Sistemas Operativos

Curso
2016-2017

Módulo 3.1: Procesos e hilos

Basado en: Sistemas Operativos
J. Carretero [et al.]

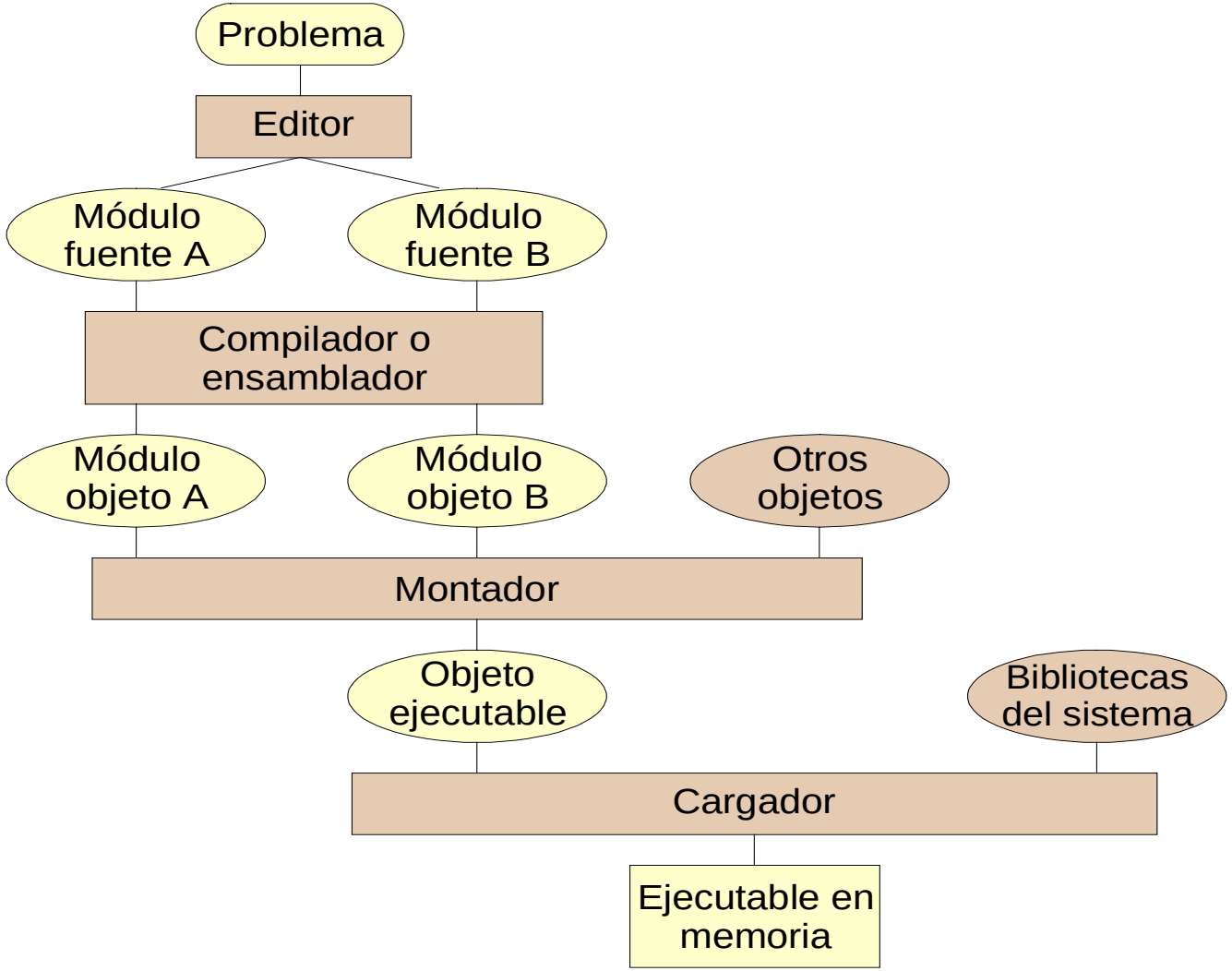
Contenido

- Procesos
- Multitarea
- Información del proceso
- Formación y estados de un proceso
- Señales
- Hilos o *threads*

Concepto de proceso

- Programa: fichero ejecutable en un dispositivo de almacenamiento permanente
- Proceso:
  - Programa en ejecución
  - Unidad de procesamiento gestionada por el SO
    - En realidad, la unidad *mínima* de procesamiento es el hilo (*thread*) ➔ Un proceso puede constar de uno o varios hilos
- Información del proceso:
  - Imagen de memoria: *core image*
  - Estado del procesador: registros del modelo de programación
  - Bloque de control del proceso **BCP**

Preparación del código de un proceso



Recuerda: comandos útiles

- gcc
  - Compilador C de GNU
  - Realiza todas las etapas

```
> gcc –save-temps hello.c –o hello.o
```

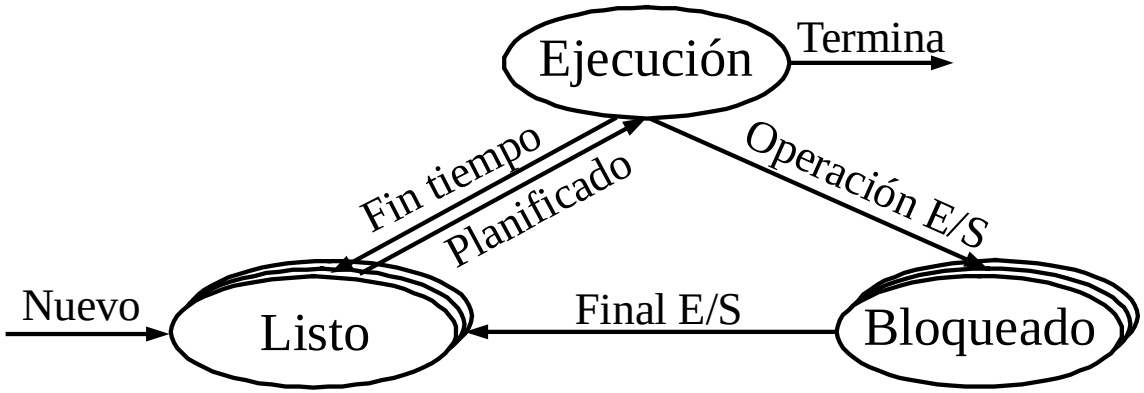
- ldd
  - Permite ver las librerías con las que hemos enlazado
- nm / objdump
  - Permiten visualizar partes de un ejecutable
  - Opciones típicas de objdump: -S, -t, -f, -h

Curiosidades Linux: /proc

- Directorio /proc contiene un directorio por cada proceso en ejecución
- Permite consultar información sobre el proceso:
  - Línea de comando
  - Mapa de memoria
  - Tabla de páginas
  - …

Estados básicos de un proceso

- En ejecución (uno por procesador/core)
- Bloqueado (en espera de completar E/S o por motivos de sincronización)
- Listo para ejecutar



- Planificador: Componente del SO que decide qué proceso se ejecuta en cada procesador y en qué instante
- Proceso nulo o *idle* (uno por cada procesador)

Entorno del proceso

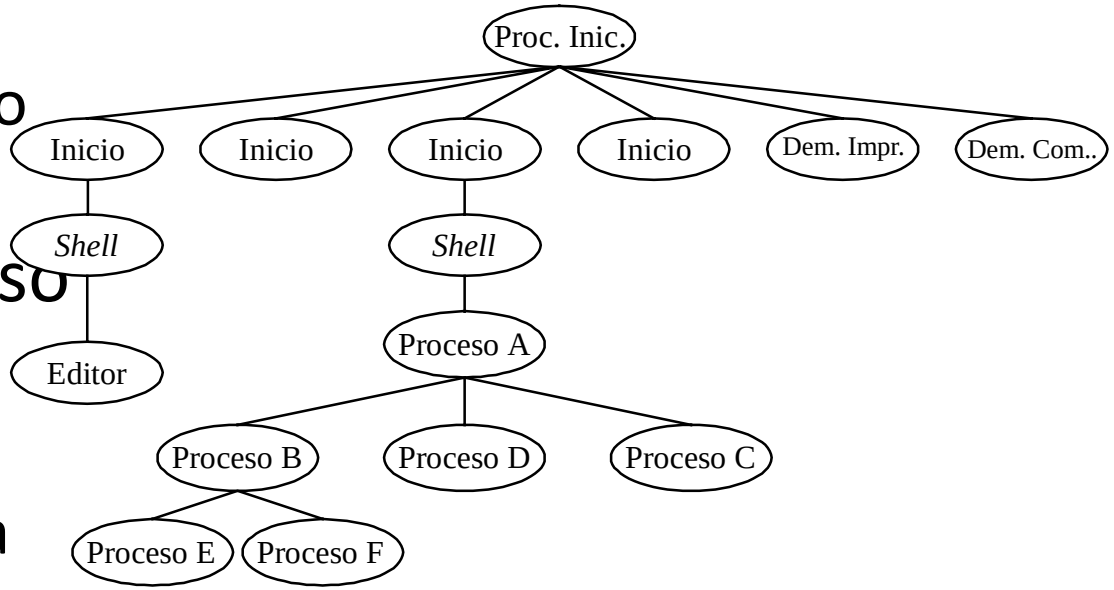
- Tabla *NOMBRE-VALOR* que se pasa al proceso en su creación
- Se establece:
  - Por defecto (heredados del proceso padre)
  - Mediante comandos del *shell* (*export NOMBRE=valor*)
  - Mediante funciones de la biblioteca estandar de "C" (*putenv*, *getenv*)

- Ejemplo:

```
PATH=/usr/bin:/home/pepe/bin
TERM=vt100
HOME=/home/pepe
PWD=/home/pepe/libros/primero
TIMEZONE=EDT
```

Jerarquía de procesos (UNIX)

- Familia de procesos
  - Proceso hijo
  - Proceso padre
  - Proceso hermano
  - Proceso abuelo
- Vida de un proceso
  - Crea
  - Ejecuta
  - Muere o termina
- Ejecución del proceso
  - Batch
  - Interactivo



