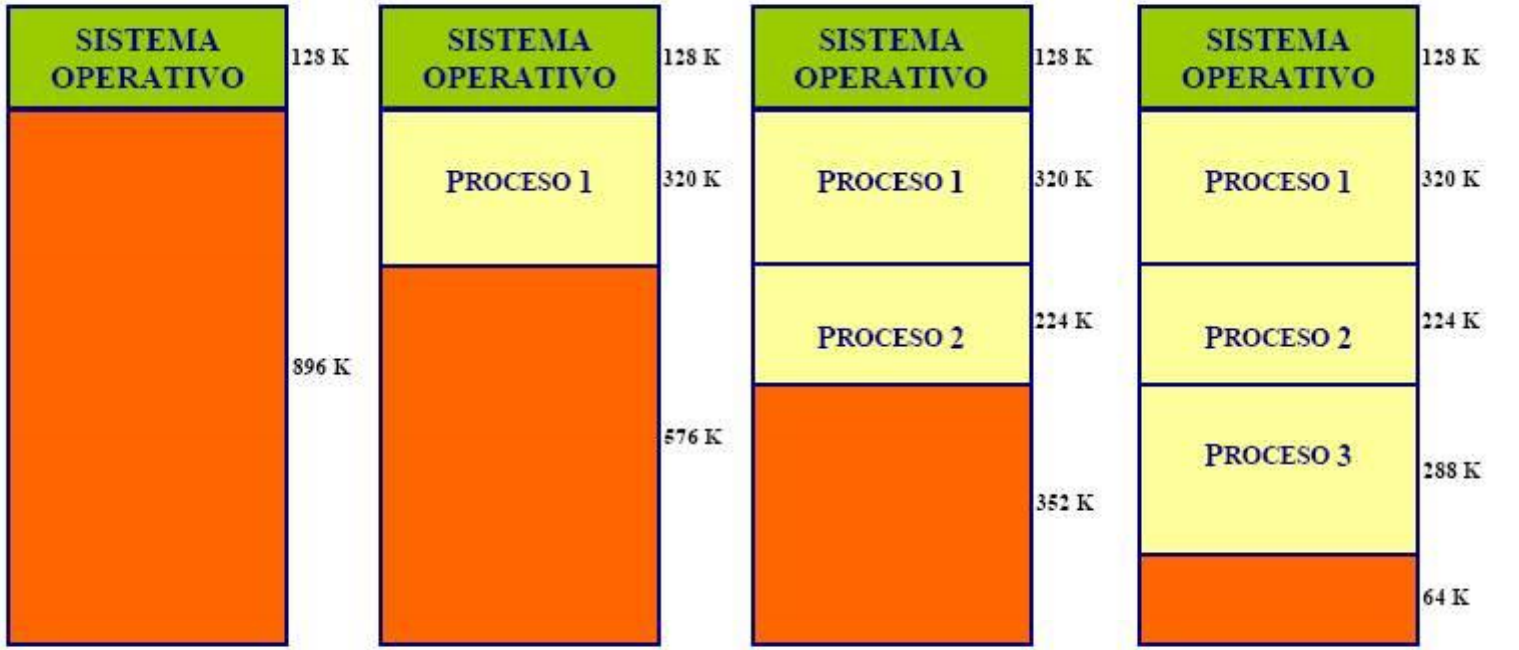


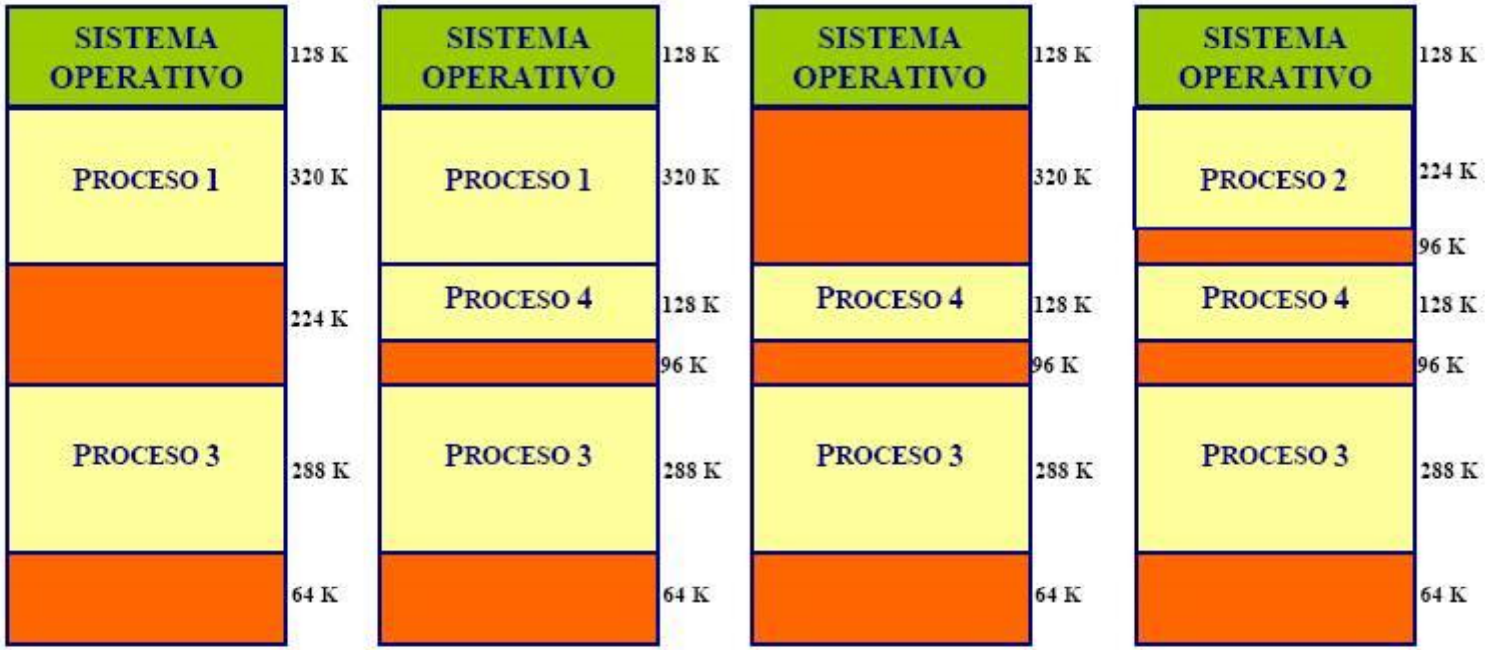


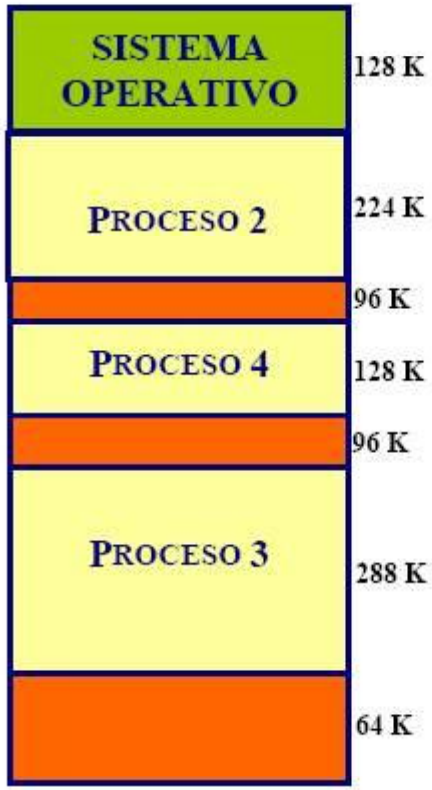
- Inconvenientes:
  - ✓ fragmentación interna
  - ✓ limitación del tamaño máximo de programa a la partición más grande
  - ✓ bajo índice de ocupación de memoria

Particiones variables

- Los procesos son asignados a particiones que se ajustan a su tamaño.
- De este modo, no se produce fragmentación interna.
- Cuando se va a procesar un programa se le crea una partición y se libera cuando termine.




