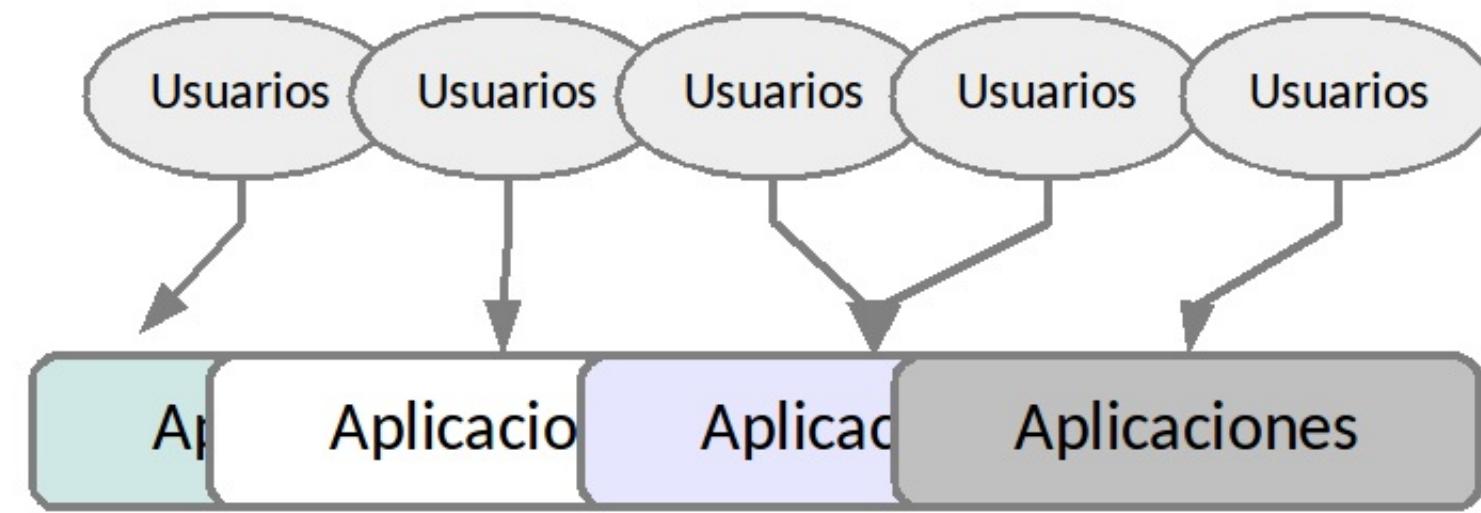
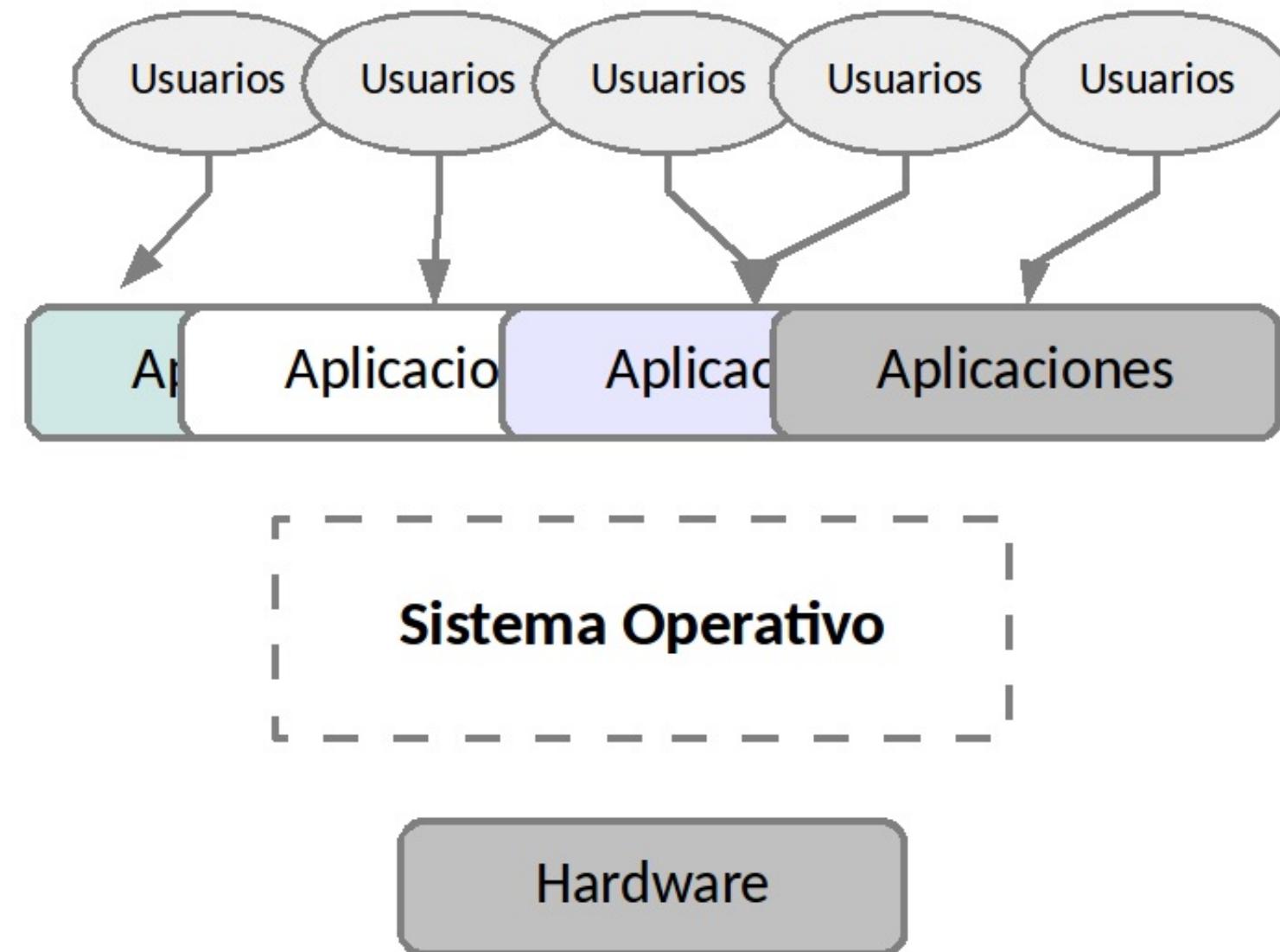


# Sistemas Operativos

# Sistemas de cómputo



# Sistemas de cómputo



# Evolución del software de base

# Evolución del software de base

*Open Shop*

Carga manual de una aplicación

---

# Evolución del software de base

*Open Shop*

Carga manual de una aplicación

Procesamiento  
*batch*

Automatización de trabajos en  
lotes

# Evolución del software de base

*Open Shop*

Carga manual de una aplicación

Procesamiento  
*batch*

Automatización de trabajos en  
lotes

Multiprogramación

Programas que compiten por  
recursos

# Evolución del software de base

*Open Shop*

Carga manual de una aplicación

Procesamiento  
*batch*

Automatización de trabajos en  
lotes

Multiprogramación

Programas que compiten por  
recursos

Tiempo compartido

Sistema multiusuario interactivo

# Evolución del software de base

*Open Shop*

Carga manual de una aplicación

Procesamiento  
*batch*

Automatización de trabajos en  
lotes

Multiprogramación

Programas que compiten por  
recursos

Tiempo compartido

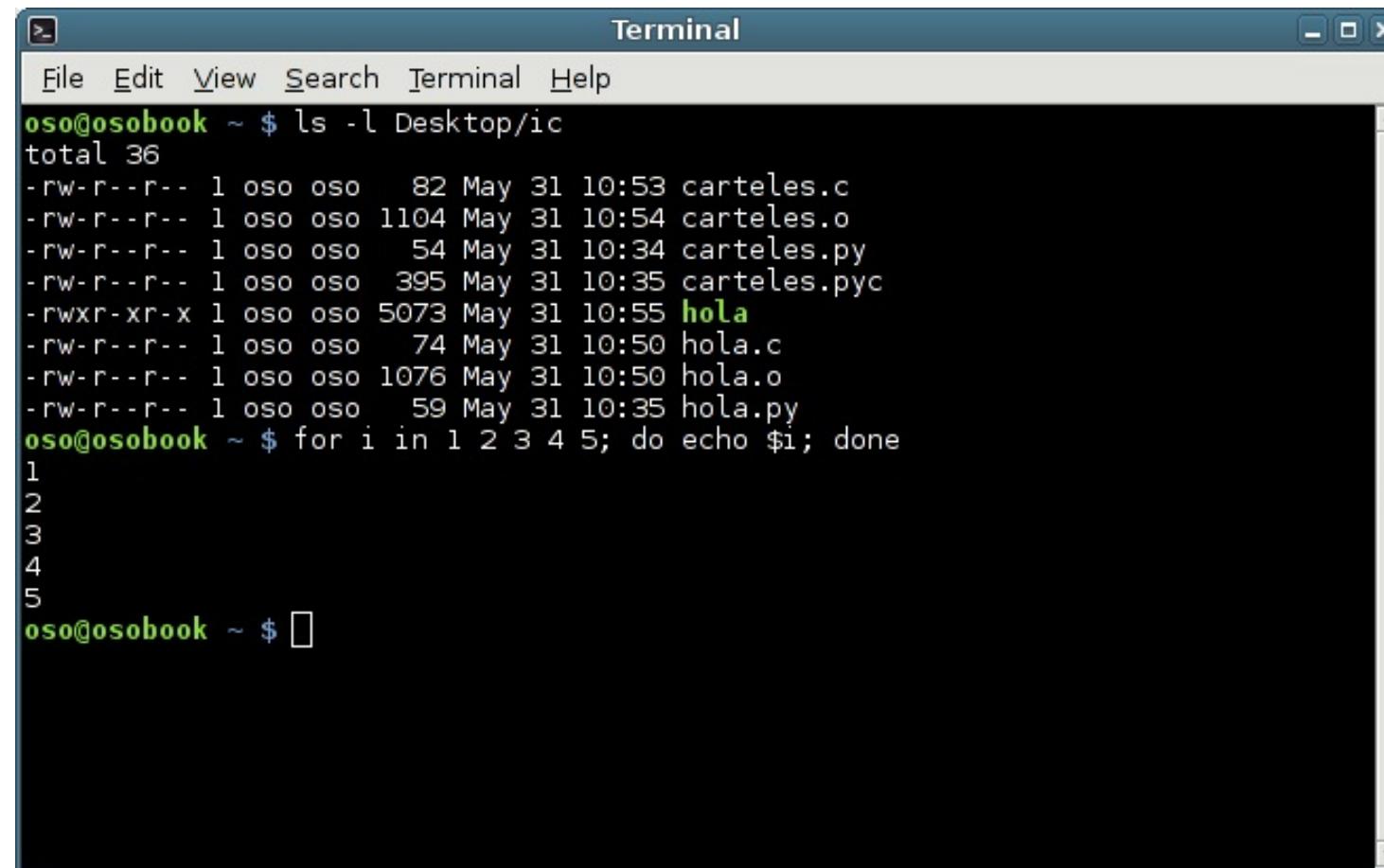
Sistema multiusuario interactivo

Computación  
personal

Inicialmente sencillo pero en  
evolución

# Componentes del SO

- Kernel o núcleo
- Programas utilitarios o **software de sistema**
- Shell, interfaz de usuario o procesador de comandos



A screenshot of a Linux terminal window titled "Terminal". The window has a menu bar with "File", "Edit", "View", "Search", "Terminal", and "Help". The main area displays a file listing from the command "ls -l Desktop/ic" and the execution of a loop command "for i in 1 2 3 4 5; do echo \$i; done".

```
oso@osobook ~ $ ls -l Desktop/ic
total 36
-rw-r--r-- 1 oso oso  82 May 31 10:53 carteles.c
-rw-r--r-- 1 oso oso 1104 May 31 10:54 carteles.o
-rw-r--r-- 1 oso oso   54 May 31 10:34 carteles.py
-rw-r--r-- 1 oso oso  395 May 31 10:35 carteles.pyc
-rwxr-xr-x 1 oso oso 5073 May 31 10:55 hola
-rw-r--r-- 1 oso oso   74 May 31 10:50 hola.c
-rw-r--r-- 1 oso oso 1076 May 31 10:50 hola.o
-rw-r--r-- 1 oso oso   59 May 31 10:35 hola.py
oso@osobook ~ $ for i in 1 2 3 4 5; do echo $i; done
1
2
3
4
5
oso@osobook ~ $
```

# Software involucrado

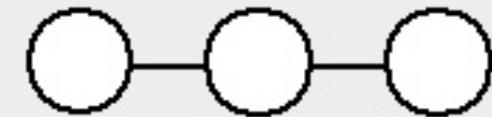
- Interfaces de usuario
  - Shell o procesador de comandos
  - Opcionalmente, entorno gráfico
- Programas de administración
- Editores, navegador de archivos
- Monitores de sistema, registros de eventos
- Programas de comunicaciones
  - Navegador, transferencia de archivos, mail, mensajería
- Soporte de programación
  - Compiladores, intérpretes, bibliotecas

# Kernel o núcleo

- Componente fundamental del sistema operativo
- Conjunto de rutinas residentes en memoria
- Controla el **hardware** y los **recursos lógicos**
- Corre en **modo privilegiado** del procesador
- Ofrece los servicios a los **procesos** mediante **llamadas al sistema** o **system calls**

# Modo de ejecución dual

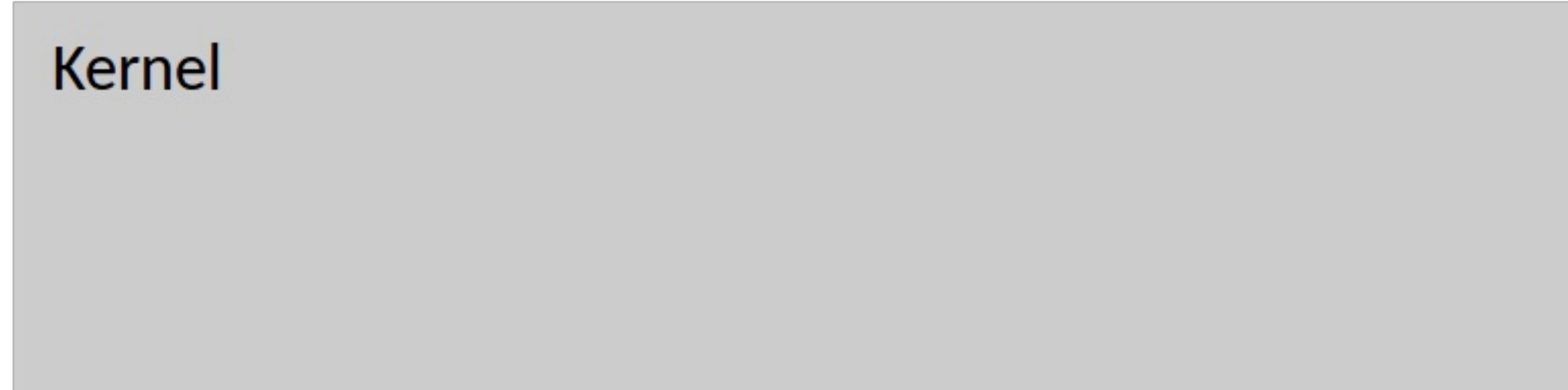
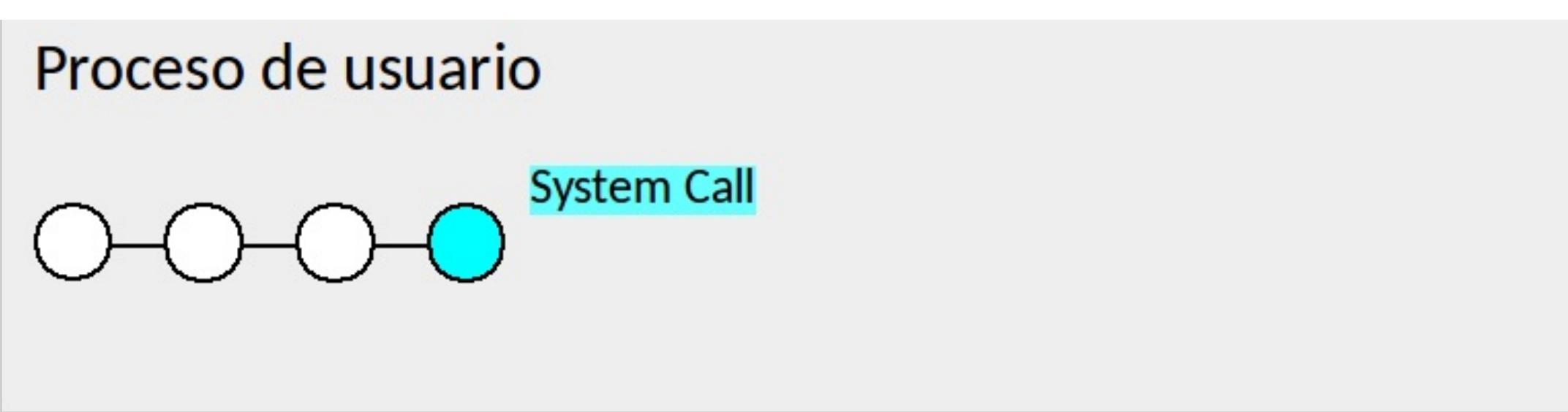
Proceso de usuario