Consulta procesos en ejecución

- ps
  - Permite ver la información de todos los procesos en ejecución
  - *man ps* para consultar las múltiples opciones
- top
  - Muestra los procesos en ejecución, refrescando la información periódicamente
  - Permite interaccionar con los procesos (enviar señales)

Usuario

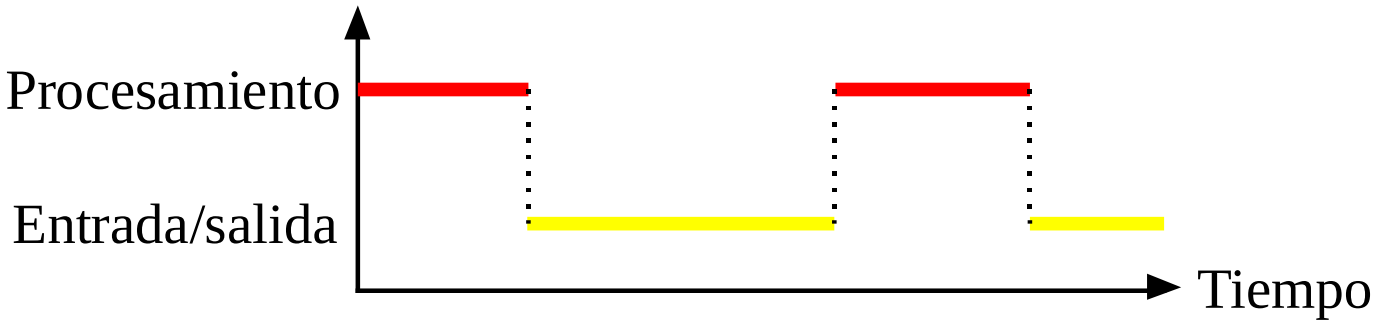
- Usuario: Persona autorizada a utilizar un sistema
  - Se identifica en la autenticación mediante:
    - Código de cuenta
    - Clave (*password*)
  - Internamente el SO le asigna el "uid" (*user identification*)
- Superusuario (*root*)
  - Tiene todos los derechos
  - Administra el sistema
- Grupo de usuarios
  - Los usuarios se organizan en grupos
    - Alumnos
    - Profesores
  - Todo usuario ha de pertenecer al menos a un grupo

Contenido

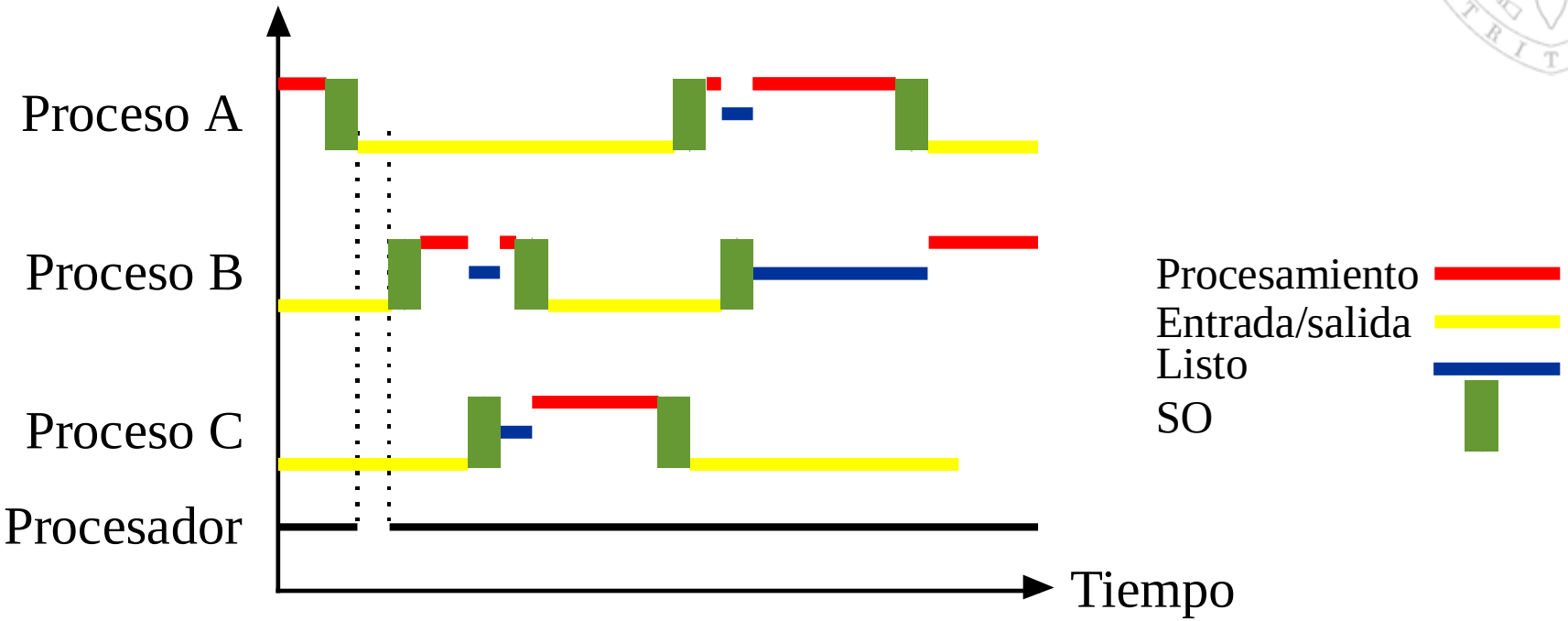
- Procesos
- Multitarea
- Información del proceso
- Formación y estados de un proceso
- Señales
- Hilos o *threads*

Base de la multitarea

- Paralelismo real entre E/S y CPU (DMA)
- Alternancia en los procesos de fases de E/S y de procesamiento
- La memoria almacena varios procesos



Ejecución en un sistema multitarea



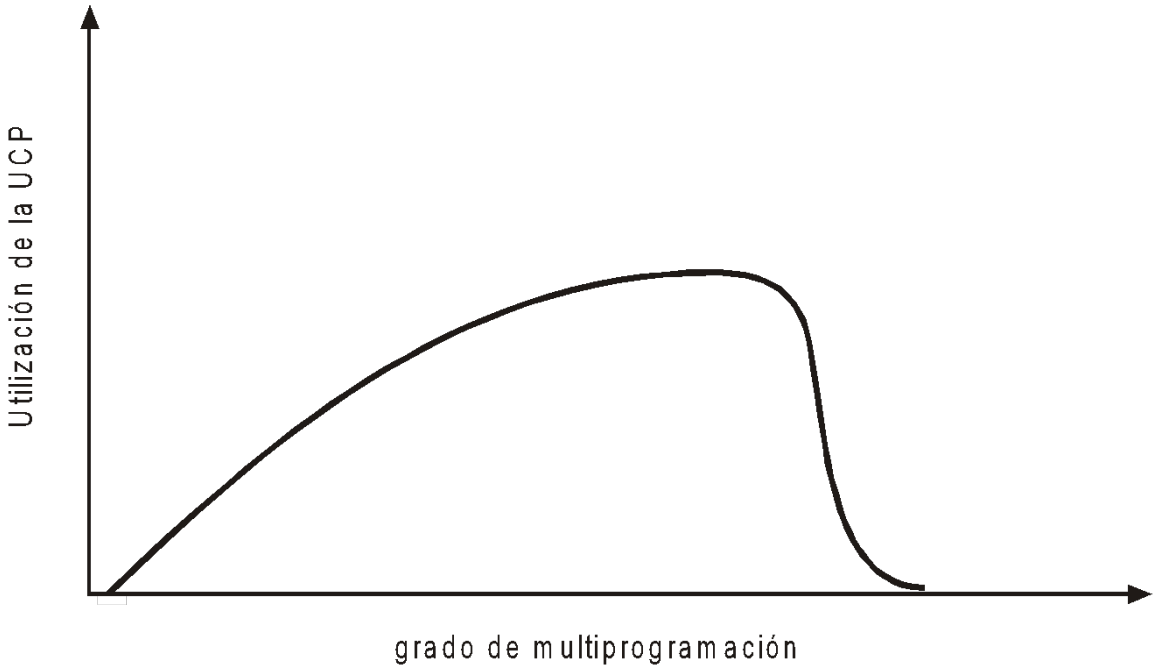
- Proceso nulo o *idle*

Ventajas de la multitarea

- Facilita la programación, dividiendo los programas en procesos (modularidad)
- Permite el servicio interactivo simultáneo de varios usuarios de forma eficiente
- Aprovecha los tiempos que los procesos pasan esperando a que se completen sus operaciones de E/S
- Aumenta el uso de la CPU

Grado de multiprogramación

- Grado de multiprogramación: nº de procesos activos
- Para sistemas con memoria virtual:



