

Agradecimientos

A Juan Carlos Escartín, por la paciencia que ha tenido conmigo y este proyecto, y por ayuda que siempre da cuando algo no sale. A Jose y Natalia, por la paliza que me daban cada vez que me veían con “¿Qué tal el proyecto?”, y de esa forma atuzarme con el palo para que me pusiese con ello. Y por último a María por el apoyo, sobre todo moral, ayudarme a redactar algunos fragmentos, y su “Pero ponte con el proyecto”.

A todos muchas gracias!

Resumen

Resumen

Capítulo 1

Introducción

Este proyecto de final de carrera, tiene como objetivo el estudio del comportamiento de las memorias Flash cuando han tenido un uso excesivo y su capacidad se ve afectada por la perdida de bloques de memoria. ¿Por qué son tan importantes este tipo de memorias?

Existen multitud de dispositivos de nuestro día a día que usan este tipo de tecnología. Tanto de uso de general, como puede ser, ordenadores portátiles, discos de estado solido (SSD), tablets, sistemas de posicionamiento global (GPS), reproductores de música, cámaras digitales, teléfonos móviles, instrumentos musicales electrónicos, decodificadores de televisión, etc. Como en otras muchas aplicaciones industriales, que pueden ser, sistemas de seguridad, productos de redes y comunicación, productos de administración de ventas (lectores portátiles) o sistemas militares [18].

1.1. ¿Qué son las memorias Flash?

La memoria Flash es una evolución de la memoria EEPROM, permite la lectura y escritura de múltiples posiciones de memoria en la misma operación. Gracias a ello, la tecnología Flash, permite velocidades de funcionamiento muy superiores a la tecnología

EEPROM, que sólo permitía actuar sobre una única celda de memoria en cada operación de programación.

Las memorias Flash utilizan una tecnología de almacenamiento que mediante impulsos eléctricos es capaz de leer, escribir o borrar información. Estas memorias están basadas en transistores de puerta flotante que se juntan formando celdas. El elemento básico de funcionamiento de las memorias son los transistores MOS de puerta-flotante [15].

Fujio Masuoka en 1984 inventó este tipo de memoria como evolución de las EEPROM existentes por aquel entonces, mientras trabajaba en Toshiba. Intel intentó atribuirse la creación sin éxito, aunque si comercializó la primera memoria Flash de uso común en 1988 [7].

Se dividen en dos clases según el tipo de puertas usado en su fabricación:

- NOR: este tipo de memoria se han usado típicamente para almacenar el software que luego es ejecutado en los dispositivos portátiles. Ya que proporciona capacidades de acceso aleatorio de alta velocidad, pudiendo leer y escribir datos en lugares específicos de la memoria sin tener que acceder a la memoria en modo secuencial. A diferencia de la memoria Flash NAND, la memoria Flash NOR permite la recuperación de datos desde un solo byte. La memoria Flash NOR es excelente en aplicaciones donde los datos se recuperan o se escriben de manera aleatoria. Se encuentra integrada en teléfonos móviles (para almacenar el sistema operativo), y también se utiliza en los ordenadores para almacenar el programa BIOS que se ejecuta en el arranque.
- NAND: fue inventada después de la NOR. Diseñadas con unas celdas muy pequeñas, que permiten tener un precio muy pequeño por bit de almacenamiento. Por eso se encuentra comúnmente en unidades de disco duro de estado sólido y unidades de almacenamiento. La memoria Flash NAND lee y escribe a alta velocidad, en modo secuencial, manejando datos en bloques de tamaño pequeño. La memoria Flash NAND puede recuperar o escribir datos como páginas únicas, pero no puede

recuperar bytes individuales como la memoria Flash NOR. La memoria Flash NAND es más económica que la memoria Flash NOR y puede guardar mayor capacidad de datos almacenados en el mismo tamaño de bloque 1.1 [18].

En lo que al consumo energético se refiere, algo bastante importante dependiendo del dispositivo, es algo menor en las NAND cuando son usadas en aplicaciones que tiene mucha carga de escritura. Sin embargo el consumo instantaneo sin demasiada carga de trabajo es bastante parecido entre los dos tipos de memorias [4].

