

Gestión de la Memoria

SISTEMAS OPERATIVOS

PROF. PHD MIRELLA HERRERA

Administración de la Memoria

Funciones del Manejador de Memoria

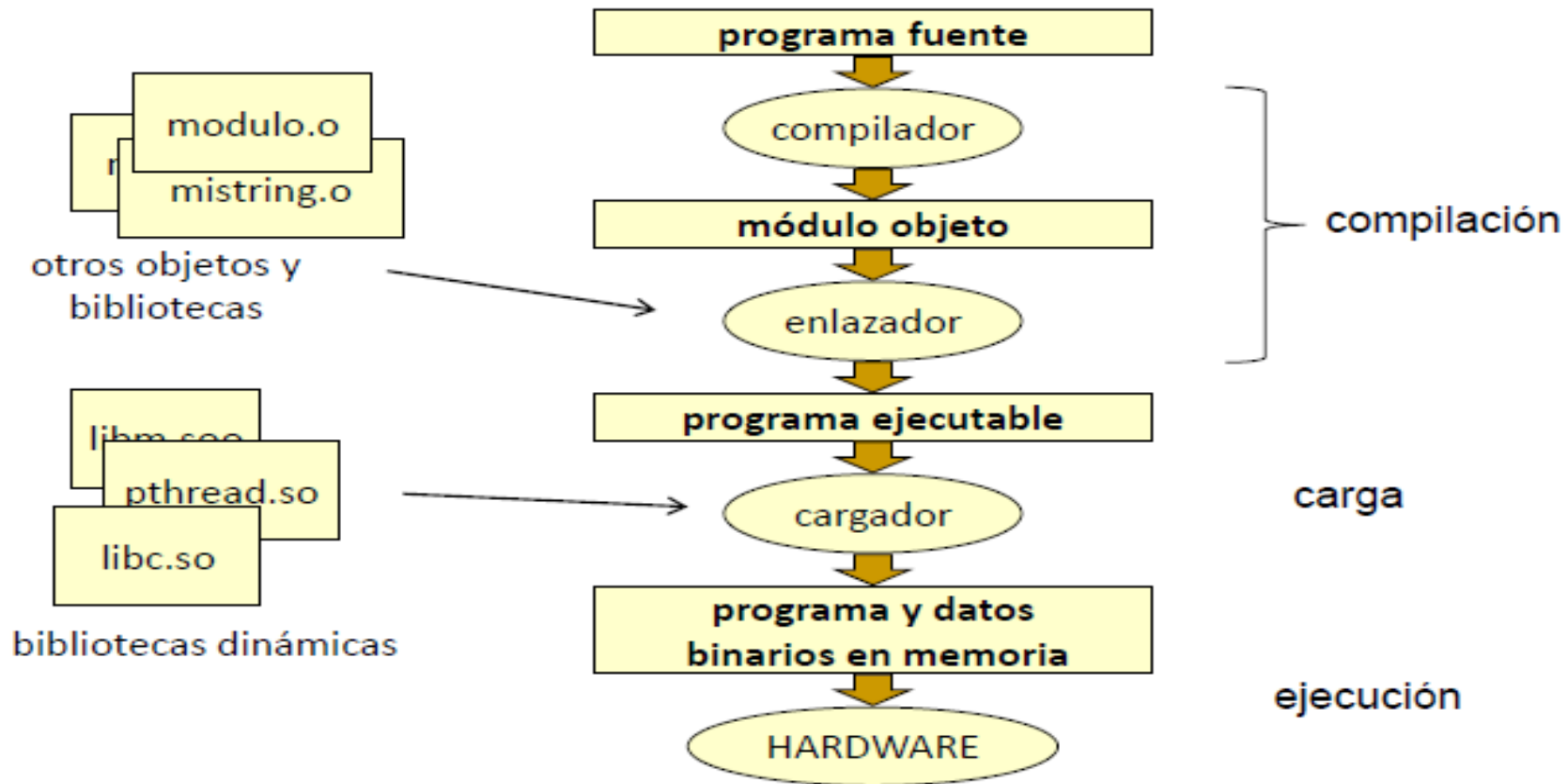
1. Mantener el recurso memoria
2. Llevar registro de las partes en uso y desocupadas
3. Determinar políticas para decidir cual proceso obtiene memoria, cuándo y cuánto
4. Asignar memoria cuando el proceso lo requiera
5. Reclamar memoria cuando los procesos no la necesiten o hayan terminado

Administración de la Memoria

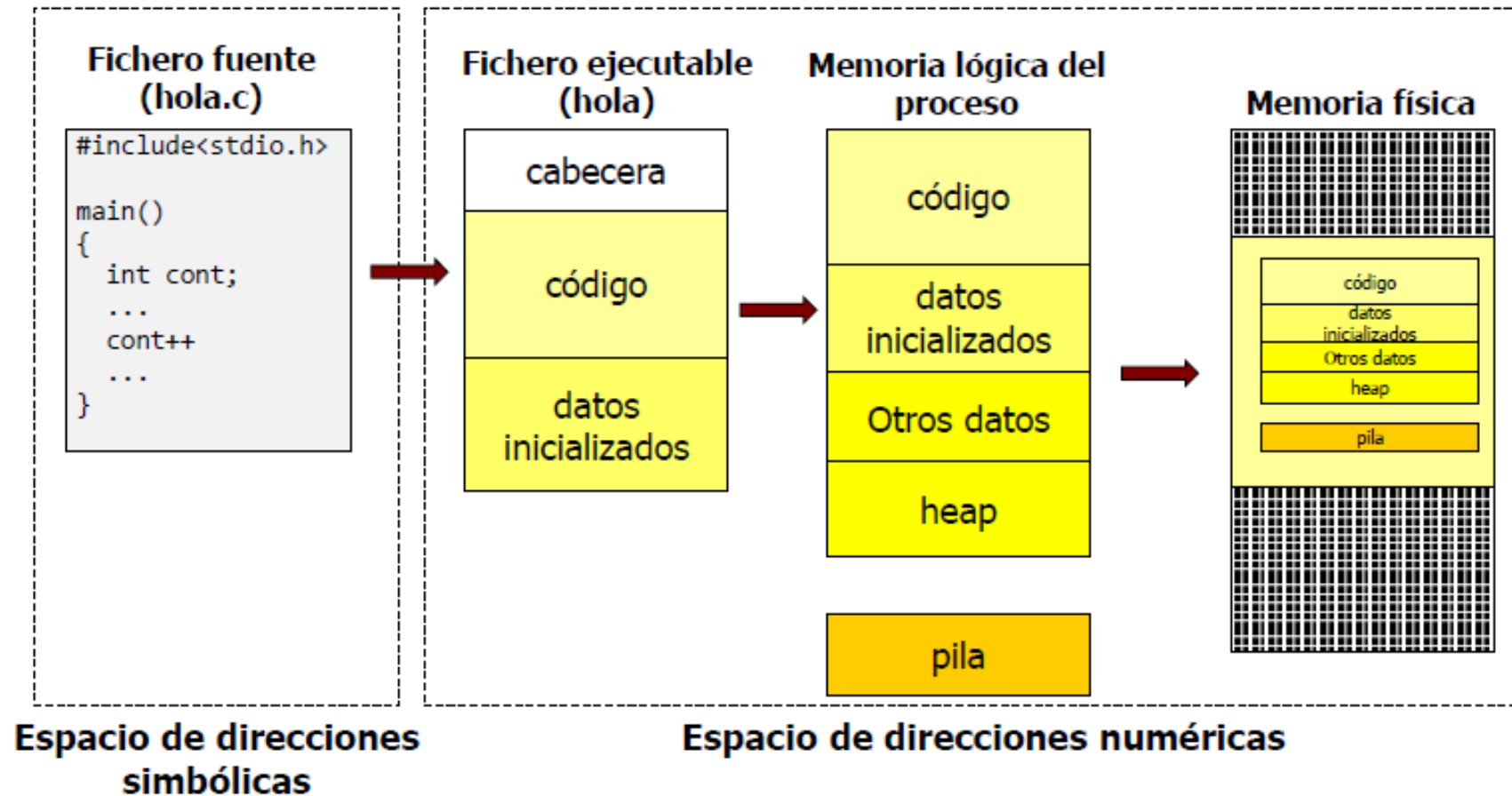
Dos conflictos

- 1. Separación de los espacios de direcciones:** El gestor de memoria debe forzar el aislamiento de espacios de direcciones diferentes para evitar que un proceso activo acceda errónea o maliciosamente y destruya potencialmente los contenidos de los espacios de direcciones de otros procesos
- 2. Compartición de memoria:** Permitir que procesos cooperativos accedan a áreas comunes de memoria

Ciclo de vida de un programa



Ciclo de vida de un programa



Conversión de direcciones

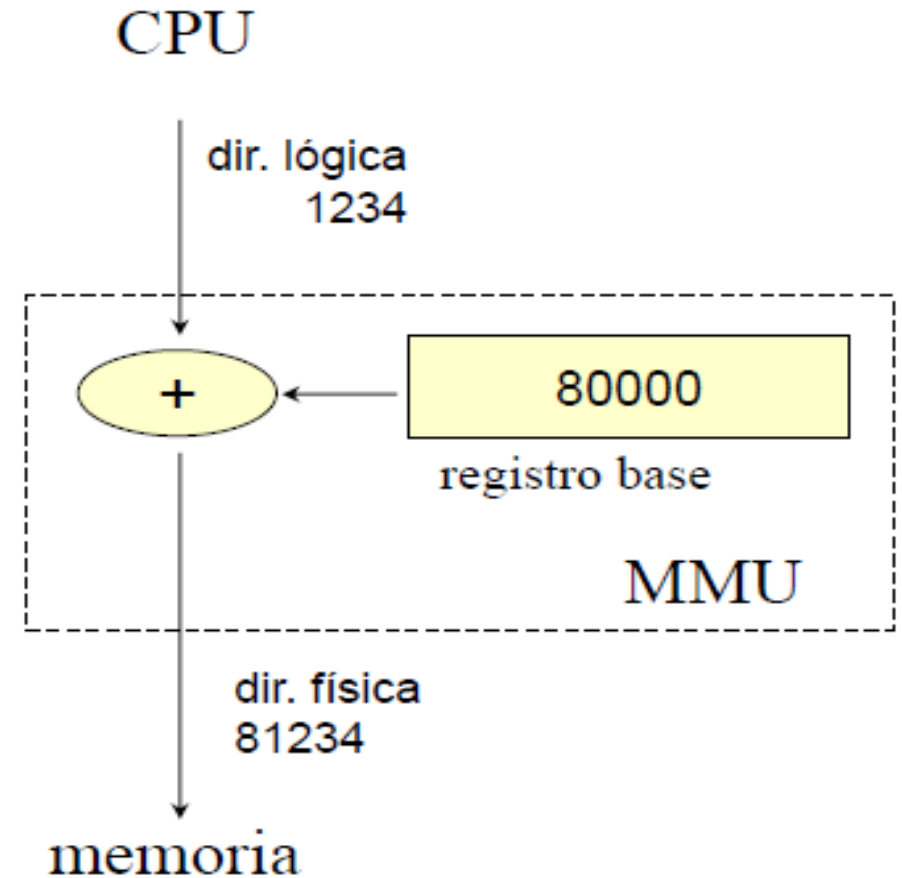
Reubicación

- ❑ El compilador traduce direcciones de memoria simbólicas a direcciones binarias
- ❑ Si las direcciones binarias son absolutas, el programa sólo se puede ejecutar en una zona fija de la memoria: ***no es reubicable***. Esto es una grave limitación
- ❑ Nos interesa que el compilador no genere direcciones definitivas, sino direcciones reubicables (que se puedan resolver más adelante). Cuando se sepa dónde van a residir el código y los datos, se convertirán a direcciones absolutas
- ❑ ¿En qué momento (etapa) se realiza esta reubicación ?
 - Carga (cargador, SO) = Reubicación estática
 - Ejecución (hardware) = Reubicación dinámica

Conversión de direcciones

Reubicación Dinámica

- ❑ **Dirección lógica o virtual:** la generada por la CPU.
- ❑ **Dirección física:** la que llega al chip de memoria.
- ❑ **Unidad de manejo de memoria (MMU):** el dispositivo que traduce direcciones lógicas a físicas.

