SISTEMAS OPERATIVOS

# TEMA 4. Gestión de Archivos

## Interfaz de los sistemas de archivos

### Concepto de archivo

Un archivo es una **colección de información relacionada** y almacenada en un dispositivo de almacenamiento secundario. Estos tienen un espacio de **direcciones lógicas contigua** y una estructura interna (lógica), que puede estar distribuida como:

- secuencia de bytes: el tipo del archivo determina su estructura (texto, caracteres, líneas y páginas, código fuente  secuencia de subrutinas y funciones)
- secuencia de registros de longitud fija
- secuencia de registros de longitud variable

Existen diferentes **tipos** de archivos: regulares, directorios, de dispositivo

Y diferentes **formas de acceso**: secuencial, aleatorio, otros…

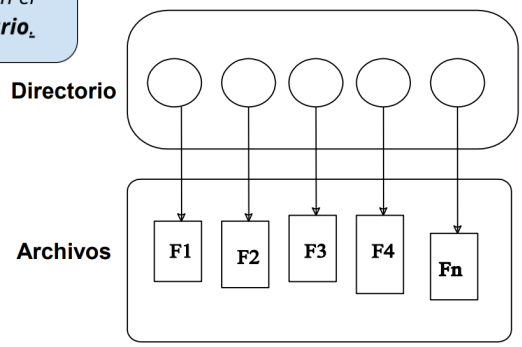
Cada archivo tiene sus atributos (**metadatos**), que lo caracterizan

- Nombre: única información en formato legible
- Tipo: cuando el sistema soporta diferentes tipos
- Localización: información sobre su localización en el dispositivo
- Tamaño: tamaño actual del archivo
- Protección: controla quién puede leer, escribir y ejecutar
- Tiempo, fecha e identificación del usuario: necesario para protección, seguridad y monitorización

Además, sobre los archivos se pueden realizar distintas operaciones:

- de gestión:
  - Crear
  - Borrar
  - Renombrar
  - Copiar
  - Establecer y obtener atributos
- de procesamiento:
  - Abrir y Cerrar
  - Leer
  - Escribir (modificar, insertar, borrar información)

*Tanto la estructura de directorios como los archivos residen en el **almacenamiento secundario**.*



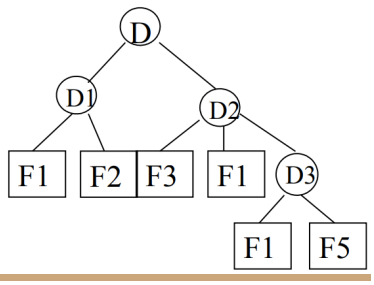

### Estructura de Directorios

Un directorio es una **colección de nodos** conteniendo **información acerca de todos los archivos** ⇒ se busca ORGANIZACIÓN. La **organización** (**lógica**) de los directorios debe proporcionar:

- Eficiencia: localización rápida de un archivo
- Denominación: adecuada a los usuarios
  - Dos usuarios pueden tener el mismo nombre para diferentes archivos
  - El mismo archivo puede tener varios nombres
- Agrupación: agrupar los archivos de forma lógica según sus propiedades (Ej. todos los programas en C)

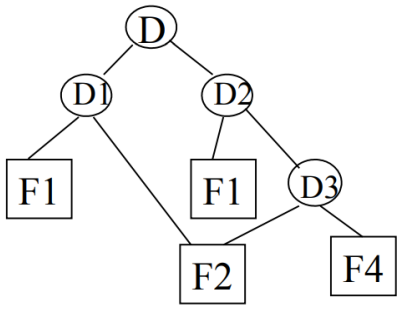
Se pueden dar diferentes casos:

- En **árbol** ➡
  - Necesidad de búsquedas eficientes



- Posibilidad de agrupación
- Directorio actual (de trabajo)
- Nombres de camino absolutos y relativos

