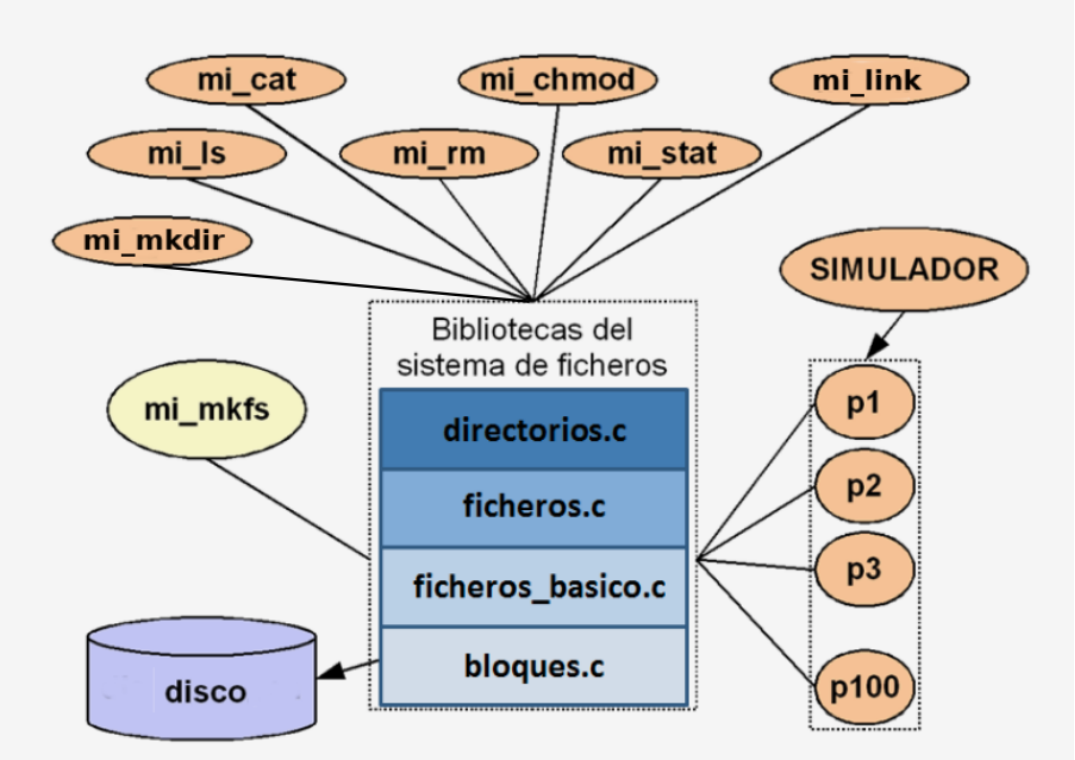
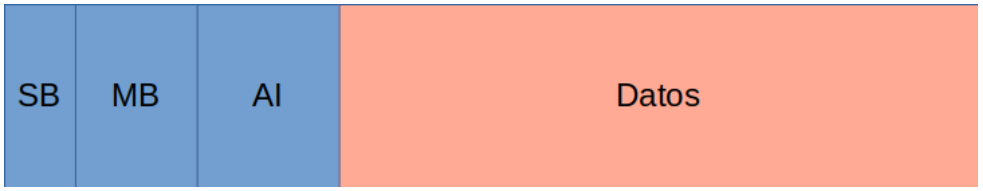
Nivel 11: **semáforos y exclusión mutua**



Para que el sistema de ficheros pueda ser utilizado concurrentemente por más de un proceso, hay que controlar, mediante un **semáforo** (exclusión mutua es suficiente), el **acceso concurrente a los metadatos**, es decir al **superbloque**, al **mapa de bits** y al **array de inodos**.
Esta responsabilidad es del sistema de ficheros, nunca de los programas cliente.
En cambio **no es responsabilidad del sistema de ficheros controlar el acceso concurrente a los bloques de datos**, sino de aquellos programas cliente que así lo deseen.