SISTEMA OPERATIVO
128 K
PROCESO 1
320 K
224 K
PROCESO 3
288 K
64 K
SISTEMA OPERATIVO
128 K
PROCESO 1
320 K
PROCESO 4
128 K
96 K
PROCESO 3
288 K
64 K
SISTEMA OPERATIVO
128 K
320 K
PROCESO 4
128 K
96 K
PROCESO 3
288 K
64 K
SISTEMA OPERATIVO
128 K
PROCESO 2
224 K
96 K
PROCESO 4
128 K
96 K
PROCESO 3
288 K
64 K



Número	*Proceso*	*Tamaño*	*Dirección*	*Estado*
1	2	224 K	128 K	asignada
2		96 K	352 K	disponible
3	4	128 K	448 K	asignada
4		96 K	576 K	disponible
5	3	288 K	672 K	asignada
6		64 K	960 K	disponible

Algoritmo general de asignación de partición

```
procedimiento asignación(demanda: entero)
{
   recorrer tabla hasta encontrar estado_p=disponible
   si existe
   {
      caso tamaño_p>demanda
         tamaño_p=tamaño_p-demanda
         crear nueva entrada en tabla
      caso tamaño_p=demanda
         estado_p=no_disponible
      caso tamaño_p<demanda
         repetir procedimiento
   }
   sino
      esperar
}
```

Algoritmo general de liberación de partición

```
procedimiento liberación(partición)
{
    caso partición adyacente a zona libre
        tamaño_z_l=tamaño_z_l+tamaño_p
        direccion_z_l=min(direccion_z_l,direccion_p)
        borrar entrada_p
    caso partición adyacente a zonas libres
        tamaño_z_l_1=tamaño_z_l_1+tamaño_p+tamaño_z_l_2
        borrar entrada_p
        borrar entrada_z_l_2
    caso partición no adyacente a zona libre
        estado_p=disponible
}
```