■ En **grafo** ➡
- Compartición de subdirectorios y archivos
- Más flexibles y complejos




## Protección

Básicamente consiste en proporcionar un **acceso controlado** a los archivos , esto es

➢ lo que puede hacerse
➢ por quién

Cuando hablamos de acceso nos referimos a acciones como

- Leer
- Escribir
- Ejecutar
- Añadir
- Borrar
- Listar

### Listas y Grupos de acceso

La **principal solución** para la protección es: hacer el acceso dependiente del identificativo del usuario. No obstante, las listas de acceso de usuarios individuales tiene el **problema** de la longitud

Una **solución** con clases de usuario (p.ej. Linux):

- propietario
- grupo
- público

Otra propuesta **alternativa** puede ser asociar un password con el archivo. Pero supone muchos problemas:

- Recordar todos
- Si solo se asocia un password ➡ acceso total o ninguno

## Semánticas de consistencia

Estas especifican cuándo las modificaciones de datos por un usuario se observan por otros usuarios. Veamos diversos **ejemplos**:

1. Semántica de **Unix**
   - La escritura en un archivo es directamente observable
   - Existe un modo para que los usuarios compartan el puntero actual de posicionamiento en un archivo
2. Semánticas **de sesión** (Sistema de archivos de Andrew)
   - La escritura en un archivo no es directamente observable
   - Cuando un archivo se cierra, sus cambios sólo se observan en sesiones posteriores
3. **Archivos inmutables**
   - Cuando un archivo se declara como compartido, no se puede modificar

## Funciones básicas del Sistema de Archivos

■ **Tener conocimiento** de todos los archivos del sistema
■ **Controlar** la **compartición** y **forzar** la **protección** de archivos

- **Gestionar** el **espacio** del sistema de archivos
  - Asignación/liberación del espacio en disco
- **Traducir** las **direcciones lógicas** del archivo **en** direcciones **físicas** del disco
  - Los usuarios especifican las partes que quieren leer/escribir en términos de direcciones lógicas relativas al archivo

# Diseño software del sistema de archivos

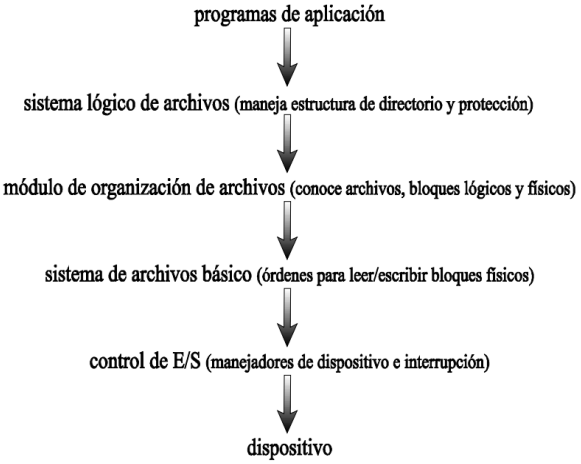
Un sistema de archivos posee dos **problemas** de diseño diferentes:

I. Definir **cómo debe ver el usuario** el sistema de archivos
   - definir un archivo y sus atributos
   - definir las operaciones permitidas sobre un archivo
   - definir la estructura de directorios

II. Definir los **algoritmos y estructuras de datos** que deben crearse para establecer la correspondencia entre el sistema de archivos lógico y los dispositivos físicos donde se almacenan

## Estructura del Sistema de Archivos

- **Organización en niveles** (capas)
  - Por eficiencia, el SO mantiene una tabla indexada (por descriptor de archivo) de archivos abiertos
  - Bloque de control de archivo: estructura con información de un archivo en uso




## Métodos de Asignación de Espacio

### Contiguo

Cada archivo ocupa un **conjunto de bloques contiguos** en disco.