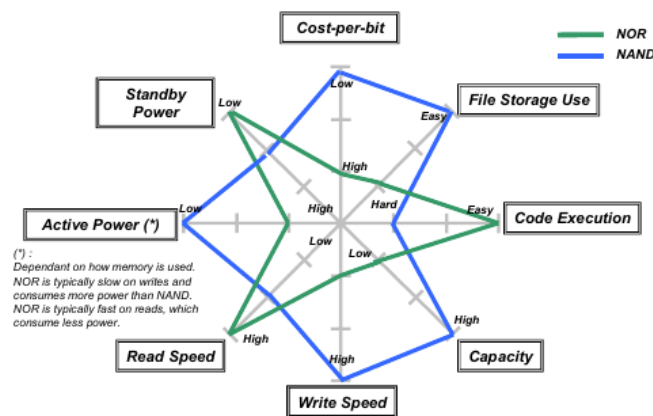


Figura 1.1: Diferencia entre Flash NOR y NAND [4]

En la actualidad la diferencia entre los dos tipos es cada vez menor [4] [7].

La memoria Flash con la que hemos trabajado ha sido es una *BIWIN BW29F64G08CBABA*, que son de tipo *Micron 20nm MLC Flash*. El controlador que utiliza es un *Alcor AU6989ANHL*.

Por último mencionar que este tipo de tecnología va a ser muy importante en el futuro como por ejemplo en aplicaciones de automoción han conseguido microcontroladores con una memoria Flash de 40nm de muy bajo consumo [8]. Hay también proyectos para usar las memorias Flash como RAM, pero de momento son más lentas que las DRAM, aunque puede llegar a consumir diez veces menos de energía y son algo más baratas [14].

1.2. Motivación

Como hemos visto anteriormente, el uso de las memorias Flash está bastante extendido. La sociedad demanda dispositivos más pequeños y rápidos, y las memorias Flash se adaptan a estas necesidades. Ha habido una creciente implantación en portátiles conforme el precio por Gigabyte ha ido disminuyendo 1.2 [12].

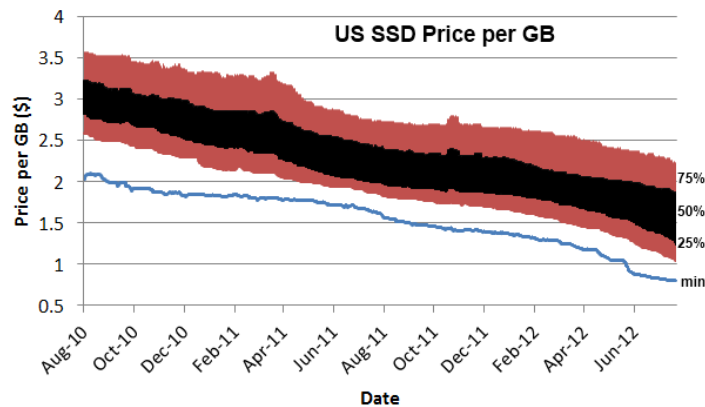


Figura 1.2: Evolución de los precios de los discos SSD [12]

Además esta tecnología supone un ahorro energético, algo también muy importante en dispositivos móviles o portables. Un artículo de la web www.anandtech.com realizan una comparación con un MacBook Air usando un disco sólido y un disco duro. En sus resultados puede verse una diferencia en el consumo energético de 0.9W en el HDD en lectura y escritura frente a 0.24/0.32W del SSD, o de un 16.8 % más de batería usando el portátil para navegar por internet y escuchar música. El único punto donde la memoria Flash pierde es en el consumo hibernando, que el disco duro no consume energía y el disco sólido 0.015W [16].

De momento solo hemos contado las virtudes de esta tecnología, pero las memorias Flash tienen un problema: cada bloque de memoria soporta unos ciclos de escritura/borrado. Nadie quiere estar haciendo fotos con su cámara digital y que un buen día haya fotos que se pierdan, o comprarse un disco sólido de una capacidad y que después de un tiempo esa capacidad se haya visto reducida sensiblemente. Todo esto nos hace plan-

tearnos las siguientes preguntas: ¿qué pasa cuando se usa más veces de las soportadas?, ¿cuántos ciclos son los realmente soportados?, ¿qué información queda si un bloque se rompe?, y, ¿se puede recuperar la información que había?.

Normalmente en la mayoría de los dispositivos con memorías Flash, el chip de memoria va acompañado de un controlador. Éste procesa los datos en la lectura y la escritura. Su presencia supondrá un problema añadido porque existirá una diferencia entre los datos que se ven desde fuera al utilizar el dispositivo, que han sido procesados por el controlador, y los datos presentes que están realmente en el chip de memoria [1].

En este proyecto hemos tratado de profundizar sobre funcionamiento de las memorias flash, sobre todo en lo que se refiere al funcionamiento interno, a bajo nivel, pero sin entrar en el hardware. En qué posiciones de memoria guarda la tabla de nombres, cómo gestiona los archivos, cuál es el tamaño que tiene un sector, cuantos ciclos de vida útil tiene un sector y qué información queda cuando un sector se deteriora.