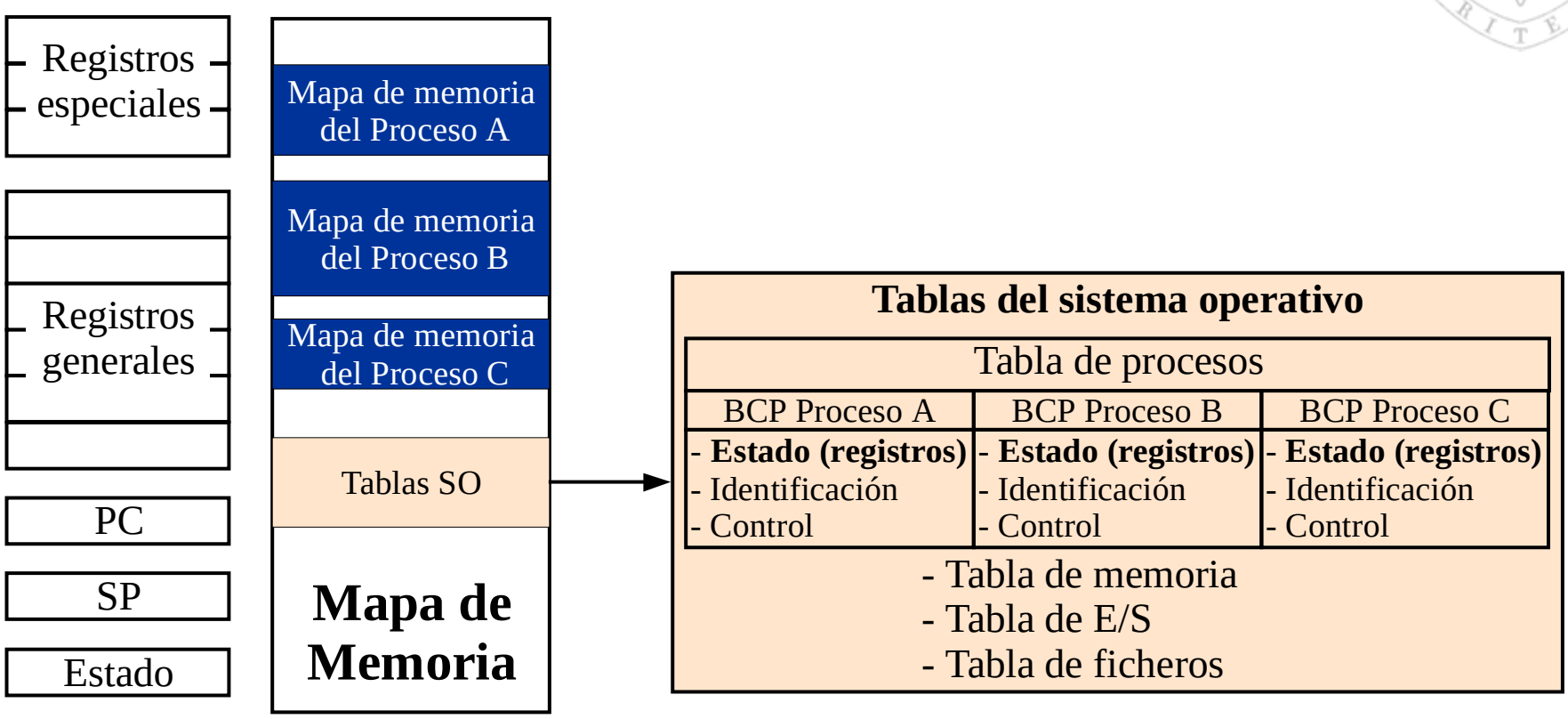
Contenido

- Procesos
- Multitarea
- Información del proceso
- Formación y estados de un proceso
- Señales
- Hilos o *threads*

Información de un proceso

- **Estado del procesador:** contenido de los registros del modelo de programación
- **Imagen de memoria:** contenido de los segmentos de memoria en los que reside el código y los datos del proceso
- **Bloque de control del proceso (BCP) o Descriptor de proceso**
  - Estado actual del proceso
  - Estado del procesador
    - Actualizado cuando proceso no se está ejecutando en la CPU
  - Identificadores *pid*, *uid*, etc.
  - Prioridad
  - Segmentos de memoria (espacio de direcciones)
  - Ficheros abiertos
  - Temporizadores
  - Señales
  - Semáforos
  - Puertos

Información de un proceso (II)



Estado del procesador

- Está formado por el contenido de todos sus registros:
  - Registros generales
  - Contador de programa
  - Puntero de pila
  - Registro de estado
  - Registros especiales
- Cuando un proceso está ejecutando su estado reside en los registros del computador.
- Cuando un proceso no ejecuta su estado reside en el BCP.

Imagen de memoria

- La imagen de memoria está formada por el conjunto de regiones de memoria que un proceso está autorizado a utilizar
- Si un proceso genera una dirección que esta fuera del espacio de direcciones el HW genera una excepción que el SO captura
- La imagen de memoria, dependiendo del computador, puede estar referida a memoria virtual o memoria física

Información del BCP

- Información de identificación:
  - PID del proceso, PID del padre (PPID)
  - ID de usuario y grupo reales (uid/gid reales)
  - ID de usuario y grupo efectivos (uid/gid efectivos)
- Estado del procesador
- Información de control del proceso:
  - Información de planificación y estado
  - Descripción de los segmentos de memoria del proceso
  - Recursos asignados (ficheros abiertos, ...)
  - Recursos de comunicación entre procesos
  - Punteros para estructurar los procesos en listas o colas

Información del BCP II

- Información fuera del BCP
  - Conveniente por implementación (la consideramos del BCP)
  - Para compartirla
- La tabla de páginas se pone fuera
  - Describe la imagen de memoria del proceso
  - Tamaño variable
  - El BCP contiene el puntero a la tabla de páginas
  - La compartición de memoria requiere que sea externa al BCP
- Punteros de posición de los ficheros
  - Si se añaden a la tabla de ficheros abiertos (en el BCP) no se pueden compartir
  - Si se asocian al nodo-i se comparte siempre
  - Se ponen en una estructura común a los procesos y se asigna uno nuevo en cada servicio OPEN

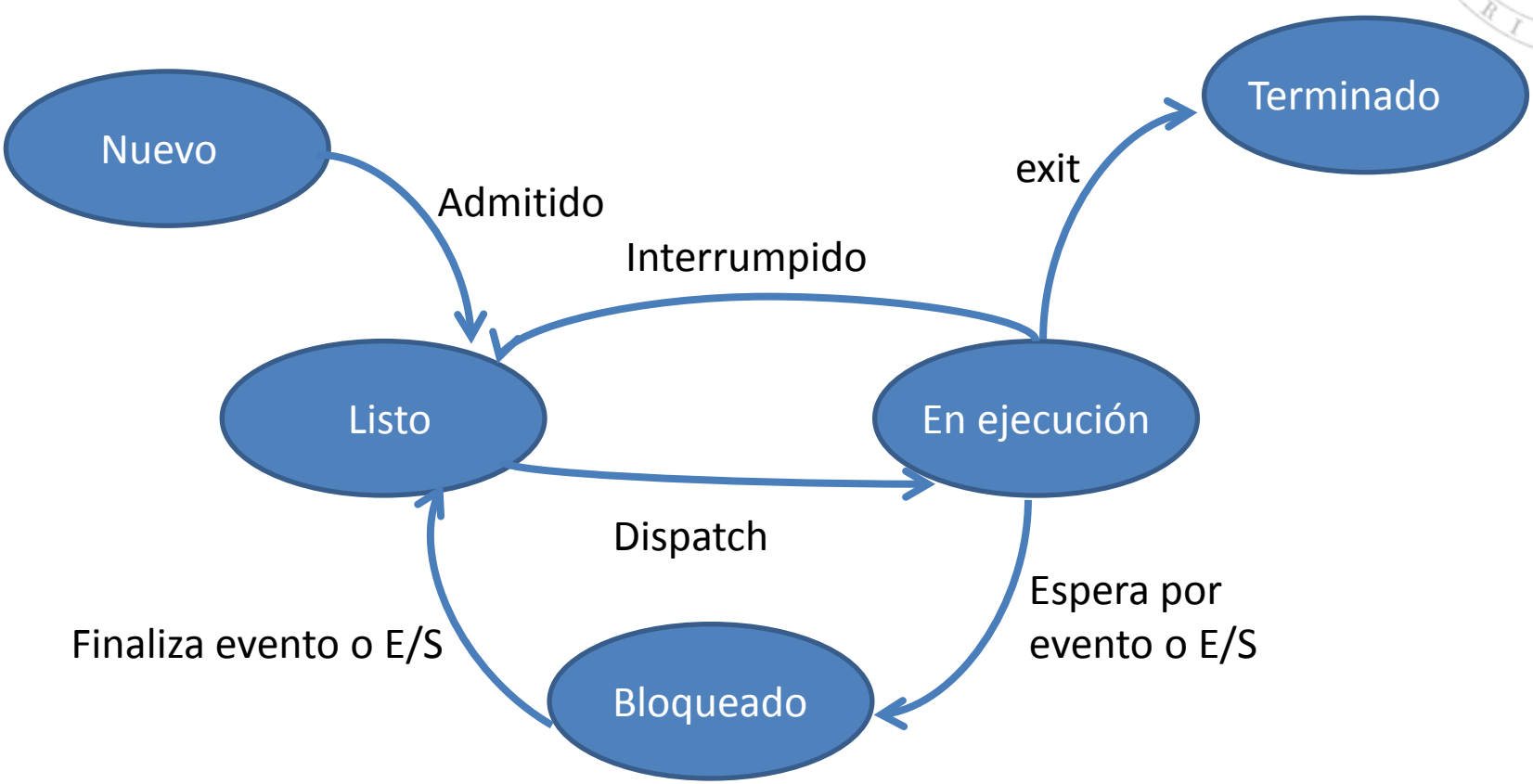
Tablas del sistema operativo

- **Tabla de procesos** (tabla de BCP)
- **Tabla de memoria**: información sobre el uso de la memoria.
- **Tabla de E/S**: guarda información asociada a los periféricos y a las operaciones de E/S
- **Tablas de fichero**: información sobre los ficheros abiertos.
- La información asociada a cada proceso en el BCP
- La decisión de incluir o no una información en el BCP se toma según dos criterios:
  - Eficiencia
  - Compartir información

Contenido

- Procesos
- Multitarea
- Información del proceso
- Formación y estados de un proceso
- Señales
- Hilos o *threads*