**Ventajas**

- Sencillo: solo necesita la localización de comienzo (nº de bloque) y la longitud
- Buenos tanto el acceso secuencial como el directo

**Desventajas**

- No se conoce inicialmente el tamaño
- Derroche de espacio (problema de la asignación dinámica ➡ fragmentación externa)
  *en este caso la fragmentación perdura, con la RAM cuando se apagaba el ordenador se reiniciaba*
- Los archivos no pueden crecer, a no ser que se realice compactación ➡ ineficiente

**Asociación lógica a física**

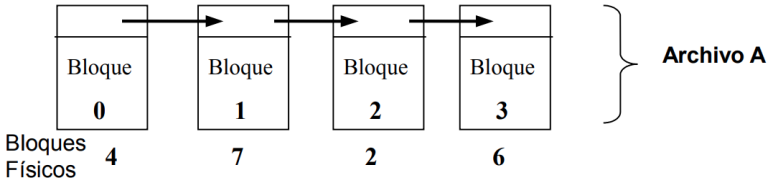
Supongamos que los bloques de disco son de 512 bytes:

Dirección lógica (DL)/512 ➡ C(cociente), R(resto)

- Bloque a acceder = C + dirección de comienzo
- Desplazamiento en el bloque = R

### No Contiguo - Enlazado

Cada archivo es una lista enlazada de bloques de disco. Los bloques pueden estar dispersos en el disco



**Ventajas**

- Evita la fragmentación externa
- El archivo puede crecer dinámicamente cuando hay bloques de disco libres  no es necesario compactar
- Basta almacenar el puntero al primer bloque del archivo

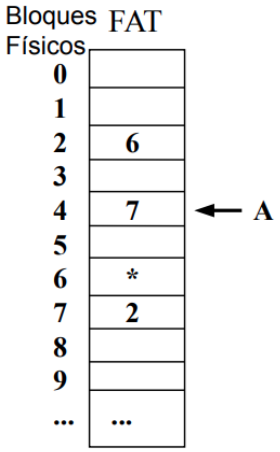
**Desventajas**

- El acceso directo no es efectivo (si el secuencial)
- Espacio requerido para los punteros de enlace.
  Solución ➡ agrupaciones de bloques (clusters)
- Seguridad por la pérdida de punteros.
  Solución ➡ lista doblemente enlazada (overhead)

**Asociación lógica a física** (dirección = 1byte)

Dirección lógica (DL)/511 ➡ C(cociente), R(resto)

- Bloque a acceder = C-ésimo
- Desplazamiento en el bloque = R + 1




**Ejemplo:** Tabla de Asignación de Archivos (**FAT**) - variación del método enlazado (Windows y OS/2)

- Reserva una sección del disco al comienzo de la partición para la FAT
- Contiene una entrada por cada bloque del disco y está indexada por número de bloque de disco ➡ dice qué bloque físico es el siguiente (lógico) en el archivo
- Simple y eficiente siempre que esté en caché
- Para localizar un bloque solo se necesita leer en la FAT  se optimiza el acceso directo
- Problema: pérdida de punteros (baja seguridad) ➡ doble copia de la FAT

## No Contiguo - Indexado

Todos los punteros a los bloques están juntos en una localización concreta: **bloque índice**

El directorio tiene la localización a este bloque índice y cada archivo tiene asociado su propio bloque índice

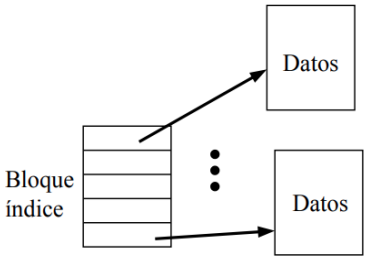
Para leer el i-ésimo bloque buscamos el puntero en la i-ésima entrada del bloque índice ➡ incluso un sólo acceso a disco