Para ello hemos realizado varios experimentos, los cuales detallamos en el Capítulo 3.

1.3. Objetivos

- **Determinar el tamaño de sector en hardware y software:** hay que diferenciar entre lo que el sistema ve y lo que realmente está guardado en memoria. El sistema de ficheros puede tener un tamaño de bloque distinto del que físicamente tiene la memoria.
- **Determinar como funciona la tabla de nombre:** en la tabla de nombres están los nombres de los ficheros que tiene guardados la memoria, ¿se guarda también un puntero al fichero? ¿esta tabla tiene algún formato especial?, son algunas de las preguntas que intentaremos resolver en este apartado.
- **¿El controlador mueve datos entre bloques para alargar la vida de los**

mismo?: cada bloque tiene unos ciclos de vida, si solo unos pocos están libres y siempre se usan los mismos, ¿puede el controlador mover datos a bloques que estén menos “gastados”?.

- **¿Un borrado implica cambios “físicos”?**: Cuando se borra un fichero desde el sistema operativo, sus datos siguen existiendo hasta que se sobre escribe, ¿se borra también su referencia en la tabla de nombres?.
 - **¿El montar y desmontar un dispositivo implica movimiento de datos?**: Puede pasar que el supuesto moviento de datos al que nos referiamos antes pase en el montado y desmontado del dispositivo.
- **Determinar la vida util (ciclos de vida) de un sector**: cada bloque de memoria tiene unos ciclos de borrado/escritura, vamos a determinar cuantos ciclos aguanta un bloque.
 - **Ver que información queda despues de un sector roto**: una vez que un bloque de memoria deja de estar reconocible por el sistema, ¿queda algún tipo de información útil en él?.

Capítulo 2

Antecedentes

2.1. Estado del arte

2.1.1. Descripción de equipos

Para poder realizar los experimentos hemos contado con dos equipos en el laboratorio. Son dos equipos con procesador AMD Phenom (tm) X6 1055T y 7'6 GiB de RAM. En ellos hemos instalado Debian 6.0.6, que viene con el kernel 2.6.32-5-amd64.

Ambos dos forman parte de una red interna de gf.tel.uva.es, teniendo cada uno de ellos los siguientes hostnames:

- Leonardo, con la IP: 192.168.0.50.
- Donatello, con la IP: 192.168.0.51.

Como esta red no está accesible desde el exterior de la escuela, para poder trabajar desde casa y tener monitorizado el trabajo, hemos recurrido a los tuneles ssh y al commando screen de Linux, que detallamo en la siguiente sección [2.2.2](#).

2.1.2. Características de la memoria

La diferencia entre lo que se ve desde el software y lo que físicamente está, es algo muy importante en este Proyecto. Como ya hemos comentado, todas las memorias disponen de un controlador, y este puede recolocar los datos de manera interna, y completamente transparente desde el exterior.

Este tipo de memorias están formateadas con FAT32. FAT es un sistema de archivos desarrollado para MS-DOS. FAT32 es su última evolución, utiliza direcciones de cluster de 32 KiB (aunque sólo 28 de esos KiB se utilizan realmente) y el tamaño máximo de un archivo en FAT32 es 4Gigabyte.

Tamaño de cluster que impone fat32 [\[2\]](#) [\[3\]](#)

2.2. Utilidades

2.2.1. Comandos y herramientas utilizadas

Comando Linux

En Linux existen multitud de comandos que nos han facilitado el trabajo a la hora de realizar este Proyecto. Uno de los más importantes ha sido `dd`.

- `dd`: *Copia un fichero, convirtiendo y formateando según los operandos*. En principio este comando se usa para crear copias de un disco, en nuestro caso creamos archivos `.iso` de las memorias USB. Pero en unas pruebas nos dimos cuenta de que tenía mayor rendimiento que el comando `cp`, que es el originario de Linux para copiar ficheros, y desde ese momento lo hemos usado también para la copia “normal”. Por defecto sus bloques de copiado son de 1024bytes y sus parámetros son los siguientes:

```
$ dd if=ruta_o_fichero_entrada of=fichero_salida
```

- **df**: *Uso del espacio del sistema de ficheros*. Este comando te da información sobre el espacio de los dispositivos montados en el sistema. A parte de ver el espacio disponible en las memorias, principalmente se ha utilizado para ver la capacidad de las memorias y comprobar si su capacidad se ha visto recudida, ver /refexperiemento-Flash. Nota importante:

```
$ df --block-size=kB \\ Muestra un tamaño de bloque de 1000bytes
```

```
$ df --block-size=k \\ Muestra un tamaño de bloque de 1024bytes
```

- **hexdump**: *Muestra el contenido de un fichero en ascii, decimal, hexadecimal, u octal*. Gracias a la orden:

```
$ hexdump -c .iso > .txt
```

Podemos crear un archivo de texto que luego comprar con **meld**, de esta manera podemos comparar imágenes **iso** de forma muy fácil y ver sus diferencias.