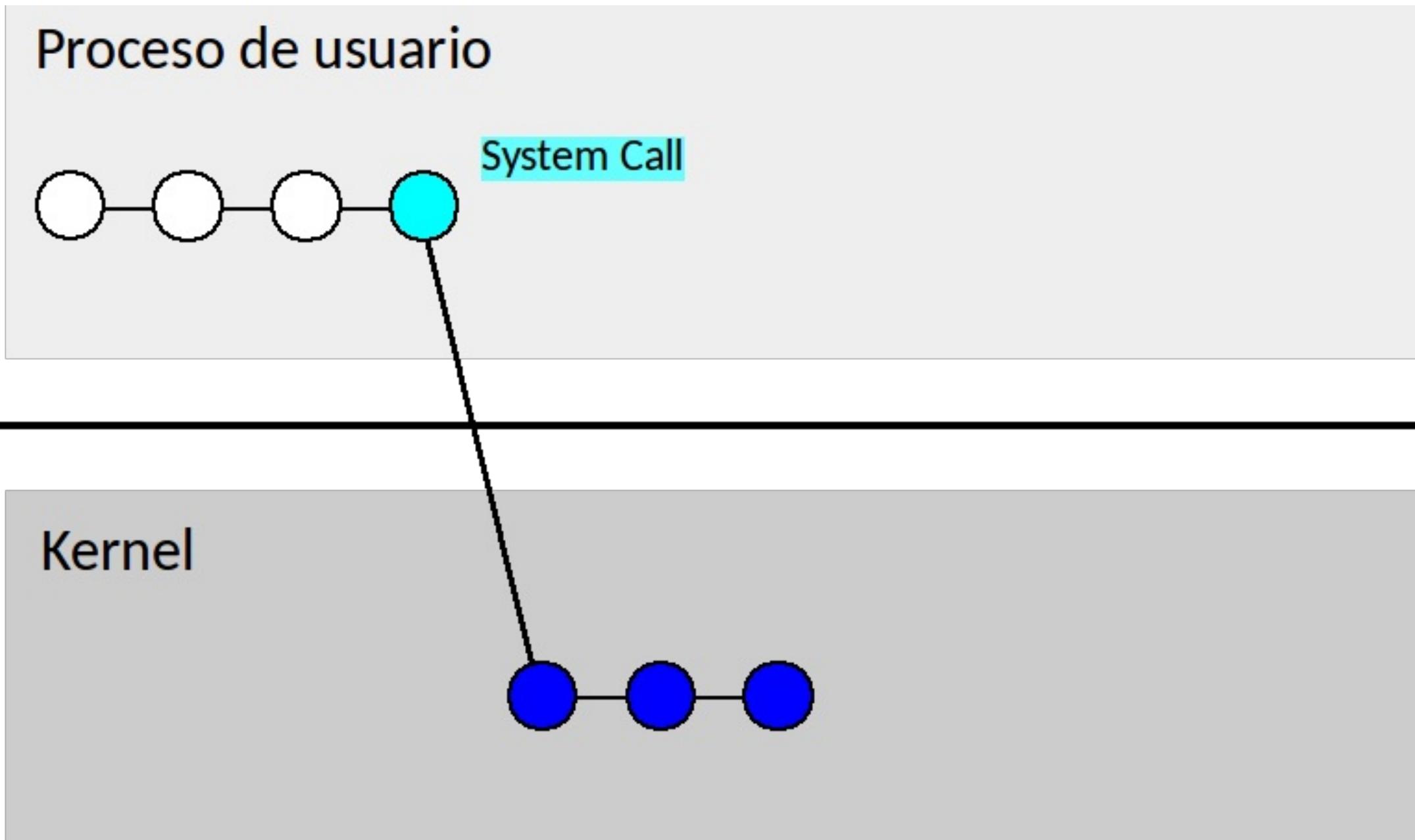
---

Kernel

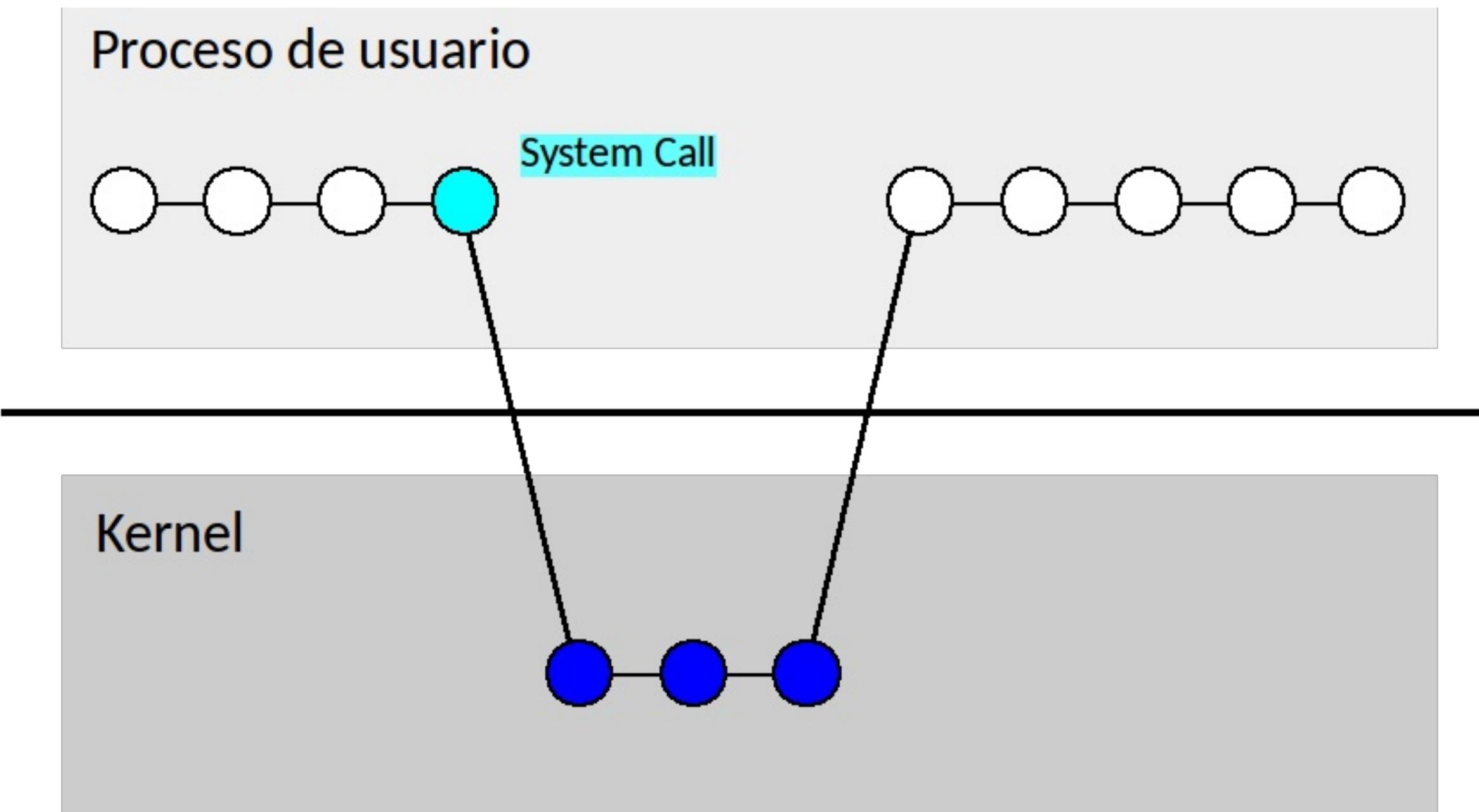
# Modo de ejecución dual



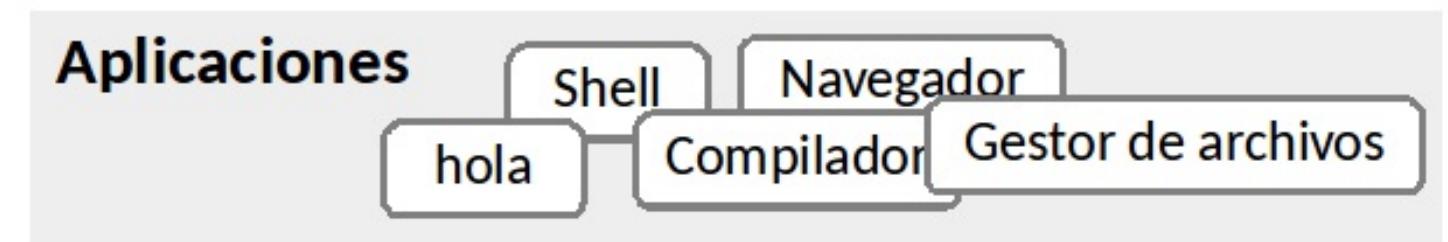
# Modo de ejecución dual



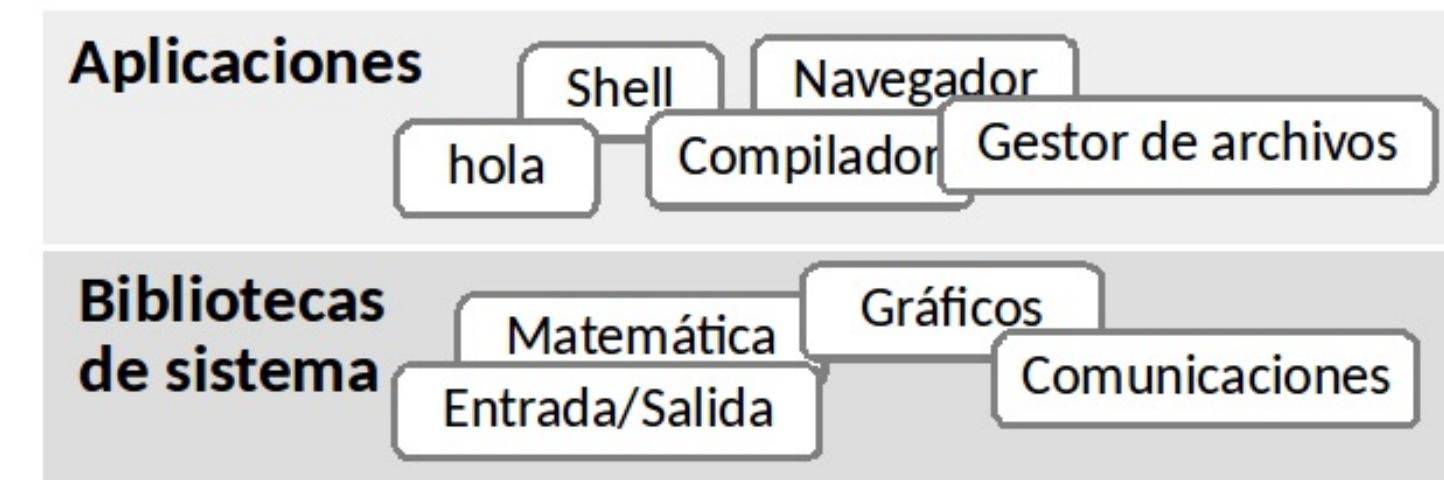
# Modo de ejecución dual



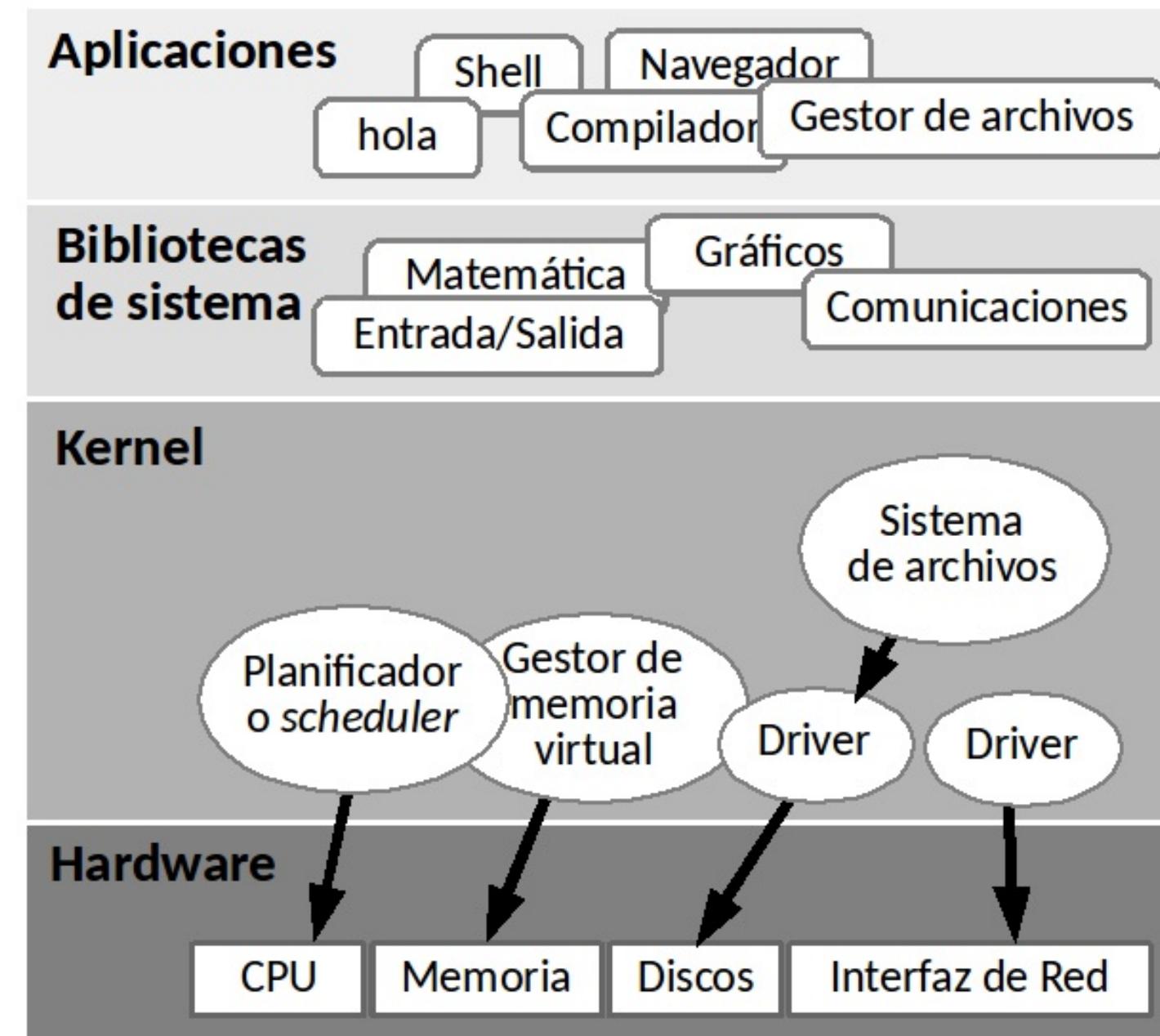
# Aplicaciones



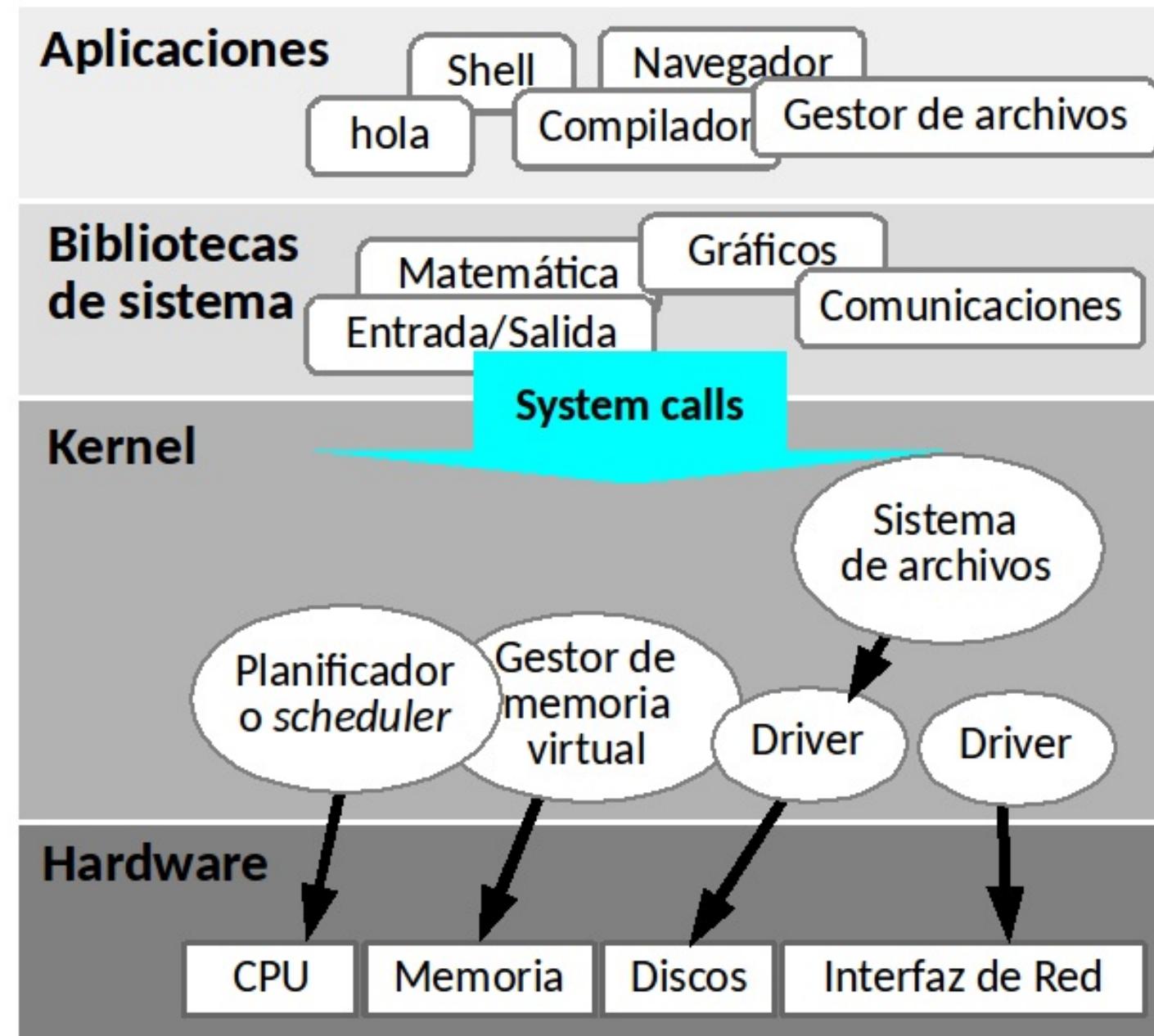
# Bibliotecas



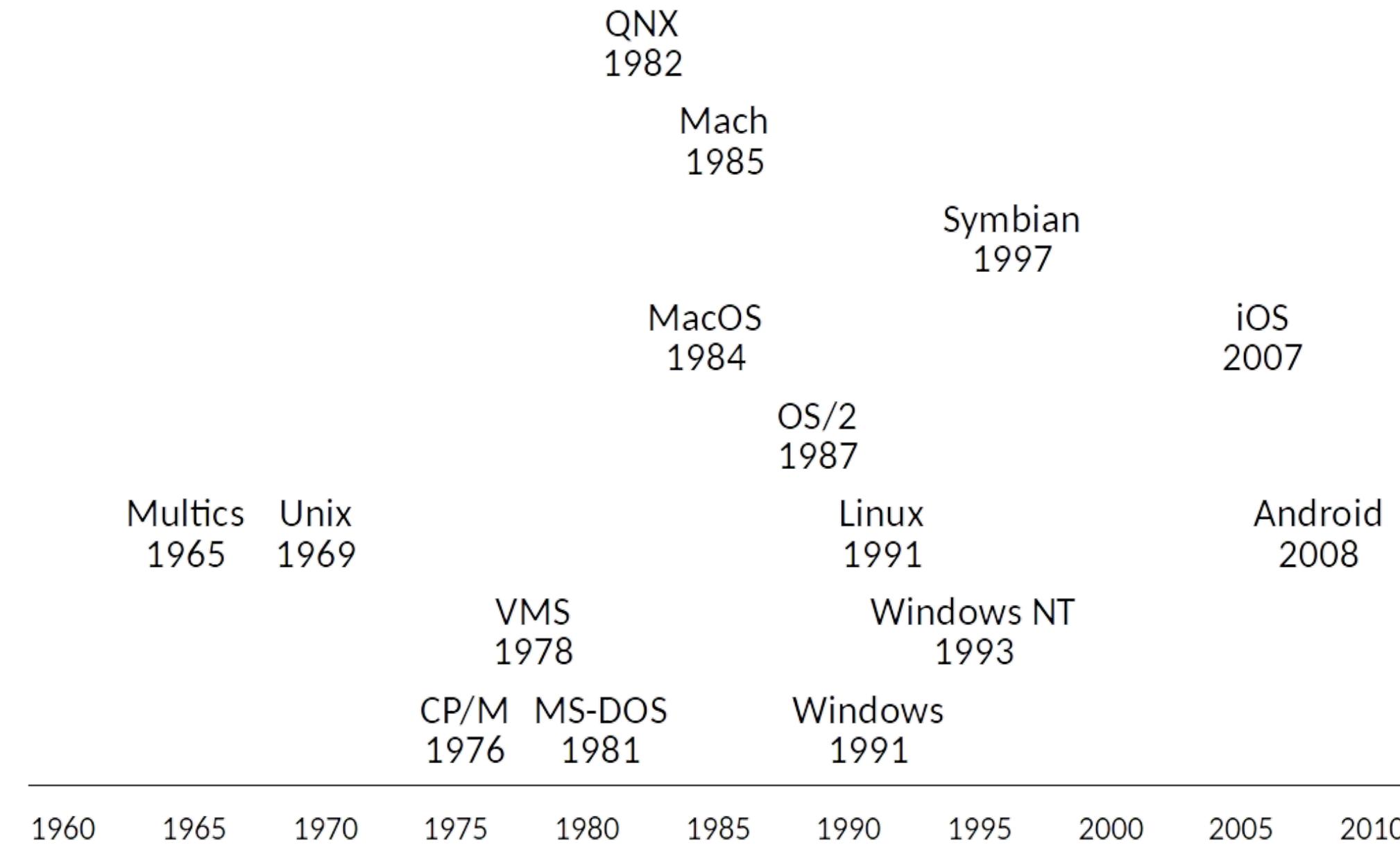
# Kernel



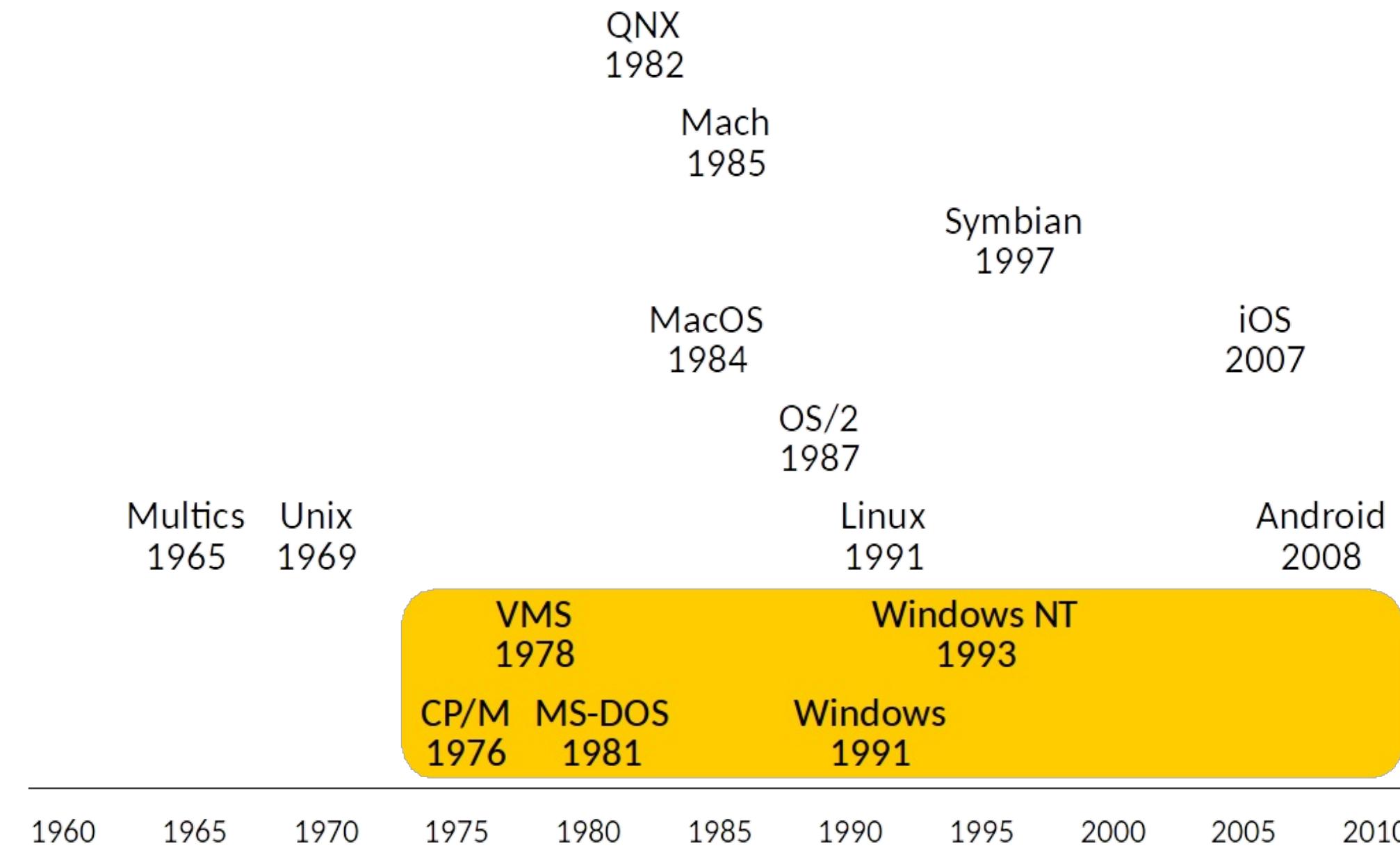
# Llamadas al sistema



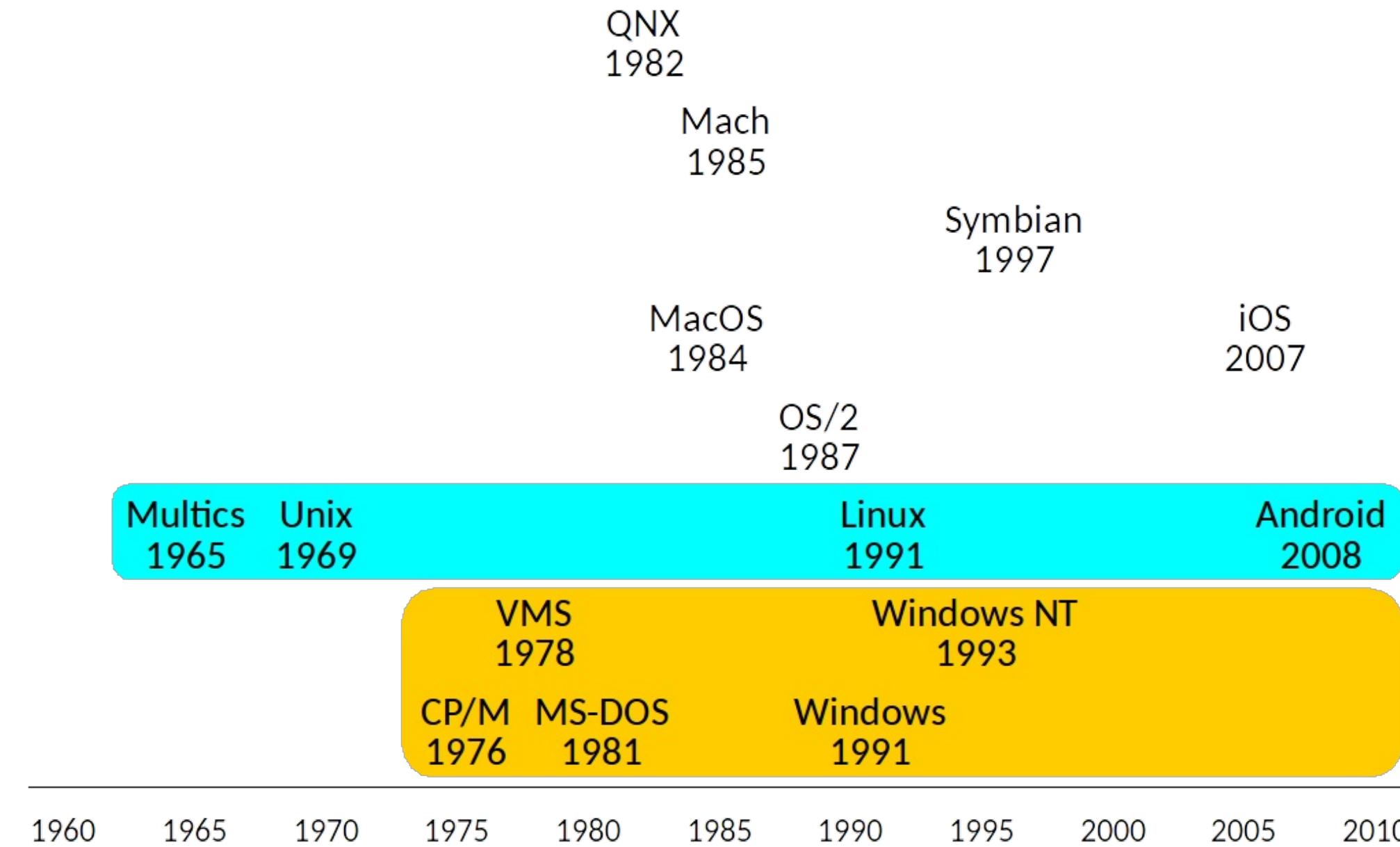
# Cronología



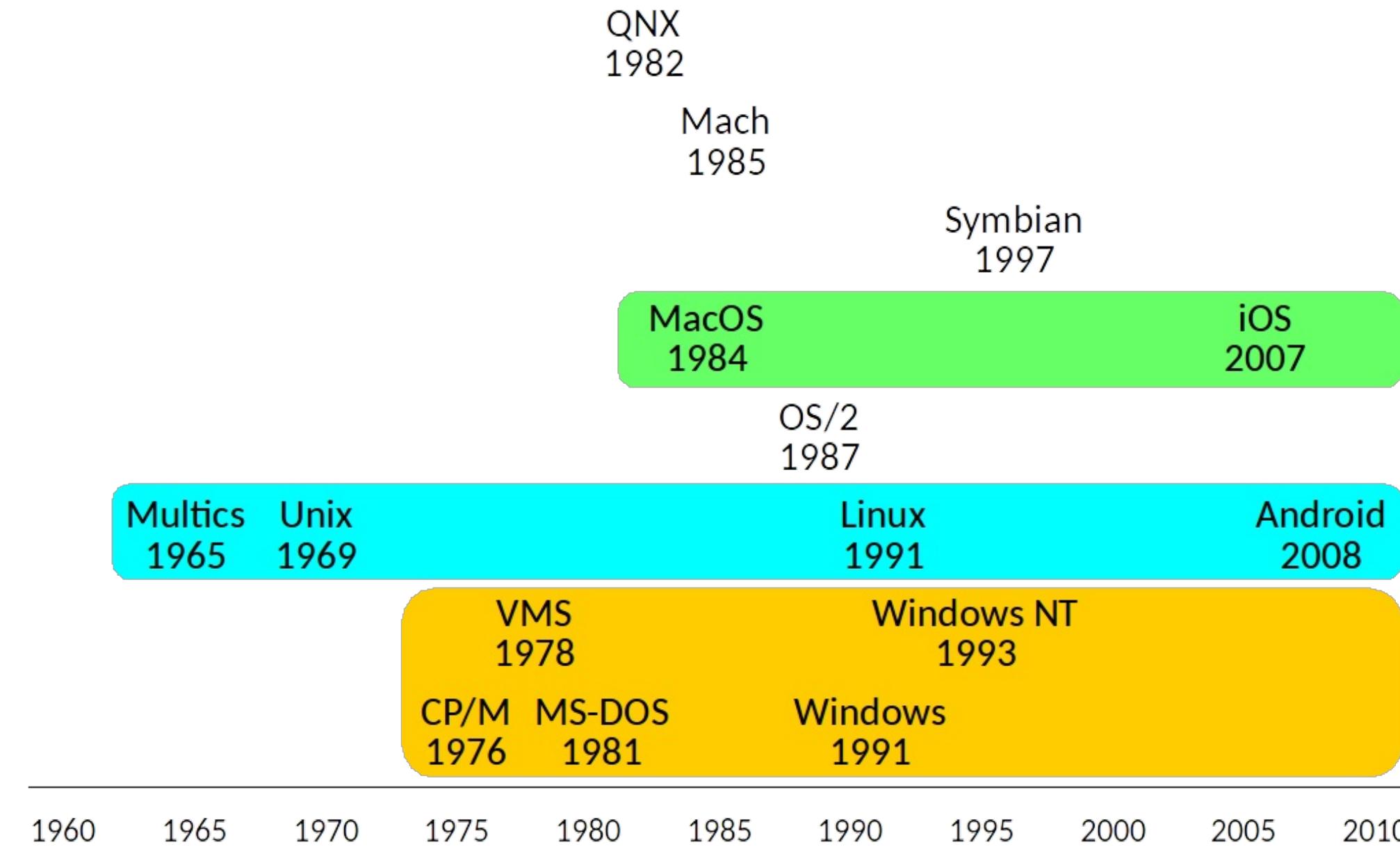
# Cronología



# Cronología



# Cronología



# Servicios del SO

- Múltiples usuarios y tareas
  - Ejecución de programas
  - Gestión de archivos
  - Operaciones de Entrada/Salida
  - Gestión de memoria
  - Protección

# Ejecución de programas

# Ejecución de programas

- Interfaz de usuario o **shell**
- **Proceso**
  - Un programa en ejecución
- **Estados de los procesos**
- Planificación, o **scheduling**
- **Concurrencia y paralelismo**