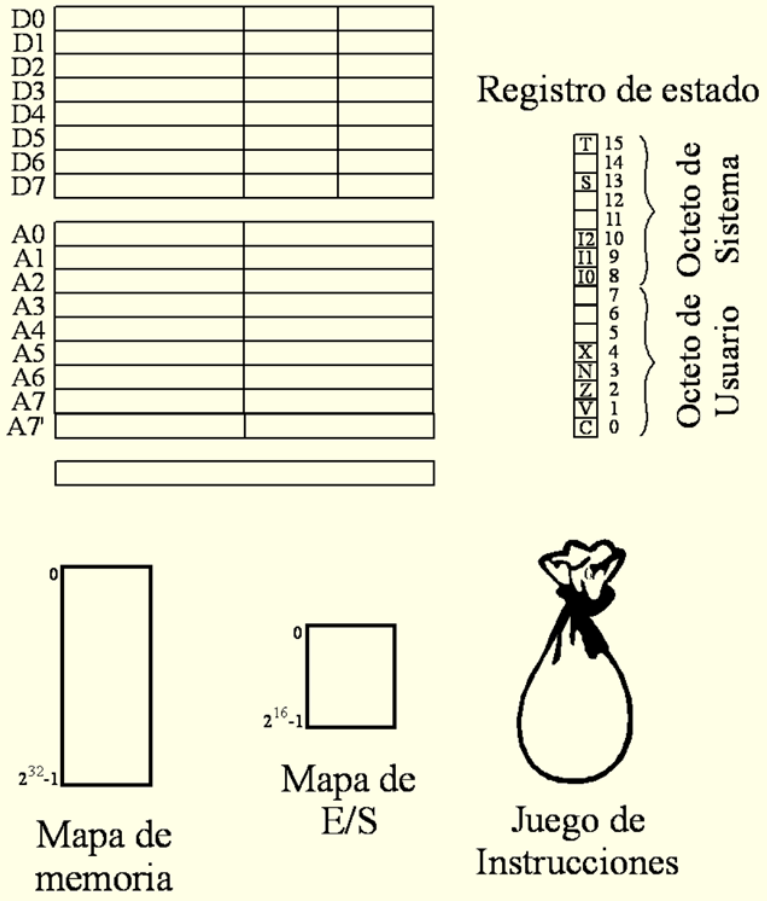
Estados del proceso



Cambio de modo del procesador

- Cuando se produce una interrupción o excepción mientras un proceso se ejecuta en modo usuario el procesador cambia de modo de ejecución (modo kernel)
- Al producirse la interrupción:
  - Se pasa a ejecutar la rutina de tratamiento de interrupción (RTI), bajo control del SO
  - Se salva el valor de los registros (estado del procesador) en la pila del kernel
- Al finalizar la RTI, si el proceso actual sigue "en ejecución":
  - Restaura los registros del procesador
  - Termina con una instrucción RETI (retorno de interrupción)
    - Restituye el registro de estado (bit de nivel de ejecución)
    - Restituye el contador de programa (para el nuevo proceso).

Modo usuario y modo kernel



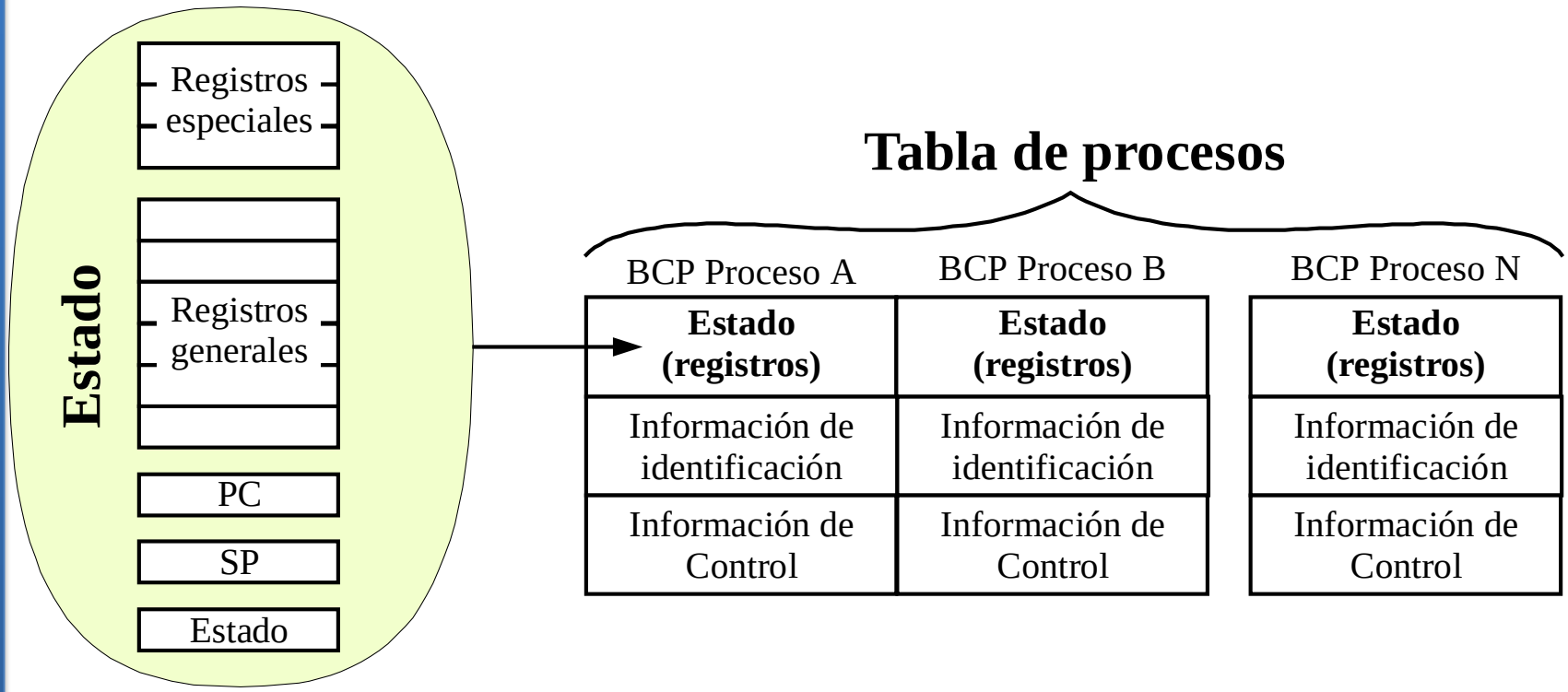
Modo usuario ***Modo núcleo o modo kernel***

Cambio de contexto

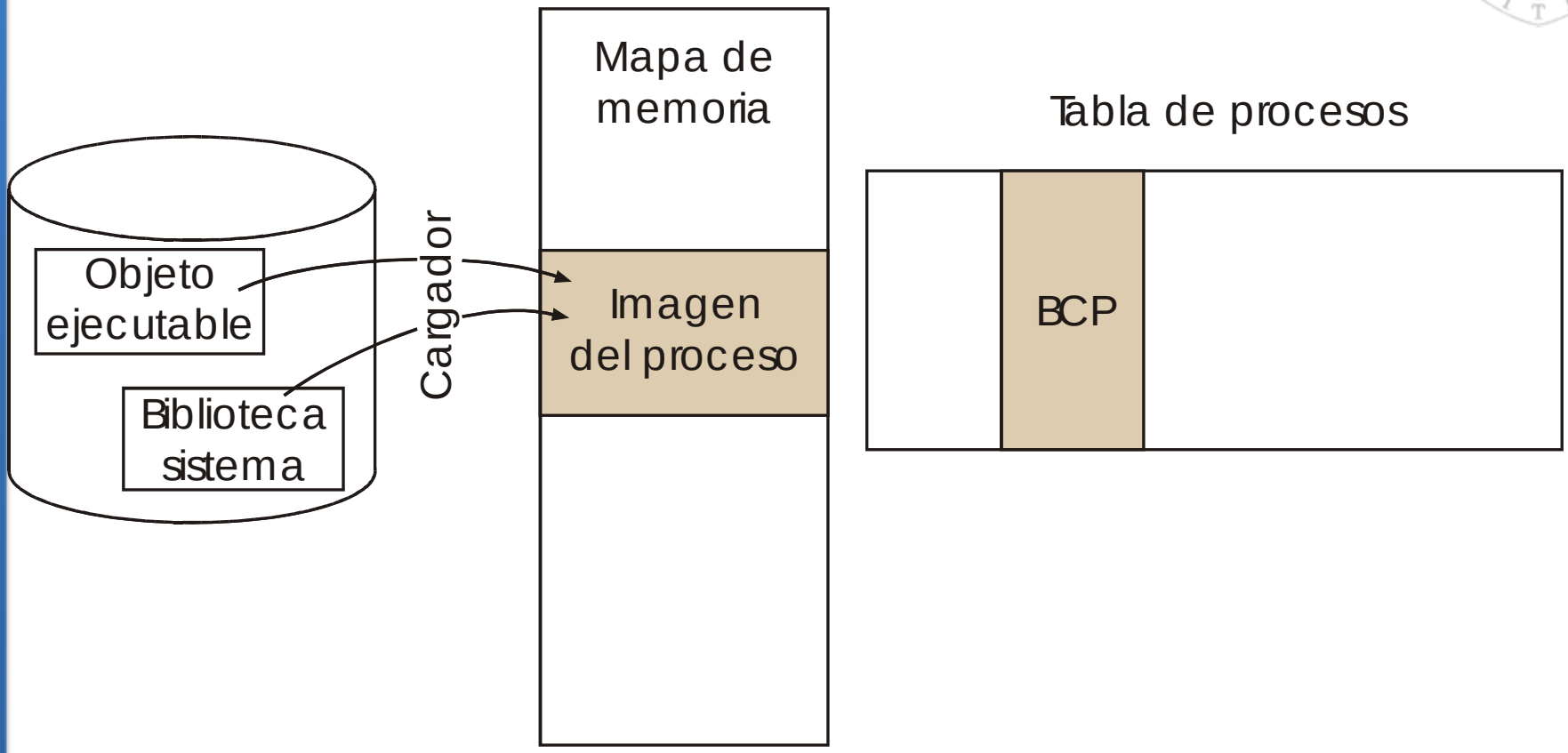
- El **cambio de contexto** es el conjunto de acciones que realiza el SO para cambiar el proceso que está actualmente en ejecución en una CPU
- Acciones (simplificación):
  1. Salvar el contexto del proceso saliente (registros del modelo de programación) en su BCP
  2. Cambiar el estado del proceso saliente (En ejecución -> Otro Estado)
  3. Intercambio de los espacios de direcciones
     - Segmentos o regiones de memoria que puede usar un proceso
     - En x86. GDT (Global descriptor Table)
     - En algunas arquitecturas → Invalidación de entradas de la TLB
  4. Cambiar el estado del proceso entrante, (Listo -> En ejecución) Restaurar su contexto (BCP -> registros) y volver a modo usuario
- Puede llegar a ser una operación bastante costosa
- *El cambio de modo de ejecución del procesador no siempre desencadena un cambio de contexto*