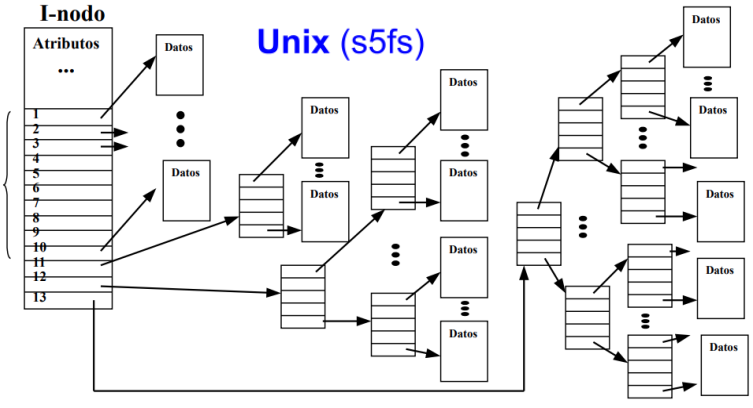
**Ventajas**

- Buen acceso directo
- No produce fragmentación externa

**Desventajas**

- Posible desperdicio de espacio en los bloques índices
- Tamaño del bloque índice. Soluciones:
  - **(a)** Bloques índices enlazados
  - **(b)** Bloques índices multinivel
    - Problema: acceso a disco necesario para recuperar la dirección del bloque para cada nivel de indexación
    - Solución: mantener algunos bloques índices en memoria principal
  - **(c)** Esquema combinado (Unix) ➡ *las direcciones finales apuntan a más bloques de índices*



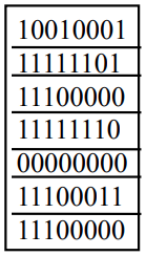



## Gestión de Espacio Libre

El sistema mantiene una lista de los bloques que están libres: **lista de espacio libre**

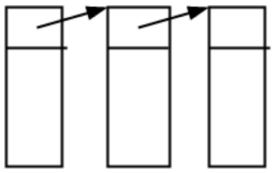
La FAT no necesita ningún método

Implementaciones:



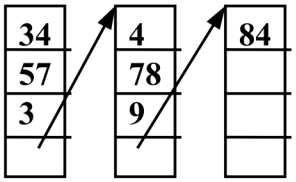

I. **Mapa o Vector de Bits**
   - Cada bloque se representa con un bit (0-Bloque libre; 1-Bloque ocupado)
   - Fácil encontrar un bloque libre o *n* bloques libres consecutivos. Algunas máquinas tienen instrucciones específicas
   - Fácil tener archivos en bloques contiguos
   - Ineficiente si no se mantiene en memoria principal

II. **Lista enlazada**



   - Enlaza todos los bloques libres del disco, guarda un puntero al primer bloque en un lugar concreto (si se pierde se pierde todo)
   - No derrocha espacio ➡ se usa el espacio de los propios bloques
   - Relativamente ineficiente ➡ No es normal atravesar bloques vacíos

III. **Lista enlazada con agrupación**



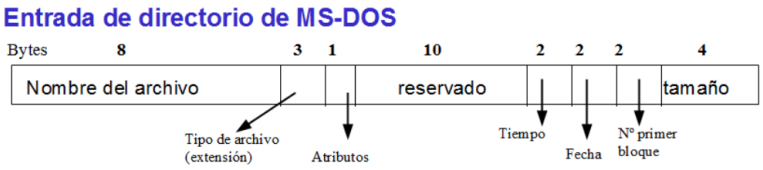

   - Cada bloque de la lista almacena n-1 direcciones de bloques libres
   - Obtener muchas direcciones de bloques libres es rápido

IV. **Cuenta**
   - Cada entrada de la lista: una dirección de bloque libre y un contador del nº de bloques libres que le sigue
   - Sigue siendo un a lista enlazada ➡

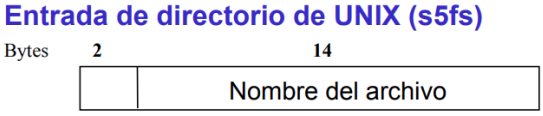

## Implementación de Directorios

Contenido de una **entrada de directorio**. Casos:

**(a) Nombre** de Archivo **+ Atributos + Dirección** de los bloques de datos (DOS)




**(b) Nombre** de Archivo **+ Puntero** a una estructura de datos que contiene toda la información relativa al archivo (UNIX) ⇒ un archivo puede estar en más de un directorio




Cuando se **abre un archivo**

- El SO busca en su directorio la entrada correspondiente
- Extrae sus atributos y la localización de sus bloques de datos y los coloca en una tabla en memoria principal
- Cualquier referencia posterior usa la información de dicha tabla

Implementación de **archivos compartidos** (o enlace):

I. Enlaces **simbólicos**
   - Se crea una nueva entrada en el directorio, se indica que es de tipo enlace y se almacena el camino de acceso absoluto o relativo del archivo al cual se va a enlazar
   - Se puede usar en entornos distribuidos
   - Gran número de accesos a disco
   - Borrado: se puede borrar el archivo y no el enlace ➡ error

II. Enlaces **absolutos** (o hard)
   - Se crea una nueva entrada en el directorio y se copia la dirección de la estructura de datos con la información del archivo
   - Problema al borrar los enlaces: solución ➡ Contador de enlaces (borro el archivo cuando no haya ningún enlace, esto es, cuando el contador vale 0)

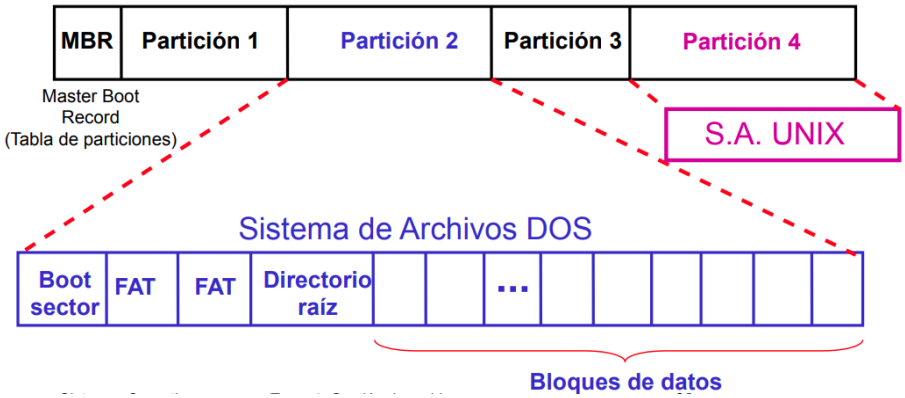
## Distribución del sistema de archivos

Los sistemas de archivos **se almacenan en discos** que pueden dividirse en una o más particiones.

Puede haber una o varias particiones en un disco, al igual que una partición de varios discos

### Ejemplo de organización de particiones ➡

- La tabla de particiones tiene almacena información sobre todas las particiones.
- Cada partición puede tener un SA diferente ⇒ cada parte de disco se gestiona de una manera aunque conviva en el mismo SO




### Formateo del disco

- **Físico**. Pone los sectores (cabecera y código de corrección de errores) por pista ➡ almacenamiento (más lento)
- **Lógico**. Escribe la información que el SO necesita para conocer y mantener los contenidos del disco (un directorio inicial vacío, FAT, lista de espacio libre, ...) ➡ sobreescribo (más rápido)

Bloque de arranque para **inicializar** el sistema localizado por *bootstrap*

Asimismo, se necesitan métodos necesarios para detectar y manejar bloques dañados.