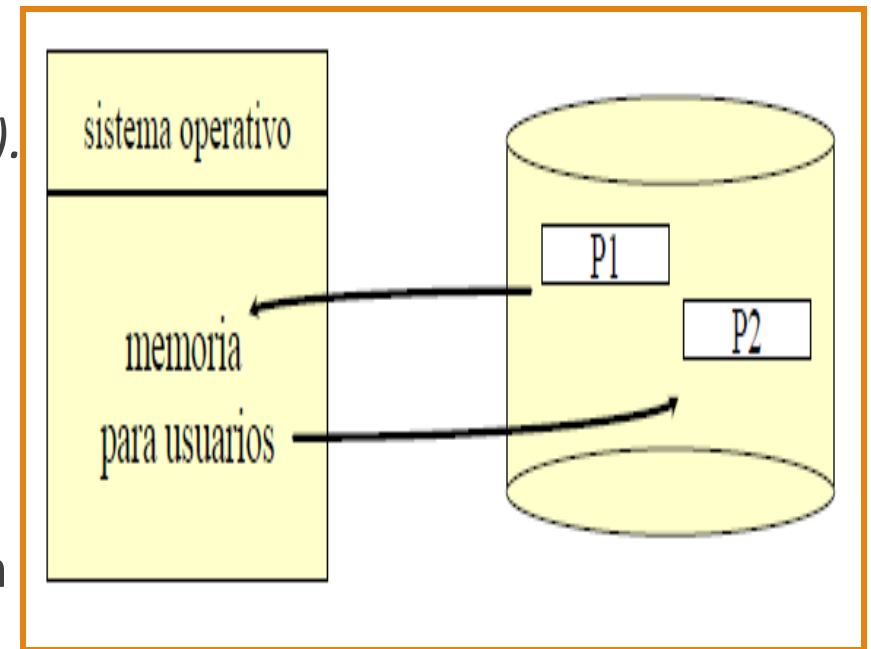


Intercambio (*Swapping*)

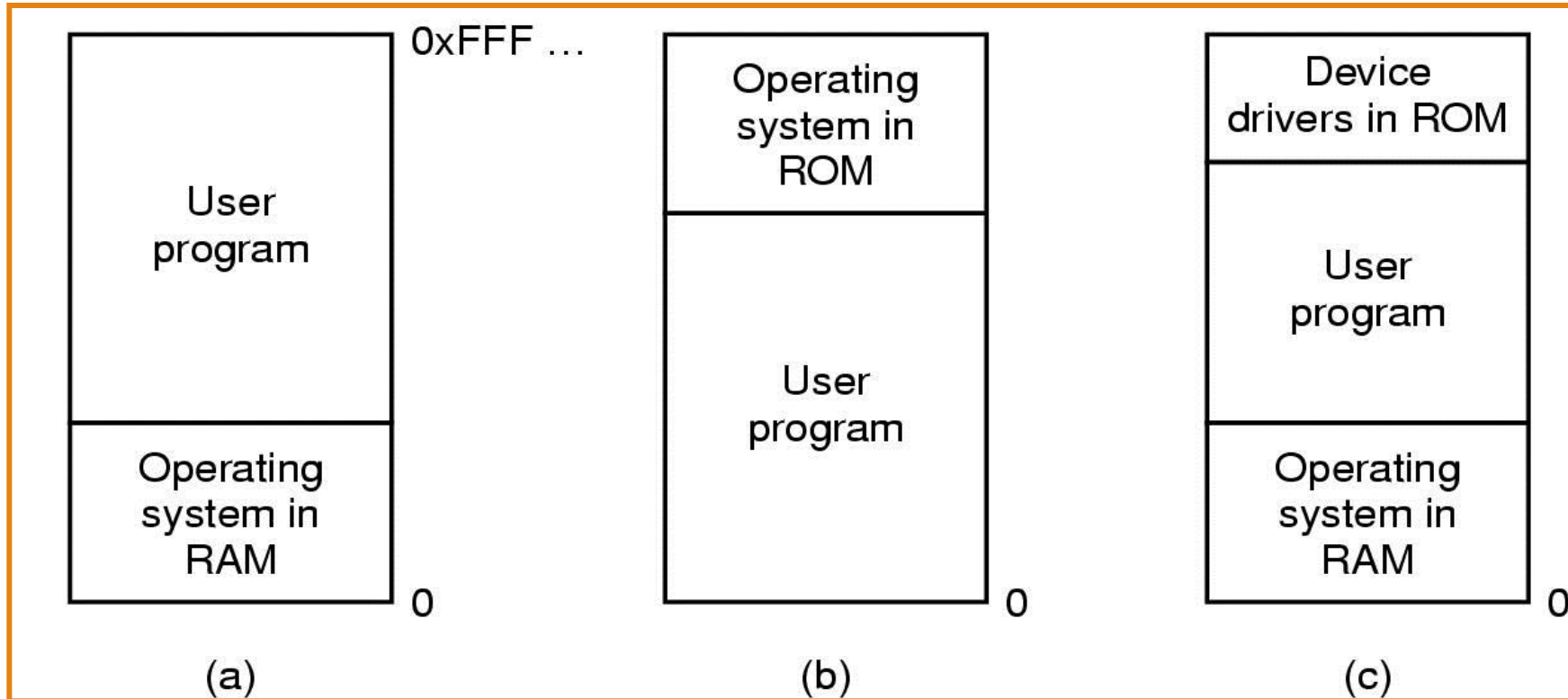
- ❑ Si un proceso lleva mucho tiempo bloqueado, su espacio de memoria está desperdiciado
- ❑ **Idea:** se vuelca su imagen de la memoria al disco (*swap out*). Ese espacio queda disponible para otros
- ❑ Cuando se decide reanudar el proceso, se recupera su imagen (*swap in*)

Problema: tiempo invertido en el intercambio

- ❑ Mientras se intercambia un proceso, otros procesos pueden seguir ejecutándose en otras zonas de memoria
- ❑ Usar varias áreas de intercambio en diferentes dispositivos



Monoprogramación



Se ejecuta sólo un programa a la vez. La memoria se divide entre el programa y el SO

Multiprogramación

- ❑ **Asignación Contigua:** Cada objeto lógico es colocado en un conjunto de posiciones de memoria con direcciones estrictamente consecutivas. Un método habitual consiste en particionar la memoria física disponible y satisfacer las solicitudes de memoria asignando particiones libres adecuadas, si las hay. Estas particiones pueden ser definidas estática o dinámicamente
- ❑ **Asignación no contigua:** La memoria se asigna de tal modo que partes de un sólo objeto lógico pueden ser colocadas en áreas no contiguas de memoria física

Asignación Contigua de Memoria

Particionamiento Estático

- ❑ La división de la memoria (número y tamaño de las particiones) permanece fija y se efectúa durante el proceso de generación del sistema, antes de ejecutar los programas de usuario. Se toma en cuenta la capacidad de la memoria física disponible, el grado deseado de multiprogramación y los tamaños típicos de los procesos frecuentemente ejecutados en la instalación.
- ❑ Es un método adecuado para entornos estáticos en donde la carga de trabajo es predecible y sus características son conocidas. **Ejemplo:** entornos de producción en un ambiente bancario, con poco o ningún desarrollo.

Asignación Contigua de Memoria

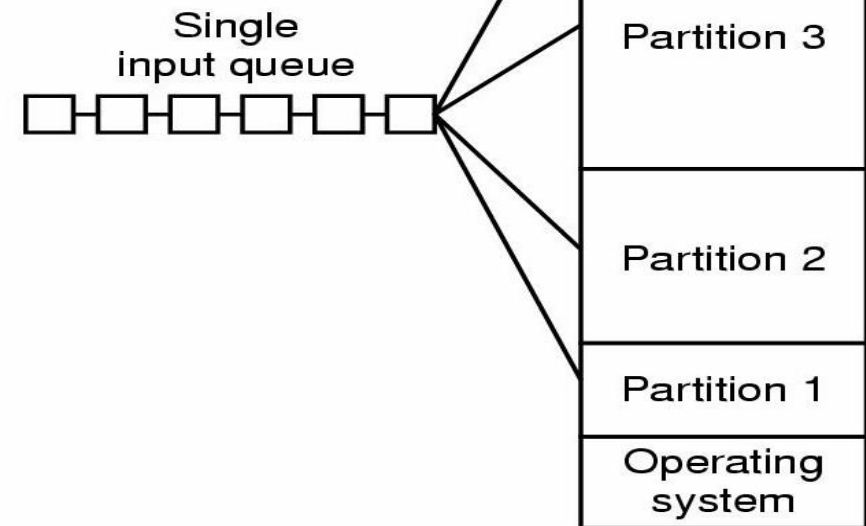
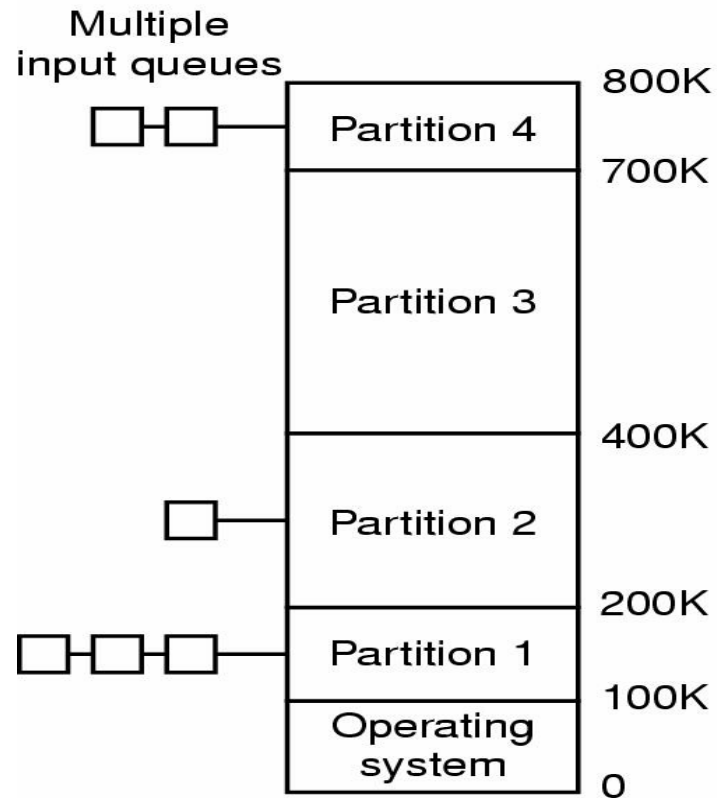
SO	0K
	100K
	400k
A	500k
B	750
C	
	900
	1000k

Tabla de Descripción de Particiones TDP

Nro	Base	Tamaño	Estado
0	0k	100k	Asig
1	100k	300k	Libre
2	400k	100k	Asig
3	500k	250k	Asig
4	750k	150k	Asig
5	900k	100k	Libre

Asignación Contigua de Memoria

Particionamiento Estático



Asignación Contigua de Memoria

Desventajas de los esquemas

- ❑ Puede suceder que la cola asociada a una partición esté vacía pero la cola de una partición pequeña esté completamente ocupada.
- ❑ Existen varias formas de atender las peticiones:
 - Cada vez que se libera una partición se podría cargar y ejecutar en ellas la tarea que esté de primera en la cola y con tamaño adecuado (**primer ajuste**).
 - Como no es deseable que se desperdicie una partición de gran tamaño en una tarea pequeña, otra estrategia consiste en buscar en toda la cola de entrada el tamaño que **mejor ajuste**. En general, las tareas pequeñas son discriminadas para lo cual se puede definir una partición pequeña.
 - Imponer un límite de tiempo para la ejecución de los procesos.