Cambio de contexto

- Se salva el estado:



Formación de un proceso

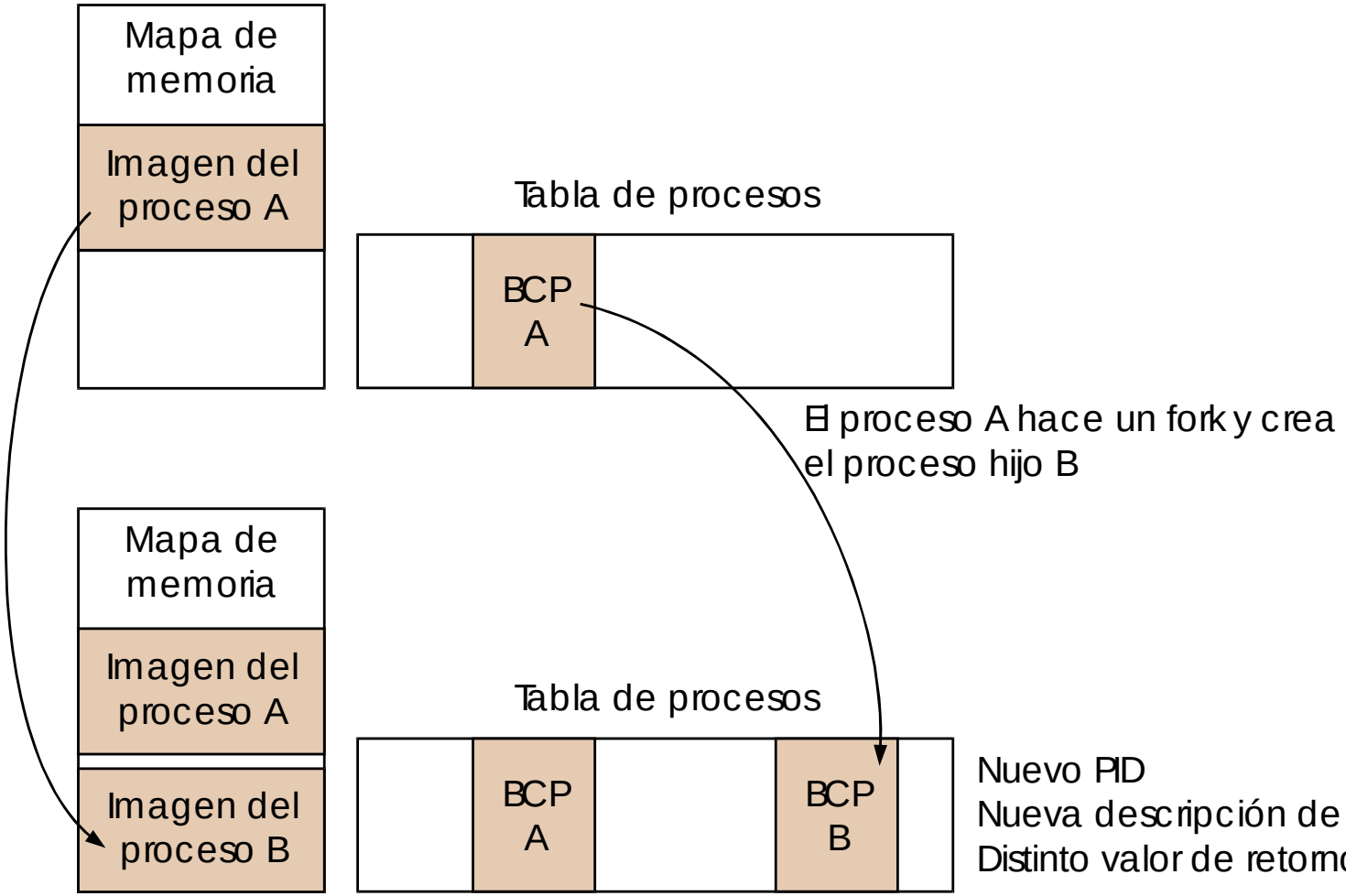


Proceso *vs.* Ejecutable

- Si tenemos nuestro fichero binario ejecutable *X,* lo ejecutamos y sin esperar a que termine lo volvemos a ejecutar….
  - ¿Tendré uno o dos procesos?
  - Si tengo dos, ¿comparten todas las zonas de memoria?
  - Si uno abre un fichero, ¿el otro ya lo tiene abierto?

Servicios POSIX: fork

- Crea un proceso clonando al padre



fork. Crea un proceso

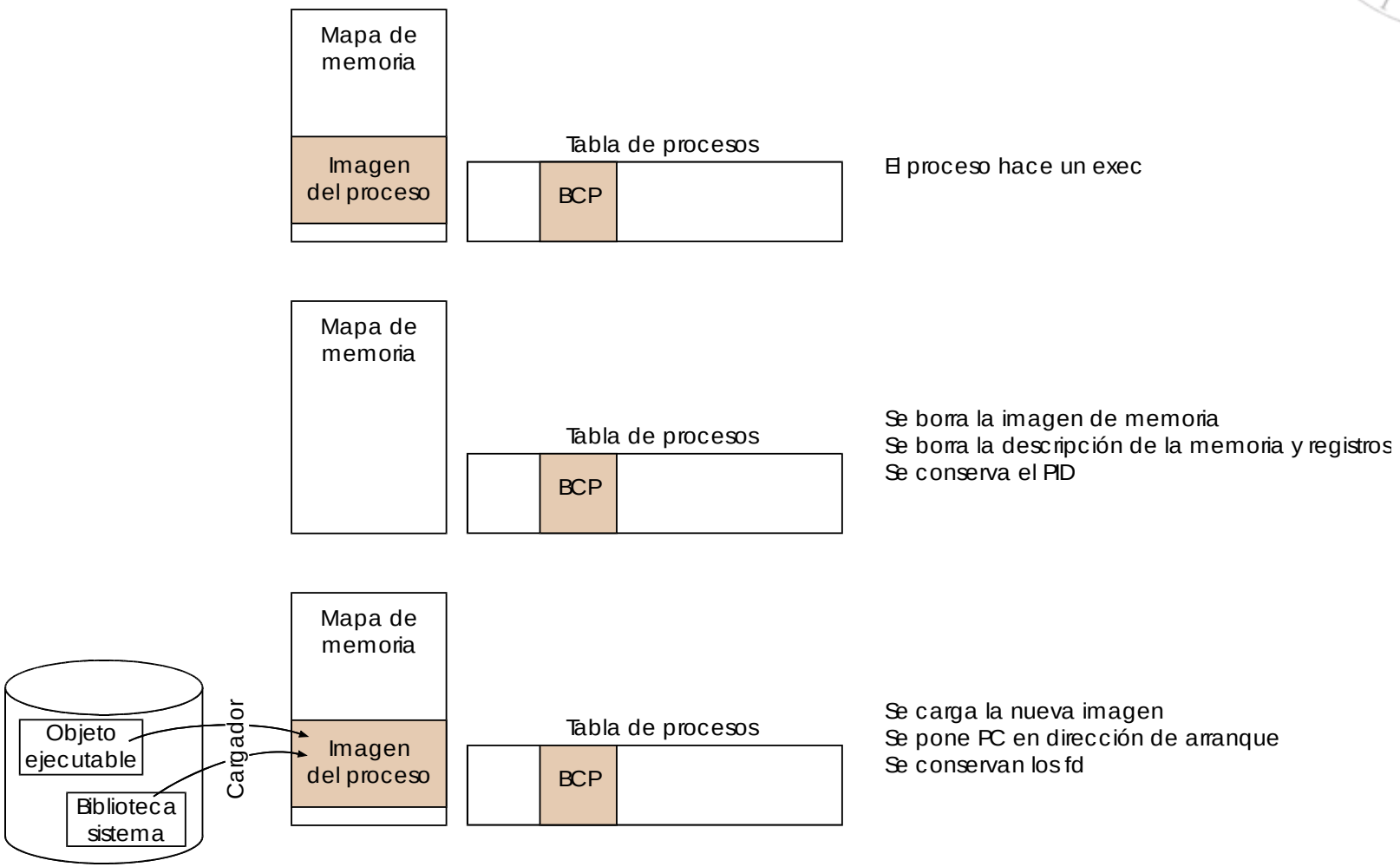
- Servicio:

  `pid_t fork(void);`
- Devuelve:
  - El identificador de proceso hijo al proceso padre y 0 al hijo
  - -1 el caso de error
- Descripción:
  - Crea un proceso hijo que ejecuta el mismo programa que el padre
  - Hereda los ficheros abiertos (se copian los descriptores).
  - Las alarmas pendientes se desactivan.
  - El proceso hijo sólo tiene un hilo.

```
void main()
{
   pid_t pid;
   …
   pid = fork();
   if (pid == 0) {
   /* proceso hijo */
   ...
   }
    else if (pid>0){
  /* proceso padre */
   ...
  }
  else{
 /* error al crear */
   ...
}
...
```

Servicios POSIX: exec

- Cambia el programa de un proceso



exec. Cambio del programa de un proceso

- Servicios:

```
int execl (const char *path, const char *arg, ...)
int excelp(const char *file, const char *arg, ...)
int execvp(const char *file, char *const argv[])
```

- Argumentos:
  - `path, file`: nombre del archivo ejecutable
  - `arg`: argumentos
- Descripción:
  - Devuelve -1 en caso de error, en caso contrario **no** retorna.
  - Cambia la imagen de memoria del proceso.
  - El mismo proceso ejecuta otro programa.
  - Los ficheros abiertos permanecen abiertos
  - Las señales con la acción por defecto seguirán por defecto, las señales con manejador tomarán la acción por defecto.

exit. Terminación de un proceso

- Servicios:

```
int exit(int status);
```

- Argumentos:
  - Código de retorno al proceso padre
- Descripción:
  - Finaliza la ejecución del proceso.
  - Se cierran todos los descriptores de ficheros abiertos.
  - Se liberan todos los recursos del proceso