## Técnicas de Recuperación

Como los archivos y directorios se mantienen tanto en MP como en disco, el sistema debe asegurar que un fallo no genere pérdida o inconsistencia de datos. Para ello existen distintas formas:

1. **Comprobador de consistencia**:
   - Compara los datos de la estructura de directorios con los bloques de datos en disco y trata cualquier inconsistencia
   - Más fácil en listas enlazadas que con bloques índices
2. Usar programas del sistema para realizar **copias de seguridad** (*backup*) de los datos de disco a otros dispositivos y de recuperación de los archivos perdidos

# Implementación de la gestión archivos en Linux

## Conceptos

**CARGAR ARCHIVO = CARGAR INODO**

- **i-nodo**: representación interna de un archivo
- Un archivo tiene asociado un único i-nodo, aunque éste puede tener distintos nombres (enlaces)
- Si un proceso:
  - Crea un archivo ➡ se le asigna un i-nodo
  - Referencia a un archivo por su nombre ➡ se analizan permisos y se lleva el i-nodo a memoria principal hasta que se cierre

## Sistema de Archivos

SO implementa al menos un sistema de archivos (SA) estándar o nativo.

En Linux existen distintos **tipos** ➡ ext2, ext3 y ext4.

Debido a la necesidad de dar soporte a otros SA distintos (FAT, s5fs, etc.), el kernel incluye una **capa** entre los procesos de usuario (o la biblioteca estándar) y la implementación del SA ➡ **Sistema de Archivos Virtual** (VFS – Virtual File System).

Linux abstrae el acceso a los archivos y a los SA mediante una **interfaz virtual** que lo hace posible

Flujo de operaciones/datos por las distintas partes del sistema en una llamada al sistema de escritura (**write**)

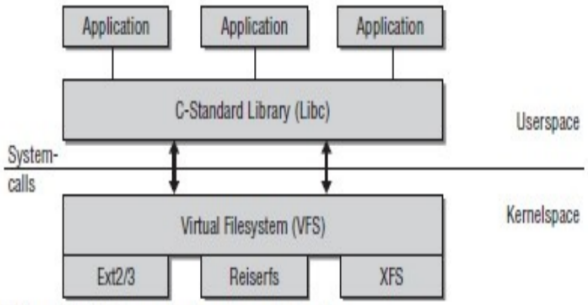
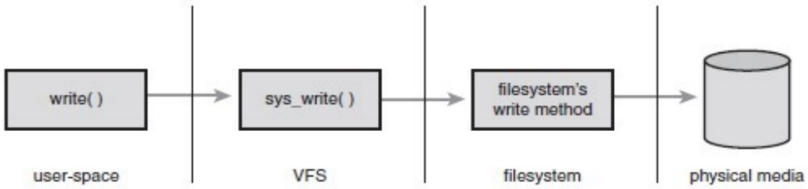


Figure 8-1: VFS layer for filesystem abstraction.




## Tipos de Sistemas de Archivos

I. **SA basados en disco** (*Disk-based filesystems*): forma clásica de almacenar archivos en medios no volátiles:

   *Ext2/3, Reiserfs, FAT, e iso9660.*

II. **SA Virtuales** (*Virtual filesystems*): generados por el kernel y constituyen una forma simple para permitir la comunicación entre los programas y los usuarios.

   *Ejemplo es el SA proc. No requieren espacio de almacenamiento en ningún dispositivo hardware (la información está en MP).*

III. **SA de Red** (*Network filesystems*): permiten acceder a los datos a través de la red ➡ están almacenados en un dispositivo independiente

## Modelo de archivo común

Para un programa de usuario, un archivo se identifica por un **descriptor de archivo** (nº entero usado como índice en la tabla de descriptores que identifica el archivo en las operaciones relacionadas con él).

El descriptor lo **asigna** el kernel cuando se abre el archivo y es válido sólo dentro de un proceso ⇒ dos procesos diferentes pueden usar el mismo descriptor pero no apuntan al mismo archivo.

Un inodo es la estructura asociada a cada archivo y directorio y contiene sus metadatos.