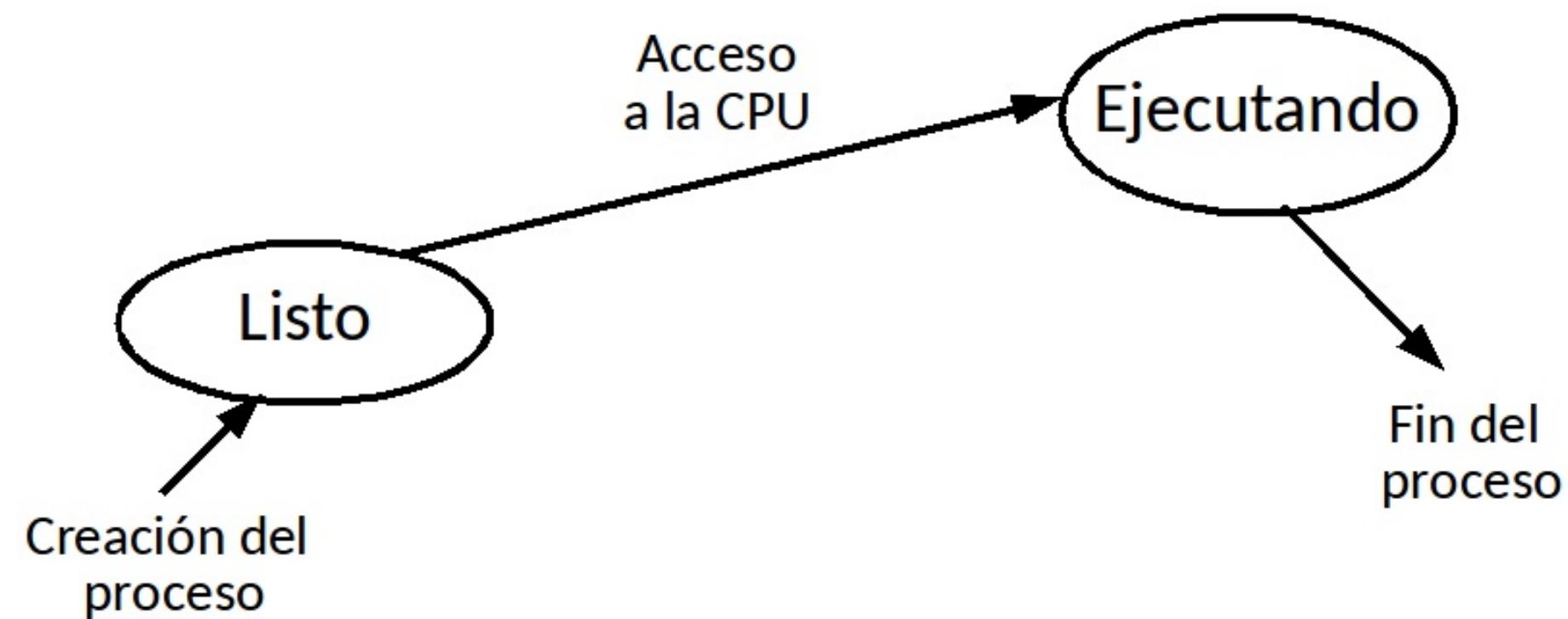
# Estados de los procesos

## Sistema multiprogramado



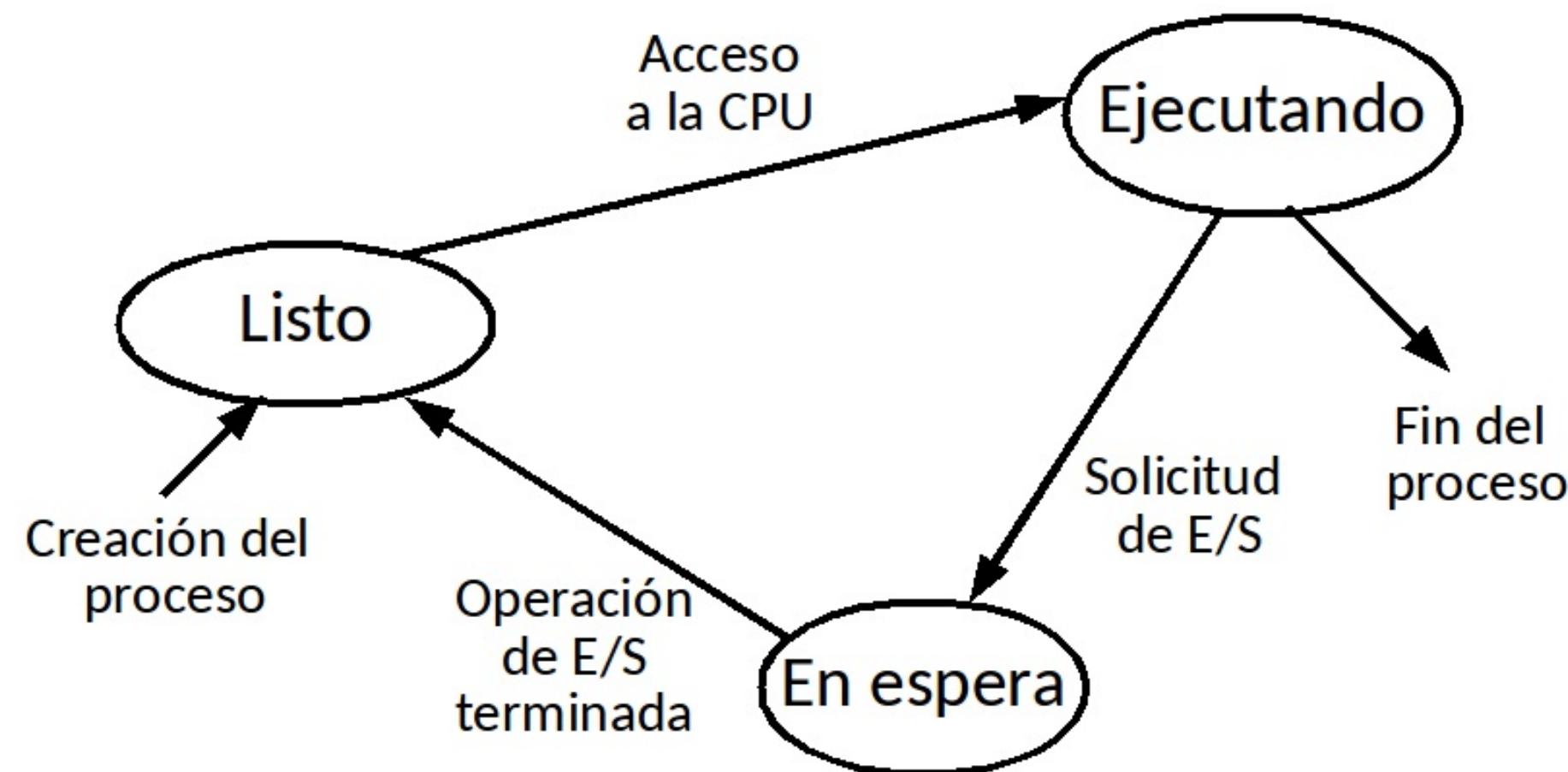
# Estados de los procesos

## Sistema multiprogramado



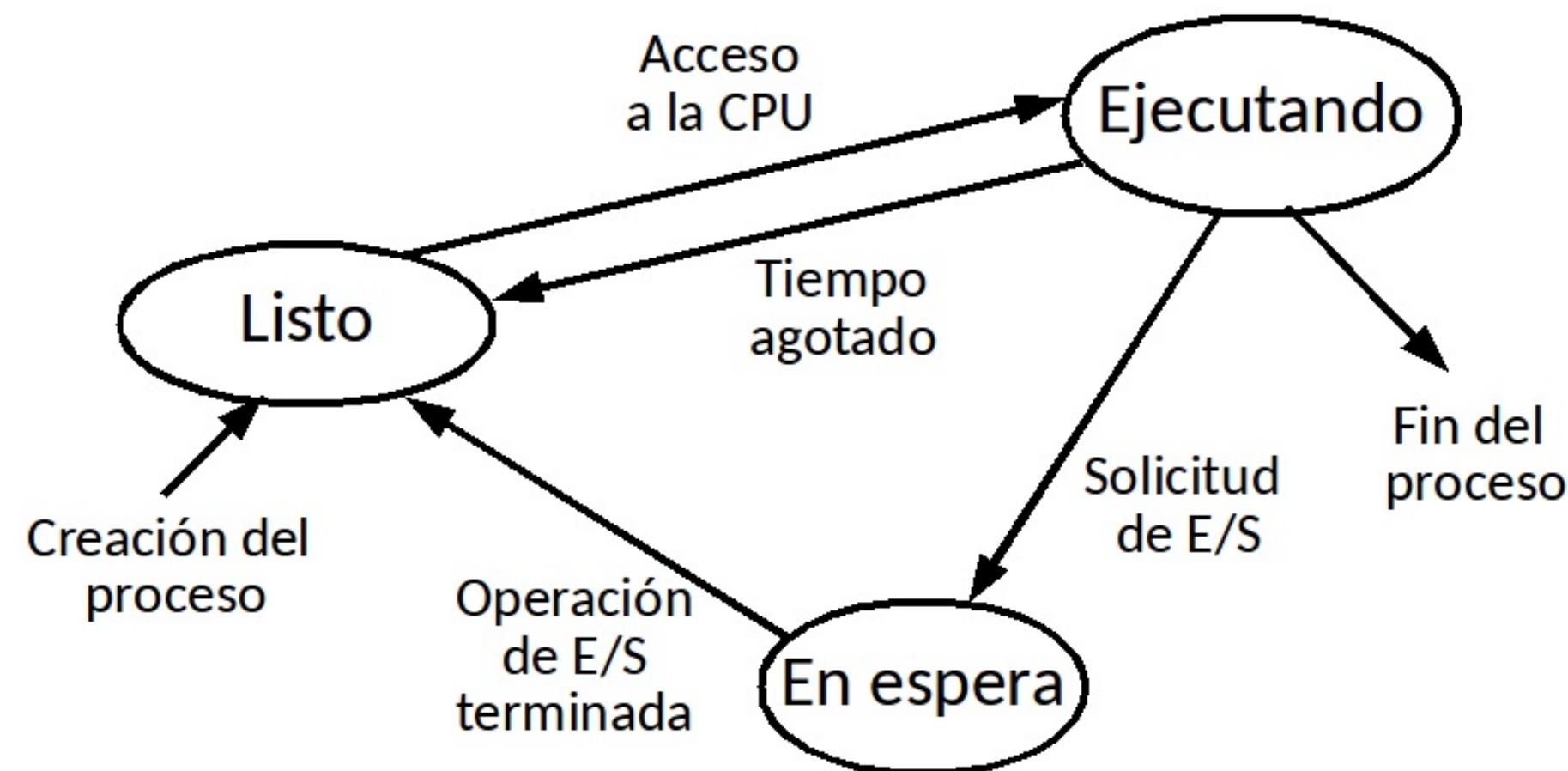
# Estados de los procesos

## Sistema multiprogramado

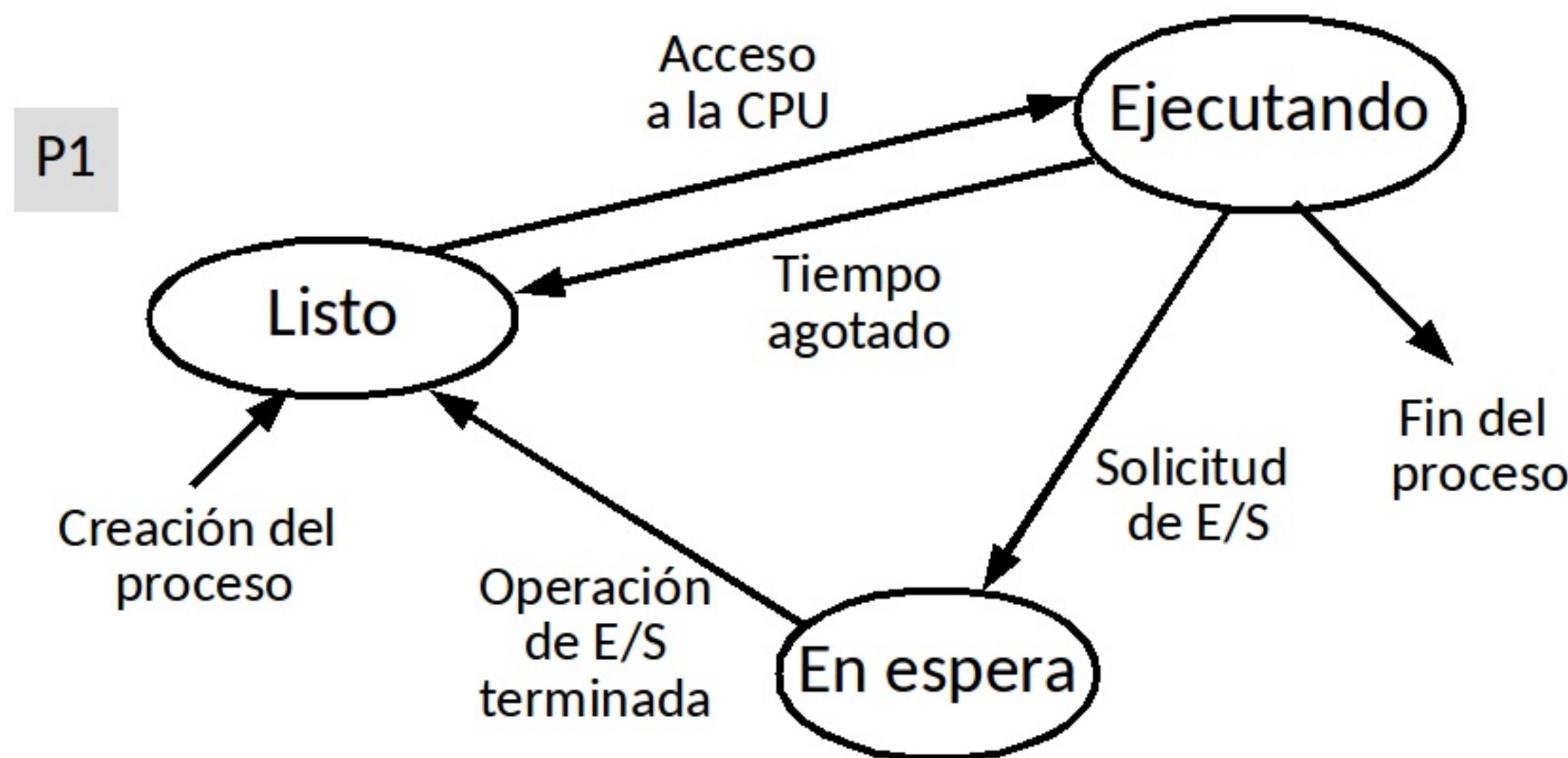


# Estados de los procesos

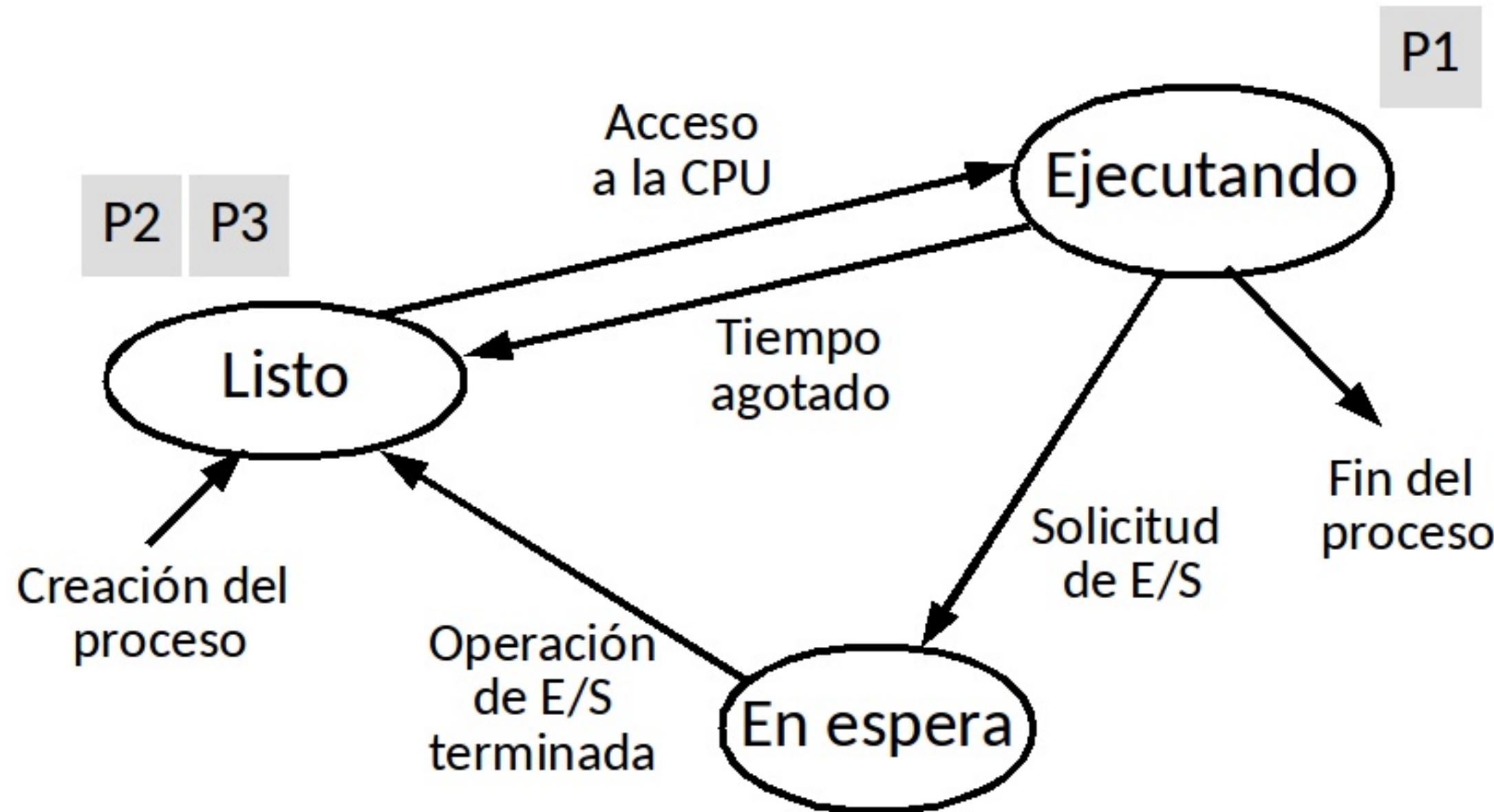
Tiempo compartido o *time sharing*



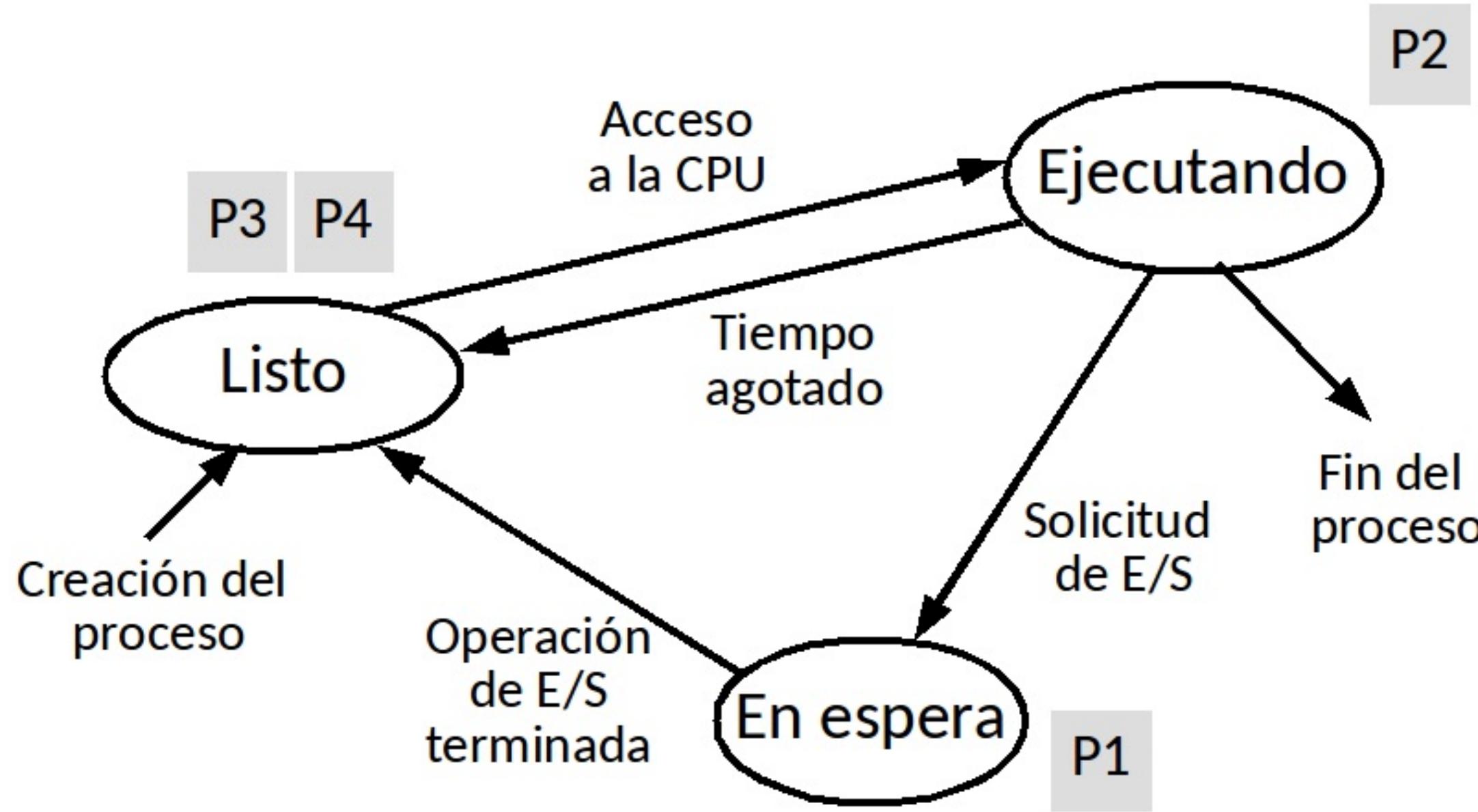
# Procesos concurrentes



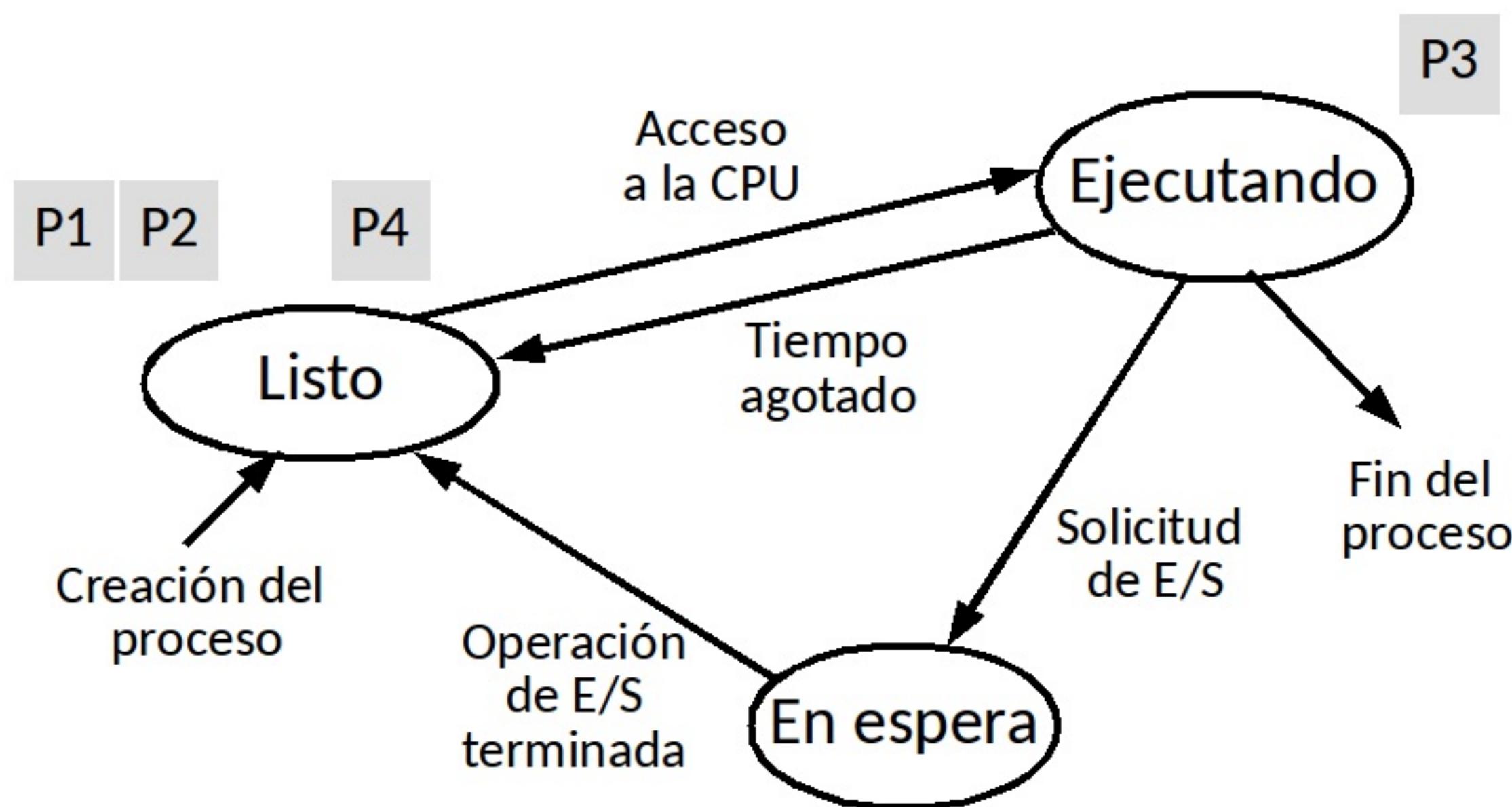
# Procesos concurrentes



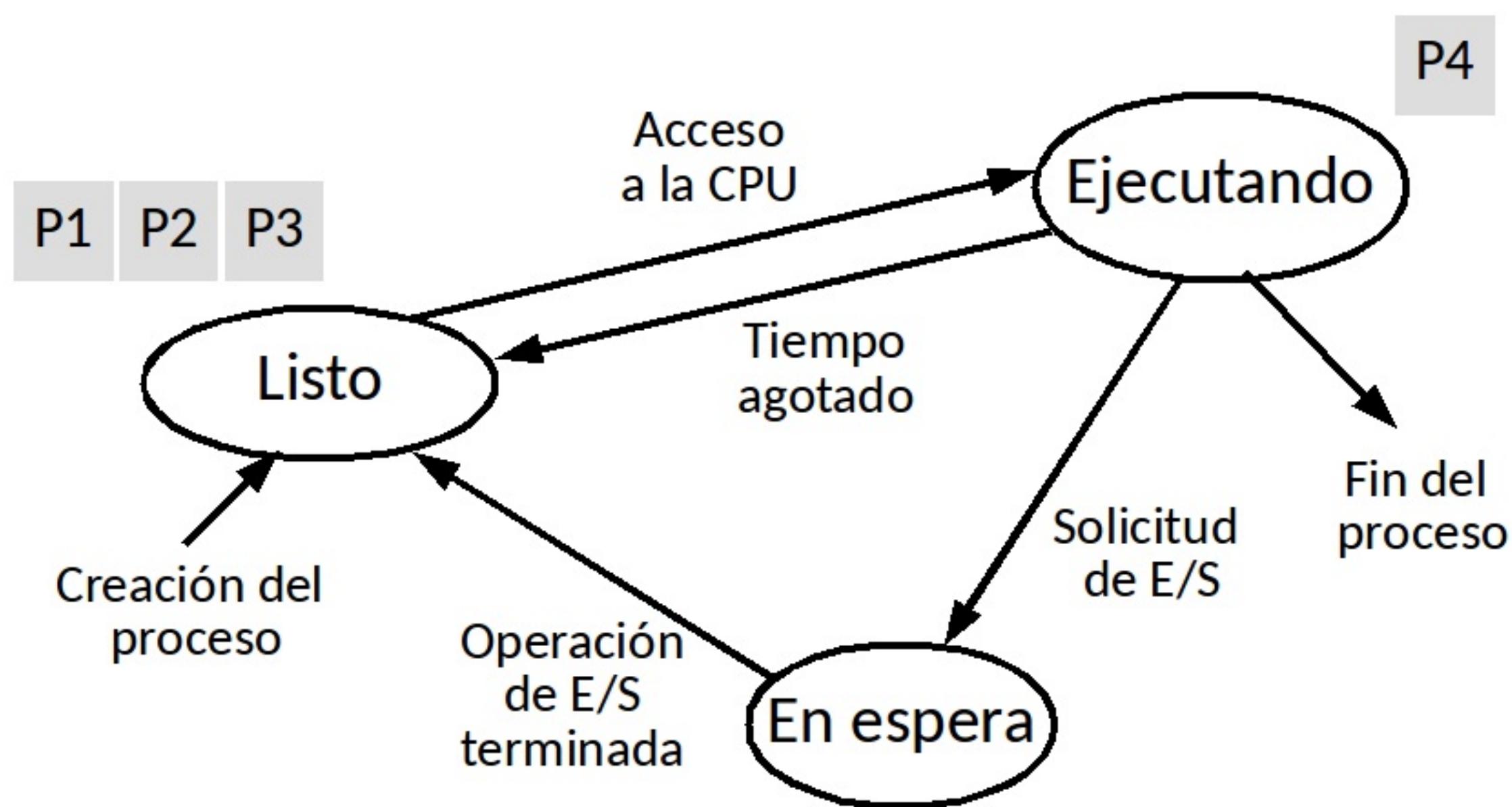
# Procesos concurrentes



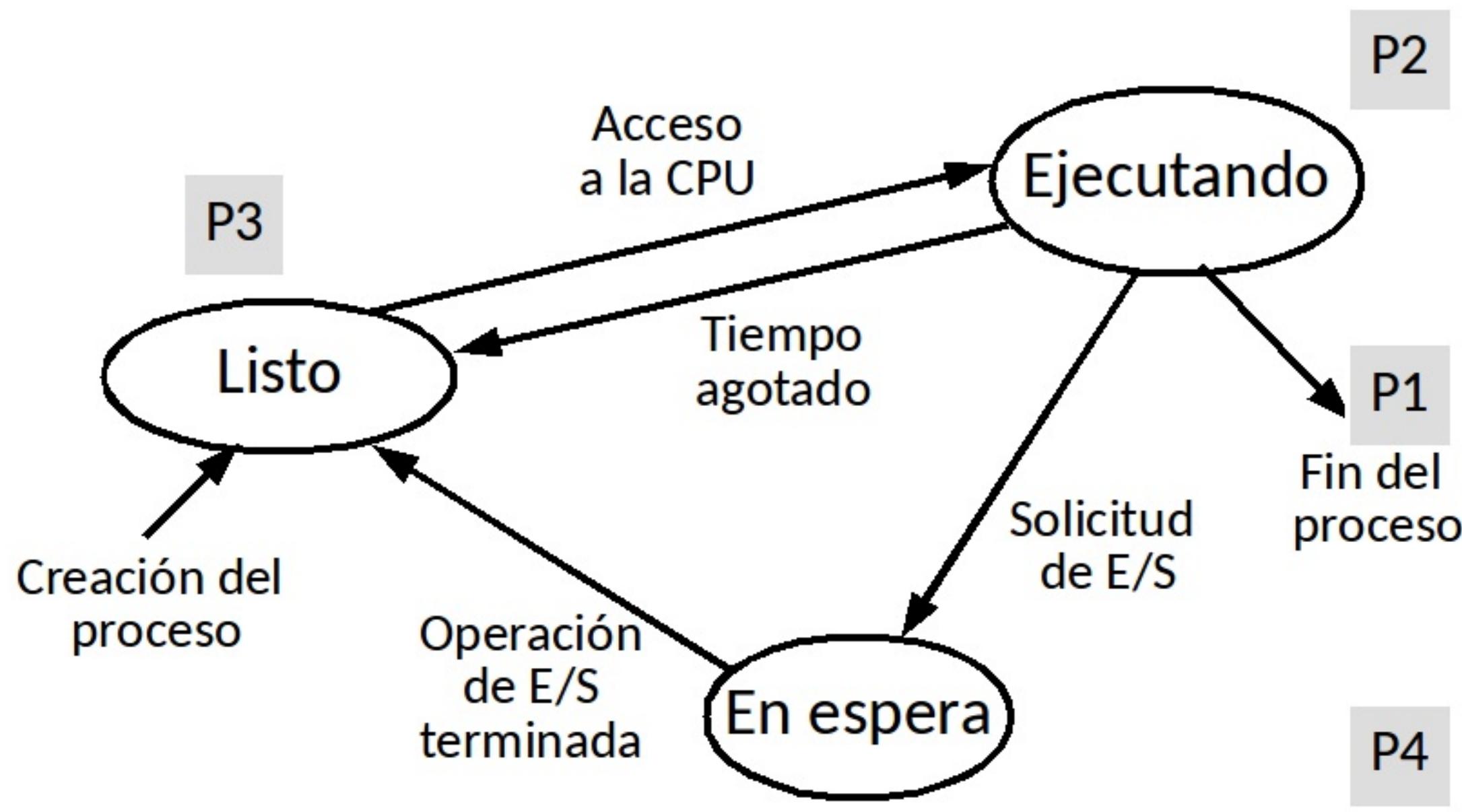
# Procesos concurrentes



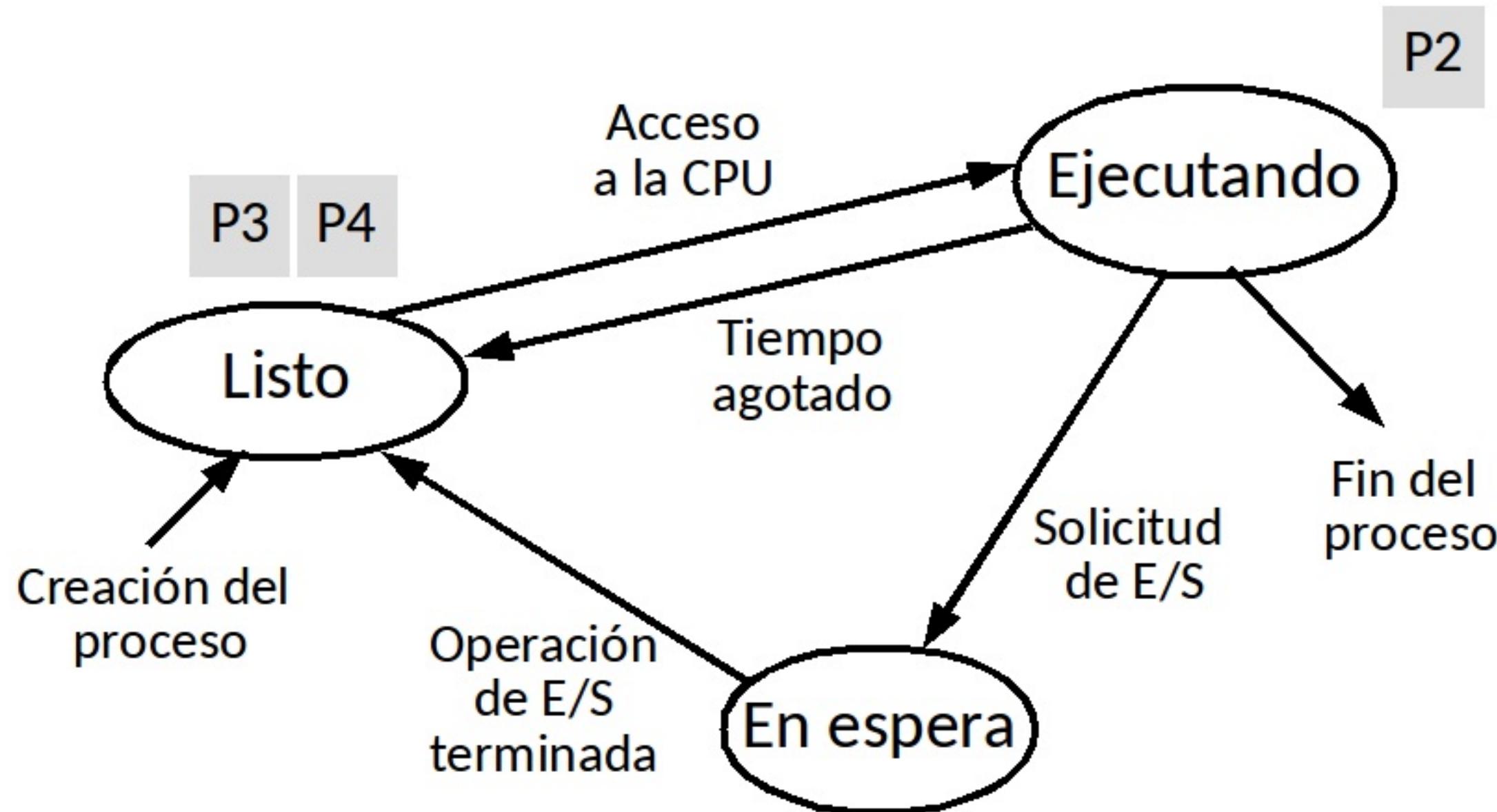
# Procesos concurrentes



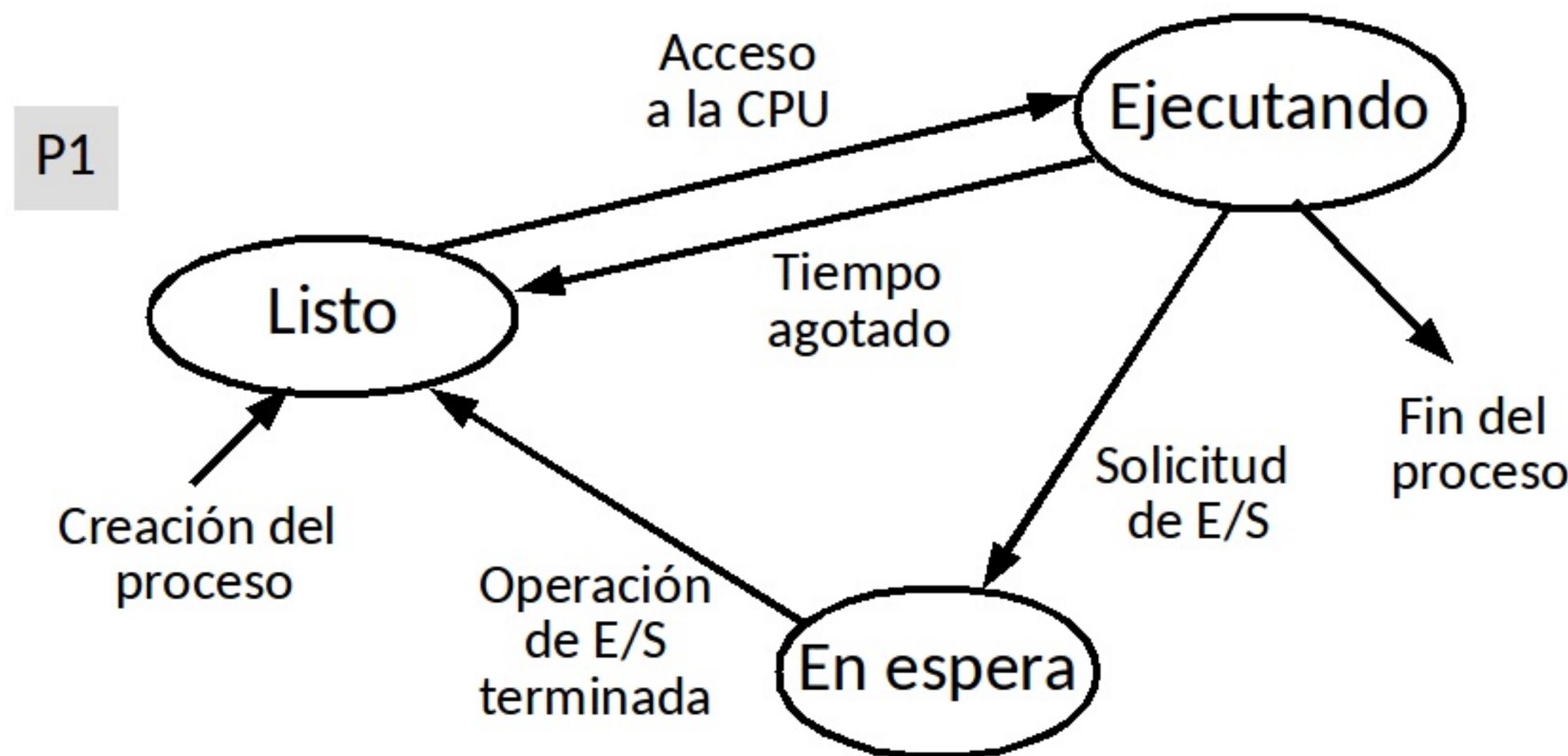
# Procesos concurrentes



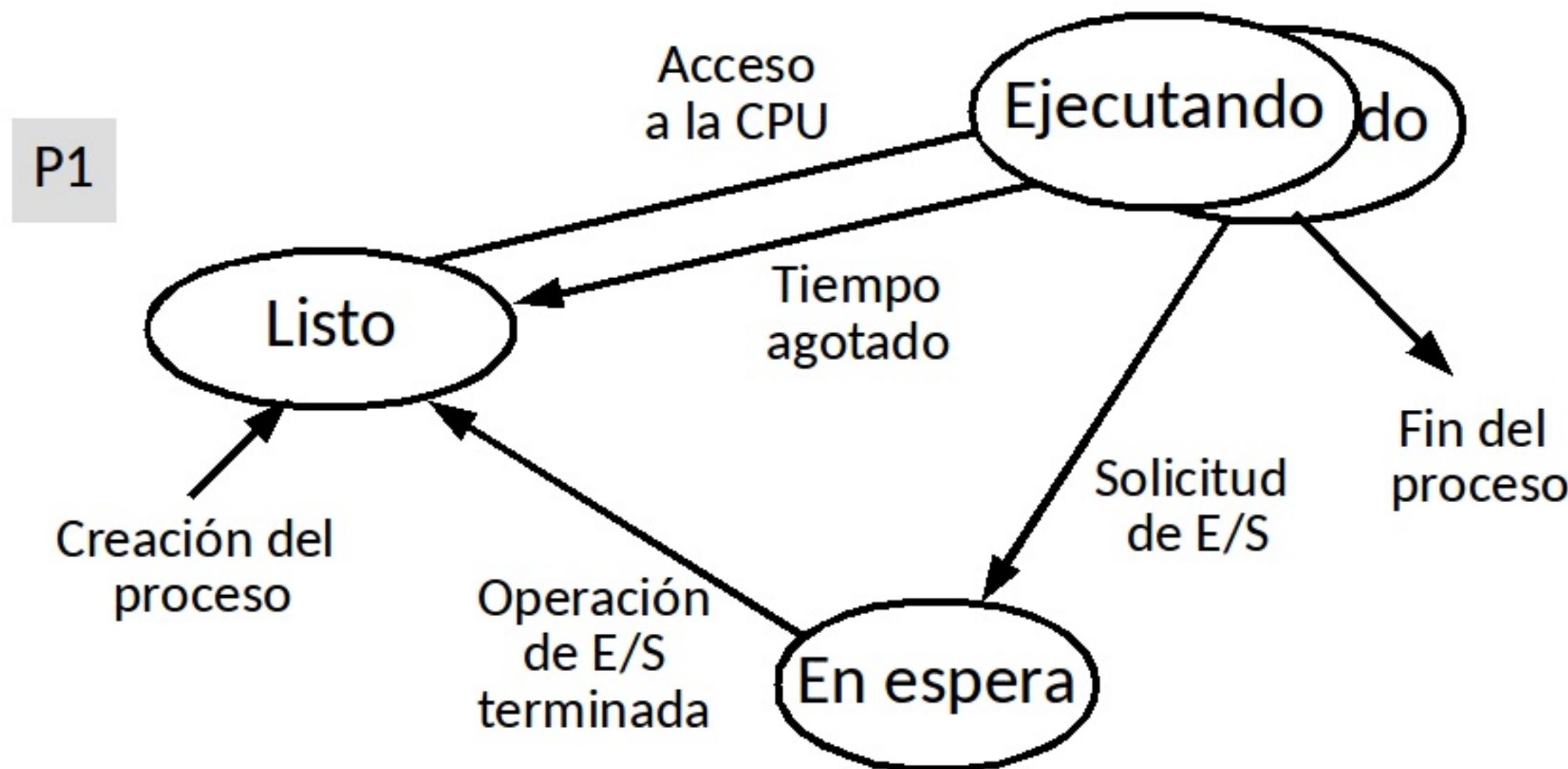
# Procesos concurrentes



# Procesos concurrentes



# Procesos paralelos



# Procesos

Terminal

```
top - 15:55:13 up 15:44, 5 users, load average: 0.02, 0.12, 0.18
Tasks: 287 total, 1 running, 286 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 0.5 us, 0.2 sy, 0.0 ni, 98.8 id, 0.4 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
KiB Mem: 6020552 total, 4809608 used, 1210944 free, 69712 buffers
KiB Swap: 6184956 total, 34668 used, 6150288 free. 1552768 cached Mem
```

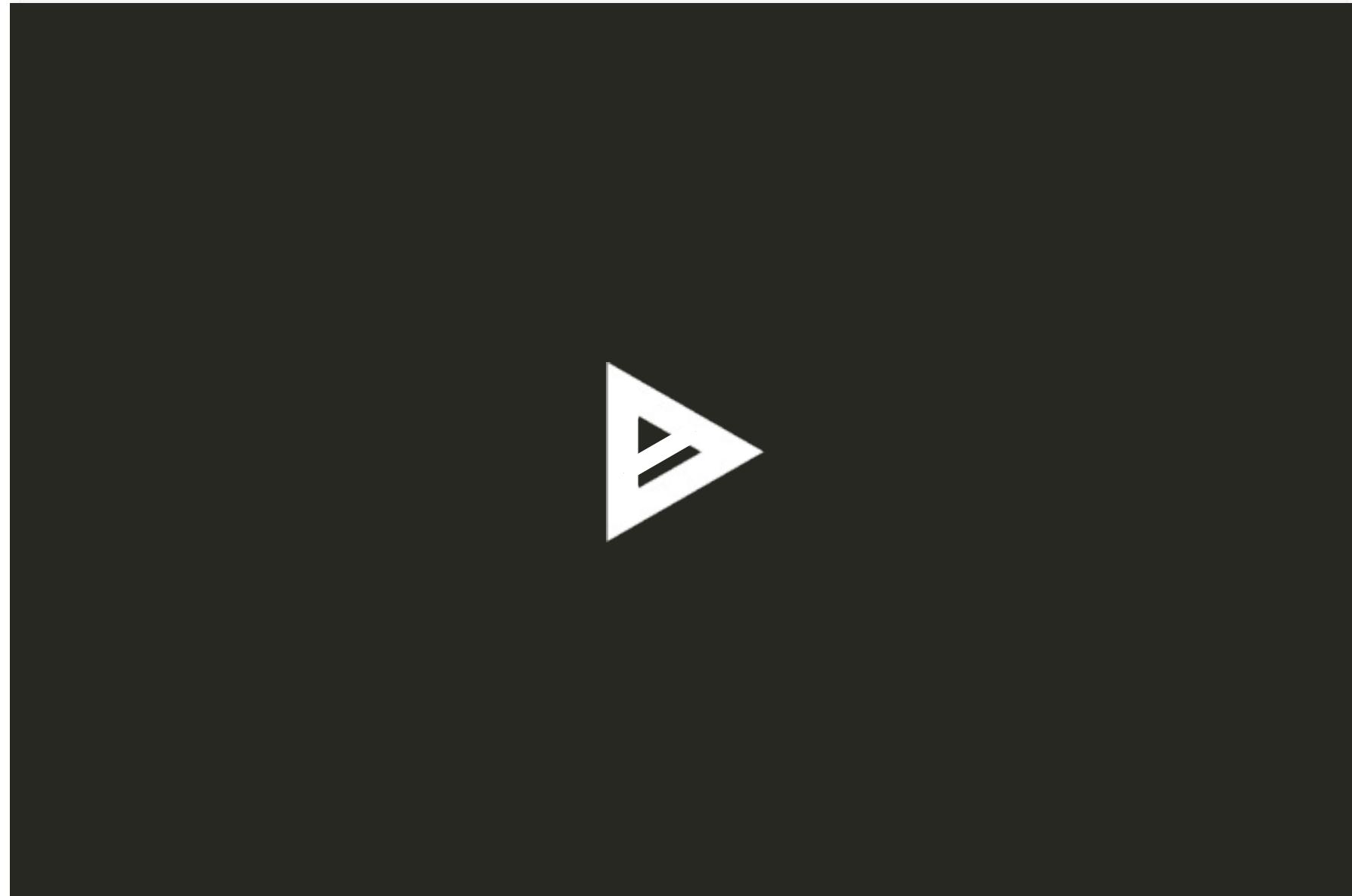
PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
4110	root	20	0	491568	92024	63428	S	2.0	1.5	7:14.58	Xorg
15525	oso	20	0	582160	54260	31876	S	1.8	0.9	0:01.08	kazam
6878	oso	20	0	1666204	268012	106636	S	0.4	4.5	5:49.10	chrome
470	root	-51	0	0	0	0	S	0.2	0.0	0:31.88	irq/46-iwl+
3130	root	20	0	356004	9616	7360	S	0.2	0.2	0:06.58	NetworkMan+
4743	oso	20	0	883700	27024	18472	S	0.2	0.4	0:06.51	mate-setti+
4759	oso	20	0	1381532	78228	30244	S	0.2	1.3	0:24.64	caja
4765	oso	20	0	637284	101220	22200	S	0.2	1.7	0:53.12	mintmenu
4791	oso	20	0	388848	22180	16872	S	0.2	0.4	0:07.57	wnck-applet
4799	oso	20	0	975728	23484	16984	S	0.2	0.4	0:08.39	clock-app+
6922	oso	20	0	498232	129556	102336	S	0.2	2.2	5:13.20	chrome
7025	oso	20	0	1139580	114520	56588	S	0.2	1.9	1:23.64	chrome