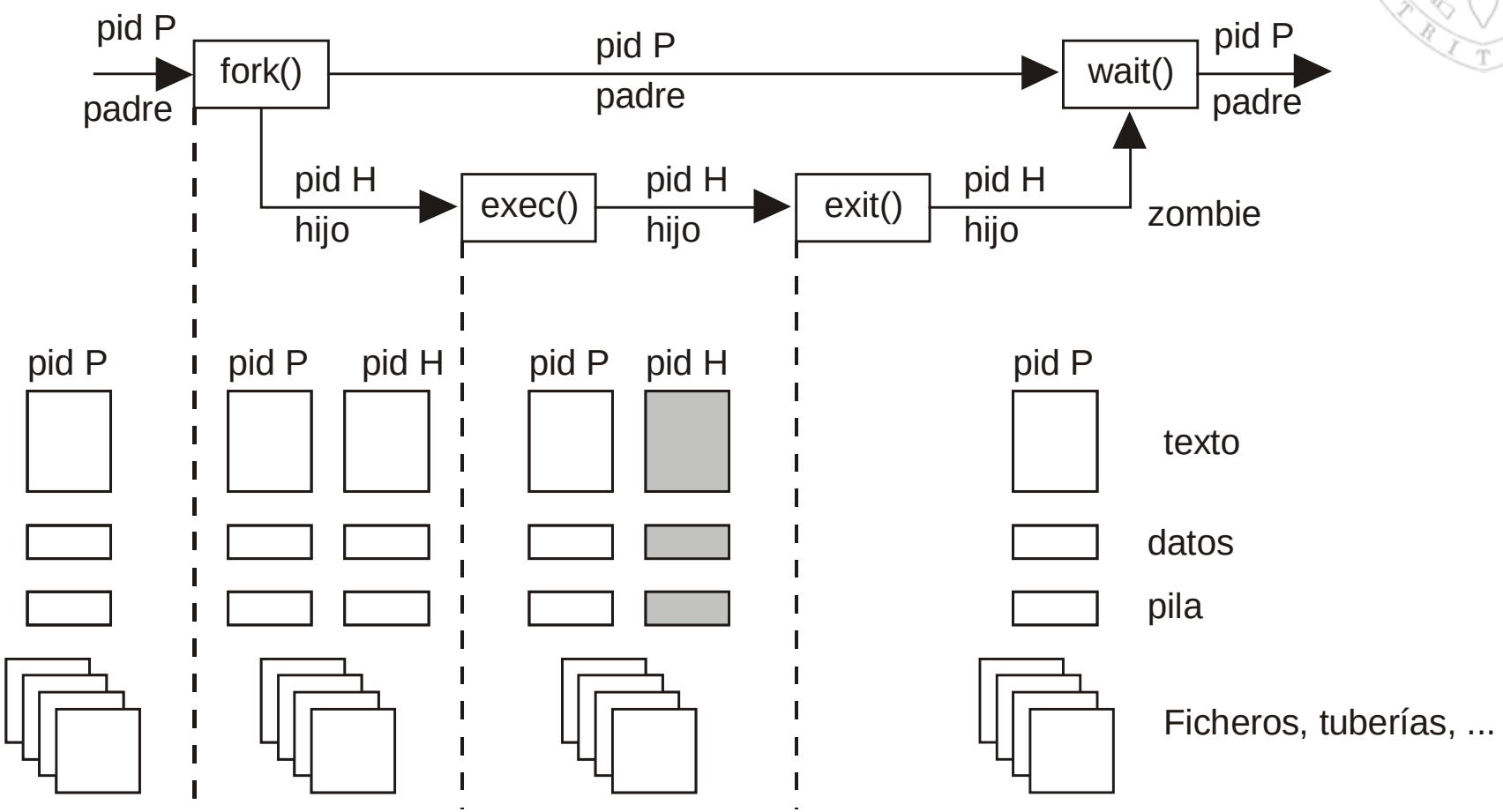
wait. Espera la terminación de un proceso hijo

- Servicios:

```
#include <sys/types.h>
pid_t wait(int *status);
```

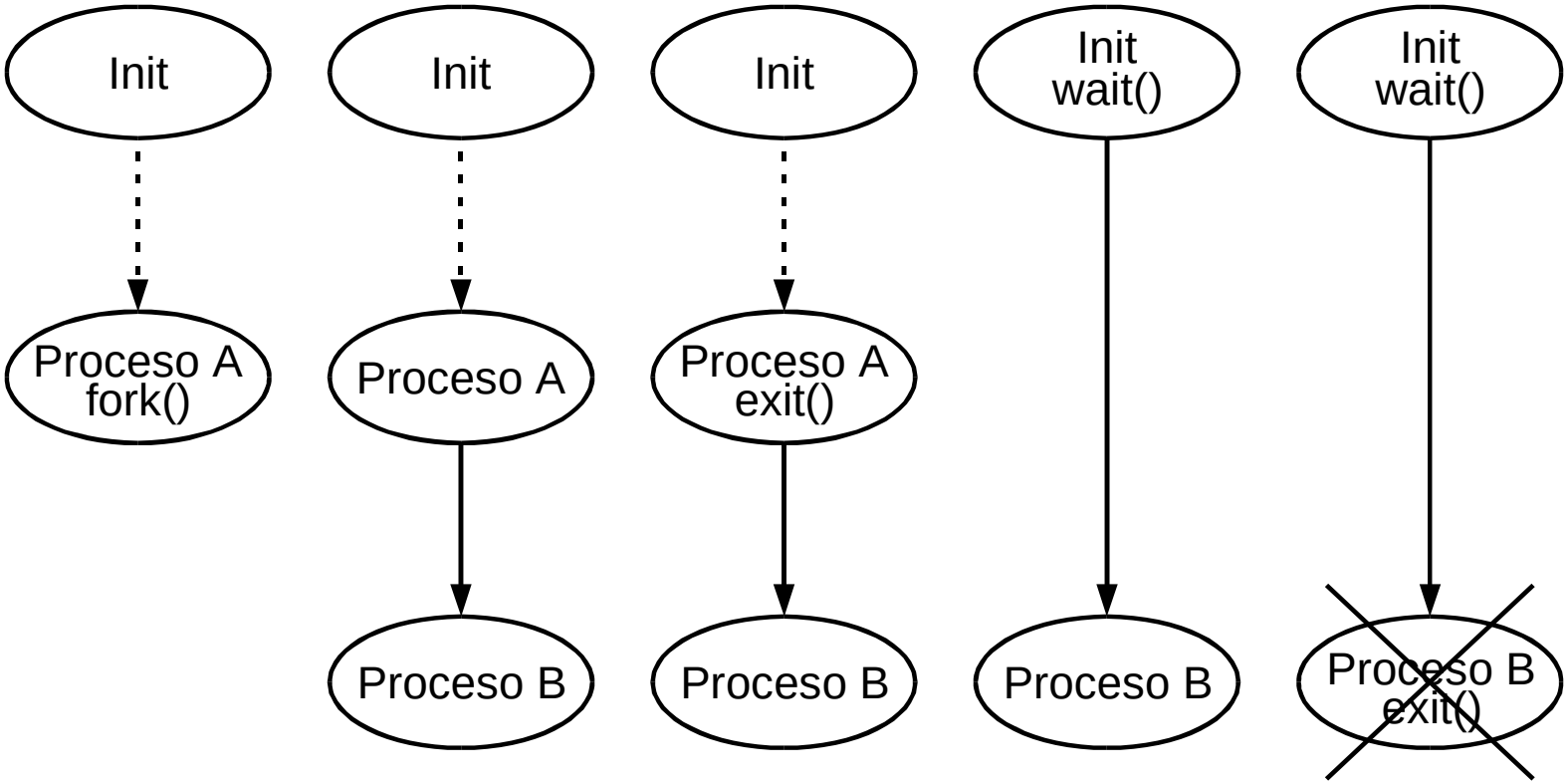
- Argumentos:
  - Devuelve el código de terminación del proceso hijo.
- Descripción:
  - Devuelve el identificador del proceso hijo o -1 en caso de error.
  - Permite a un proceso padre esperar hasta que termine un proceso hijo. Devuelve el identificador del proceso hijo y el estado de terminación del mismo.