Las **secciones críticas** que tendremos que controlar serán las porciones de código donde:

- **se reserven o liberen bloques** (afecta a los campos SB.cantBloquesLibres y al mapa de bits),
- **se reserven o liberen inodos** (afecta a los campos SB.posprimerInodoLibre, SB.cantInodosLibres)

- **y cuando se modifiquen campos de los inodos** (tipo, permisos, sellos de tiempo, nlinks, tamEnBytesLog, numBloquesOcupados, punteros)

Lo más simple es realizar un ***big lock***, es decir poner **un wait al inicio de cada función implicada y un signal antes de cualquier salida de las mismas**, pero hay que llevar especial cuidado con las funciones más frecuentes que son, en primer lugar el mi_read() y en segundo el mi_write() para **no serializarlas**.

En **directorios.c**:

- **mi_creat()**: implica **reservar un inodo** para el fichero/directorio que queremos crear al llamar a buscar_entrada() y también puede implicar **reservar un bloque** al llamar a mi_write_f() para escribir la entrada de directorio, quien a su vez llama a traducir_bloque_inodo() con reservar=1.
- **mi_link()**: implica **reservar un inodo** al llamar a buscar_entrada() y **liberarlo** después. También puede implicar **reservar un bloque** al llamar a mi_write_f() para escribir la entrada de directorio del enlace. Y además se modifica la información del inodo (nlinks, ctime)
- **mi_unlink()**: Puede implicar **liberar un bloque** al eliminar una entrada de directorio llamando a mi_truncar_f(). Y también puede implicar **liberar un inodo** y **liberar sus bloques** si no había más enlaces. Además se modifica la información del inodo (tamEnBytesLog, nlinks, ctime)
- **mi_write()**: si no se sobreescribe implica **reservar bloques** al llamar a traducir_bloque_inodo() y por tanto se modifica numBloquesOcupados y el ctime. También se modifica la información del inodo: mtime y, si el fichero crece, también tamEnBytesLog y por tanto ctime.
    - Se puede hacer más granular poniendo la sección crítica en **mi_write_f()** pero que sólo afecte a la porcion de código donde se actualiza la información del inodo (leyendo primero de nuevo el inodo y escribiéndolo justo a continuación):

      wait
      leer_inodo
      actualizar ctime, mtime (y tamEnBytesLog si ha variado el tamaño)
      escribir_inodo
      signal

      Además se ha de poner una sección critica que englobe la llamada a **traducir_bloque_inodo()** con reservar=1 ya que eso implica **reservar bloques**.
- **mi_read()** si no se tiene en cuenta el atime no seria necesario poner seccion crítica. **Si lo tenemos en cuenta hay que evitar serializarla:**
    - Se puede granularizar poniéndola en **mi_read_f()** pero que sólo afecte a la porcion de código donde se actualiza la información del inodo (se puede

incluir la seccion crítica **al principio de la función** de tal manera que sólo se lea el inodo una vez):

wait
leer el inodo
actualizar el atime
escribir el inodo
signal

En **mi_stat()** no hace falta semáforo.
En **mi_dir()** no hace falta semáforo si ya se utiliza en **mi_read_f()** cuando se actualiza atime.
En **mi_chmod()** no es necesario poner semáforo pero sí en **mi_chmod_f()** ya que se actualizan permisos y ctime**.**

Además para garantizar la consistencia del sistema de ficheros habría que llevar cuidado en que el **orden de las acciones** de ciertas funciones (que deberían ser atómicas) sea correcto[1], por ejemplo:

- al borrar un fichero/directorio, eliminar la entrada de directorio antes de liberar el inodo,
- al truncar, marcar los punteros del inodo como "null" antes de liberar los bloques,
- al escribir, grabar 1º los bloques antes de modificar el tamaño del fichero

---

Utilizaremos **semáforos POSIX con nombre** (ver código semaforo_mutex_posix.h y semaforo_mutex_posix.c).

Para linkar el semáforo al programa que lo va a utilizar hay que utilizar la librería **pthread**.

Ejemplo:

```
$ gcc -pthread programa.c semaforo_mutex_posix.c -o programa
```

En **semaforo_mutex_posix.h** se declaran las siguientes funciones:

```
sem_t *initSem();
void deleteSem();
void signalSem(sem_t *sem);
void waitSem(sem_t *sem);
```

[1] +info: Consistencia y mantenimiento de un sistema de archivos de UNIX (págs 33 a 35)

que a su vez llaman a las funciones de **<semaphore.h>**: sem_open(), sem_unlink(), sem_post(), sem_wait().