7155	oso	20	0	1617448	719812	71568	S	0.2	12.0	6:20.39	chrome
7172	oso	20	0	1176176	143396	52532	S	0.2	2.4	0:34.12	chrome
8841	oso	20	0	486564	27068	19652	S	0.2	0.4	0:09.02	mate-termi+
15519	oso	20	0	25744	2996	2384	R	0.2	0.0	0:00.06	top
1	root	20	0	15492	1620	1588	S	0.0	0.0	0:00.92	init

# Procesos

```
Terminal
top - 15:59:18 up 15:48,  5 users,  load average: 0.29, 0.33, 0.26
Tasks: 289 total,   6 running, 283 sleeping,   0 stopped,   0 zombie
%Cpu0  :  0.6 us,  1.2 sy,  0.0 ni, 98.2 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
%Cpu1  :  0.8 us,  0.2 sy,  0.0 ni, 99.0 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
%Cpu2  :  0.6 us,  0.6 sy,  0.0 ni, 98.8 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
%Cpu3  :  0.6 us,  0.2 sy,  0.0 ni, 99.2 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
%Cpu4  :  0.0 us,  0.0 sy,  0.0 ni, 99.2 id,  0.8 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
%Cpu5  :  0.2 us,  0.0 sy,  0.0 ni, 99.8 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
%Cpu6  :  1.2 us,  0.2 sy,  0.0 ni, 98.6 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
%Cpu7  :  0.2 us,  0.0 sy,  0.0 ni, 99.8 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
KiB Mem: 6020552 total, 4878860 used, 1141692 free,    75624 buffers
KiB Swap: 6184956 total,    34164 used, 6150792 free. 1591140 cached Mem

          PID USER      PR  NI    VIRT    RES    SHR S %CPU %MEM TIME+ COMMAND
        7867 oso      20   0 1112044 252668  75004 S  1.8  4.2  4:42.24 chrome
      15809 oso      20   0  582132  54676  32332 S  1.6  0.9  0:00.95 kazam
      4110 root     20   0  490752  92116  62916 R  1.2  1.5  7:21.65 Xorg
      15582 oso      20   0  513208  46424  28664 S  0.6  0.8  0:01.66 chrome
         7 root     20   0      0      0      0 S  0.2  0.0  0:13.08 rcu_sched
       470 root    -51   0      0      0      0 S  0.2  0.0  0:32.34 irq/46-iwl+
      4743 oso      20   0  883700  27024  18472 R  0.2  0.4  0:06.67 mate-setti+
      4747 oso      20   0  341440  22684  16852 R  0.2  0.4  0:08.35 marco
      4759 oso      20   0 1381532  78224  30240 S  0.2  1.3  0:24.84 caja
      4791 oso      20   0  389100  22180  16872 R  0.2  0.4  0:08.09 wnck-applet
```