Algoritmos de asignación de particiones

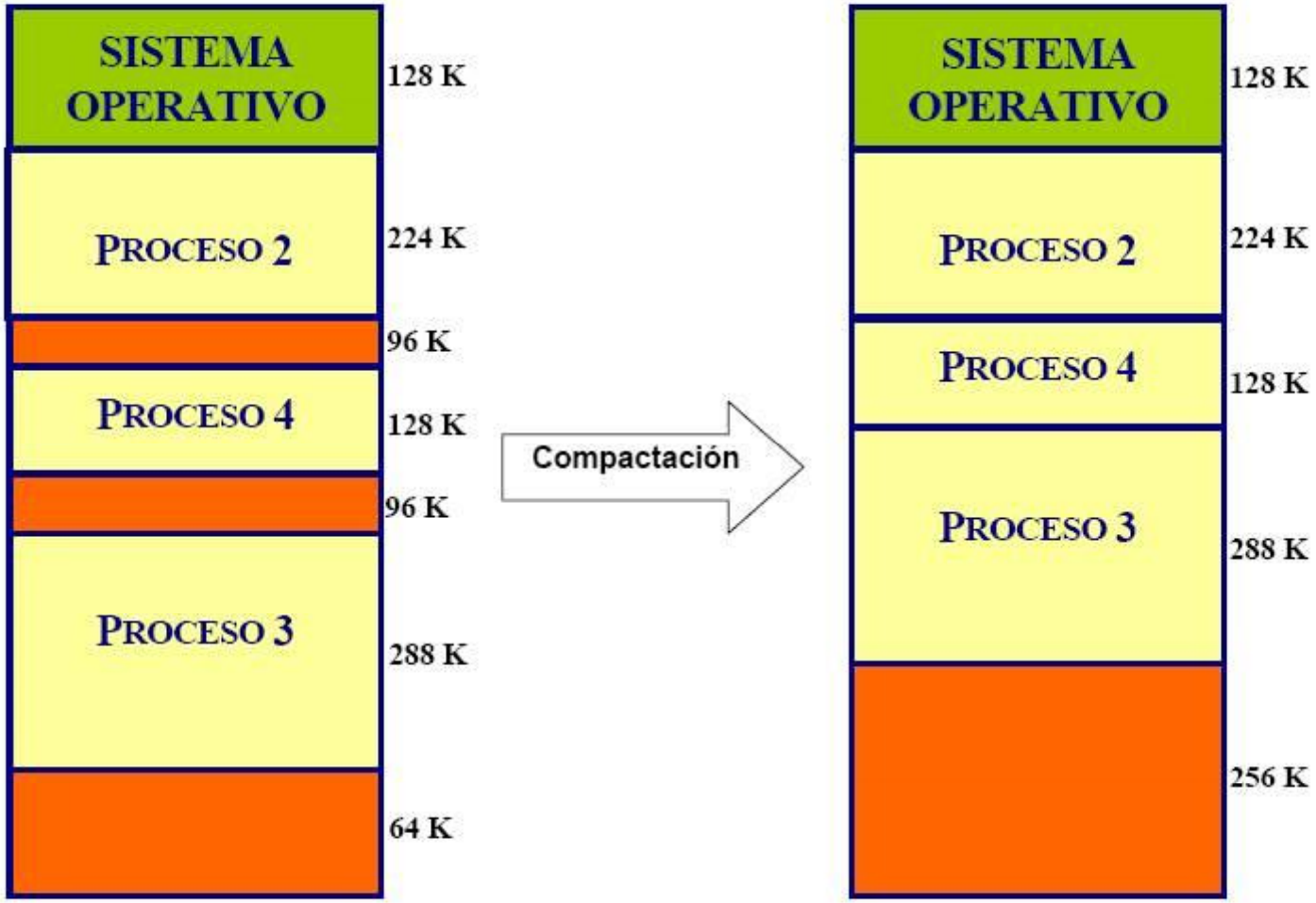
- **Algoritmo de asignación del primer hueco:** se asigna la primera partición en la que quepa el proceso.
  - ✓ Tiende a concentrar grandes zonas libres al final de la memoria
  - ✓ Rápido
- **Algoritmo de asignación del siguiente hueco:** se asigna la primera partición en la que quepa el proceso, a partir de la posición de memoria de la última partición asignada.
  - ✓ Tiene las ventajas del primer hueco, distribuyendo, además, los procesos por toda la memoria
  - ✓ Rápido

- **Algoritmo de asignación del mejor hueco:** se asigna el hueco más pequeño que tenga el tamaño suficiente.
  - ✓ Tiende a preservar las zonas libres más grandes
  - ✓ Puede fragmentar la memoria en múltiples zonas muy pequeñas
  - ✓ Lento
- **Algoritmo de asignación del peor hueco:** se asigna el proceso al hueco más grande.
  - ✓ Tiende a homogeneizar el tamaño de las zonas libres
  - ✓ Se adapta mal para atender programas grandes
  - ✓ Proporciona buenos resultados para gestionar sistemas donde los programas son sensiblemente parecidos
  - ✓ Lento

- Estructuras de datos:
  - ✓ Lista enlazada de huecos ordenada por direcciones:
    - Adecuada para los algoritmos de primer y siguiente hueco
    - Facilita la fusión de huecos
  - ✓ Lista enlazada de huecos ordenada por tamaño:
    - Adecuada para los algoritmos de mejor y peor hueco
    - Dificulta la fusión de huecos
- Inconvenientes:
  - ✓ Gestión de particiones compleja
  - ✓ Fragmentación externa
  - ✓ Limitación del tamaño de los programas
  - ✓ Incapacidad para compartir recursos lógicos comunes

Compactación

- Técnica para mejorar la utilización de memoria en la estrategia de particiones dinámicas.
- Desplazar las particiones asignadas para colocar toda la memoria libre en una única partición de gran tamaño.
- Se resuelve el problema de la fragmentación externa.
- Los algoritmos de compactación se caracterizan, básicamente, por el instante de efectuarla:
  - ✓ compactar tras cada liberación de partición
  - ✓ compactar cuando se solicita una partición mayor que cualquier zona libre y menor que la suma de éstas
- El tiempo de compactación puede llegar a ser alto.