Uso normal de los servicios



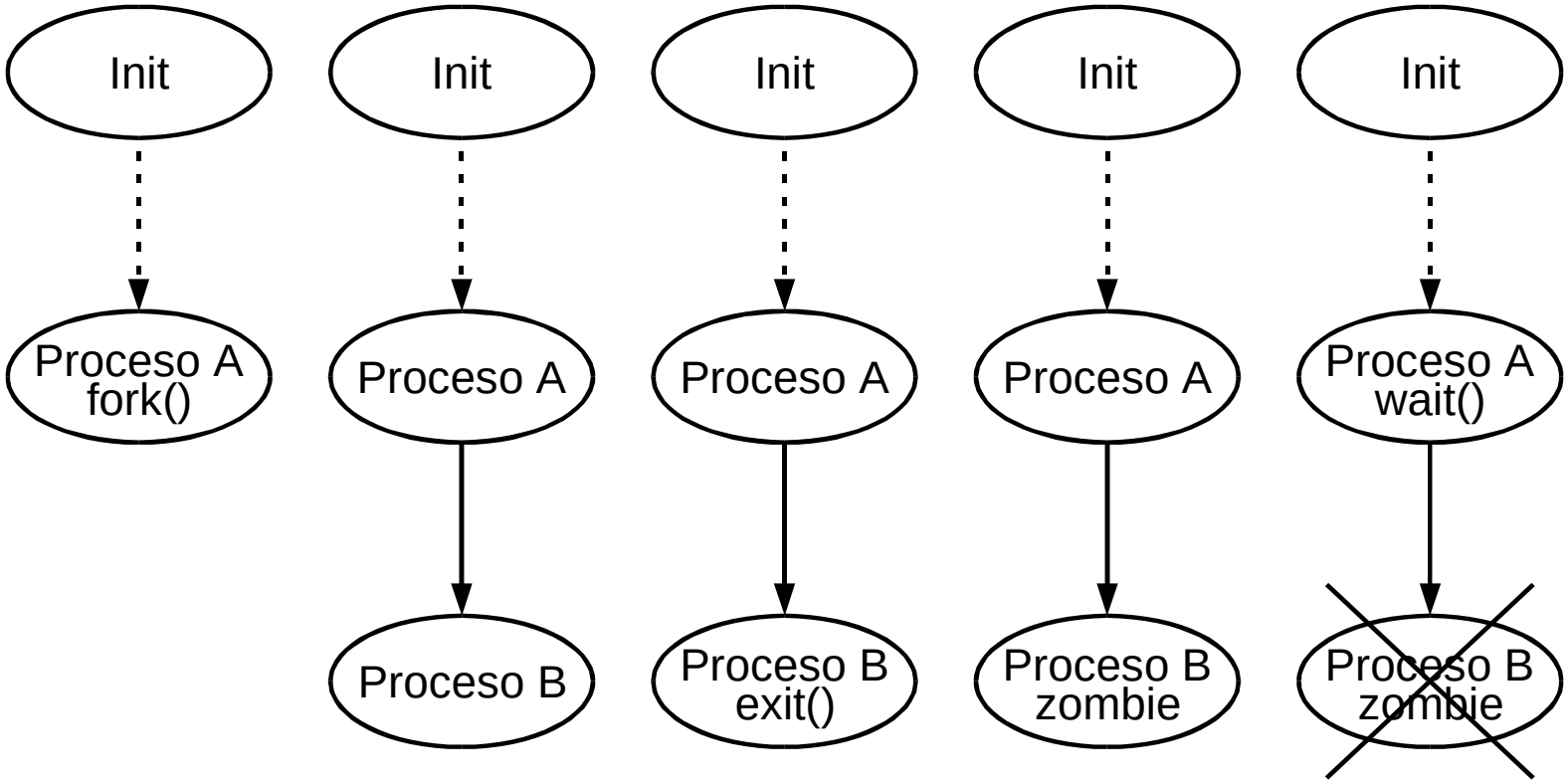
Evolución de procesos I

- El padre muere: *INIT* acepta los hijos



Evolución de procesos II

- *Zombie*: el hijo muere y el padre no hace *wait*



Programa de ejemplo

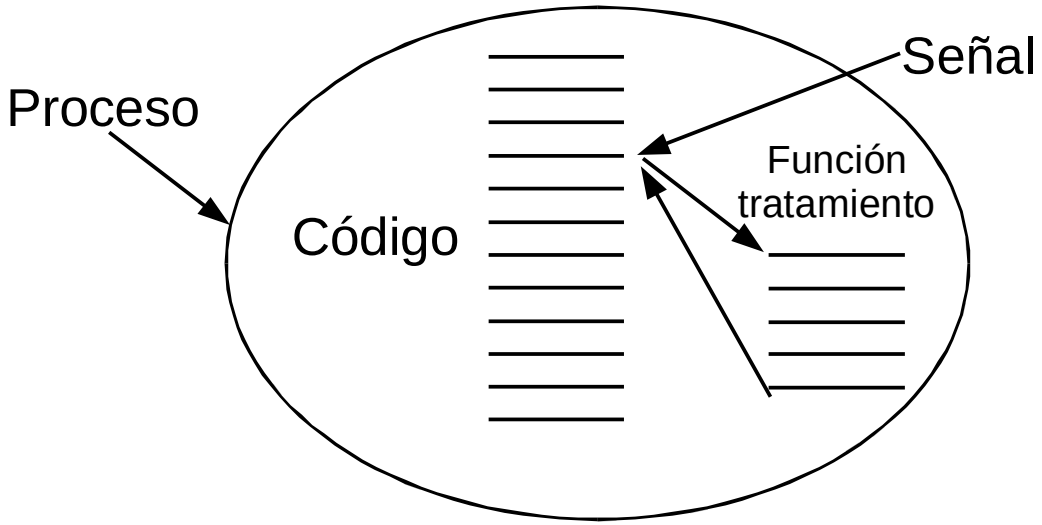
```
#include <sys/types.h>
#include <stdio.h>
/* programa que ejecuta el mandato ls -l */
main() {
   pid_t pid;
   int status;
   pid = fork();
   if (pid == 0) { /* proceso hijo */
      execlp("ls","ls","-l",NULL);
      exit(-1);
   }
   else        /* proceso padre */
     while (pid != wait(&status));
   exit(0);
}
```

Contenido

- Procesos
- Multitarea
- Información del proceso
- Formación y estados de un proceso
- Señales
- Hilos o *threads*

Señales

- Las señales son interrupciones al proceso
- Envío o generación:
  - Proceso → Proceso (con mismo *uid*) con *kill*
  - SO → Proceso



Señales II

- Hay muchos tipos de señales, según su origen
  - SIGILL instrucción ilegal
  - SIGALRM vence el temporizador
  - SIGKILL mata al proceso
- El SO las transmite al proceso
  - El proceso debe estar preparado para recibirla
    - Especificando un *manejador* de señal con *sigaction*
    - Enmascarando la señal con *sigprogmask*
  - Si no está preparado → acción por defecto
    - El proceso, en general, muere
    - Hay algunas señales que se ignoran o tienen otro efecto
- El servicio *pause* para el proceso hasta que recibe una señal

Señales: servicios POSIX

- **int kill(pid_t pid, int sig)**
  - Envía al proceso *pid* la señal *sig*
- **int sigaction(int signum, const struct sigaction *act, struct sigaction *oldact);**
  - Permite especificar la acción a realizar *act* como tratamiento de la señal *signum*. Permite almacenar la acción previa en *oldact*
- **int pause(void)**
  - Bloquea al proceso hasta la recepción de una señal.
- Ejemplo:

$ kill -SIGINT pid

Envía al proceso con identificador pid la señal de interrupción (Ctrl C).

Si el proceso tiene un manejador para esa señal ejecutará el código del manejador.

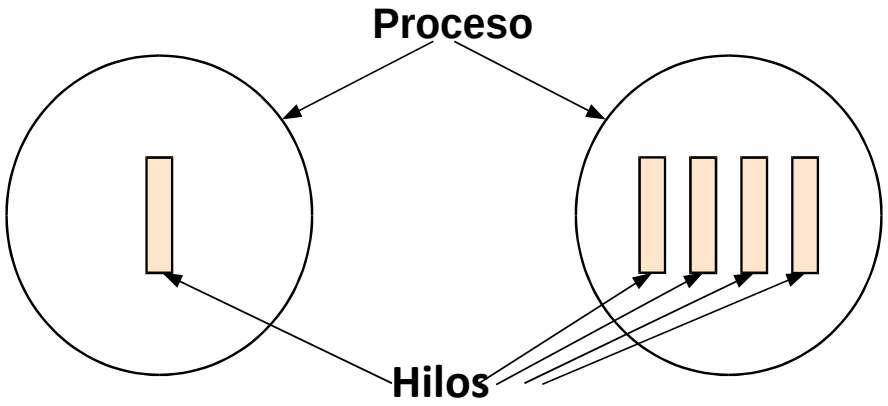
En caso contrario, el proceso muere.

Contenido

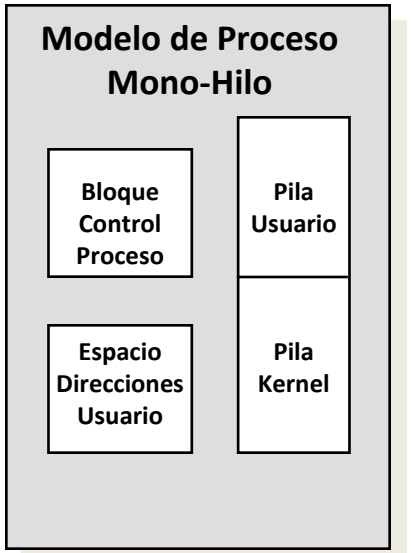
- Procesos
- Multitarea
- Información del proceso
- Formación y estados de un proceso
- Señales
- Hilos o *threads*

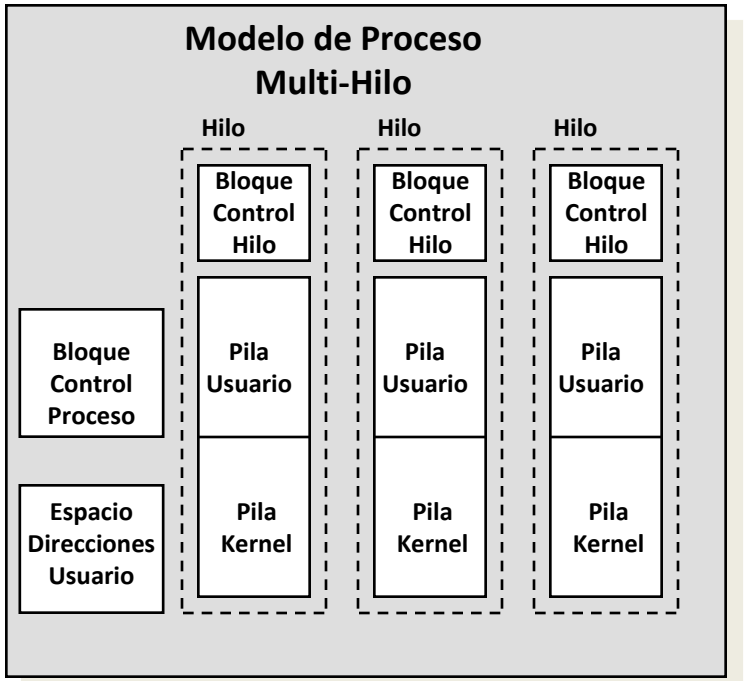
Hilos o threads

- Por Hilo
  - Contador de programa, Registros
  - Pila
  - Estado (ejecutando, listo o bloqueado)
  - Bloque de control de *thread*
- Por proceso
  - Espacio de direcciones de memoria
  - Variables globales
  - Ficheros abiertos
  - Procesos hijos
  - Temporizadores
  - Señales y semáforos