# Comando top



# Comandos de procesos

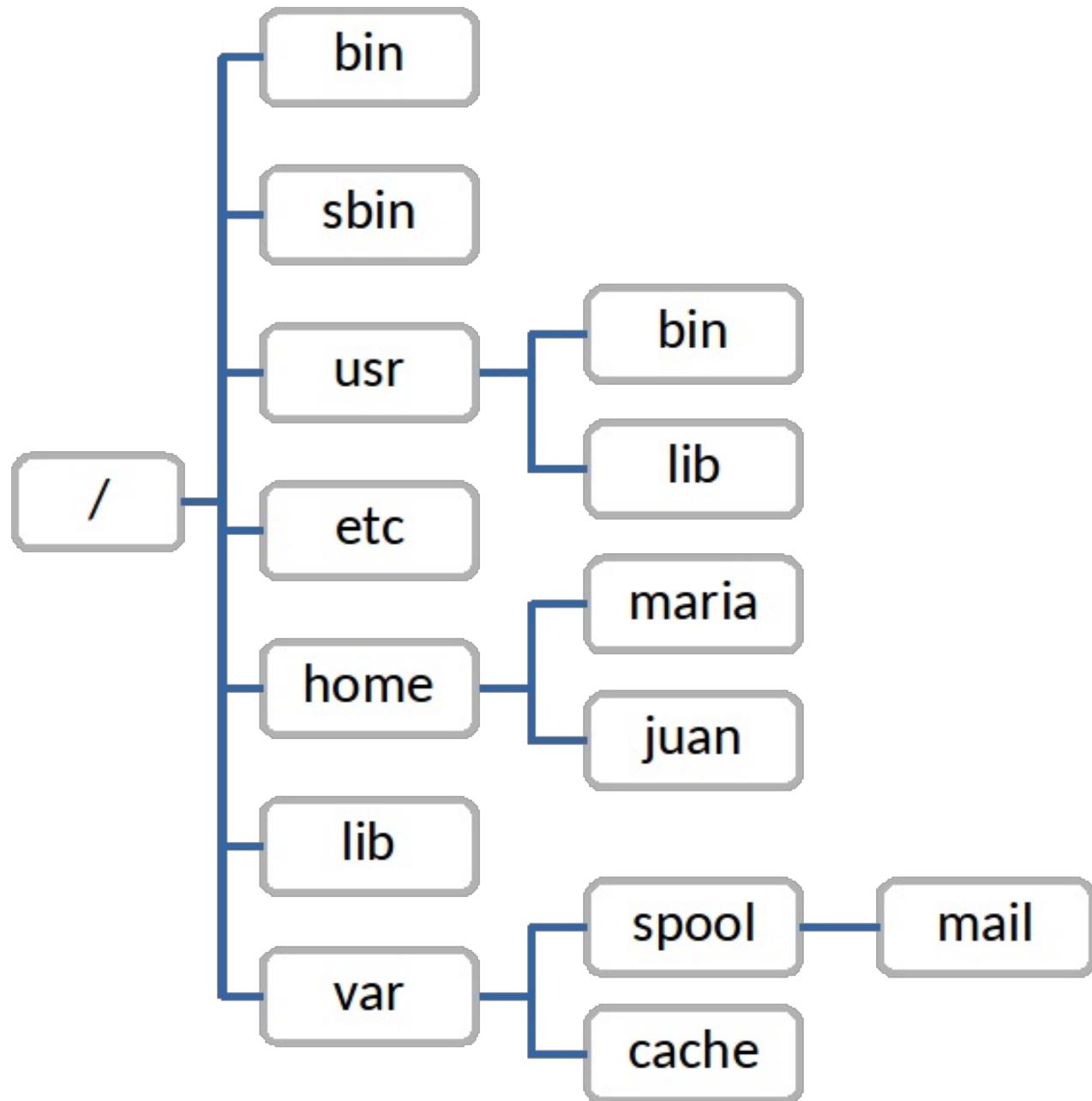
ps	-f, -a, -x	Lista procesos
pstree		Jerarquía de procesos
top		Monitor de procesos
nice		Cambia prioridad
kill		Envía una señal

# Gestión de archivos

# Gestión de archivos

- **Archivos**
  - Datos almacenados en un medio persistente
- **Sistema de archivos o file system**
  - Un componente del kernel que organiza los archivos
- **Metadatos**
  - Datos acerca de los datos (tamaño del archivo, fecha de creación, atributos, permisos)
- **Estructura jerárquica de directorios**