Asignación Contigua de Memoria

Desventajas del Particionamiento Estático

- ❑ Es inflexible e incapaz de adaptarse a las necesidades cambiantes del sistema
- ❑ Presenta *fragmentación interna*, es decir, se desaprovecha memoria en cada partición cuando se carga un objeto mas pequeño que el tamaño de la partición
- ❑ Ningún proceso puede exceder el tamaño de la partición mas grande del sistema
- ❑ Limita el grado de multiprogramación (número máximo de procesos activos en el sistema en un momento dado)

Asignación Contigua de Memoria

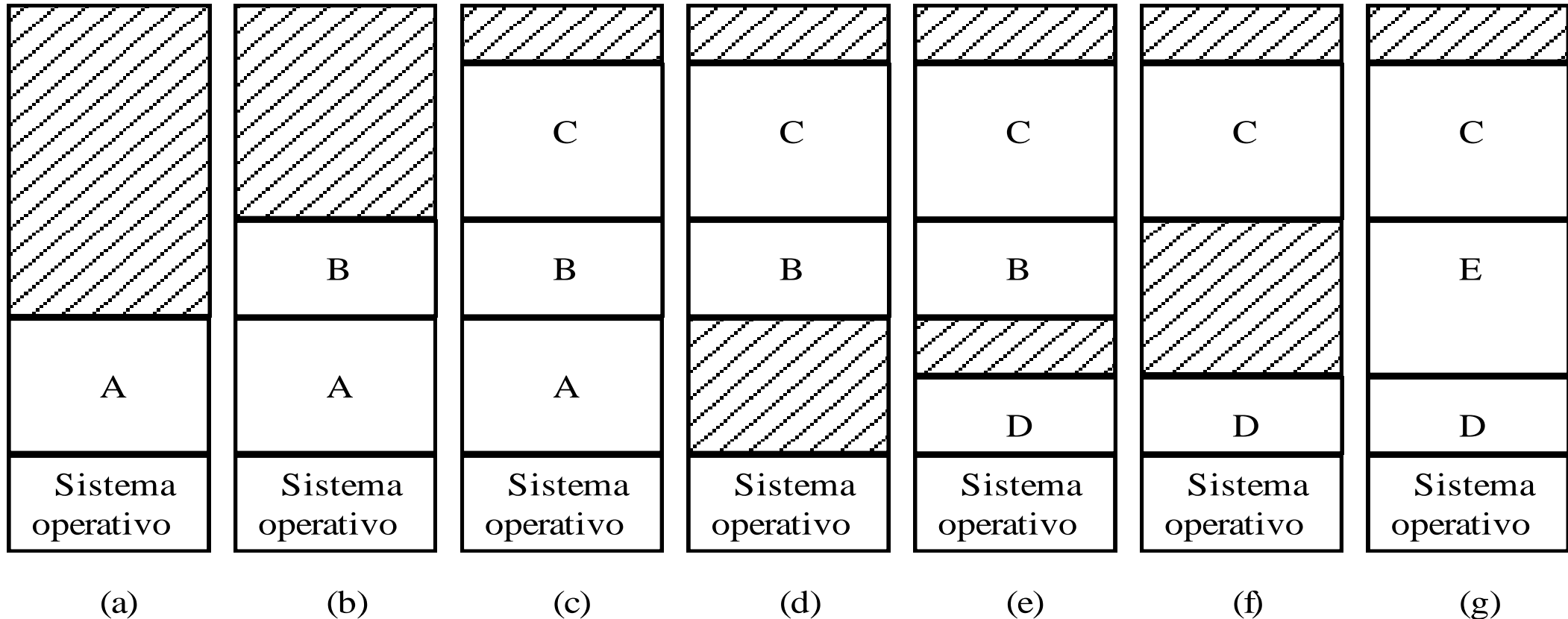
Particionamiento Dinámico

- ❑ Es una asignación adaptativa de la memoria
- ❑ Se presenta como una respuesta a demandas de usuario
- ❑ Cada partición tiene el tamaño justo necesario para satisfacer la petición de espacio de un objeto (programa o un área de datos compartida)
- ❑ Es un método adecuado para entornos de desarrollo de programas o donde la carga de trabajo es impredecible
- ❑ En general existen tres formas utilizadas por los SO para administrar el uso de la memoria:
 - Mapas de Bits
 - Listas enlazadas: Primer Ajuste, Mejor Ajuste y Peor Ajuste
 - Sistema de los asociados o compañeros

Asignación Contigua de Memoria

Particionamiento Dinámico

Tiempo →



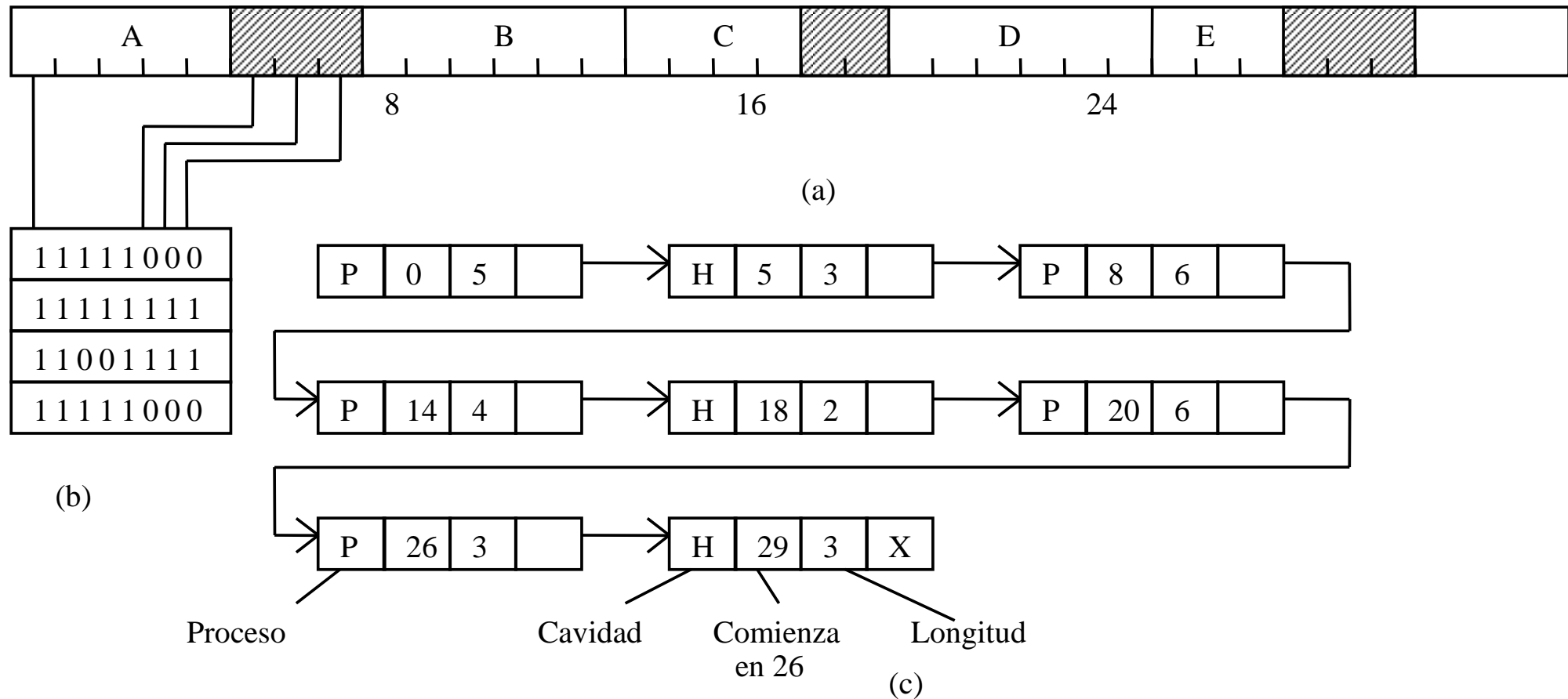
Asignación Contigua de Memoria

Particionamiento Dinámico: Mapas de Bits

- ❑ La memoria se divide en unidades de asignación que pueden ser tan pequeñas como unas cuantas palabras o tan grande como unos cuantos Kb
- ❑ A cada unidad de asignación le corresponde un bit en el mapa de bits, el cual toma el valor 0 si la unidad está libre y 1 si está ocupado
- ❑ Mientras más pequeña sea la unidad de asignación más grande será el mapa de bits, si la unidad de asignación es grande el mapa de bits será pequeño pero habrá fragmentación interna
- ❑ Cuando se requiere un espacio de k unidades, el administrador de la memoria debe recorrer el mapa para encontrar una cadena de k ceros consecutivos

Desventaja: La búsqueda es una operación lenta por lo que éstos no son utilizados con frecuencia

Asignación Contigua de Memoria



Asignación Contigua de Memoria

Particionamiento Dinámico: Listas Enlazadas

- ❑ **Primer ajuste:** el administrador rastrea la lista hasta hallar una cavidad que sea lo suficientemente grande
- ❑ **Siguiente ajuste:** igual que el primer ajuste pero empezando en donde se quedó la vez anterior
- ❑ **El que mejor ajusta:** busca en toda la lista hasta encontrar la cavidad que ajusta mejor
- ❑ **El que peor ajusta:** toma siempre la cavidad más grande disponible

Desventaja: Las búsquedas pueden resultar engorrosas y consumir tiempo

Asignación Contigua de Memoria

Particionamiento Dinámico: Sistema de los Asociados o Compañeros

	Memoria																Cavidades															
	128k				256k				384k				512k				640k				768k				896k				1M			
Inicialmente	<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><</div>																															

Asignación Contigua de Memoria

Desventajas del Particionamiento Dinámico

- ❑ La gestión de memoria es más compleja que en el particionamiento estático, consumiendo más espacio y tiempo de uso del SO
- ❑ Presenta poca fragmentación interna cuando se usa el sistema de los Asociados o Compañeros
- ❑ Presenta **fragmentación externa**, es decir, se desaprovecha memoria entre las particiones, imponiendo una penalidad de tiempo para la **compactación**

La Compactación

- Sólo es viable si se usa **reubicación dinámica** (cambian los espacios físicos de los procesos)
- Puede consumir mucho tiempo (hay que mover bloques de memoria)

Memoria Virtual

Concepto

Es un esquema de gestión de memoria en donde puede que sólo una parte del espacio de direcciones virtuales de un proceso **“residente”** sea cargada realmente en memoria física.