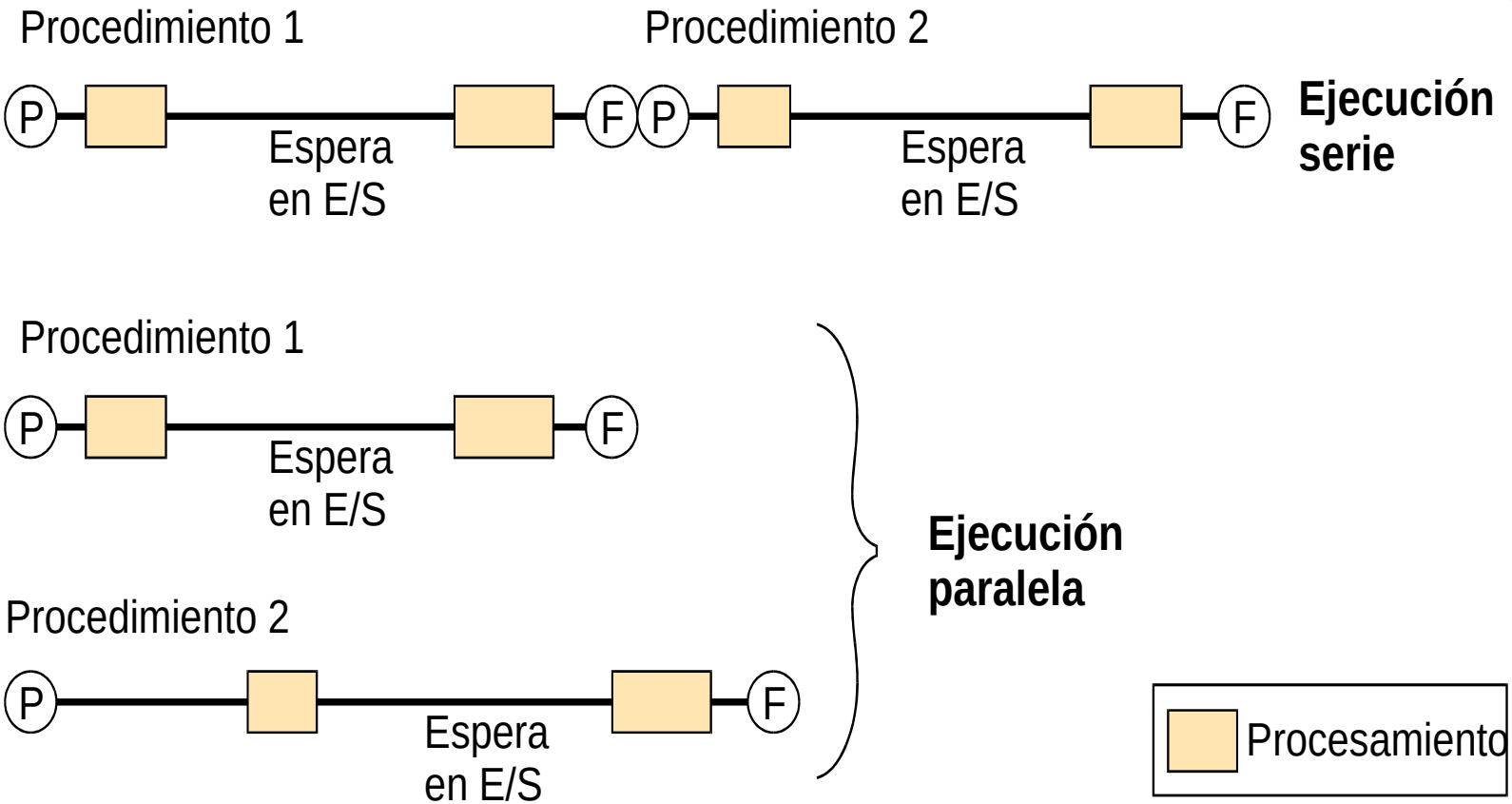


Mono-hilo vs Multi-hilo

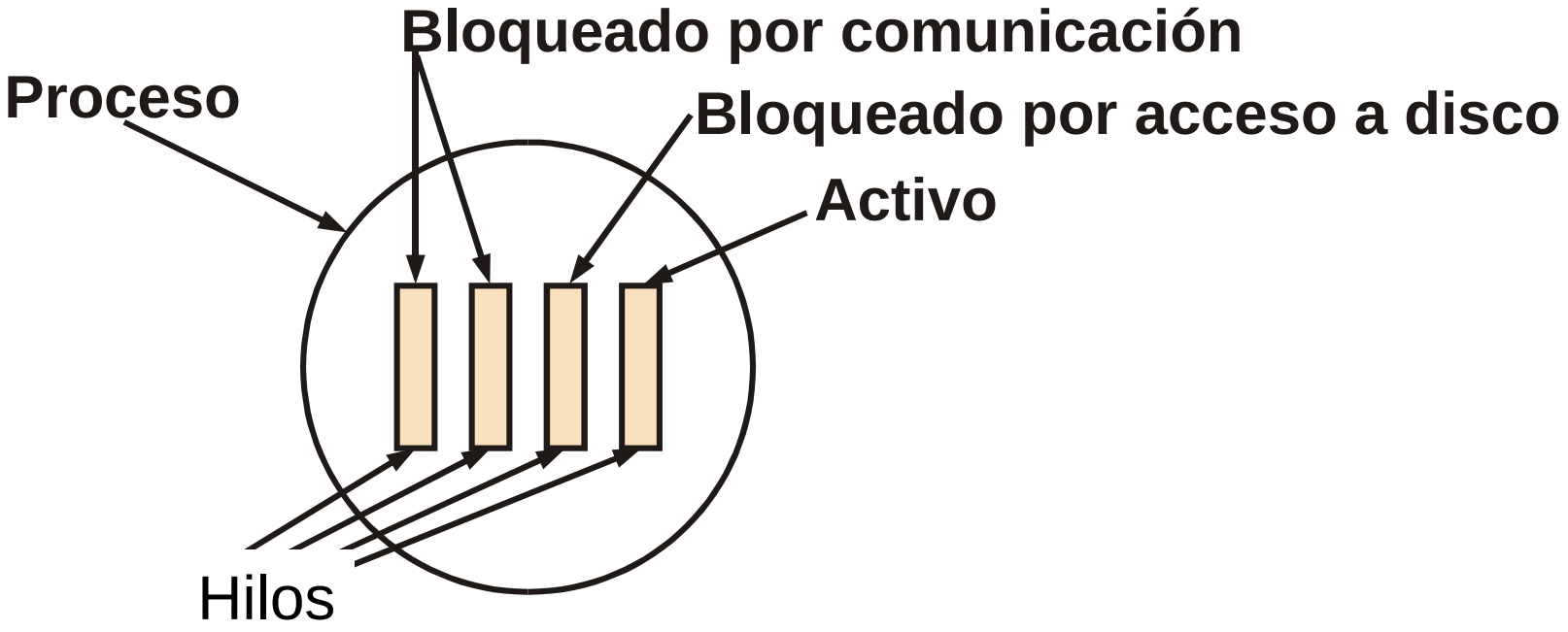




Paralelización utilizando hilos



Estados de un hilo



Ventajas threads vs. procesos

- Tiempo de procesador para operaciones relacionadas con creación, destrucción, planificación y sicronización:
  - 10 hils *vs* 100 proceso.
- El cambio de contexto entre hilos (de kernel) de un mismo proceso es menos costoso ➔ No es necesario cambiar el espacio de direcciones "activo" de usuario
- Permiten compartir memoria entre ellos de forma fácil y eficiente
  - ¡¡Todos tienen el mismo espacio de direcciones!!

Diseño con hilos

- Permite separación de tareas
- Paralelismo
  - Aumenta la velocidad de ejecución del trabajo
- Programación concurrente (memoria compartida)
  - Variables o estructuras de datos compartidas
  - Funciones reentrantes
    - Imaginar otra llamada al mismo código
  - Mecanismos de sincronización entre hilos (mutex, semáforos,…)
  - Variables globales
  - Simplicidad vs exclusión en el acceso

Alternativas al diseño multihilo

- Proceso con un solo hilo
  - No hay paralelismo
    - Llamadas al sistema bloqueantes
  - Paralelismo gestionado por el programador
    - Llamadas al sistema no bloqueantes
- Múltiples procesos convencionales cooperando
  - Permite paralelismo
  - No comparten variables
  - Mayor sobrecarga de ejecución

POSIX para la gestión de hilos

- **int pthread_create(pthread_t *thread, const pthread_attr_t *attr, void *(*func)(void *), void *arg)**
  - Crea un hilo que ejecuta "func" con argumento "arg" y atributos "attr".
  - Los atributos permiten especificar: tamaño de la pila, prioridad, política de planificación, etc.
  - Existen diversas llamadas para modificar los atributos.
- **int pthread_join(pthread_t thid, void **value)**
  - Suspende la ejecución de un hilo hasta que termina el hilo con identificador "thid".
  - Devuelve el estado de terminación del hilo.
- **int pthread_exit(void *value)**
  - Permite a un hilo finalizar su ejecución, indicando el estado de terminación del mismo.
- **pthread_t pthread_self(void)**
  - Devuelve el identificador del thread que ejecuta la llamada.

POSIX para la gestión hilos (II)

- **int pthread_attr_setdetachstate(pthread_attr_t *attr, int detachstate)**
  - Establece el estado de terminación de un hilo.
  - Si *detachstate* = PTHREAD_CREATE_DETACHED el hilo liberará sus recursos cuando finalice su ejecución.
  - Si *detachstate* = PTHREAD_CREATE_JOINABLE no se liberarán los recursos, es necesario utilizar pthread_join().

Programa de ejemplo

```
#include <stdio.h>
#include <pthread.h>
#define MAX_THREADS 10
void* func(void* arg)  {
   printf("Thread %d \n", pthread_self());
   pthread_exit(0);
}
int main(void)   {
   int j;
   pthread_attr_t attr;
   pthread_t thid[MAX_THREADS];
   pthread_attr_init(&attr);
   for(j = 0; j < MAX_THREADS; j ++)
        pthread_create(&thid[j], &attr,  func, NULL);
   for(j = 0; j < MAX_THREADS; j ++)
        pthread_join(thid[j], NULL);
   return 0;
}
```