SISTEMA OPERATIVO
128 K
PROCESO 2
224 K
96 K
PROCESO 4
128 K
96 K
PROCESO 3
288 K
64 K
Compactación
SISTEMA OPERATIVO
128 K
PROCESO 2
224 K
PROCESO 4
128 K
PROCESO 3
288 K
256 K

Intercambio (swapping)

- Técnica para aumentar la multiprogramación en la gestión de memoria por asignación contígua simple o por particiones.
- Se realiza cuando se decide admitir un nuevo proceso para el cual no se encuentra una partición libre adecuada.
- Se selecciona alguno de los procesos suspendidos que ocupan particiones en las que cabe el nuevo proceso.
- Consiste en transferir bloques de información entre memoria central y memoria auxiliar de modo que los programas se van ejecutando a base de intervalos de tiempo.
- La memoria de swap debe ser rápida.

- Para reducir el tiempo de transferencia entre memoria central y auxiliar:
  - ✓ transferir sólo aquellas direcciones conteniendo información
  - ✓ mejorar las prestaciones de los dispositivos sobre lo que se efectúa el swap

Técnicas de asignación dispersa

- El espacio de direcciones virtuales no ha de estar, necesariamente, mapeado en memoria de forma contigua.
  - ✓Paginación
  - ✓Segmentación
  - ✓Segmentación paginada

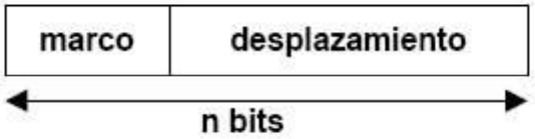
Paginación

- Las técnicas de asignación contígua usan de forma ineficiente la memoria, debido a la fragmentación externa o interna.
- La paginación es una estrategia de asignación no contígua de la memoria que consiste en dividir los espacios de direcciones lógicas y físicas en zonas de igual tamaño.
- La memoria lógica está dividida en bloques de tamaño fijo denominados **páginas**.
- La memoria física se encuentra dividida en bloques, de igual tamaño que las páginas, denominados **marcos**.