# Árbol de directorios

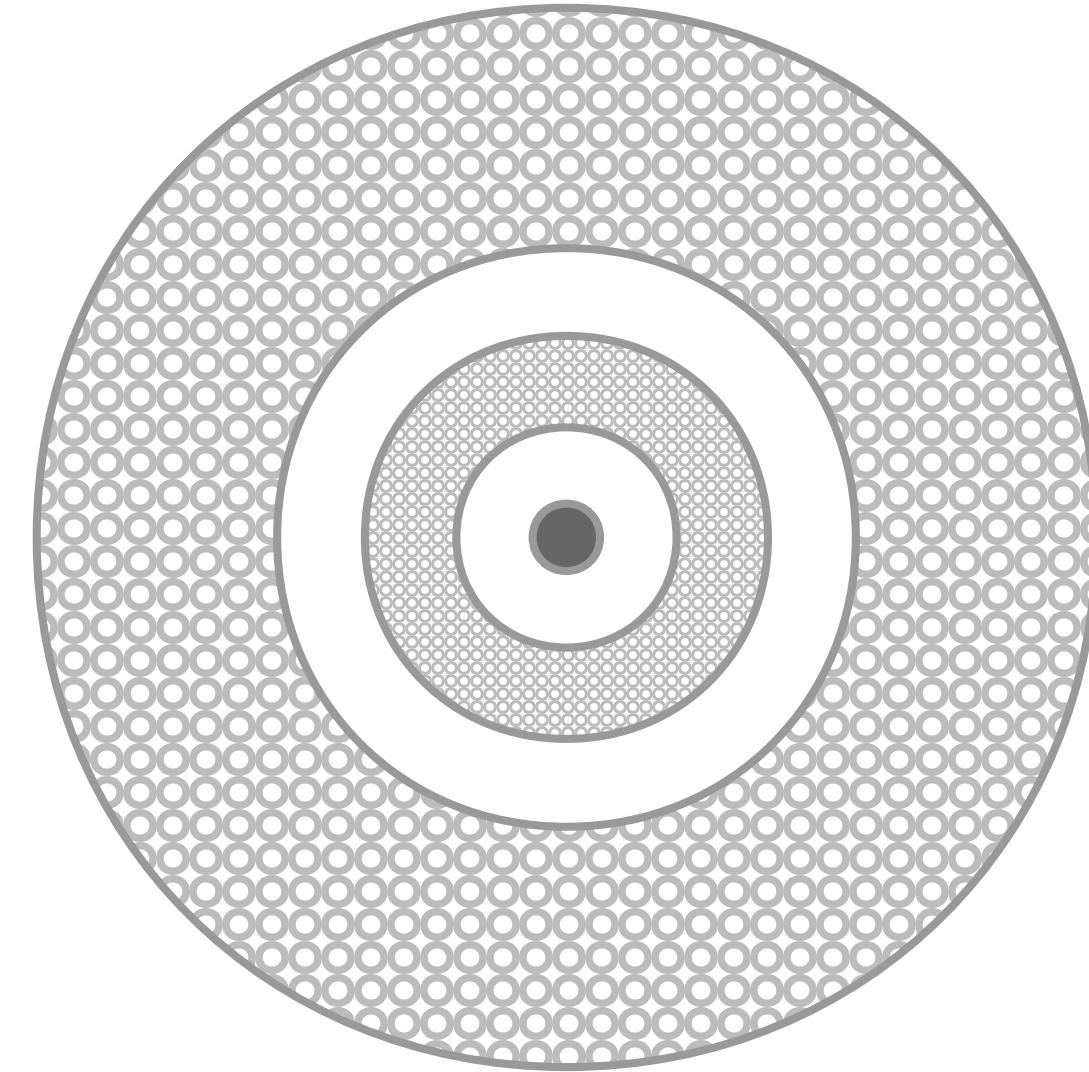


# Sistema de archivos

- Particiones
- Bloques
- Superblock
- Inodos

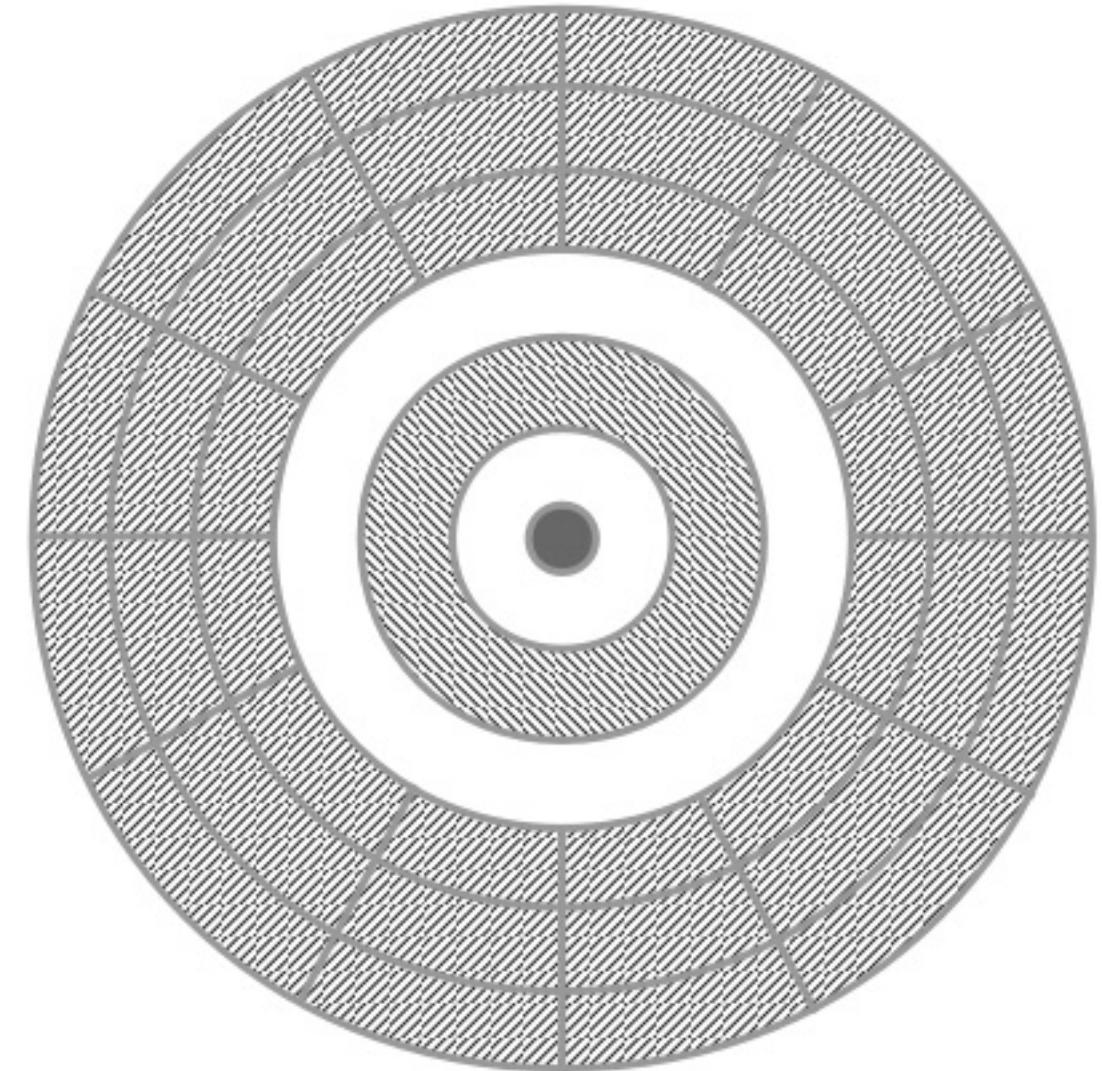
# Sistema de archivos

Particiones



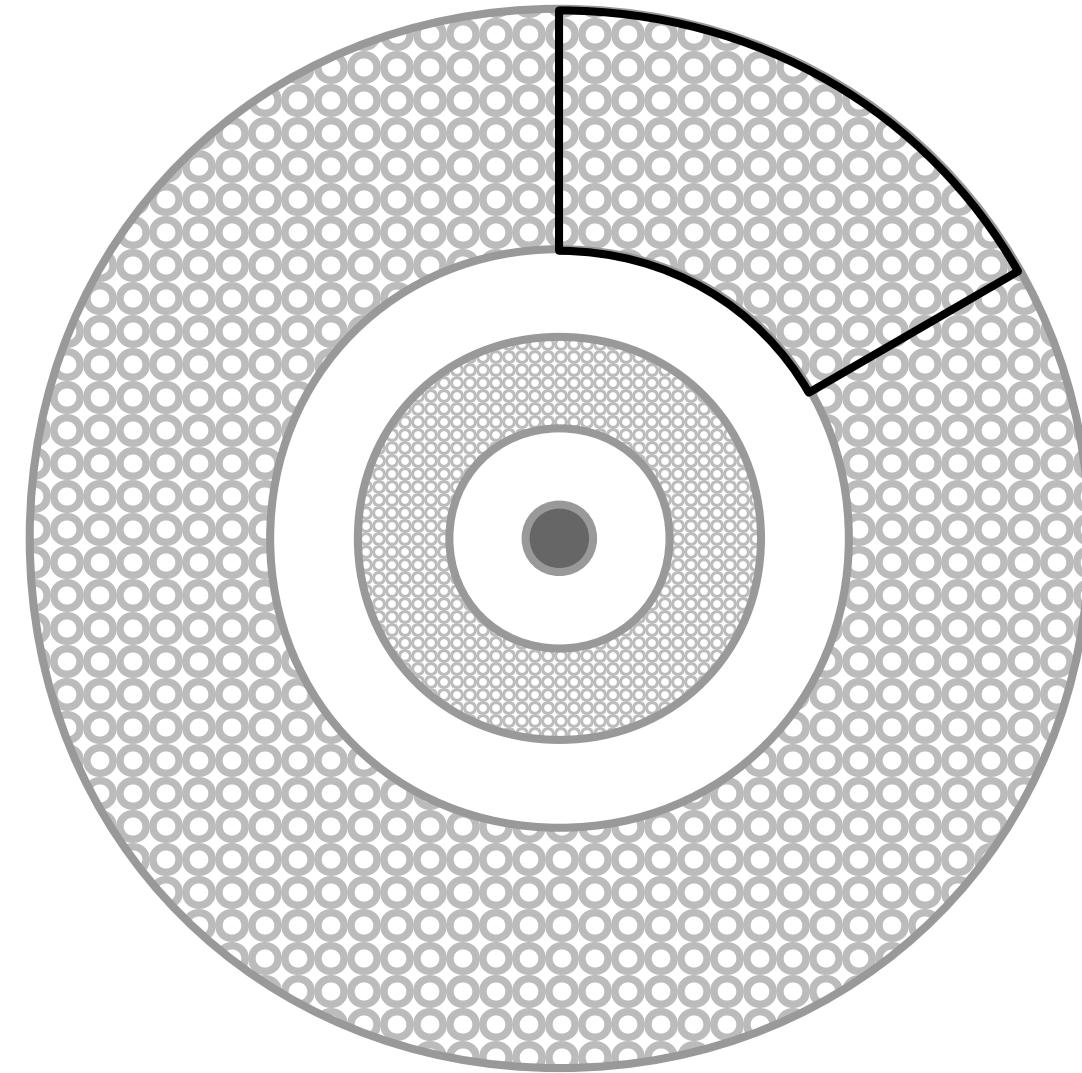
# Sistema de archivos

Bloques



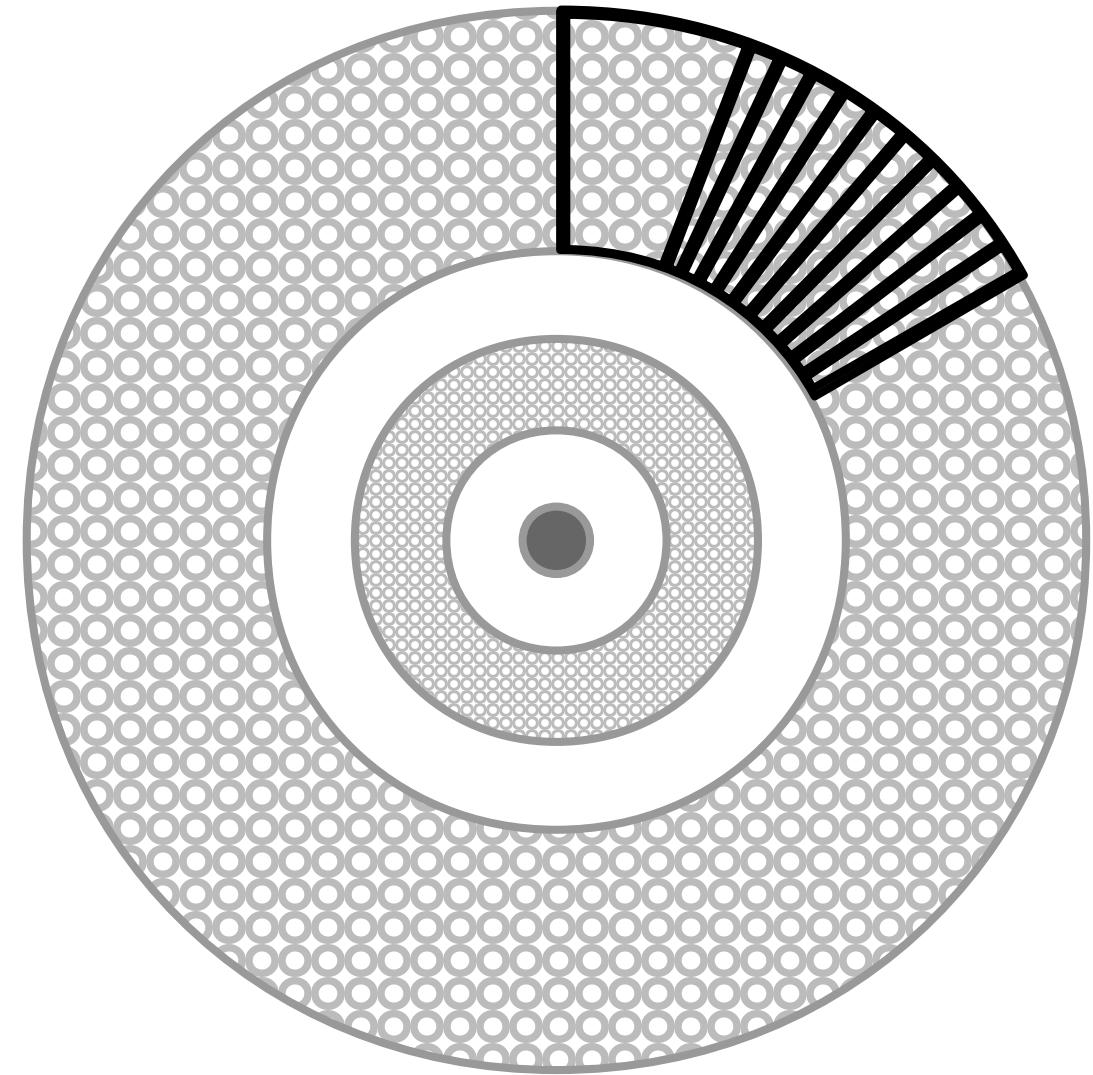
# Sistema de archivos

Superblock



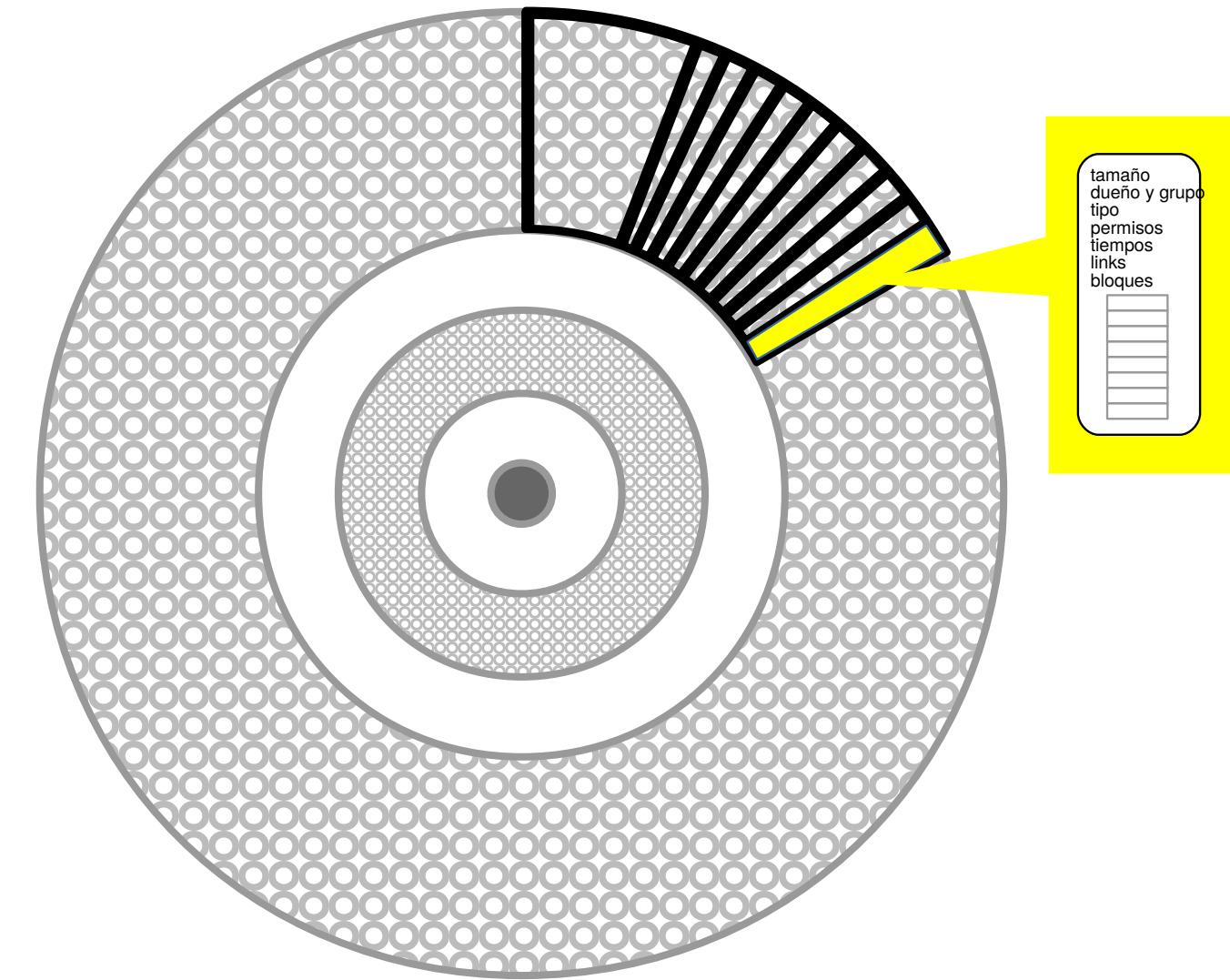
# Sistema de archivos

Tabla de inodos



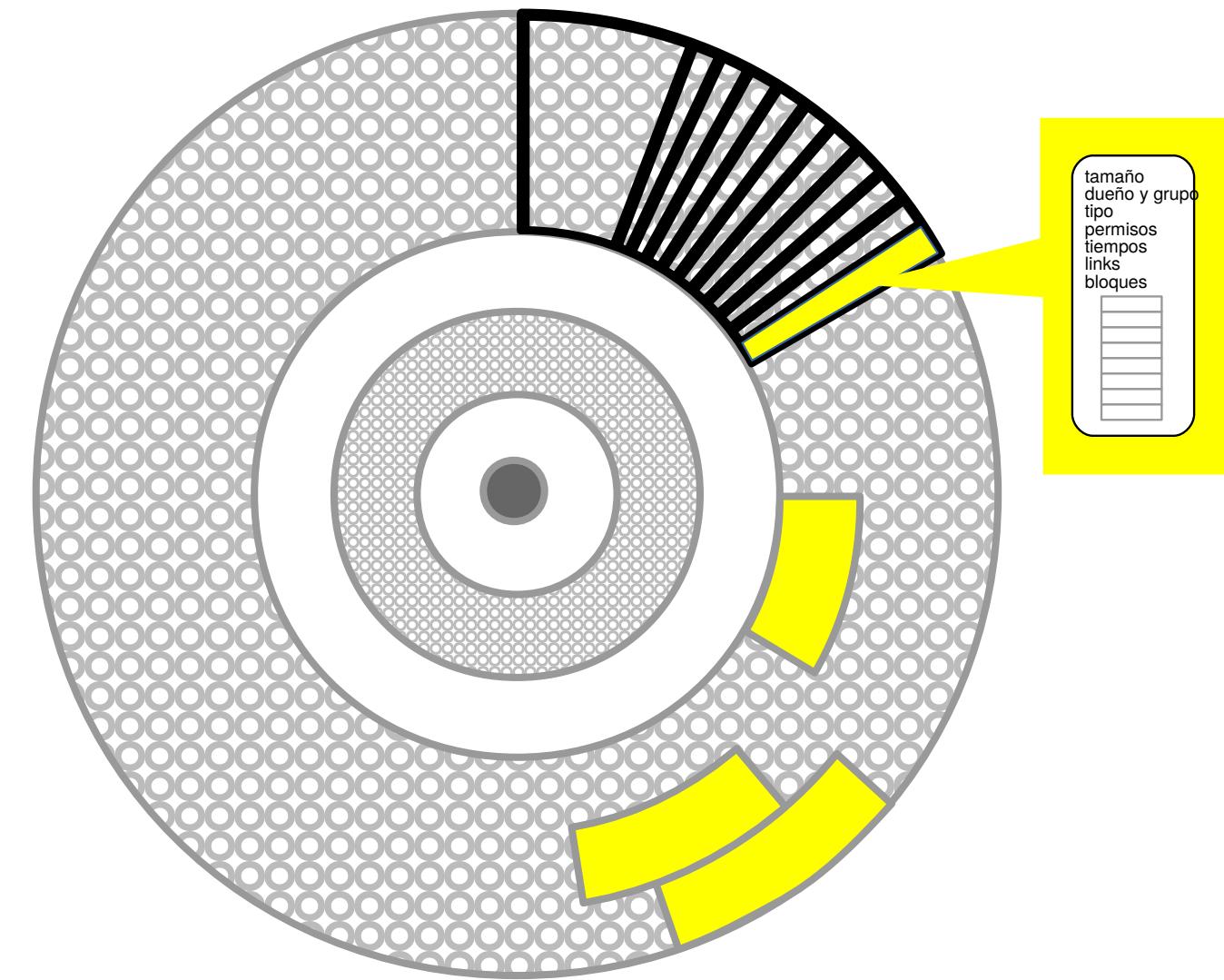
# Sistema de archivos

## Metadatos



# Sistema de archivos

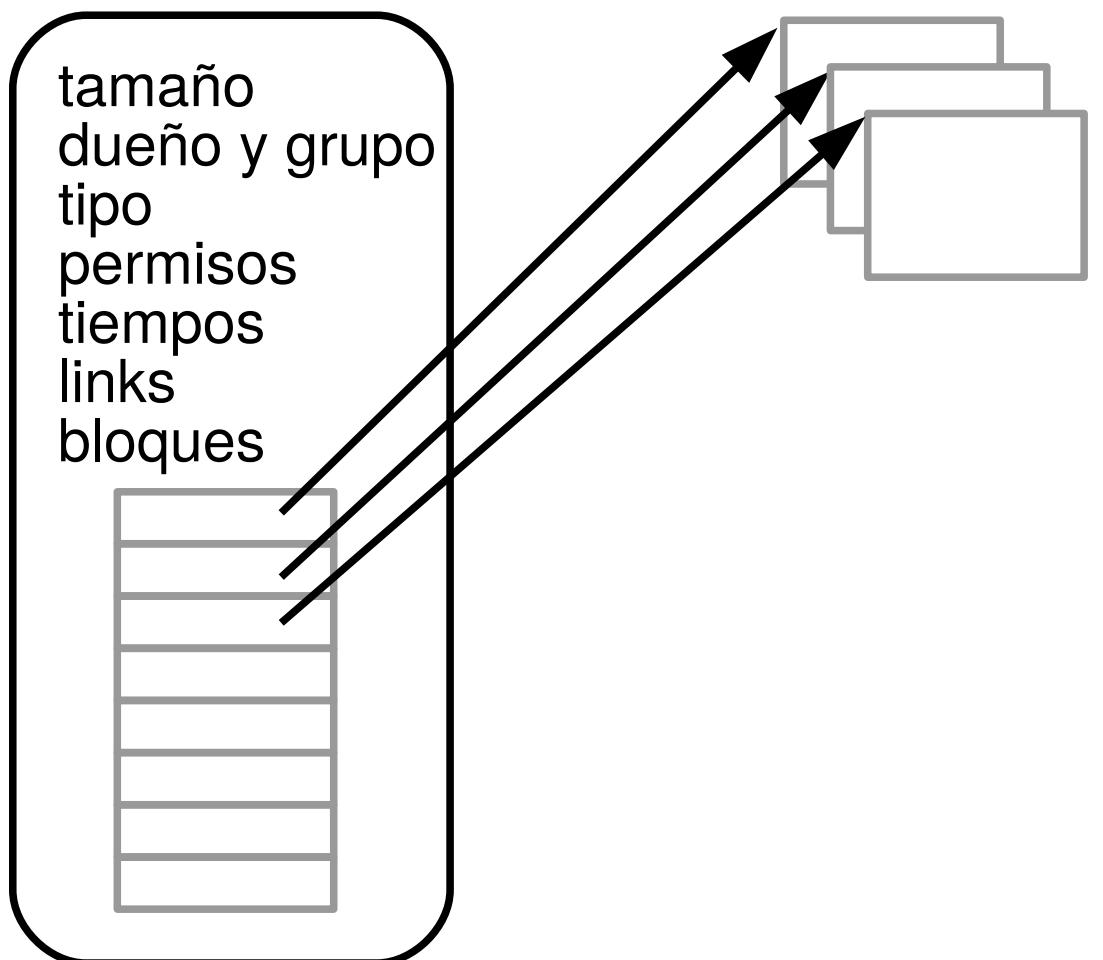
## Bloques de datos



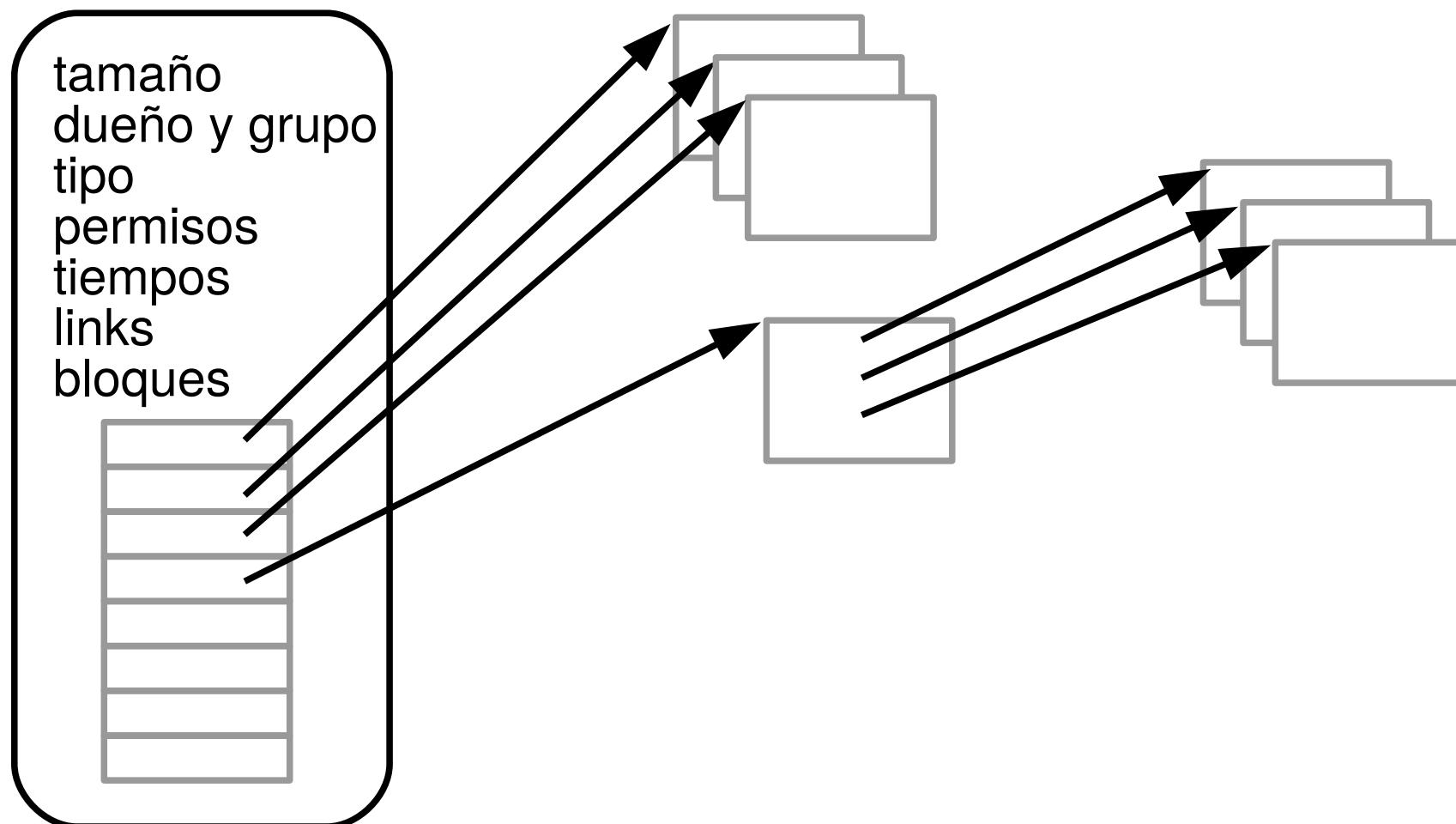
# Inodos

- Tamaño del archivo
- Dueño, grupo
- Tipo de archivo
  - Archivo regular, directorio
  - Dispositivo de caracteres o de bloques
  - Socket, tubería, otros
- Modo o permisos de acceso
  - Lectura, escritura, ejecución
  - Dueño, grupo, resto del mundo
- Tiempos de modificación y de acceso
- Cuenta de *links*
- Punteros a bloques

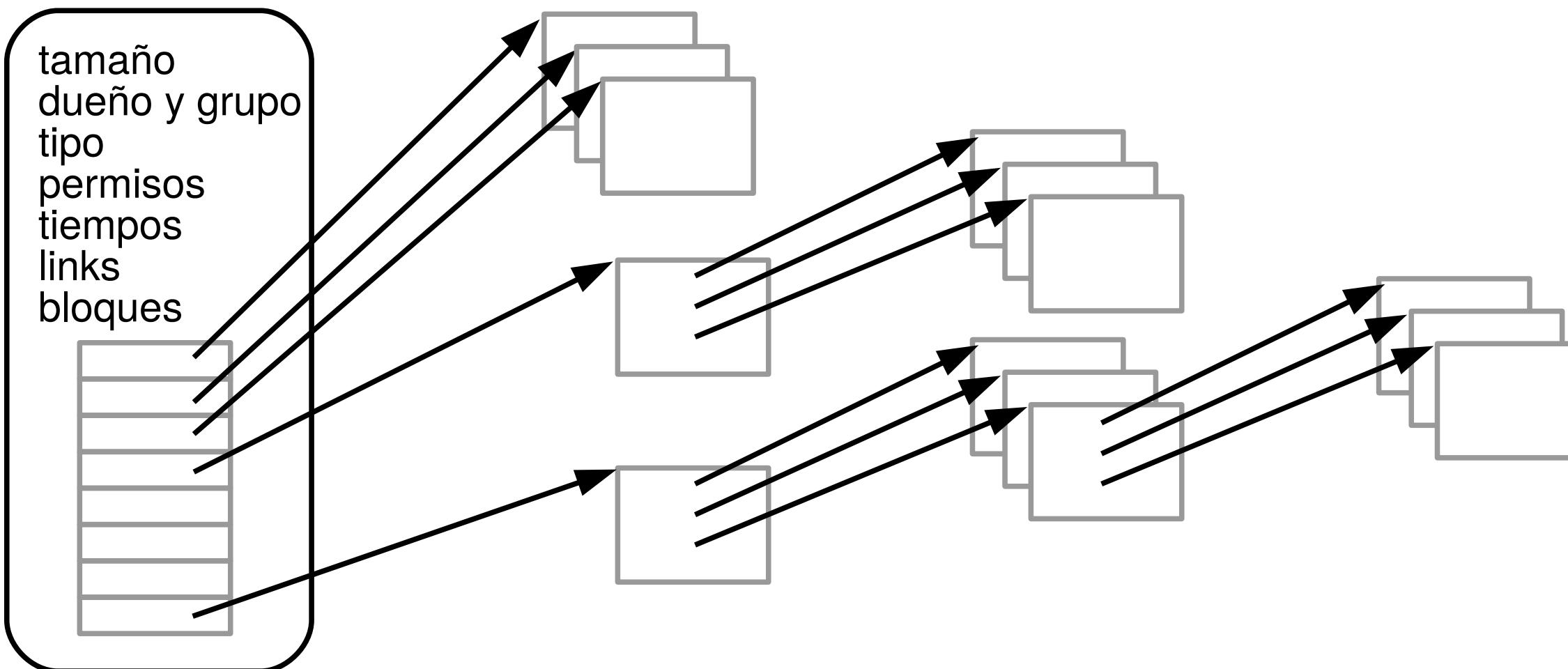
# Punteros directos a bloques



# Punteros indirectos

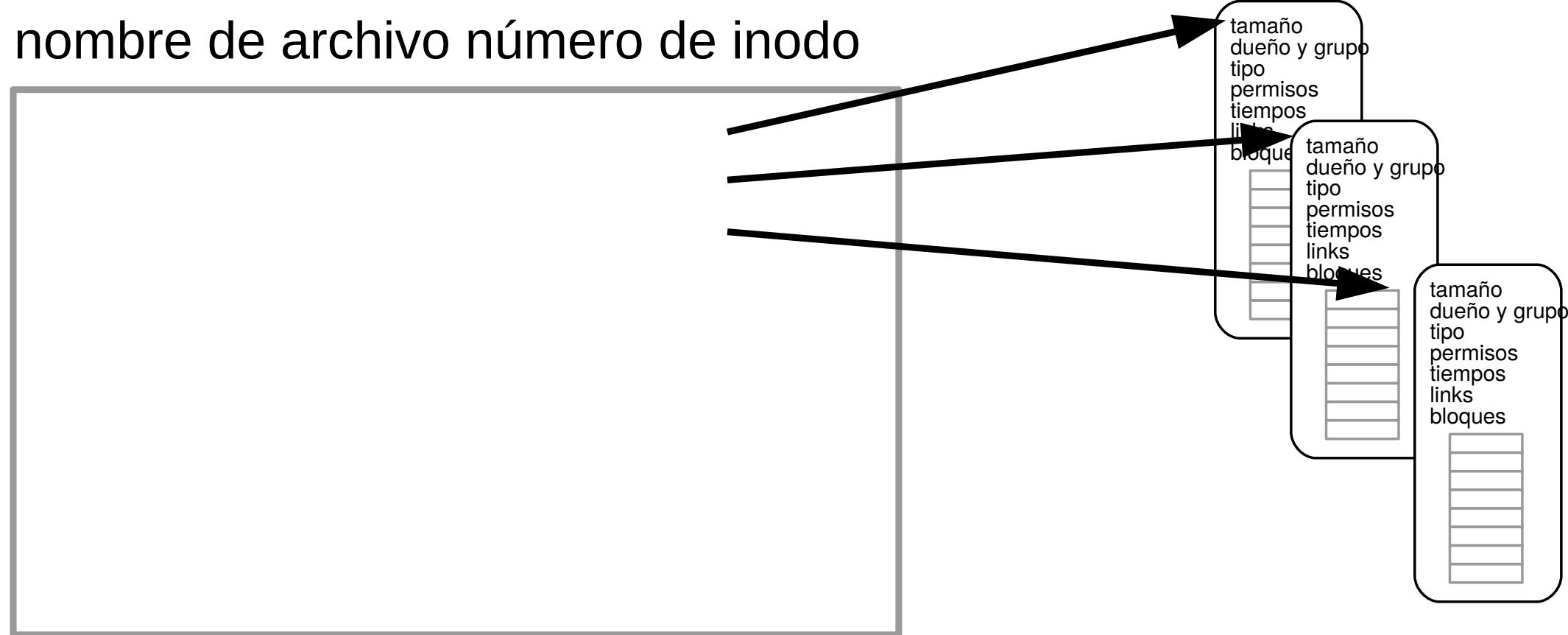


# Punteros doble-indirectos



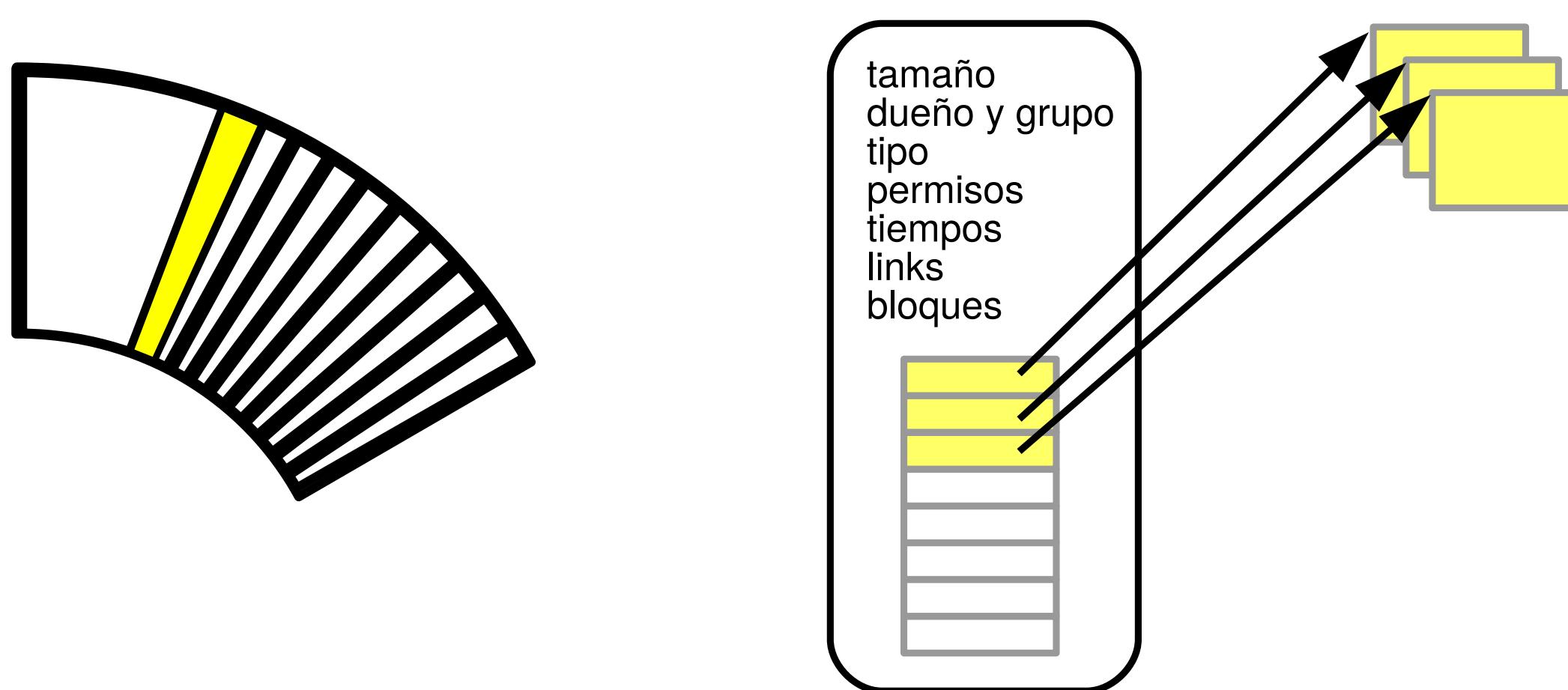
# Directorio

nombre de archivo número de inodo



# Búsqueda de un archivo

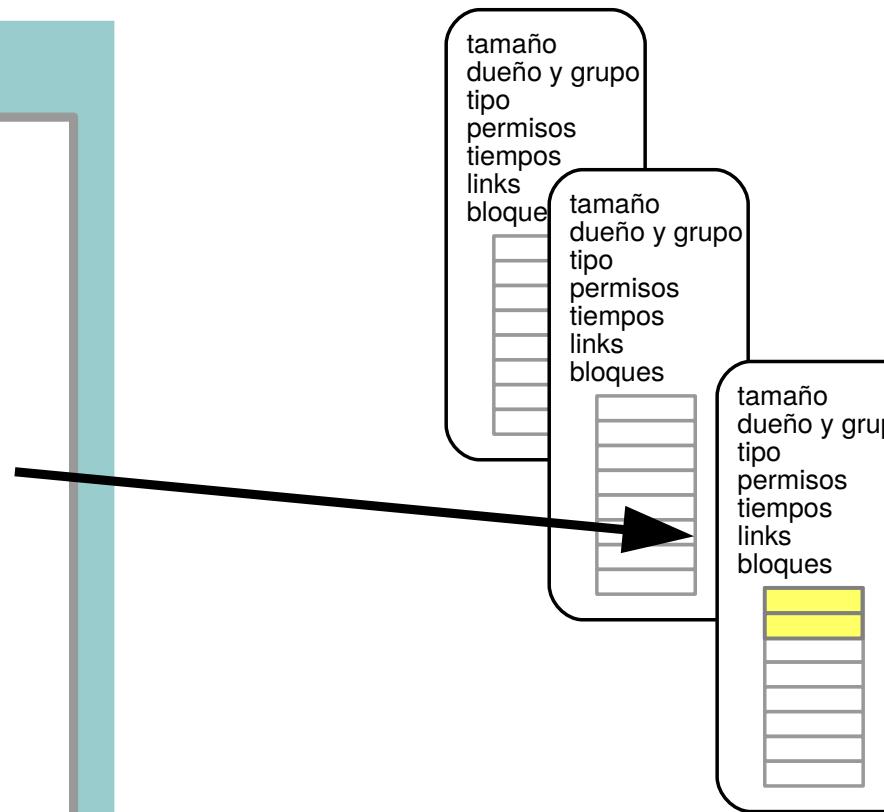
- cat /etc/group



# Búsqueda de un archivo

- cat /etc/group

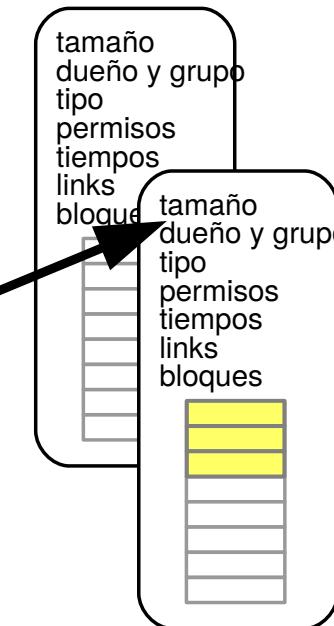
/	nombre de archivo	número de inodo
	bin	4194305
	boot	524289
	dev	1025
	etc	262145
	home	4718593
	...	



# Búsqueda de un archivo

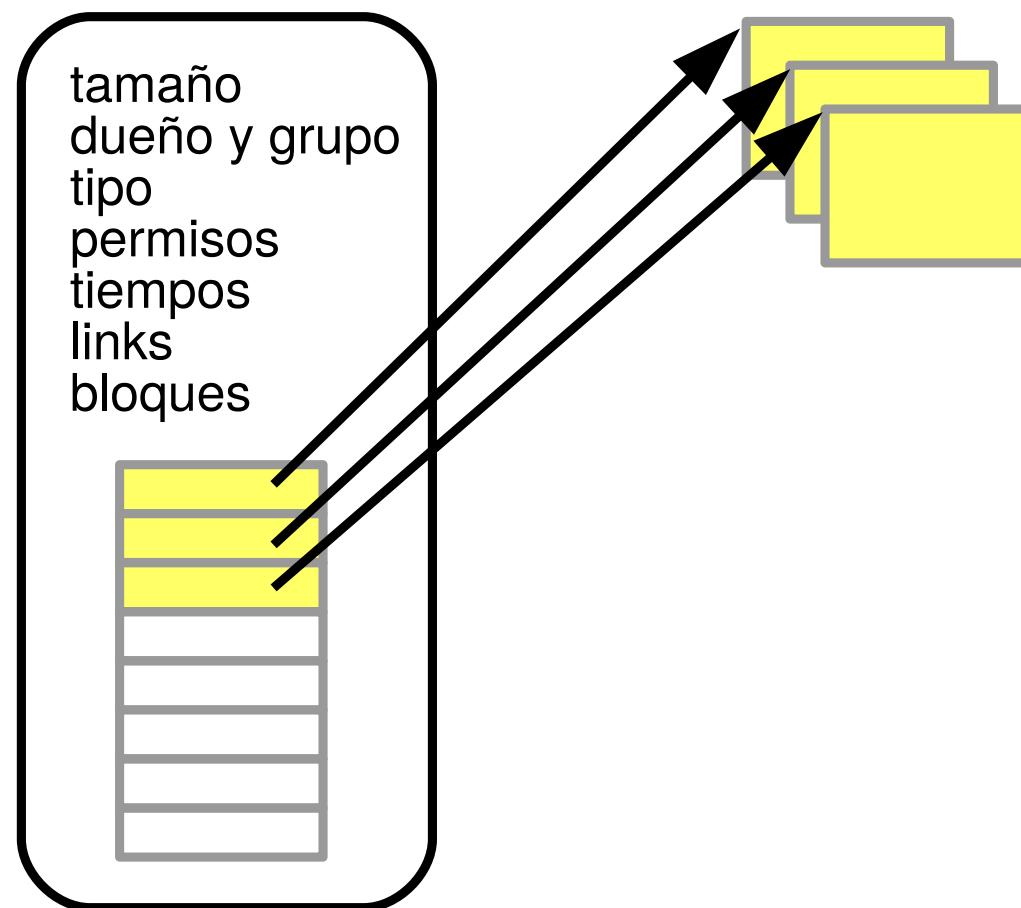
- cat /etc/group

etc	nombre de archivo	número de inodo
	printcap	266977
	resolv.conf	266107
	fstab	265670
	group	265654
	gshadow	265648
	hosts	265641
	sysctl.conf	265633