El tamaño permisible del espacio de direcciones virtuales de un solo proceso puede exceder a la capacidad máxima de la memoria física instalada en un sistema dado. Esto se consigue manteniendo una imagen del espacio de direcciones virtuales completo de un proceso en memoria secundaria y trayendo a memoria principal partes de esa imagen cuando sean necesarias

Memoria Virtual

Justificación

- ❑ Ciertas partes de un programa no son referenciadas durante una ejecución específica. Ej: Rutinas de manejo de errores
- ❑ Existen caminos de ejecución alternativos que no se extienden por todo el espacio de direcciones, según condiciones externas o internas del programa. Ej: Uso de condicionales y datos de entrada
- ❑ Programación estructurada

Memoria Virtual

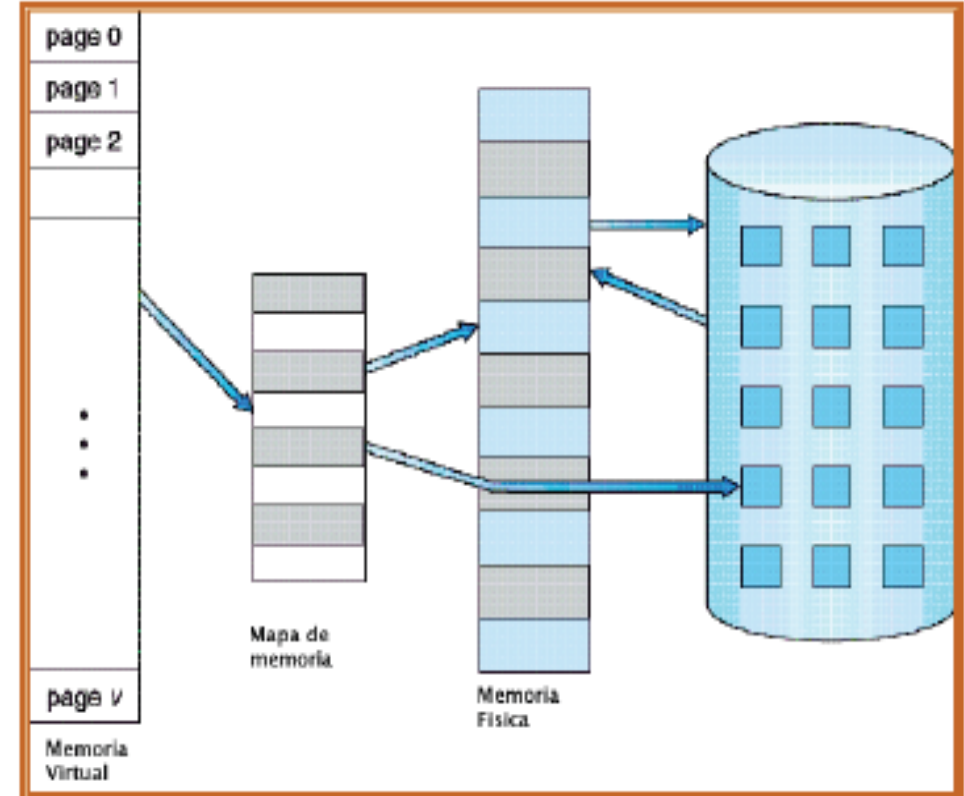
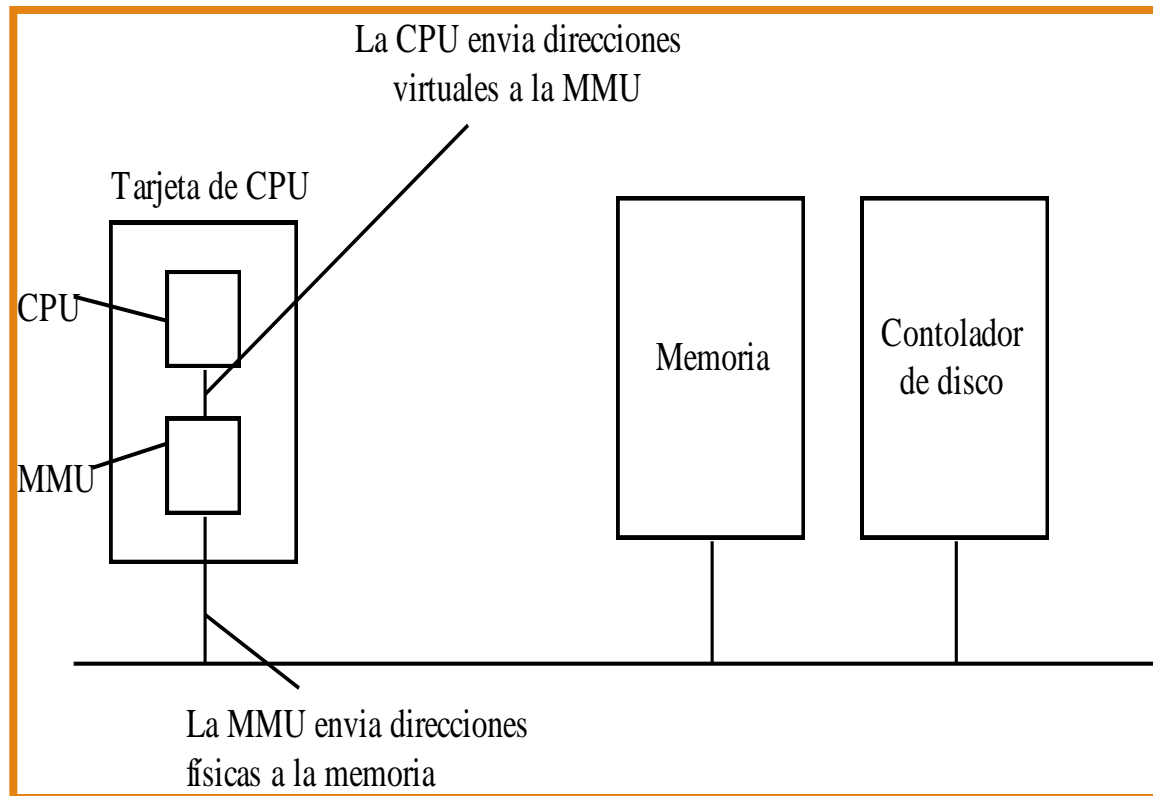
Concepto

El mecanismo de traducción de direcciones debe ser capaz de asociar nombres virtuales a posiciones físicas. En cualquier instante el hardware de traducción debe realizar la función

$f: V \Rightarrow M$, tal que

$\left\{ \begin{array}{l} r \text{ si el elemento } x \text{ está en memoria real en la posición } r \\ \textit{excepción por elemento ausente} \text{ si el elemento } x \text{ no está en} \\ \text{memoria real} \end{array} \right.$

Memoria Virtual



Memoria Virtual

Paginación \approx Solución al problema de la fragmentación externa

Idea fundamental

- ❑ Dividir la memoria física (principal) en bloques iguales de tamaño fijo relativamente pequeños llamados marcos
- ❑ La memoria lógica (procesos) se divide en bloques del mismo tamaño llamados páginas
- ❑ Ejecución: Las páginas se cargan desde el almacenamiento auxiliar a un marco de memoria que esté disponible

La dirección de la memoria consta de un número de página y de un desplazamiento dentro de la página

Memoria Virtual

Paginación

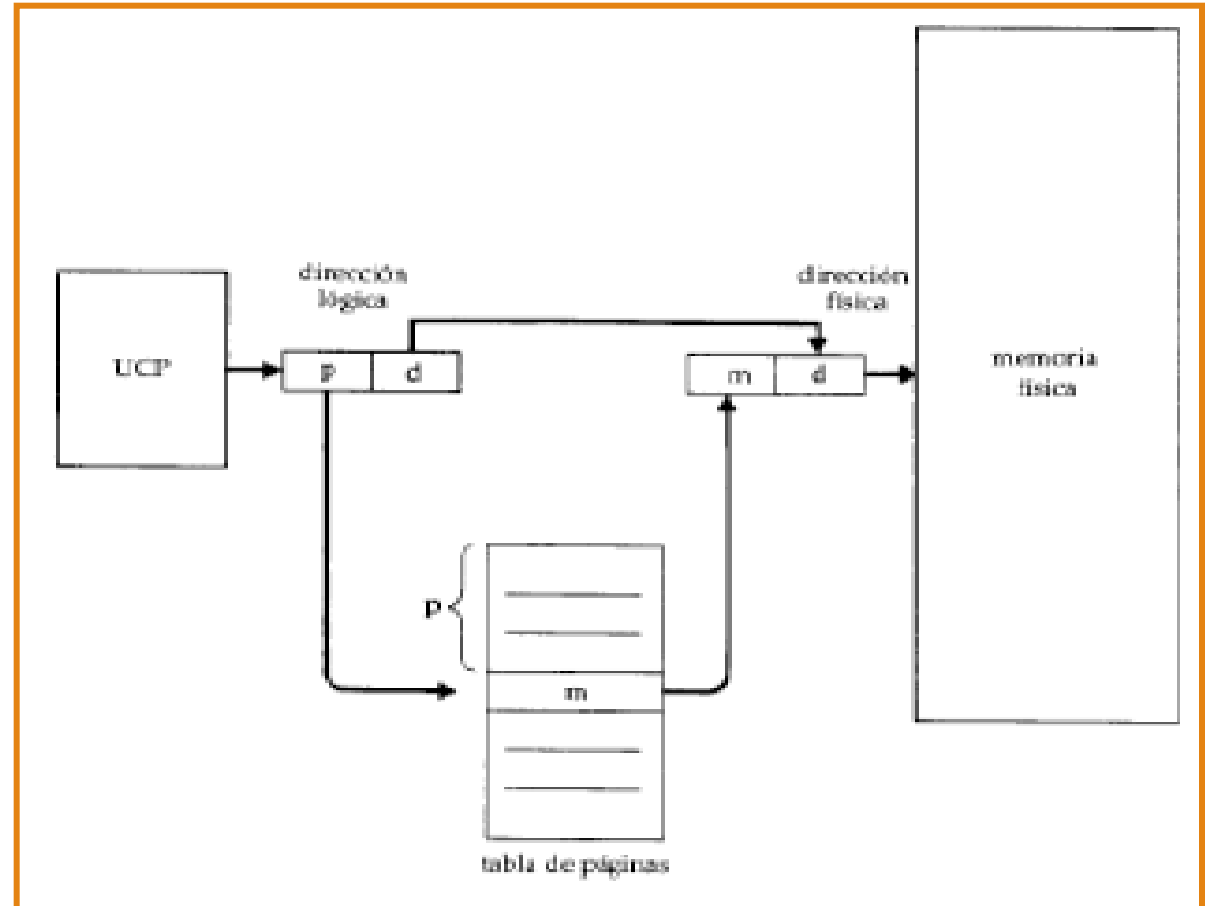
- ❑ **TMP/TP Tabla de Páginas:** Una por cada proceso activo. Proporciona información sobre la Ausencia/Presencia de una página en memoria principal
- ❑ **TMM Tabla de Mapa de Memoria:** Se usa para llevar la cuenta de las zonas de memoria física que están disponibles para asignación
- ❑ **TMA Tabla de Mapa de Archivo:** Existe una por cada proceso activo. Contiene direcciones de almacenamiento secundario de todas las páginas. Se utiliza para cargar en memoria principal los elementos ausentes. Su base puede ser almacenada en la PCB de los procesos

Memoria Virtual

Paginación

Cada dirección generada por la CPU es una par ordenado (p,d) , donde:

- p es el número de página o índice de la tabla de páginas
- d es el desplazamiento dentro de la página



Memoria Virtual

Estructura de la Tabla de Páginas (TP)

❑ Denominador común

- Una tabla de páginas para cada proceso

❑ ¿Cómo localiza el SO la TP de un proceso?