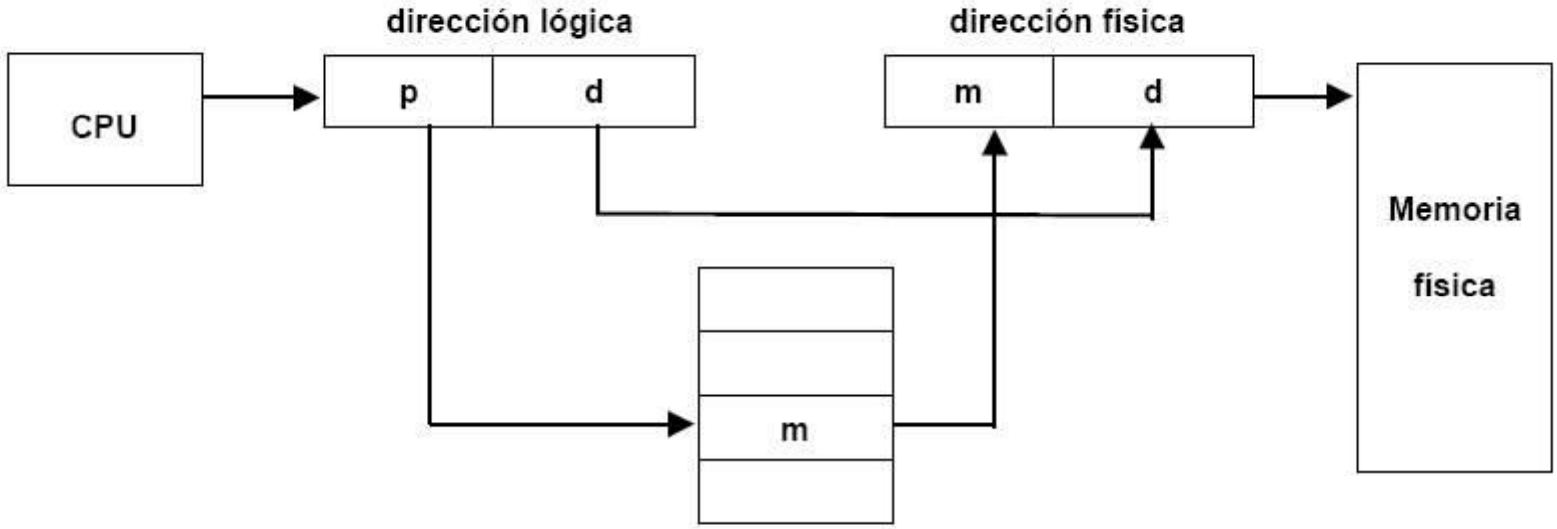
Traducción de direcciones

- Las direcciones lógicas tienen dos campos: página y desplazamiento

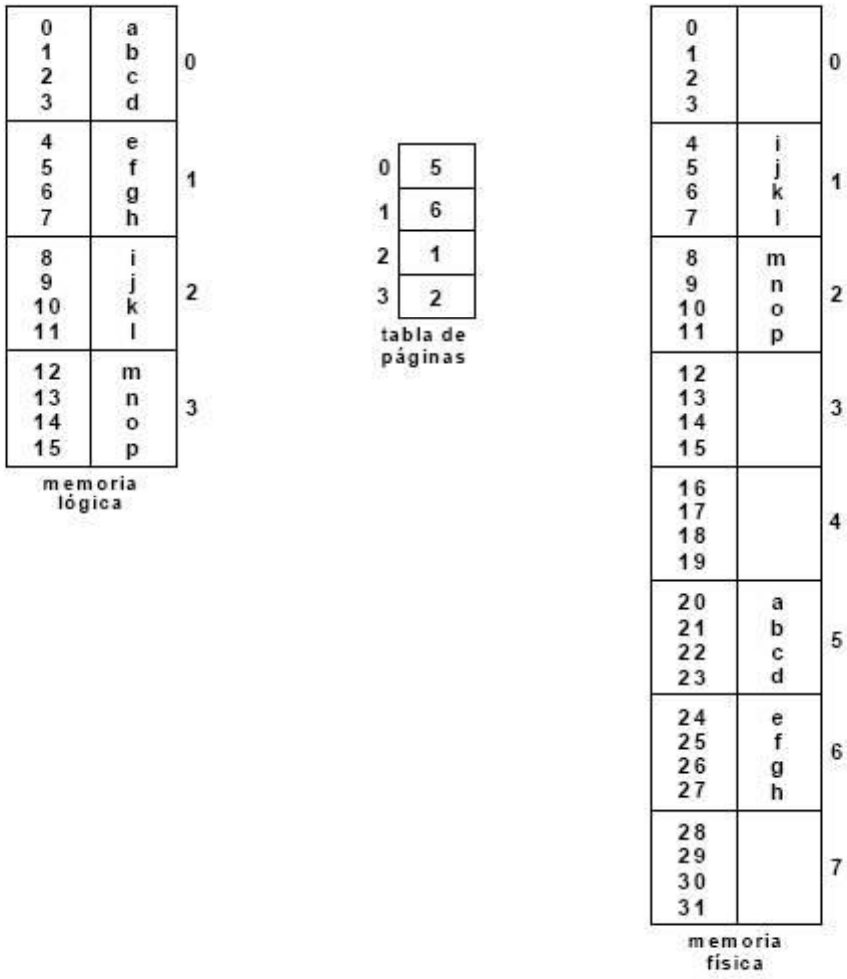
- Las direcciones físicas tienen dos campos: marco y desplazamiento.



- Cada proceso tiene asignada una tabla de páginas (en su Bloque de Control de Proceso) que establece la correspondencia entre las páginas y los marcos donde están cargadas, además de información adicional.