# Búsqueda de un archivo

- cat /etc/group



# Comandos de archivos

ls -a, -l, -R, -t Lista archivos

---

cat Muestra contenido

---

cp Copia

---

mv Renombra o mueve

---

rm Borra

# Comandos de directorios

ls -a, -l, -R, -t Lista archivos

---

mkdir Crea

---

rmdir Borra

---

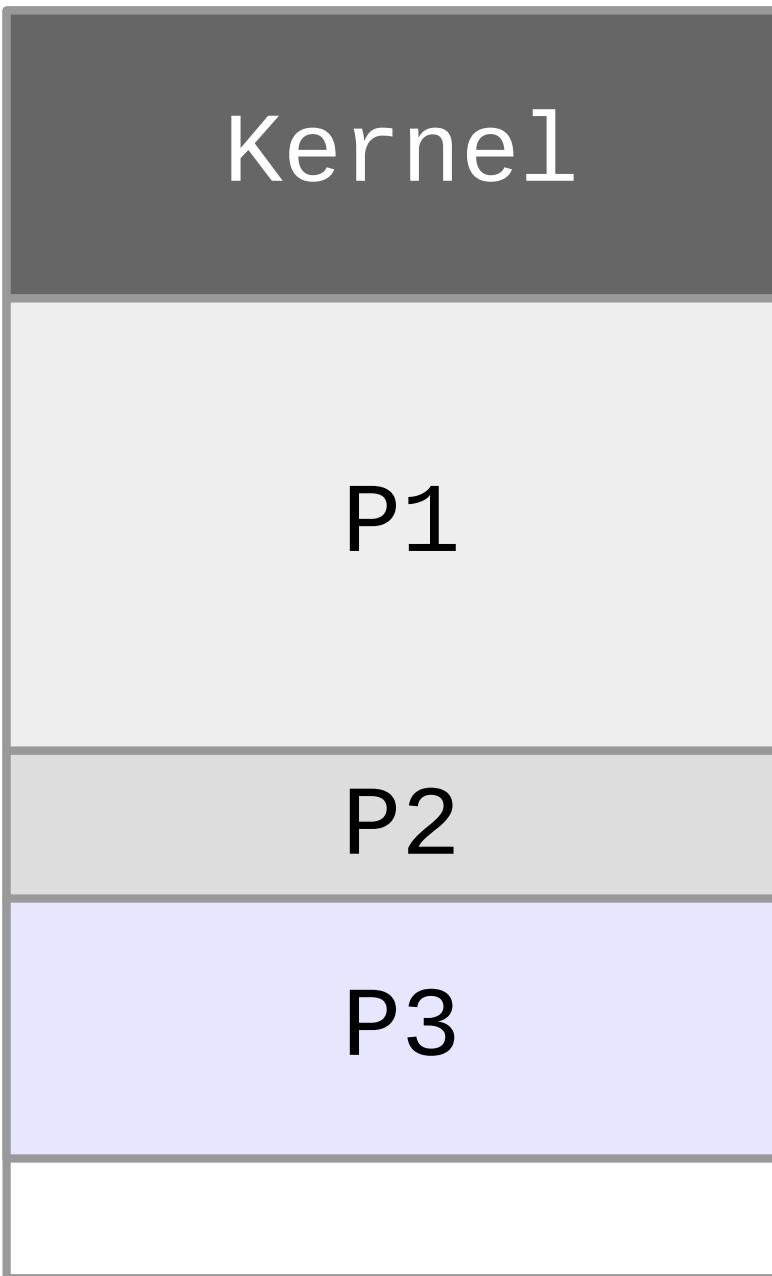
mv Renombra o mueve

---

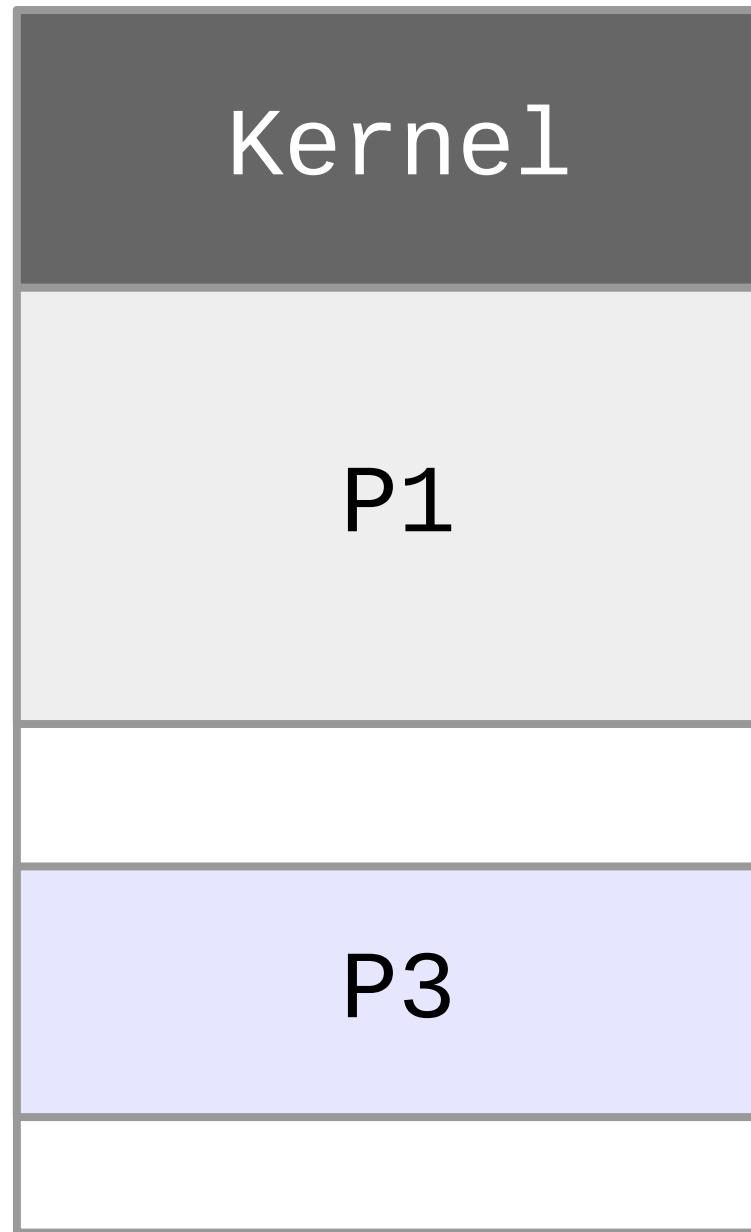
cd Cambia al directorio

# Gestión de memoria

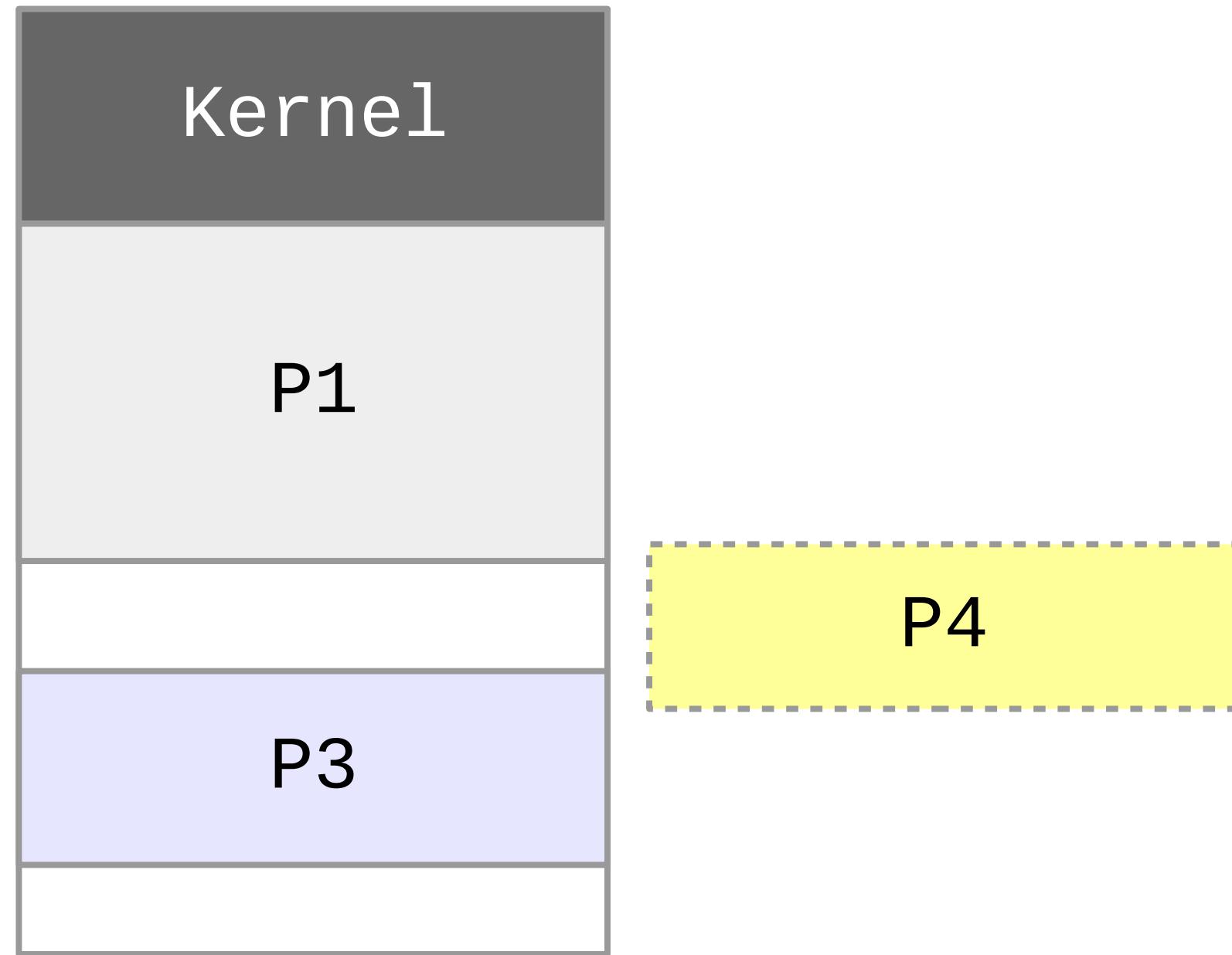
# Memoria contigua



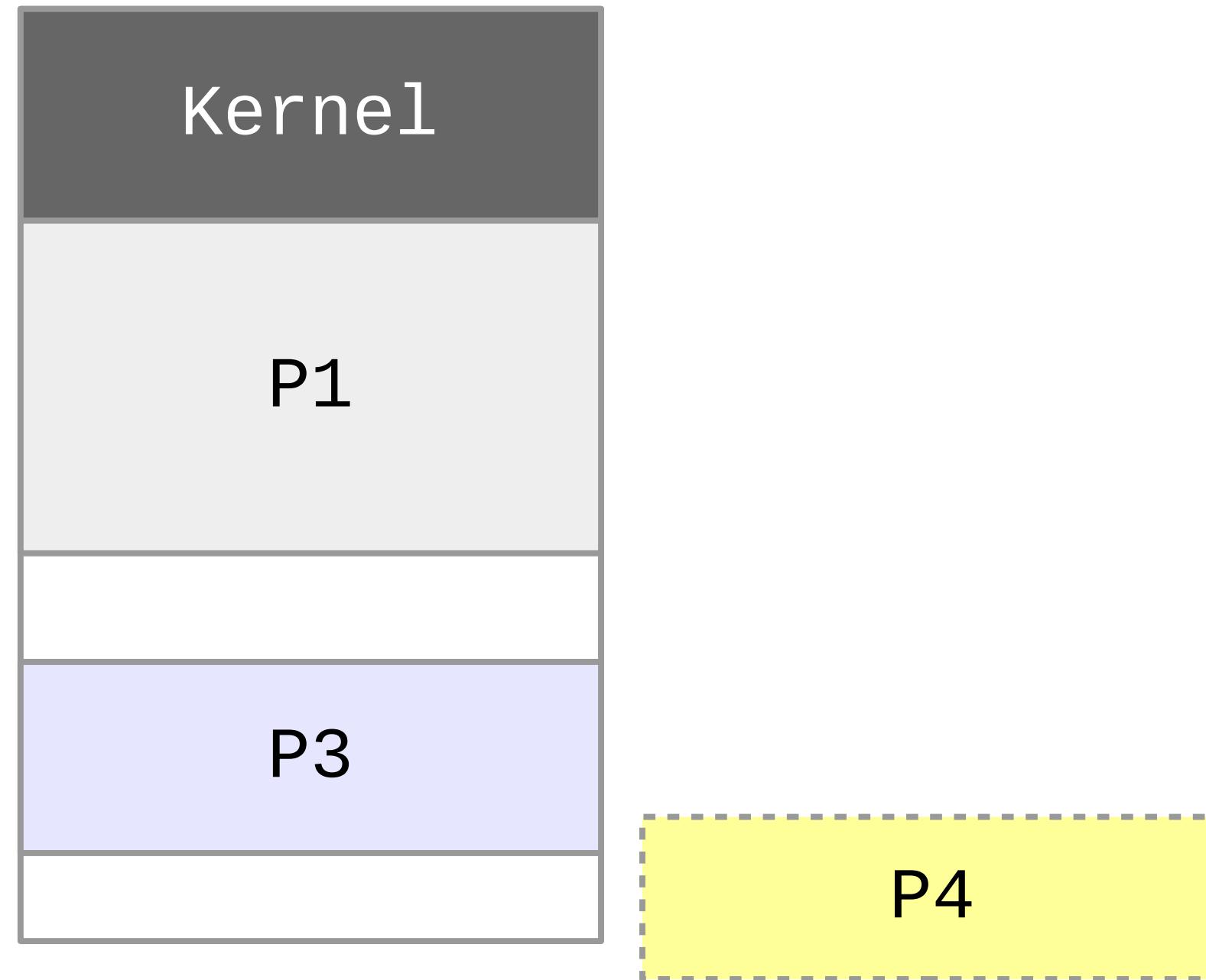
# Fragmentación externa



# Fragmentación externa



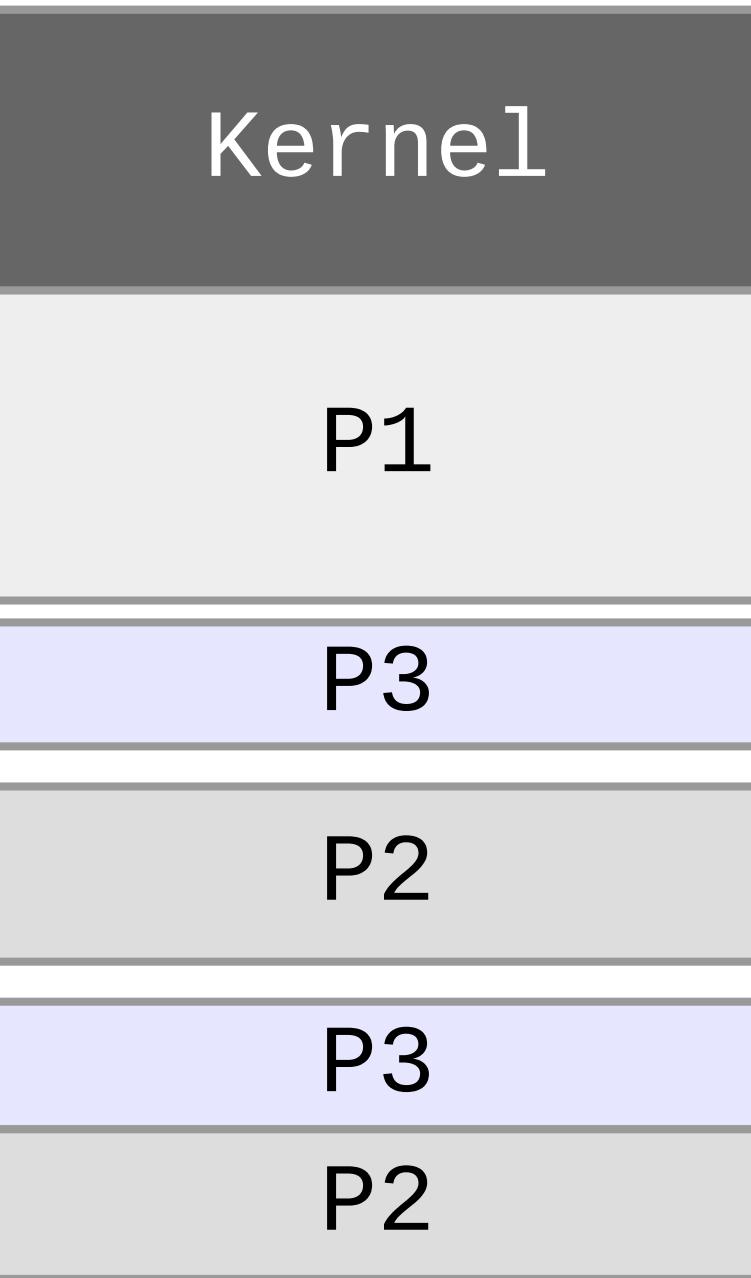
# Fragmentación externa



# Asignación de memoria contigua

- Un proceso → una región de memoria
- Particiones de tamaño variable
  - Fragmentación externa
  - Compactación → Sobrecarga

# Segmentación



# Asignación de segmentos

- Un proceso → un conjunto de segmentos
  - Arquitectura de CPU segmentada
  - Modelo de programación segmentado
  - Segmentos de código, de datos, de pila

# Asignación de segmentos

- Un proceso → un conjunto de segmentos
  - Arquitectura de CPU segmentada
  - Modelo de programación segmentado
  - Segmentos de código, de datos, de pila
  - Apoyo del hardware → **MMU**

# Asignación de segmentos

- Un proceso → un conjunto de segmentos
  - Arquitectura de CPU segmentada
  - Modelo de programación segmentado
  - Segmentos de código, de datos, de pila
  - Apoyo del hardware → **MMU**
  - Se reduce la fragmentación externa
  - Protección

# MMU, Memory Management Unit

- Tabla de segmentos por cada proceso

Nº segmento	Límite	Base
0000	0100	000011000
0001	1010	000000000
0010	0111	000010000

# MMU, Memory Management Unit

- Tabla de segmentos por cada proceso
- Traduce direcciones lógicas a físicas
  - Direcciones lógicas **segmento:desplazamiento**
  - 0010:0100 → 000010100

Nº segmento	Límite	Base
0000	0100	000011000
0001	1010	000000000
0010	0111	000010000

# Traducción de direcciones

# Traducción de direcciones

- Una instrucción de CPU hace una referencia a la dirección lógica **S:D** (segmento:desplazamiento)

# Traducción de direcciones

- Una instrucción de CPU hace una referencia a la dirección lógica **S:D** (segmento:desplazamiento)
- Usando S, la MMU consulta la tabla de segmentos del proceso

# Traducción de direcciones

- Una instrucción de CPU hace una referencia a la dirección lógica **S:D** (segmento:desplazamiento)
- Usando S, la MMU consulta la tabla de segmentos del proceso
- Si D es mayor que el límite de ese segmento, provoca una condición que interrumpe el proceso

# Traducción de direcciones

- Una instrucción de CPU hace una referencia a la dirección lógica **S:D** (segmento:desplazamiento)
- Usando S, la MMU consulta la tabla de segmentos del proceso
- Si D es mayor que el límite de ese segmento, provoca una condición que interrumpe el proceso
- Lo mismo si la forma del acceso no corresponde a los permisos del proceso para ese segmento

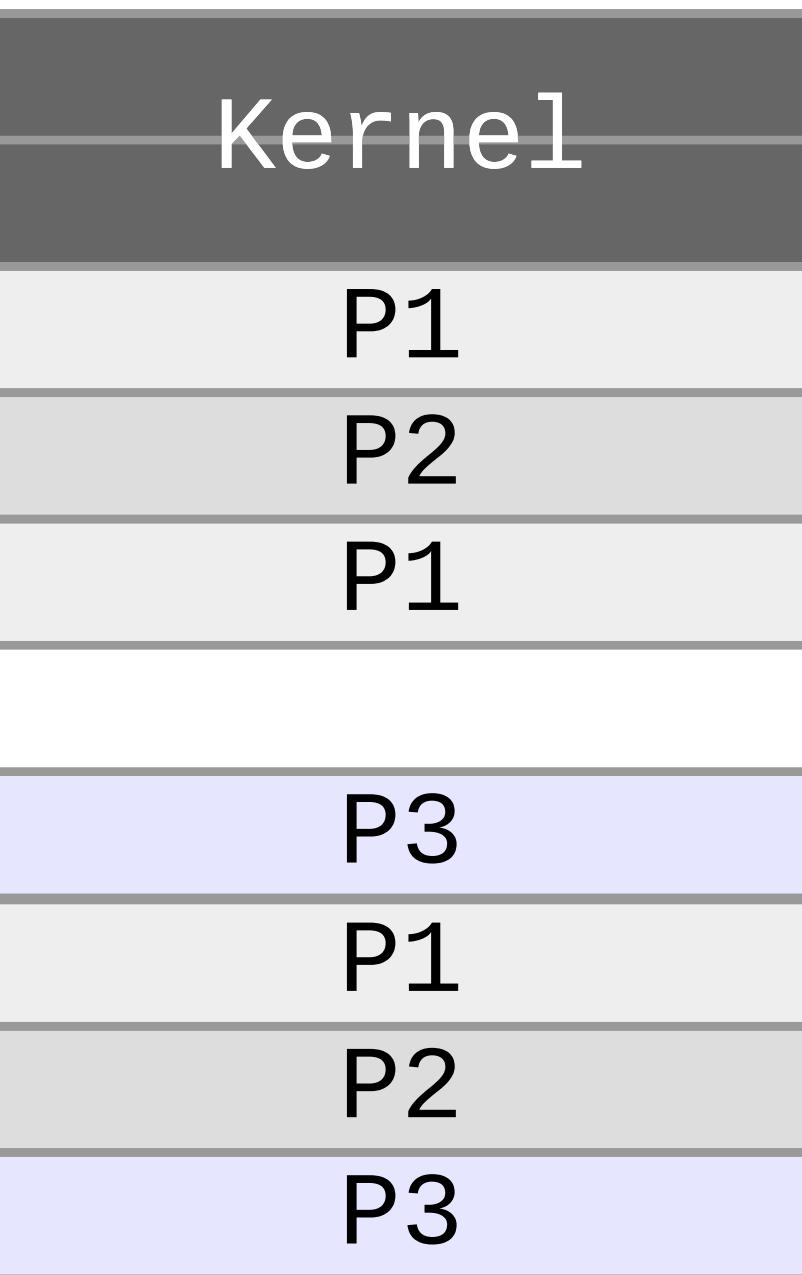
# Traducción de direcciones

- Una instrucción de CPU hace una referencia a la dirección lógica **S:D** (segmento:desplazamiento)
- Usando S, la MMU consulta la tabla de segmentos del proceso
- Si D es mayor que el límite de ese segmento, provoca una condición que interrumpe el proceso
- Lo mismo si la forma del acceso no corresponde a los permisos del proceso para ese segmento
- En otro caso, traduce **S:D** a **Base(S)+D**

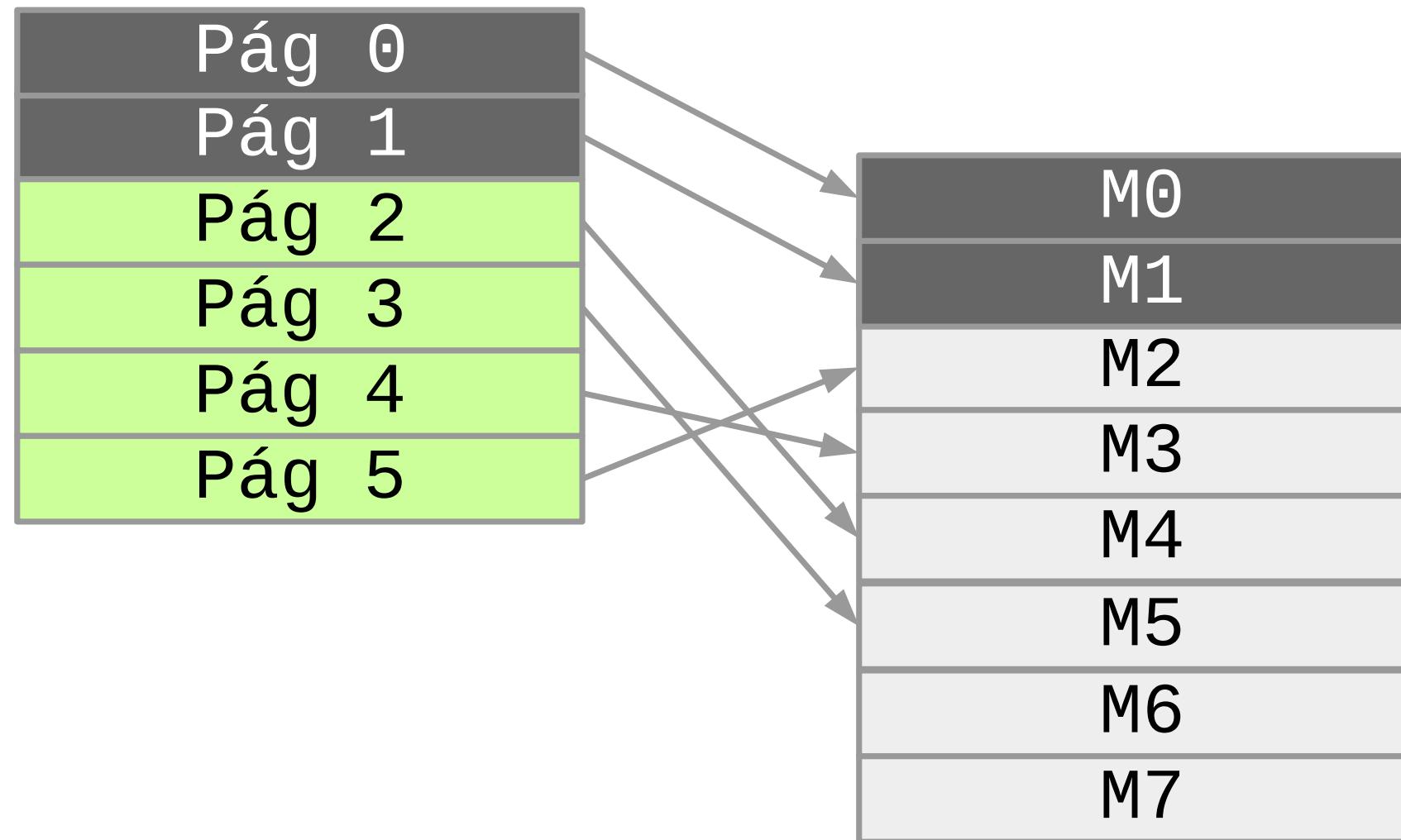
# Paginación

- División en trozos de igual tamaño
  - La memoria se divide en **marcos**
  - Cada proceso se divide en **páginas**
  - A cada página del proceso se le asigna un marco de memoria
  - No existe fragmentación externa
  - Existe poca **fragmentación interna**

# Paginación



# Tabla de páginas de un proceso



# Tabla de páginas de un proceso

Nº página	Presente	Modificada	Marco
000	1	0	000
001	1	0	001
010	1	1	100
011	0	0	101
100	0	0	011
101	1	1	010

# Tabla de páginas de un proceso

Nº página	Presente	Modificada	Marcado
0	1	0	0
1	1	0	1
2	1	1	4
3	0	0	5
4	0	0	3
5	1	1	2

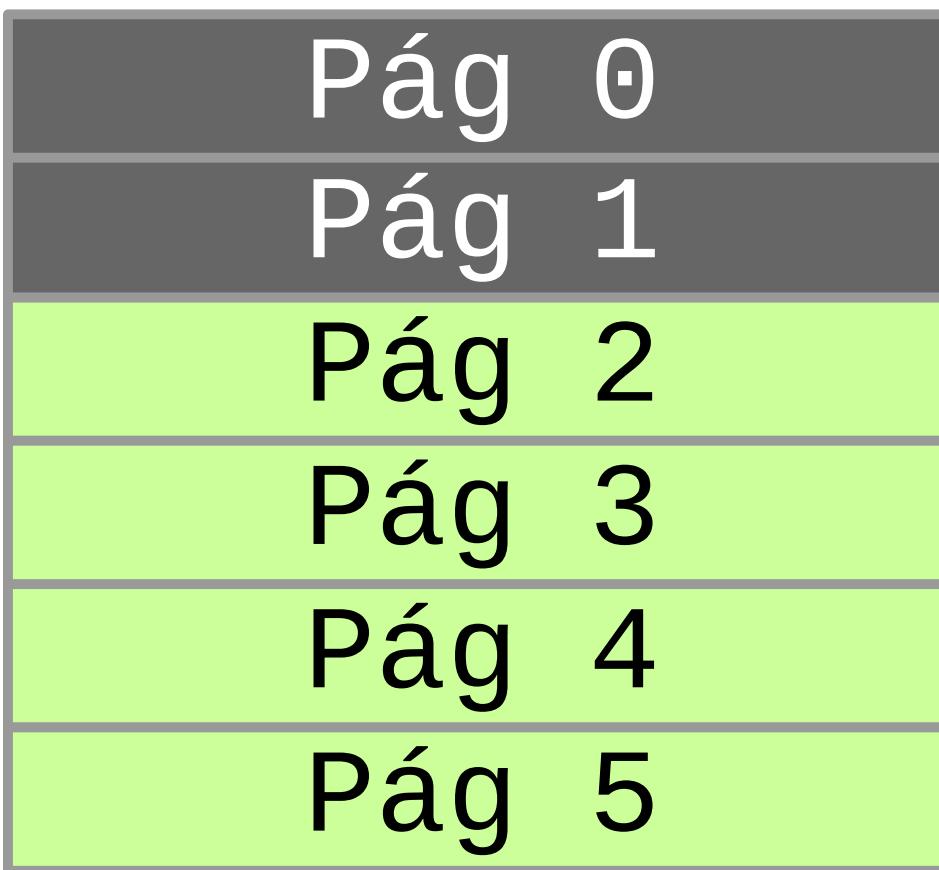
# Traducción de direcciones

- La MMU traduce la dirección lógica P,D (página, desplazamiento) a **marco(P)+D**
- **0100101 → 1000101**

Nº página	Presente	Modificada	Marco
000	1	0	000
001	1	0	001
010	1	1	100
...			