- En la PCB
- Contador de instrucciones, registros, información de E/S, etc.
- Puntero a la TP

❑ ¿Qué ocurre en un cambio de contexto?

- El despachador cargará los registros con los valores del nuevo proceso
- A partir de la TP almacenada, cargará los valores correctos de la TP en hw

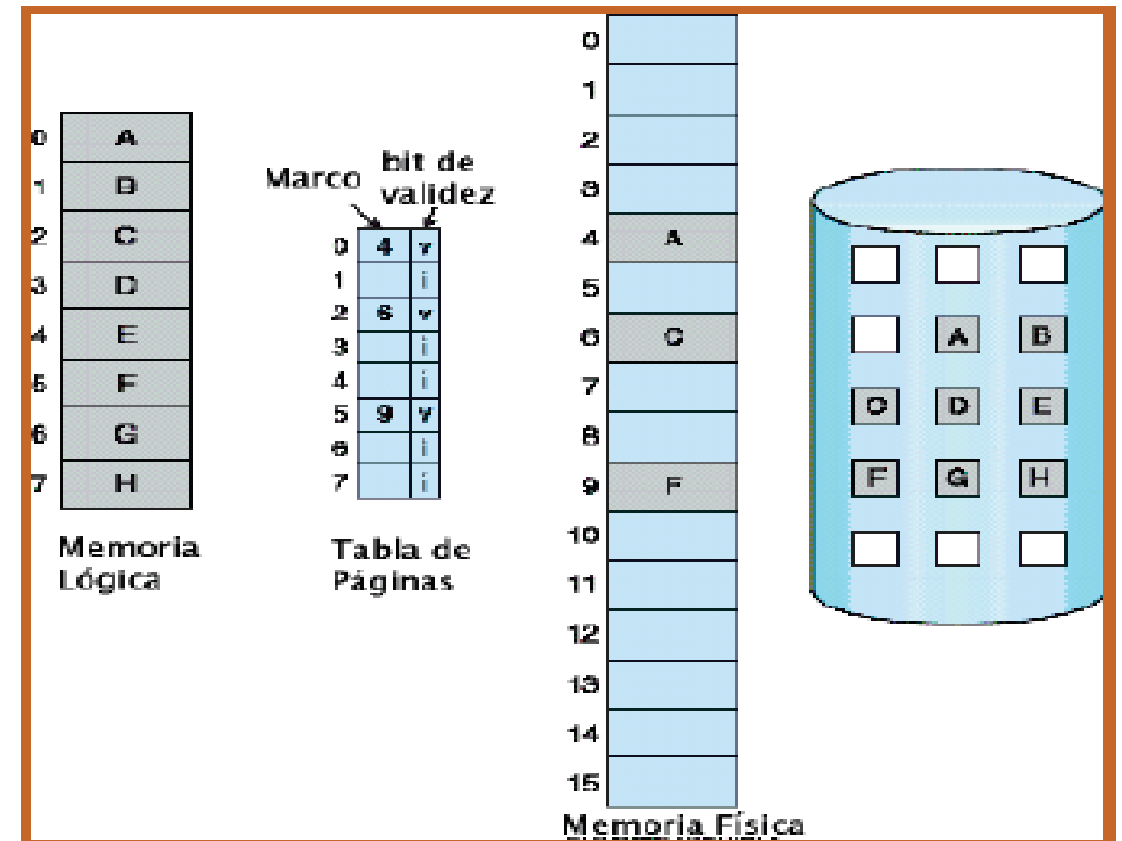
Memoria Virtual

Bit de Validez + Fallo de Página

Cada entrada de la tabla de páginas tiene anotado:

Si es válida significa que está en memoria principal

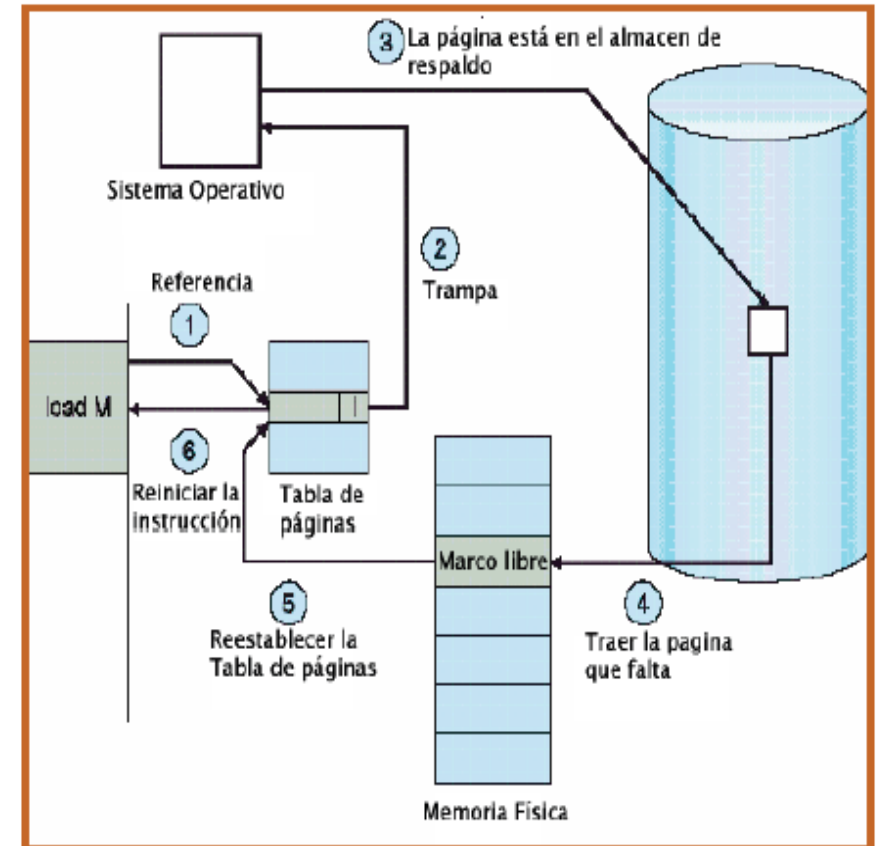
Si la página es inválida y se intenta acceder a ella, se genera una excepción por elemento ausente o fallo de página



Memoria Virtual

Gestión de un Fallo de página (*page fault*)

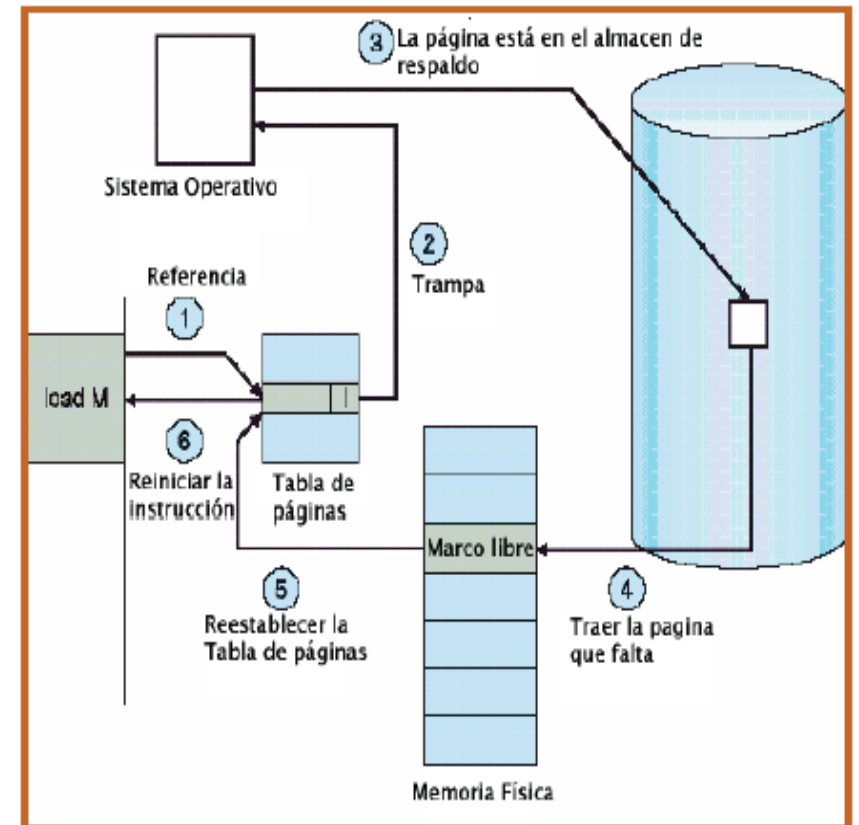
- ❑ Si la CPU intenta acceder a una página marcada como no válida (bit de validez activado) el proceso es abortado, de lo contrario la MMU genera una excepción llamada fallo de página (*page fault*).
- ❑ El fallo de página activa una rutina del SO, que hace lo siguiente:
 1. Busca un marco físico libre para la página solicitada
 2. Copia del disco la página solicitada, en el marco elegido
 3. Actualiza la tabla de páginas (marca la entrada como válida y anota en que marco físico copió la página)
 4. Entrega el control al proceso y se reintentla la instrucción que provocó el fallo de página



Memoria Virtual

Gestión de un Fallo de página (*page fault*)

- ❑ Mientras el SO va leyendo del disco la página que originó el fallo (paso 4 de la figura anterior), se puede entregar la CPU a otros procesos que estén disponibles
- ❑ Hay que invalidar la entrada de TLB
- ❑ Para reiniciar la instrucción:
 - Una instrucción de CPU puede generar varios fallos de página (ej. en x86: `ADD [EAX],[EBX]` genera tres accesos a datos)
 - La instrucción pudo haber hecho modificaciones antes de generar el fallo de página



Memoria Virtual

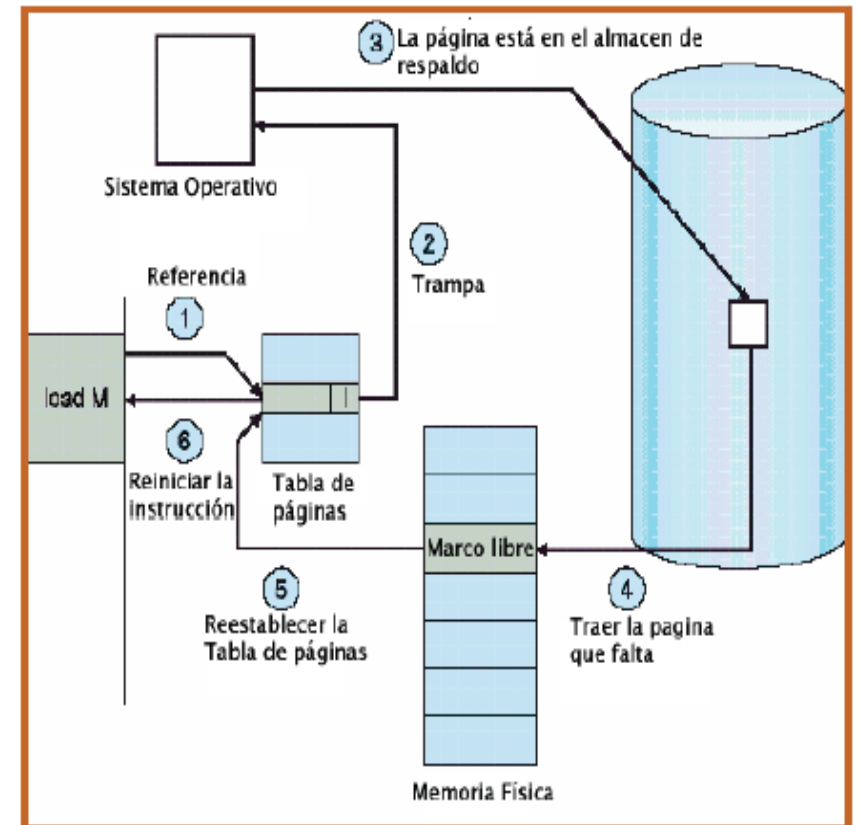
Gestión de un Fallo de página (*page fault*)

¿Qué ocurre si hay un fallo de página y todos los marcos físicos están ocupados?