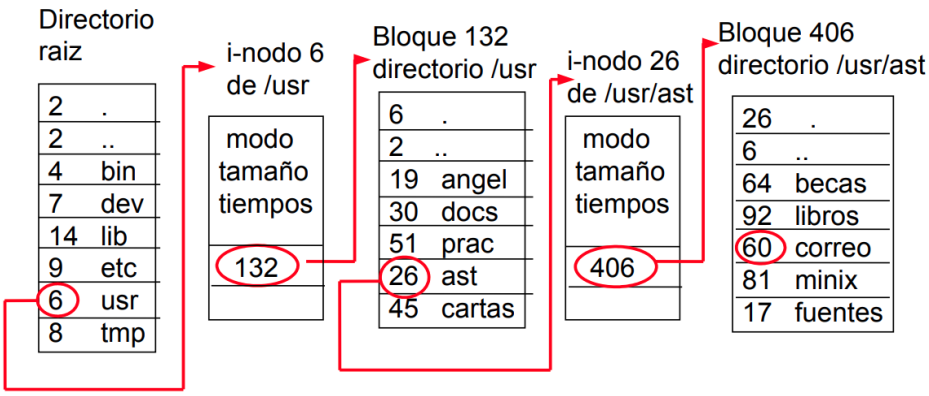
## Contenido de un i-nodo

- **Identificador del propietario** del archivo: UID, GID
- **Tipo de archivo** (regular, directorio, dispositivo, cauce, link). Si es 0 -> el i-nodo está libre
- **Permisos** de acceso
- **Tiempos de acceso**: última modificación, último acceso y última vez que se modificó el i-nodo

- **Contador de enlaces**
- Tabla de contenidos para las **direcciones de los datos** en disco del archivo
- **Tamaño**

## Acceso a un archivo

Ejemplo de qué hace el kernel para acceder a **`/usr/ast/correo`**




## Estructura VFS

VFS es orientado a objetos, consta de dos **componentes**, archivos y SA, que necesita gestionar y abstraer.

Se representa a un archivo y a un SA con una familia de estructuras de datos hechas en C.

Existen 4 tipos de **objetos primarios** del VFS:

- objeto superblock: representa a un SA montado
- objeto inode: representa a un archivo (cualquier tipo)
- objeto dentry: representa a una entrada de un directorio
- objeto file: representa a un archivo abierto y es una estructura por proceso. Las anteriores son de sistema.

Cada uno de estos objetos primarios tiene un vector de "**`operations`**". Estas funciones describen los métodos que el kernel invoca sobre los objetos primarios.

- objeto **`super_operations`**: métodos que el kernel puede invocar sobre un SA concreto
  *write_inodo()* y *sync_fs()*
- objeto **`inode_operations`**: métodos que el kernel puede invocar sobre un archivo concreto
  *create()* y *link()*
- objeto **`dentry_operations`**: métodos que el kernel puede invocar sobre una entrada de directorio
  *d_compare()* y *d_delete()*
- objeto **`file_operations`**: métodos que un proceso puede invocar sobre un archivo abierto como
  *read()* y *write()*

Cada **SA** registrado está **representado por** una estructura **`file_system_type`**. Este objeto describe el SA y sus capacidades.

Cada **punto de montaje** está **representado por** la estructura **`vfsmount`** que contiene información acerca del punto de montaje, tal como sus localizaciones y flags de montaje.

Finalmente, existen dos **estructuras** por proceso que **describen** el **SA** y los **archivos asociados** con un proceso: **`fs_struct`** y **`file_struct`**.

## Sistema de archivos Ext2

### Idea

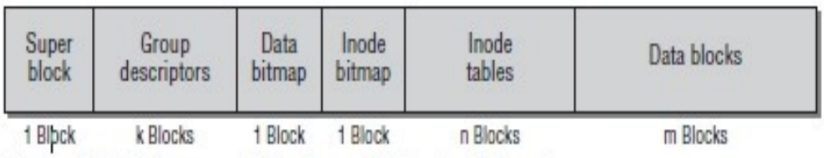


Figure 9-2: Block group of the Second Extended Filesystem.