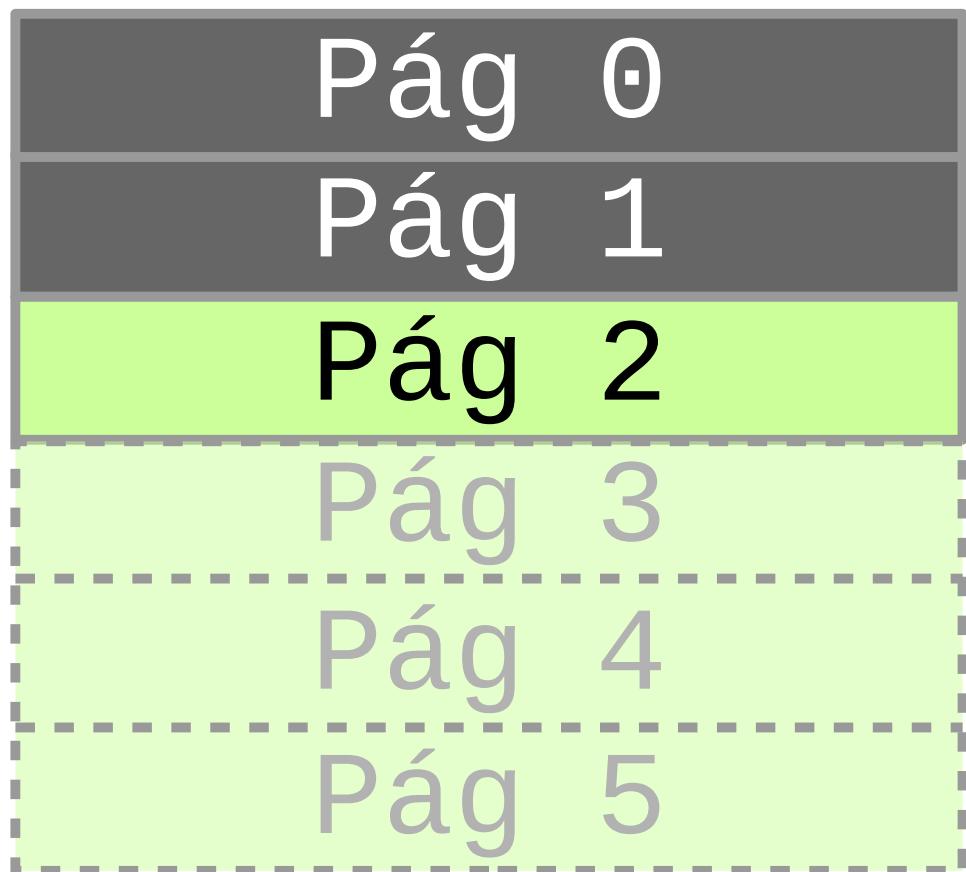
# Espacio virtual de un proceso

- El proceso solicita una cierta porción de su espacio virtual...



# Espacio virtual de un proceso

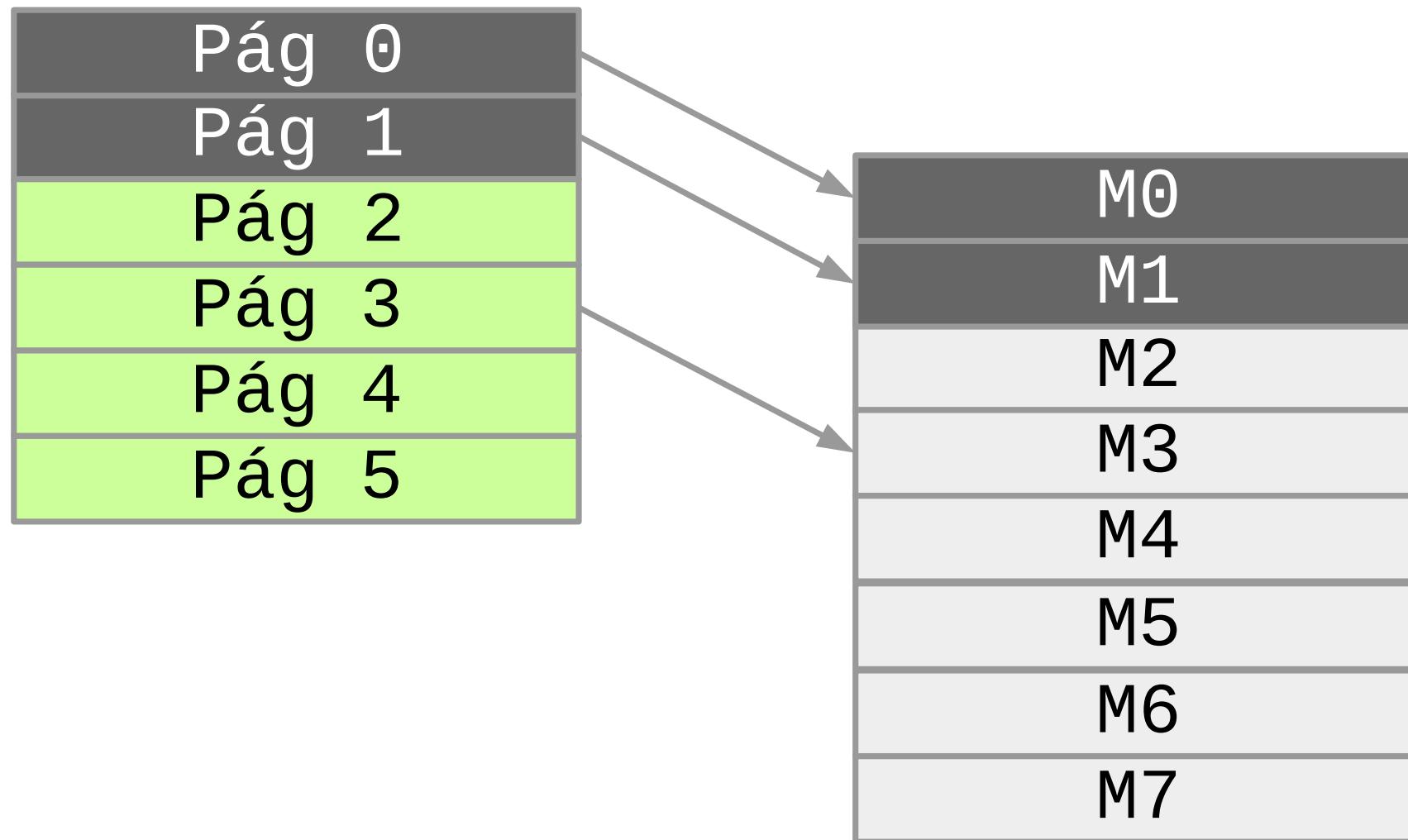
- ... que, aunque esté asignada, no necesita estar completa en memoria



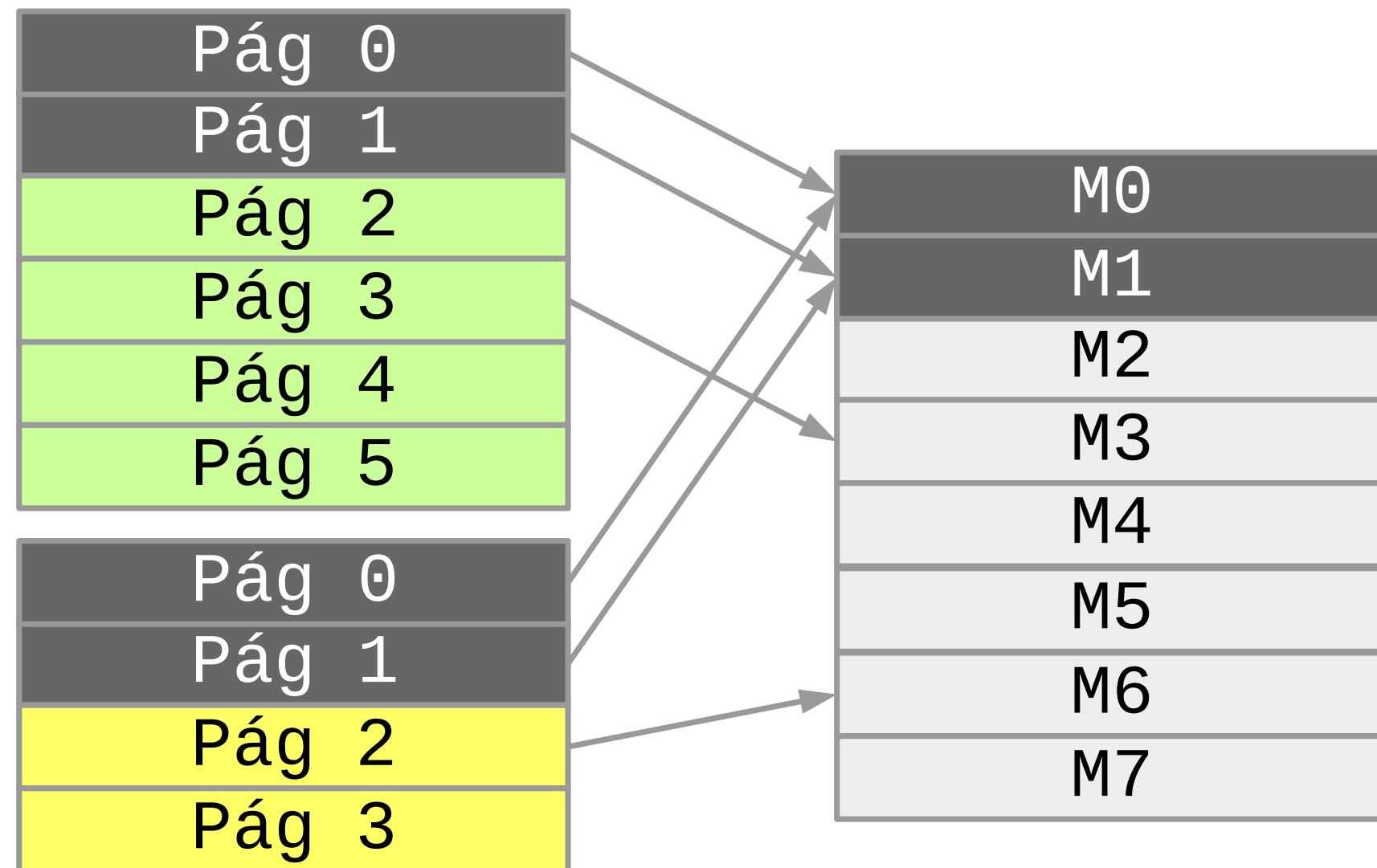
# Memoria virtual

- Si la página no está asignada al proceso, o si la forma del acceso no corresponde a los permisos del proceso para esa página
  - Se provoca una condición que interrumpe el proceso
- Si la página está asignada pero no está en memoria
  - Se produce un **fallo de página** y se trae esa página desde el almacenamiento secundario a un marco libre
  - Si no hay marcos libres → se elige una **página víctima** de algún proceso
  - Si la página víctima está modificada → se la guarda en el área de intercambio, liberando el marco

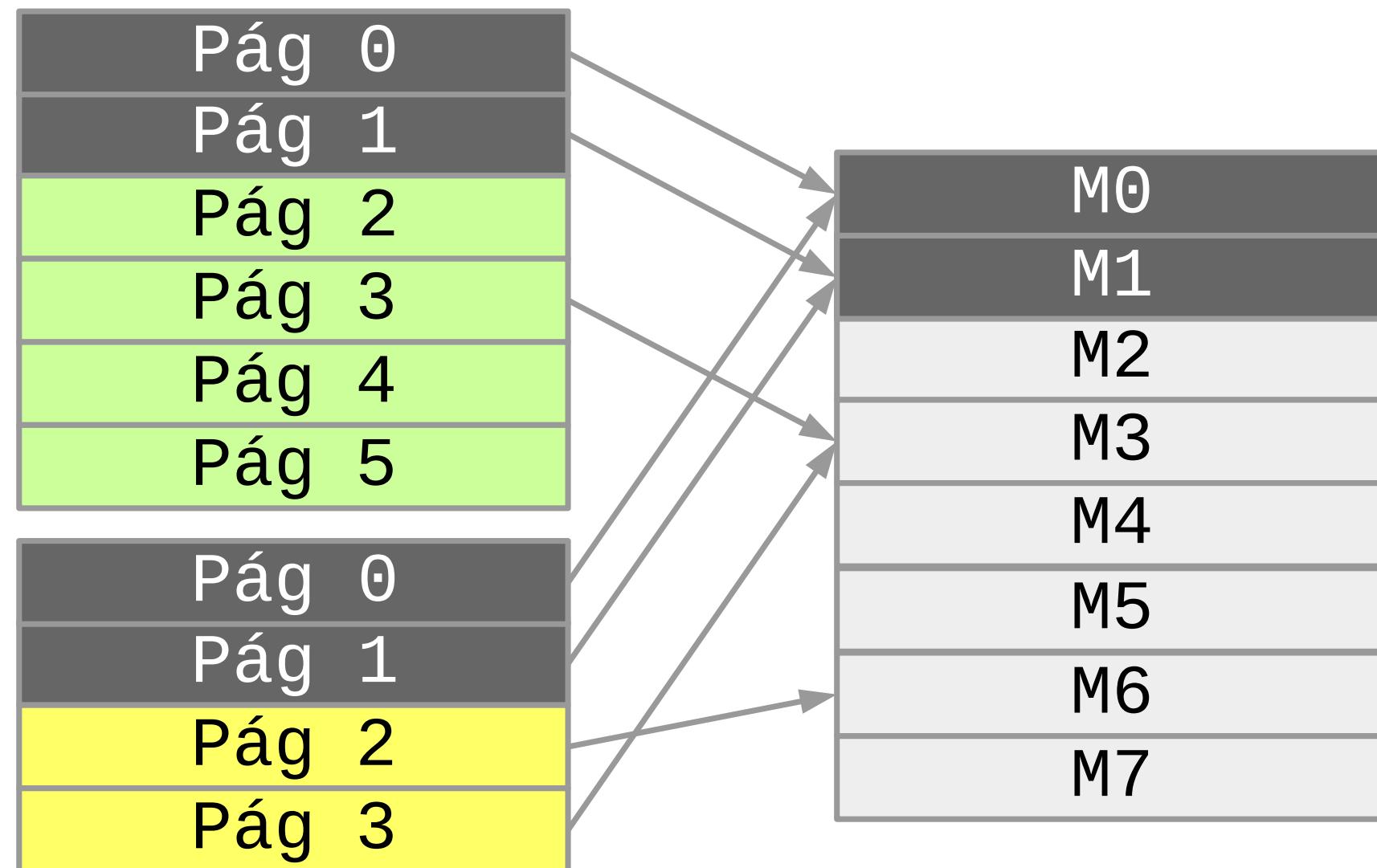
# Memoria virtual



# Memoria virtual



# Memoria virtual



# Swapping o intercambio

Pág 0
Pág 1
Pág 2 
Pág 3
Pág 4
Pág 5

Pág 0
Pág 1
Pág 2 
Pág 3 

M0
M1
Pág 2
Pág 2
M4
Pág 3
M6
M7

Intercambio

# Swapping o intercambio

Pág 0
Pág 1
Pág 2
Pág 3
Pág 4
Pág 5

Pág 0
Pág 1
Pág 2
Pág 3

M0
M1
Pág 2
Pág 2
M4
Pág 3
M6
M7

Intercambio

# Swapping o intercambio

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3 ✓
Pág 4
Pág 5

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3 ✓

M0
M1
Pág 2
Pág 2
M4
Pág 3
Pág 3
M7

Intercambio

# Swapping o intercambio

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3 ✓
Pág 4
Pág 5

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3 ✓

M0
M1
Pág 2
Pág 2
M4
Pág 3
Pág 3
M7

Pág 0
Pág 1
Pág 2
Pág 3
Pág 4

Intercambio

# Swapping o intercambio

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3 ✓
Pág 4
Pág 5

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3 ✓

M0
M1
Pág 2
Pág 2
Pág 2
Pág 3
Pág 3
M7

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3
Pág 4

Intercambio

# Swapping o intercambio

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3 ✓
Pág 4
Pág 5

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3 ✓

M0
M1
Pág 2
Pág 2
Pág 2
Pág 3
Pág 3
Pág 3

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3 ✓
Pág 4

Intercambio

# Swapping o intercambio

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3 ✓
Pág 4
Pág 5

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3 ✓

M0
M1
M2
Pág 2
Pág 2
Pág 3
Pág 3
Pág 3

Pág 0
Pág 1
Pág 2 ✓
Pág 3 ✓
Pág 4

Intercambio
Pág 2

# Swapping o intercambio

Pág 0
Pág 1
Pág 2 <span style="color:red">X</span>
Pág 3 <span style="color:green">✓</span>
Pág 4
Pág 5

Pág 0
Pág 1
Pág 2 <span style="color:green">✓</span>
Pág 3 <span style="color:green">✓</span>

M0
M1
M2
Pág 2
Pág 2
Pág 3
Pág 3
Pág 3

Pág 0
Pág 1
Pág 2 <span style="color:green">✓</span>
Pág 3 <span style="color:green">✓</span>
Pág 4

Intercambio
Pág 2

# Swapping o intercambio

Pág 0
Pág 1
Pág 2 <span style="color:red">X</span>
Pág 3 <span style="color:green">✓</span>
Pág 4
Pág 5

Pág 0
Pág 1
Pág 2 <span style="color:green">✓</span>
Pág 3 <span style="color:green">✓</span>

M0
M1
Pág 4
Pág 2
Pág 2
Pág 3
Pág 3
Pág 3

Pág 0
Pág 1
Pág 2 <span style="color:green">✓</span>
Pág 3 <span style="color:green">✓</span>
Pág 4 <span style="color:green">✓</span>

Intercambio
Pág 2

# Memoria y protección

```
#include <stdio.h>
main()
{
    int *p;                                // puntero a entero
    int a = 2;

    p = &a;                                // p apunta a la variable a
    printf("%p\n",&a);                    // la dirección de a
    printf("%p\n",p);                      // el contenido de p

    *p = 3;                                // un 3 en la dirección apuntada por p
    printf("%d\n",a);                      // imprimir el valor de a

}
```

# Memoria y protección

```
#include <stdio.h>
main()
{
    int *p;
    int a = 2;

    p = 0;                                // ahora p apunta al byte 0 de la memoria
    printf("%p\n",&a);
    printf("%p\n",p);

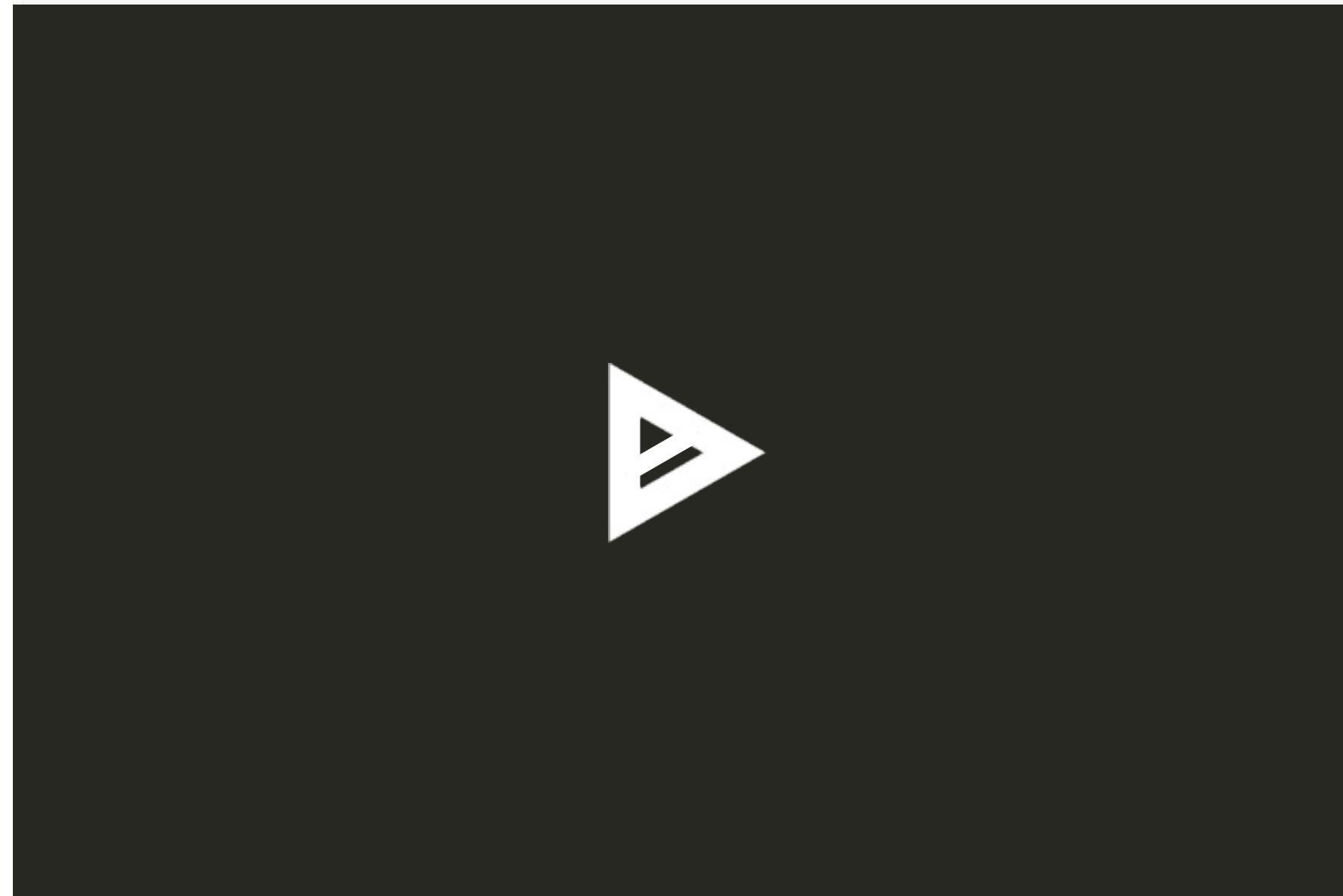
    *p = 3;
    printf("%d\n",a);

}
```

# Memoria y protección

```
#include <stdio.h>
main()
{
    char *m = "Hola mundo!";
    puts(m);           // imprime el mensaje
    *m = 'B';          // primer caracter del mensaje
    puts(m);
}
```

# Memoria y protección



# Usando Linux

Un emulador de PC en Javascript, corriendo Linux

# Referencias

- Unix
- Procesos
- Jerarquía del sistema de archivos en Linux
- Unidad de Gestión de Memoria (MMU)
- Paginación de memoria