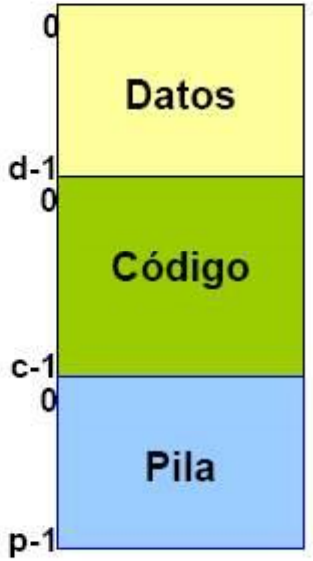
- El tamaño de página suele estar entre 512 bytes y 8K.
- La selección de una potencia de 2 como tamaño hace más fácil la traslación de una dirección lógica a un número de página y un desplazamiento.
- Si el tamaño de página es 2^k, los k bits menos significativos representan un desplazamiento y los (m-k) restantes el número de página.


0 1 2 3
a b c d
0
4 5 6 7
e f g h
1
8 9 10 11
i j k l
2
12 13 14 15
m n o p
3
memoria lógica
0 5
1 6
2 1
3 2
tabla de páginas
0 1 2 3
0
4 5 6 7
i j k l
1
8 9 10 11
m n o p
2
12 13 14 15
3
16 17 18 19
4
20 21 22 23
a b c d
5
24 25 26 27
e f g h
6
28 29 30 31
7
memoria física

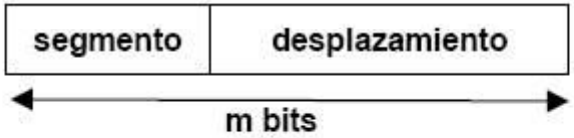
- Se puede producir **fragmentación interna**.
  - ✓ debida a espacio no utilizado en el último marco asignado a cada proceso.
  - ✓ Los tamaños de página grandes aumentan la fragmentación interna.
  - ✓ Los tamaños de pagina pequeños requieren tablas de páginas grandes.
- La reubicación se facilita, ya que el espacio de direcciones lógicas comienza en la dirección 0.
- Varios procesos pueden compartir un marco de página referenciándolo desde diferentes tablas, con lo que se duplica página pero no marco.
- Las páginas pueden estar protegidas de diferentes modos: lectura, escritura o lectura/escritura.

Segmentación

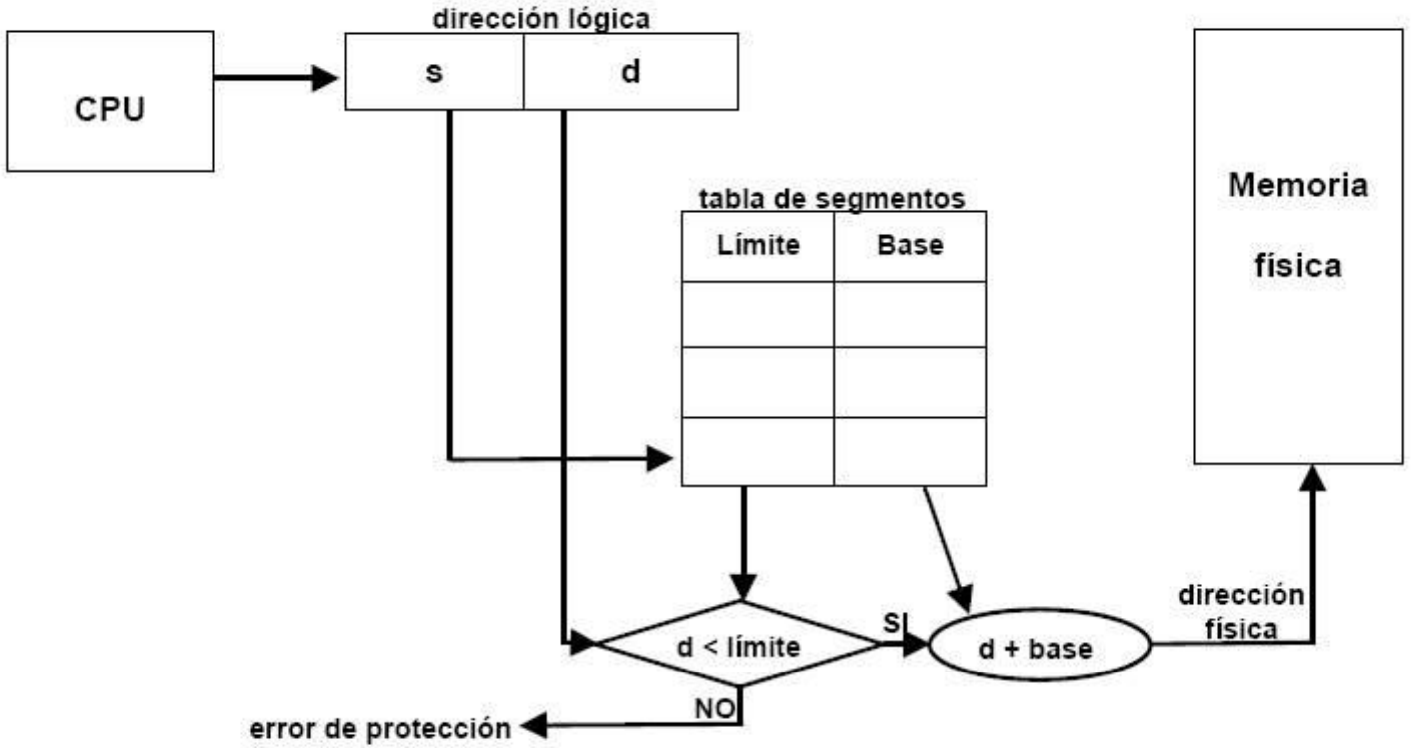
- Se divide el espacio lógico de direcciones del proceso en agrupaciones lógicas de información denominados **segmentos**.
- Los segmentos son entidades lógicas relacionadas por el programador:
  - ✓ Conjuntos de subrutinas
  - ✓ Conjuntos de variables o datos
  - ✓ La pila
- Cada segmento consiste en un espacio lineal de direcciones, desde 0 hasta algún máximo.