- ❑ Hay que elegir una página víctima de las que están en memoria física y sustituirla con la página solicitada

¿Cuál elegimos?

- ❑ ¿la menos usada? ¿la más vieja?
- ❑ ¿elegimos una página del proceso que causó el fallo, o elegimos de entre toda la memoria?
- ❑ ¿qué pasa si la víctima es una página que se ha modificado?



Memoria Virtual

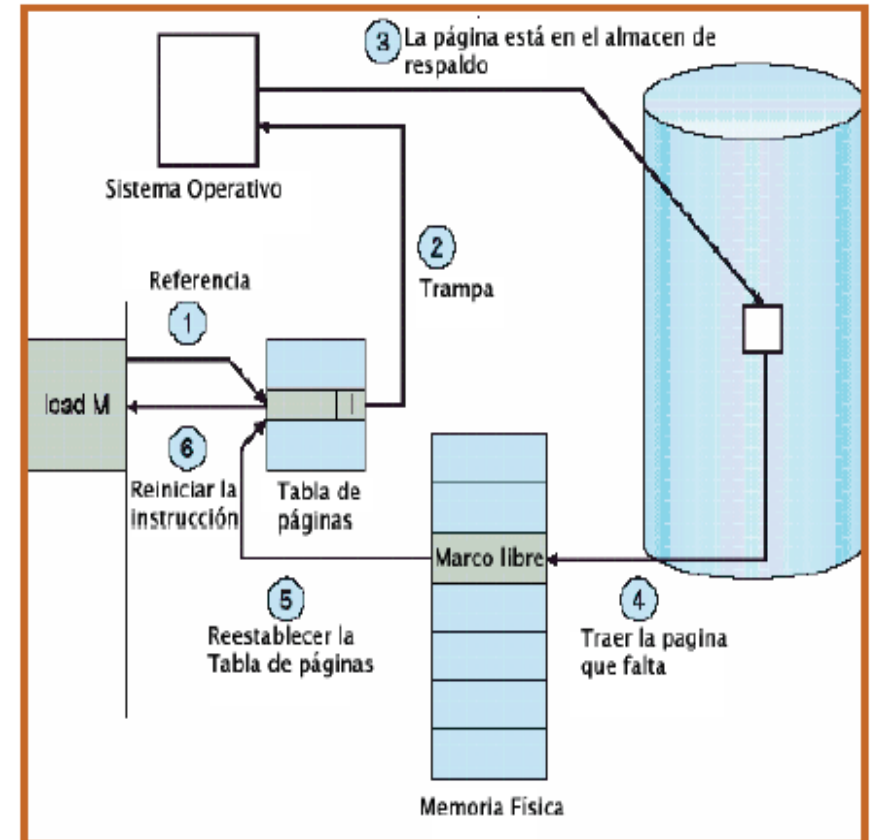
Stages in Demand Paging (Silberschatz, Galvin and Gagne, 2013)

1. Trap to the operating system
2. Save the user registers and process state
3. Determine that the interrupt was a page fault
4. Check that the page reference was legal and determine the location of the page on the disk
5. Issue a read from the disk to a free frame:
 - 5.1. Wait in a queue for this device until the read request is serviced
 - 5.2. Wait for the device seek and/or latency time
 - 5.3. Begin the transfer of the page to a free frame
6. While waiting, allocate the CPU to some other user
7. Receive an interrupt from the disk I/O subsystem (I/O completed)
8. Save the registers and process state for the other user
9. Determine that the interrupt was from the disk
10. Correct the page table and other tables to show page is now in memory
11. Wait for the CPU to be allocated to this process again
12. Restore the user registers, process state, and new page table, and then resume the interrupted instruction

Memoria Virtual

Algoritmo general de reemplazo de páginas

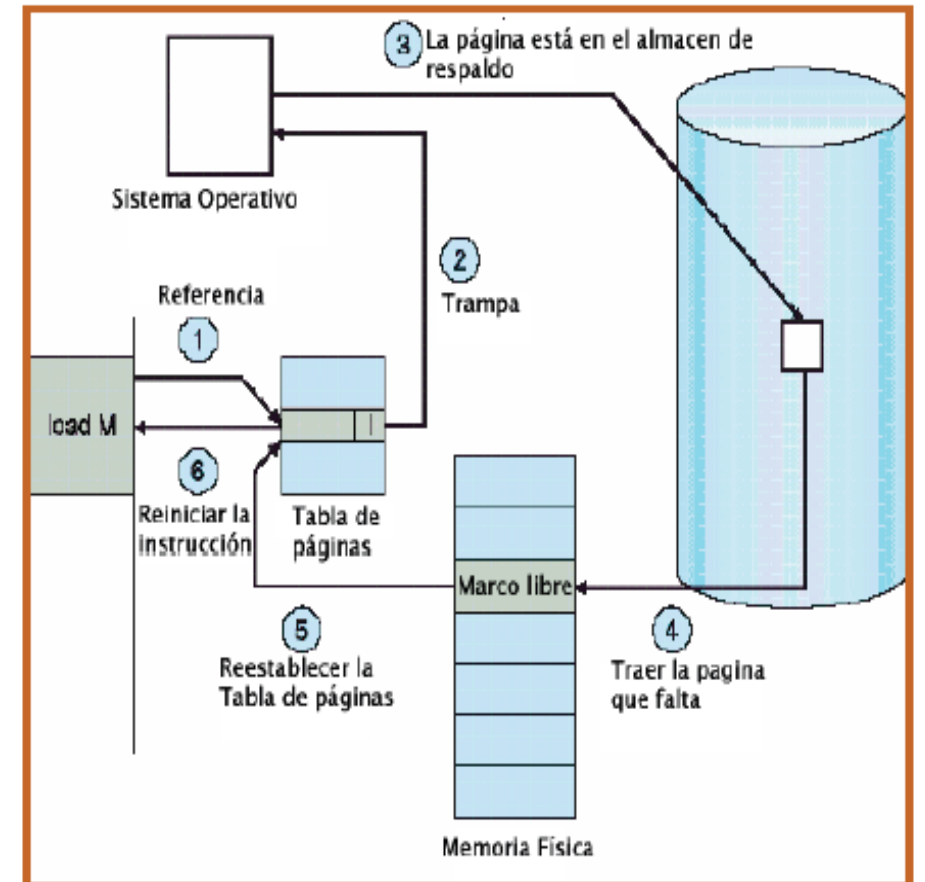
1. Ocurre un fallo de página
2. Se observa que no hay marcos libres
3. Se elige una página víctima
4. Si la víctima ha sido modificada, guardarla en disco
5. Leer la nueva página del disco
6. Marcar la página víctima como inválida en la TP
7. Actualizar la entrada de la nueva página (bit de validez y marco físico al que apunta)



Memoria Virtual

Algoritmo General de Reemplazo de páginas ¿Cómo sabemos si la página víctima se ha modificado?

1. Incorpora un bit de modificación en las entradas de la TP
2. Inicialmente el bit de modificación está en 0
3. La MMU cambia a 1 ese bit cada vez que se hace una escritura sobre la página correspondiente



Memoria Virtual

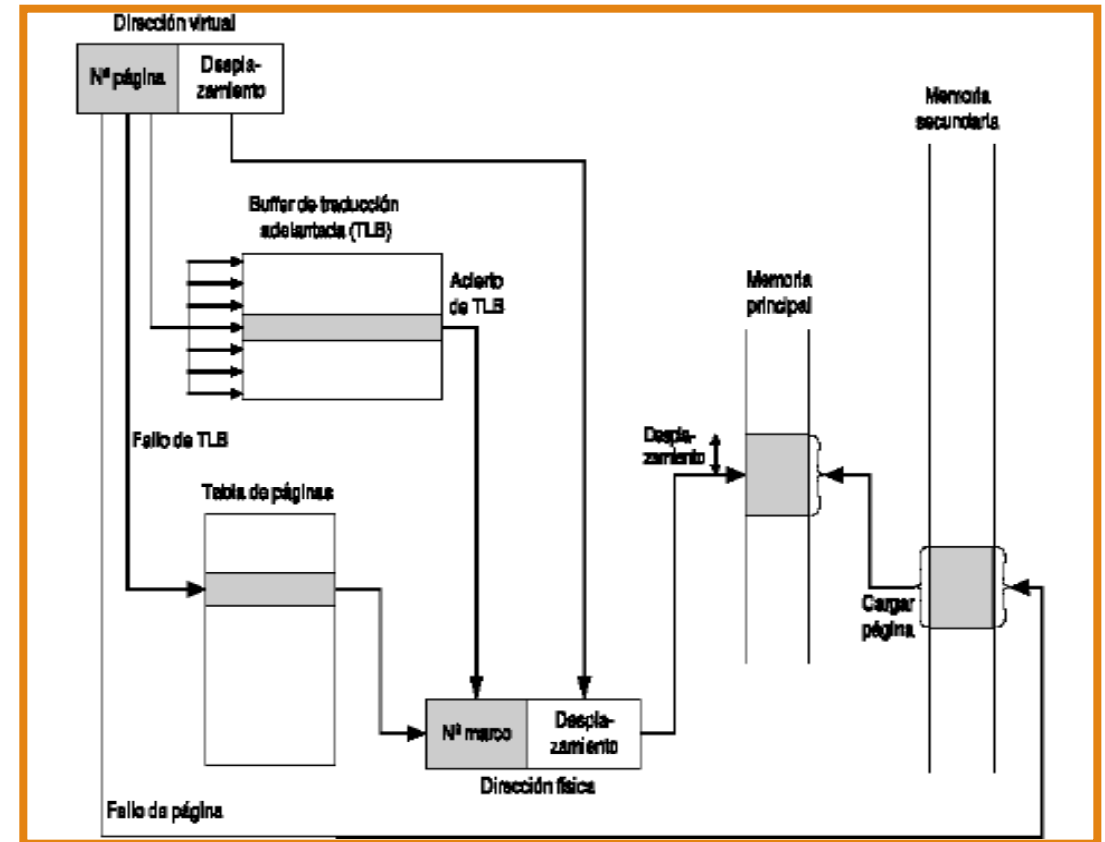
Aspectos de Diseño

TLB (*Translation Lookahead Buffer, o tabla de registros asociativos*)

Pequeño caché especial en hardware para el que cada registro se compone de dos partes: clave y valor.