El nombre de nuestro semáforo será "/mymutex" y estará inicializado a 1 (en **semaforo_mutex.posix.h**):

```
#define SEM_NAME "/mymutex" /* Usamos este nombre para el semáforo mutex */
#define SEM_INIT_VALUE 1 /* Valor inicial de los mutex */
```

En **bloques.c**:

```
#include "semaforo_mutex_posix.h"
```

- Utilizaremos una variable global para el semáforo:

```
static sem_t *mutex;
```

- Inicializaremos el semáforo desde bmount():

```
if (!mutex) { // el semáforo es único en el sistema y sólo se ha de inicializar 1 vez (padre)
    mutex = initSem();
    if (mutex == SEM_FAILED) {
        return -1;
    }
}
```

- Eliminaremos el semáforo desde bumount():

```
deleteSem();
```

- Definiremos unas **funciones propias** para llamar a waitSem() y signalSem() (de esta manera todas las llamadas a las funciones de **semaforo_mutex_posix.c** estarán concentradas en **bloques.c**, y **si cambiásemos el semáforo** no habría que tocar el código del resto de programas):

```
void mi_waitSem() {
    waitSem(mutex);
}

void mi_signalSem() {
    signalSem(mutex);
}
```

En las funciones donde vayamos a definir las secciones críticas, habrá que realizar un **wait** y luego incorporar un **signal en todas las posibles salidas de la función.**

Ejemplo en mi_creat() de **directorios.c**:

```
int mi_creat(const char *camino, unsigned char permisos) {
  mi_waitSem();
...
  if ((error = buscar_entrada(camino, &p_inodo_dir, &p_inodo, &p_entrada, 1, permisos)) < 0) {
     mostrar_error_buscar_entrada(error);
     mi_signalSem();
     return -1;
  } else {
     mi_signalSem();
     return 0;
  }
}
```

Esquema de las llamadas a funciones de semáforos:

<semaphore.h>	semaforo_mutex_posix.c	bloques.c	directorios.c ficheros.c	comandos
sem_open()	← initSem()	← bmount()		⇇
sem_unlink()	← deleteSem()	← bumount()		⇇
sem_wait()	← waitSem()	← mi_waitSem()	⇇	
sem_post()	← signalSem()	← mi_signalSem()	⇇	

Cómo evitar que se haga el wait dos o más veces (código reentrante), por ejemplo para el mi_creat() que a su vez llama a mi_read_f():

En bloques.c:

```
static unsigned int inside_sc = 0;
...
void mi_waitSem() {
  if (!inside_sc) { // inside_sc==0
     waitSem(mutex);
  }
```

```
  inside_sc++;
}

void mi_signalSem() {
  inside_sc--;
  if (!inside_sc) {
     signalSem(mutex);
  }
}
```

Makefile para compilar con la librería pthread:

```
CC=gcc
CFLAGS=-c -g -Wall -std=gnu99
LDFLAGS=-pthread

SOURCES=mi_mkfs.c bloques.c ficheros_basico.c leer_sf.c ficheros.c  directorios.c
mi_mkdir.c mi_touch.c mi_ls.c mi_chmod.c mi_stat.c mi_escribir.c mi_cat.c  mi_link.c
mi_rm.c semaforo_mutex_posix.c simulacion.c verificacion.c
LIBRARIES=bloques.o ficheros_basico.o ficheros.o directorios.o semaforo_mutex_posix.o
INCLUDES=bloques.h ficheros_basico.h ficheros.h directorios.h semaforo_mutex_posix.h
simulacion.h verificacion.h
PROGRAMS=mi_mkfs leer_sf  mi_mkdir mi_touch mi_ls mi_chmod mi_stat mi_escribir
 mi_cat mi_link mi_rm simulacion verificacion

OBJS=$(SOURCES:.c=.o)

all: $(OBJS) $(PROGRAMS)

$(PROGRAMS): $(LIBRARIES) $(INCLUDES)
  $(CC) $(LDFLAGS) $(LIBRARIES) $@.o -o $@

%.o: %.c $(INCLUDES)
  $(CC) $(CFLAGS) -o $@ -c $<

.PHONY: clean
clean:
 rm -rf *.o *~ $(PROGRAMS) disco* ext*
```