- Toda la información de un segmento se ubica en un área contígua de memoria.
- Distintos segmentos pueden ir ubicados en zonas no contíguas de la memoria física (se pueden ocupar diferentes particiones no contíguas).
- La segmentación es similar al método de particiones dinámicas, salvo en que el espacio de direcciones está dividido en bloques ("segmentos").
  - ✓ No se produce fragmentación interna.
  - ✓ Se produce fragmentación externa (menor que con particiones variables)
- Las direcciones lógicas tienen dos campos: segmento y desplazamiento.



- Cada programa posee una **tabla de segmentos** que relaciona las direcciones lógicas y físicas.



- Ventajas:
  - ✓ Elimina la fragmentación externa (si es preciso, se compacta)
  - ✓ Los segmentos pueden crecer de forma independiente.
  - ✓ Facilidad para compartición de memoria.
  - ✓ Protección a nivel de unidades lógicas.
  - ✓ El programador debe desarrollar de forma modular los programas.
- Desventajas:
  - ✓ Dificultades de gestión de la memoria debido a que los segmentos tienen tamaño variable.
  - ✓ Todo el programa tiene que estar en memoria para poderlo ejecutar.
  - ✓ Sobrecarga debida al uso de tablas y a la compactación.

Paginación frente a segmentación

Paginación	Segmentación
La división de los programas en páginas es transparente al programador	El programador especifica al compilador los segmentos del programa
Las páginas tienen tamaño fijo	Los segmentos tienen tamaño variable
Dirección virtual = nº de página + desplamiento	Dirección virtual = nº de segmento + desplamiento
No hay fragmentación externa	Hay fragmentación externa
Hay fragmentación interna	No hay fragmentación interna
Se puede compartir y proteger a nivel de página	Se puede compartir y proteger a nivel de segmentos

Segmentación paginada

- Cuando los segmentos son excesivamente grandes:
  - ✓ Aumenta la fragmentación externa
  - ✓ Aumenta el problema de encontrar un hueco libre en memoria
- Solución: paginar los segmentos.
- A cada segmento se le asocia su propia tabla de páginas.
- Las direcciones lógicas están formadas por un número de segmento, un número de página y el desplazamiento.

- Es necesaria la consulta de dos tablas para obtener la dirección física, lo cual puede repercutir en el rendimiento del sistema.
- Aumenta el espacio consumido por las tablas.
- Se reduce la fragmentación interna a la última página del segmento.