Funcionamiento

- Se presenta una clave y, si encuentra alguna coincidencia, devuelve el valor correspondiente
- Permite búsquedas rápidas pero el hardware es costoso



Memoria Virtual

Aspectos de Diseño

TLB (*Translation Lookahead Buffer, o tabla de registros asociativos*)

Funcionamiento: acceso a la posición i

- ☐ Obtiene el número de página donde se encuentra i.
- ☐ Si está en TLB => Obtenemos el marco de página donde se encuentra
- ☐ Sino, acceso a la TMP y actualiza la TLB
- ☐ Si TLB llena => Sustitución de una de las existentes
 - Ojo, cambio de contexto
- ☐ Desalojar (borrar) el TLB

Memoria Virtual

Aspectos de Diseño

TLB (*Translation Lookahead Buffer, o tabla de registros asociativos*)

Tasa de aciertos

- ❑ Porcentaje de las veces que un número de página se encuentra en los registros asociativos
- ❑ Buenas tasas de aciertos: 80% - 98% (Regla de dedo)
- ❑ Ejemplo: Intel 80486 => TLB de 32 entradas. Fabricantes reportan una tasa de acierto del 98%

Memoria Virtual

Aspectos de Diseño

Tamaño de la Tabla de Páginas

En una arquitectura de direcciones de 32 bits, con páginas de 4KiB, la tabla de páginas de un proceso podría llegar a ocupar 4 megas. ¡Más grave con 48 o 64 bits!

❑ Solución “fácil”

- Aumentar el tamaño de página, con el consecuente aumento de la fragmentación interna

❑ Soluciones más sofisticadas

- Paginación jerárquica
- Tabla de páginas invertida
- Tabla hash de páginas

Memoria Virtual

Aspectos de Diseño

Tamaño de las páginas

☐ Pequeño

- Mejora la fragmentación interna.
- Aumenta el tamaño de la tabla de páginas.

☐ Grande

- Peor desde el punto de vista de la fragmentación interna
- Tamaño de las tablas de páginas menor
- La E/S de disco es más eficiente cuando la cantidad de datos transferidos es mayor

Memoria Virtual

Aspectos de Diseño

Tamaño de las páginas

❑ Tendencia en los últimos años

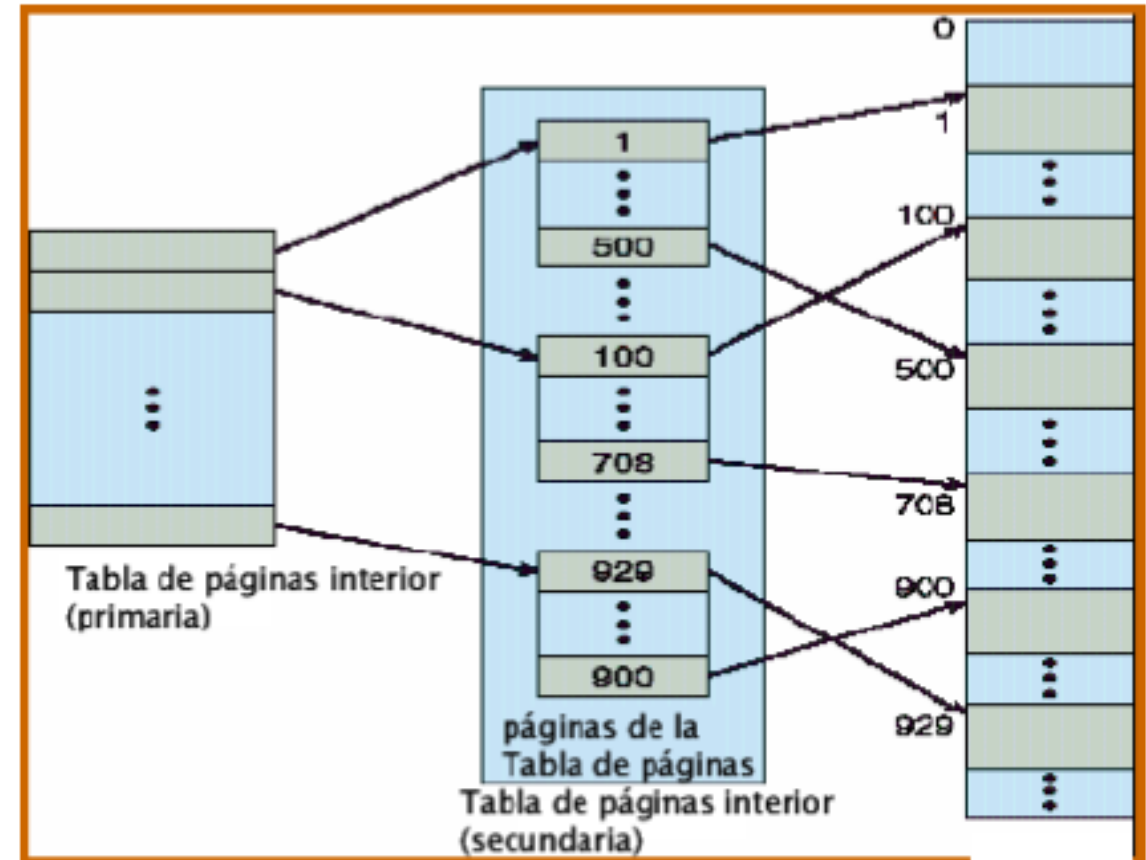
- Aumentar el tamaño a medida que procesos, datos y la memoria principal son más grandes
- 2-4 KB

Memoria Virtual

Aspectos de Diseño

Paginación Jerárquica

- ❑ La propia TP está paginada
- ❑ Se forma una jerarquía de niveles de paginación

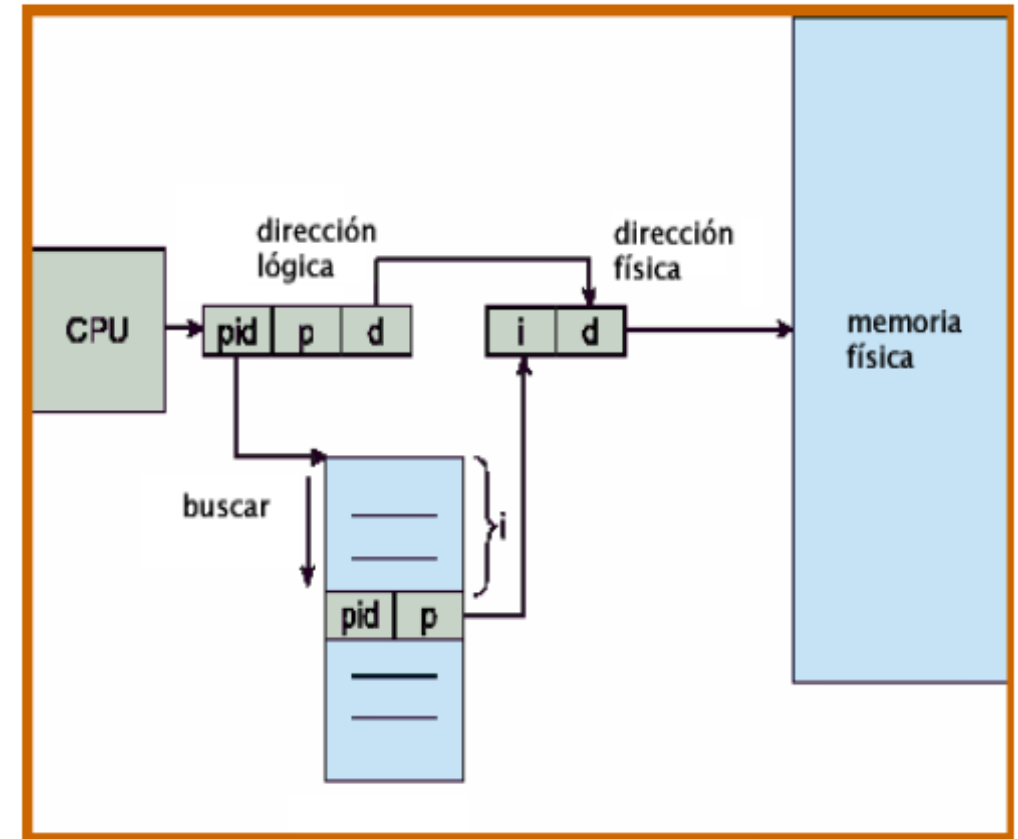


Memoria Virtual

Aspectos de Diseño

Tabla de Páginas Invertida

- ❑ Tiene una entrada por cada marco real de la memoria
- ❑ Cada entrada consiste en la página virtual almacenada en dicho marco y el proceso al que pertenece
- ❑ Por tanto, sólo hay una TP en el sistema que contiene una entrada por cada marco de página

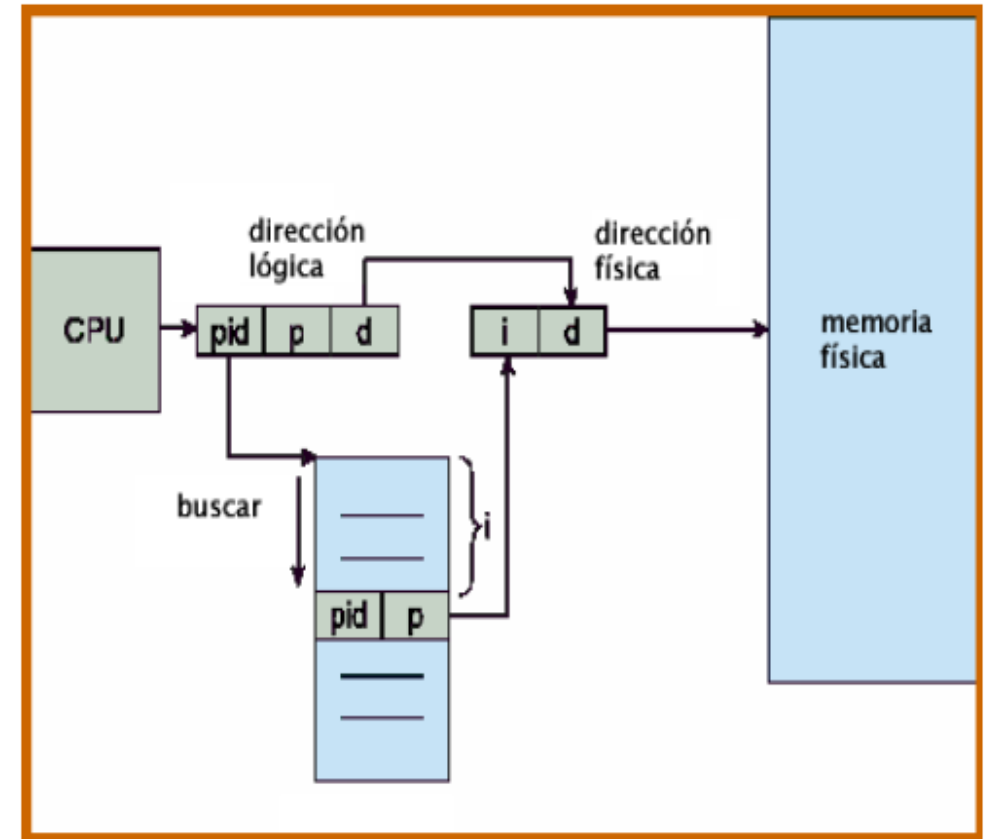


Memoria Virtual

Aspectos de Diseño

Tabla de Páginas Invertida

- ❑ Considerable ahorro en el espacio ocupado por las TP
 - **Ventaja:** reduce la cantidad de memoria necesaria para la TP
 - **Desventaja:** aumenta muchísimo el tiempo de acceso a la TP