**Divide** el disco duro en un conjunto de **bloques** de igual tamaño donde se almacenan los datos de los archivos y de administración ⇒ si hay un fallo no pierdo toda la información y reduce la fragmentación

El **elemento central** de Ext2 es el "grupo de bloques" (block group).

## Características

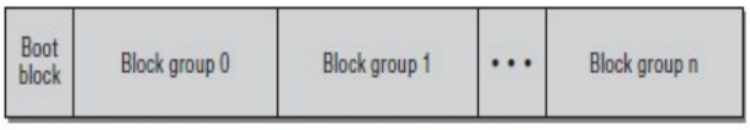


Figure 9-3: Boot sector and block groups on a hard disk.

- Cada SA consta de un gran número de grupos de bloques secuenciales
- **Boot sector** (Boot block): zona del disco duro cuyo contenido se carga automáticamente por la BIOS y se ejecuta cuando el sistema arranca
- Cuando se usa un SA (se monta), el superbloque, sus datos, se **almacenan en MP**.

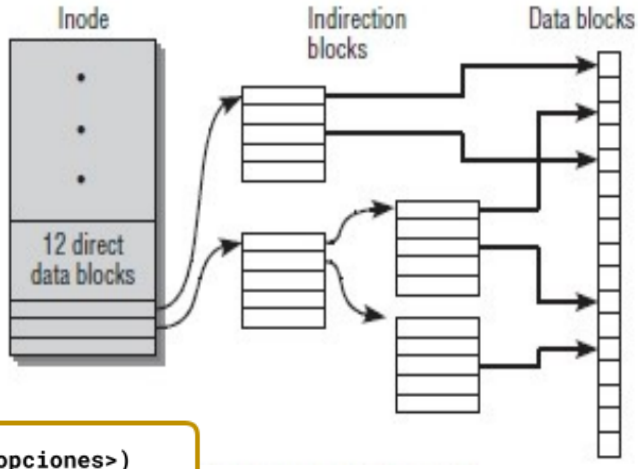
## Descripción de un Grupo de Bloques

- **Superbloque** (Superblock): estructura central para almacenar meta-información del SA ➡ `struct ext2_super_block`
- **Descriptores de grupo** (Group descriptors): contienen información que refleja el estado de los grupos de bloques individuales del SA. Por ejemplo, el número de bloques libres e inodos libres ➡ `struct ext2_group_desc`
- **Mapa de bits** de **bloques de datos** y de **inodos** (Data bitmap, Inode bitmap): contienen un bit por bloque de datos y por inodo respectivamente para indicar si están libres o no ➡ `struct ext2_inode`
- **Tabla de inodos** (Inode tables): contiene todos los inodos del grupo de bloques. Cada inodo mantiene los metadatos asociados con un archivo o directorio del SA ➡ `struct ext2_dir_entry_2`

## Información sobre los bloques de un archivo

Linux usa un método de **asignación** de bloques **no contiguo** y cada **bloque** de un SA se **identifica** por un **número**.

En el **inodo** se almacenan 12 direcciones directas a la base de datos (BD), un primer nivel de indexación, un segundo nivel de indexación y un tercer nivel de indexación (si es necesario).




## Montaje y desmontaje de un sistema de archivos

La llamada al sistema **mount** conecta un sistema de archivos al sistema de archivos existente y la llamada **umount** lo desconecta

```
mount (<camino_especial>, <camino_directorio>, <opciones>)
```

El núcleo tiene una **tabla de montaje** con una entrada por cada sistema de archivos montado:

- número de dispositivo que identifica el SA montado
- puntero a un buffer que contiene una copia del superbloque
- puntero al i-nodo raíz del SA montado
- puntero al i-nodo del directorio punto de montaje