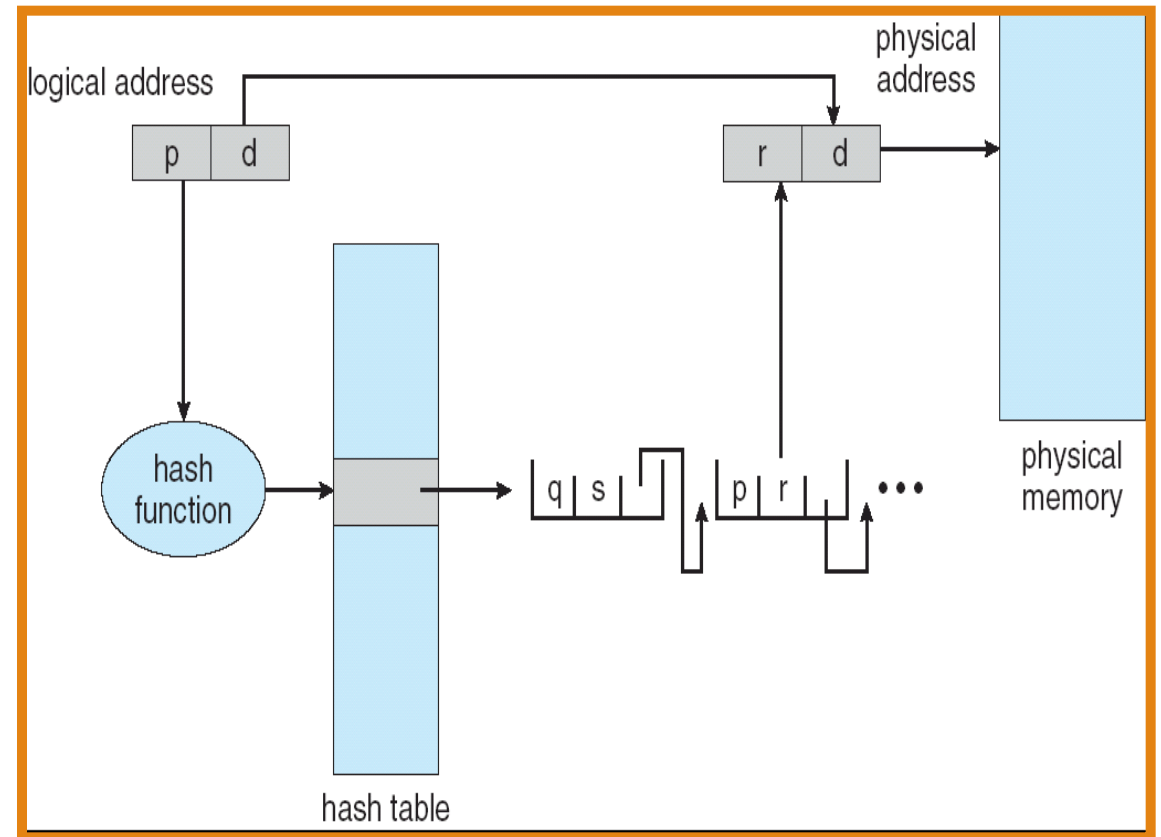


Memoria Virtual

Aspectos de Diseño

Tabla de Páginas Hash

- ❑ Común en espacios de dirección > 32 bits
- ❑ El número de página virtual es *hashed* en una tabla de página. Esta tabla de página contiene una cadena de elementos *hashing* a la misma posición(ubicación).
- ❑ Los números de las páginas virtuales son comparados en esta cadena que busca una coincidencia. Si es encontrada, el marco físico correspondiente es extraído



Memoria Virtual

Aspectos de Diseño

Compartición de Páginas

- ☐ Si se comparte el mismo código entre diferentes usuarios, es suficiente guardar sólo una copia en MP
- ☐ Para que dos o más procesos puedan ejecutar el mismo código, éste debe ser reentrante (no se modifica a si mismo)
- ☐ Si se usa paginación, cada proceso que comparte el código, tendrá una TP cuyas entradas apuntan a los mismos marcos: sólo una copia está en MP
- ☐ Sin embargo, cada usuario necesita tener sus propias páginas de datos privadas

Memoria Virtual

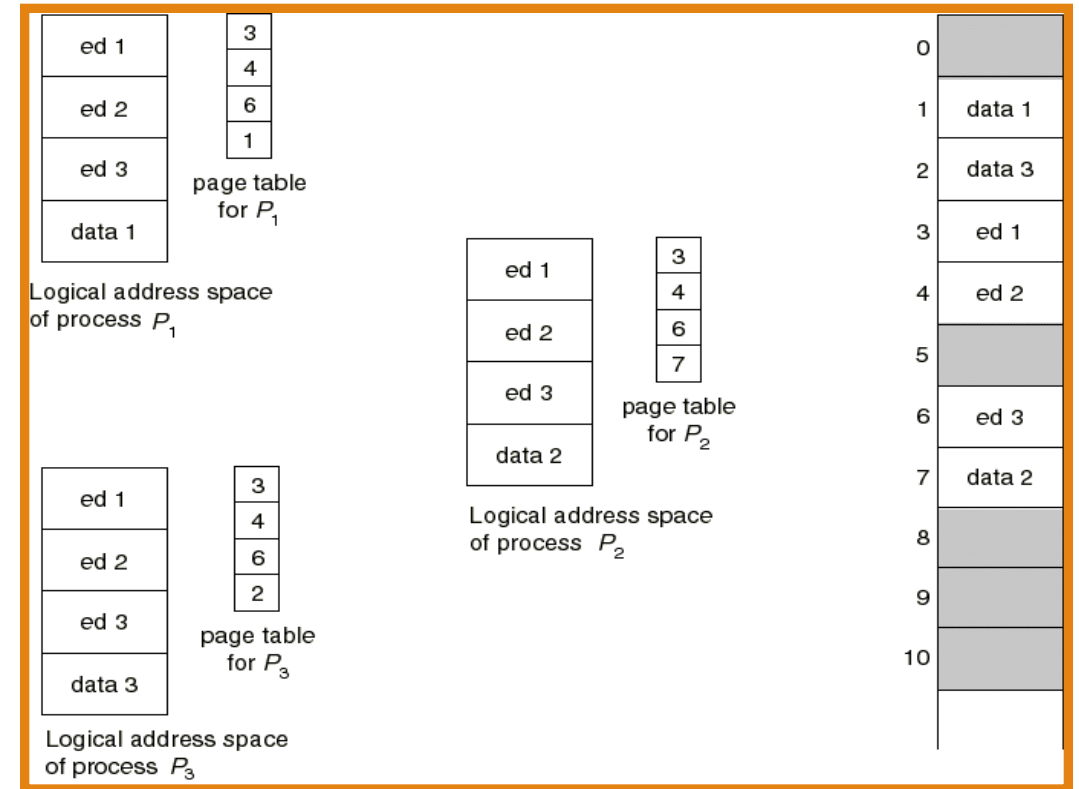
Compartición de Páginas

Código compartido

- ❑ Una copia de sólo lectura del código compartido entre procesos (p. ej., editores de textos, compiladores, sistemas de ventana)
- ❑ El código compartido debe aparecer en la misma posición en el espacio de dirección lógico de todos los procesos

Código y datos privados

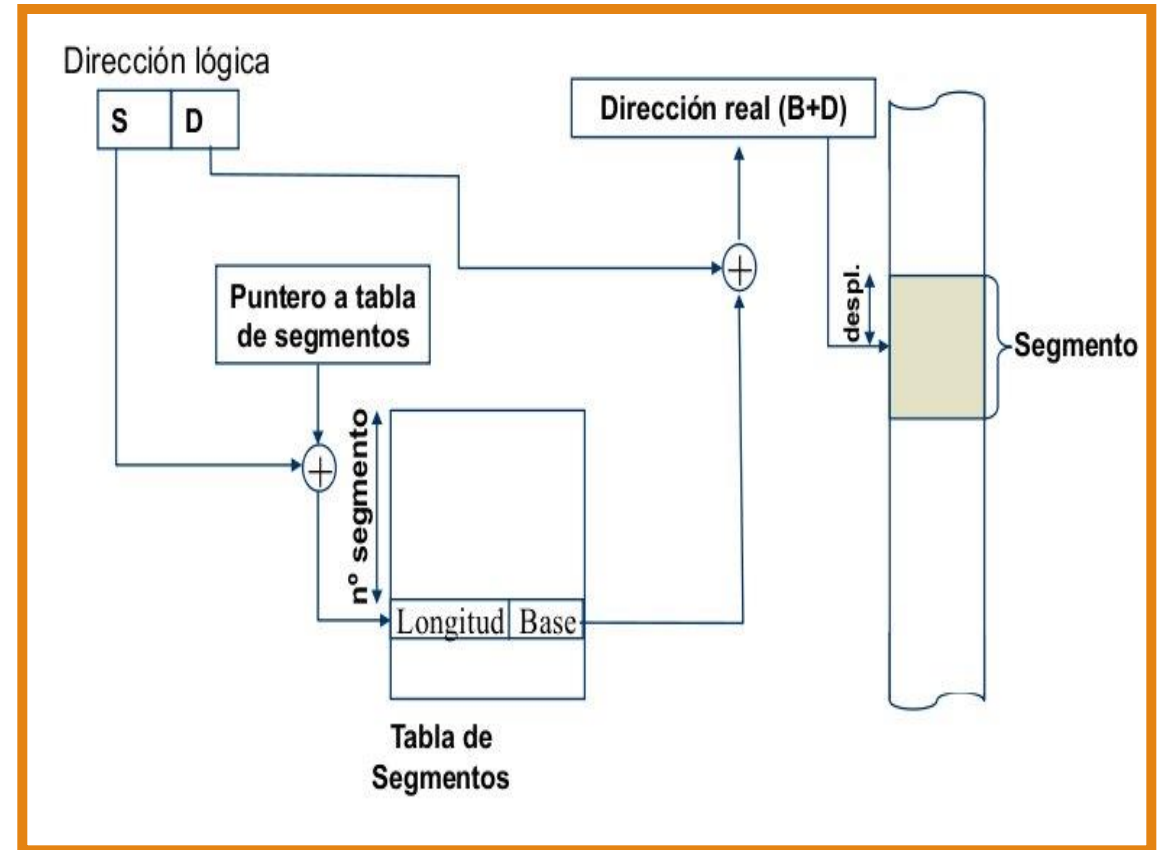
- ❑ Cada proceso guarda (mantiene) una copia separada del código y datos
- ❑ Las páginas para el código privado y datos pueden aparecer en cualquier parte en el espacio de dirección lógico



Memoria Virtual

Segmentación

- ❑ Es un esquema de manejo de memoria mediante el cual la estructura del programa refleja su división lógica; llevándose a cabo una agrupación lógica de la información en bloques de tamaño variable denominados segmentos
- ❑ Cada uno de ellos tiene información lógica del programa: texto, datos, pila, entre otros
- ❑ **Compartición:** Dos o más procesos pueden compartir un mismo segmento, bajo reglas de protección; aunque no sean propietarios de los mismos.
- ❑ **Enlace dinámico entre segmentos:** Puede evitarse realizar el enlace antes de comenzar a ejecutar un programa, estableciéndolos solo cuando sea necesario



Memoria Virtual

Segmentación Paginada

Es una combinación de segmentación y paginación para obtener las ventajas de ambas. En lugar de tratar un segmento como una unidad contigua, este puede dividirse en páginas. Cada segmento puede ser descrito por su propia tabla de páginas