- **iostat**: *Muestra el proceso de las peticiones de lectura o escritura que implican a distintos dispositivos del sistema*. Gracias a este comando podemos monitorizar si una lectura o escrita a la memoria sigue en curso o murio su proceso.
- **ls -l | wc -l**: Esta orden muestra la cantidad de elementos en un directorio, ha sido de mucha utilidad sobre todo en el experimento de /reftabladenombres.
- **od -x .txt**: *Muestra un fichero en octal y otros formatos*. Hemos utilizado ficheros en hexadecimal, como ficheros base de lectura y escritura en este proyecto, este comando ha ayudado a visualizar esos ficheros hexadecimales.

[13] [19]

Bash y Shell script

Bash es un intérprete de órdenes, está basado en la shell de Unix y es compatible con POSIX. Su nombre viene del acrónimo “*Bourne-Again SHell*”, un juego de palabras de

Stephen Bourne, el autor del antecesor de la Shell actual de Unix [10]. Bash dispone de una gran cantidad de comandos que te permiten hacer casi cualquier cosa [17].

Una **Shell** es un marco que ejecuta comandos. La Shell puede aceptar de entrada órdenes por teclado o leer instrucciones de un fichero [10].

Un script de Shell es una secuencia de comandos que se ejecutan uno detrás de otro, ya que es un tipo de lenguaje interpretado. Un fichero de texto con extensión `.sh` al que se le da permisos de ejecución `chmod u+x script.sh` ya es puede ser ejecutado en Linux.

Gracias a estos Shell script hemos podido automatizar procesos que podrían llevar muchos días y filtrar los resultados para una mejor comprensión de los mismos.

Bash tiene algunas peculiaridades a la hora de tratar con variables que puede llamar la atención acostumbrado a otros lenguajes de programación:

- La asignación de variables se realiza sin “declaración”: `variable=valor`.
- Para modificar esas variables se usan dobles parentesis: `((variable=variable+10))`.
- Para usar las variables deben estar precedidas de `$`: `echo ‘‘Hola’’ $variable`.

Control de versiones y Git

Git es una herramienta para el control de versiones. Tiene muchas virtudes, pero la más importante en este contexto es poder tener un histórico de cada cambio “comiteado”, lo que nos permite tener una copia de seguridad casi perfecta tanto del código como de la redacción de Proyecto. En cualquier momento podemos volver a un punto anterior o ver que se cambiado de un fichero en concreto [5]. Todo el Proyecto se ha ido guardando en [github.com](https://github.com/jilgue/flashcrash), que permite crear repositorios git de manera gratuita siempre que estos sean de libre acceso, esta dirección del repositorio: <https://github.com/jilgue/flashcrash>.

2.2.2. ¿Cómo trabajar desde fuera de la ETSiT?

Se puede tardar días en conseguir resultados, para monitorizar el proceso es necesario conectarse a los equipos y poder recuperar la shell donde tenemos lanzado el script. Para ellos nos hemos ayudado del protocolo SSH y el comando screen.

SSH

SSH es un protocolo de shell remota segura. Gracias a ello podemos conectarnos al terminal de un ordenador y ejecutar ordenes en él.

SSH usa una autenticación con clave publica/privada. Si queremos conectarnos por SSH sin tener que escribir la contraseña cada vez, tenemos que generar una pareja de claves y añadir la publica a nuestro servidor:

```
$ ssh-keygen -t rsa -b 2048
```

Esto nos genera un `.pub` dentro de la carpeta `.ssh` y tenemos que copiar su contenido en el archivo `.ssh/authorized_keys` del servidor. Con esto la próxima vez que nos conectemos no tendremos que escribir la contraseña [6].

Tunelando con ssh

En la escuela tenemos una arquitectura parecida a esta 2.1:

Desde “Mi equipo” no puedo conectarme al “Otro equipo”. Para solvertar este problema creamos un tunel:

```
$ ssh -L 2222:donatello:22 -L 2221:leonardo:22 usuario@gf.tel.uva.es
```

Con esta linea hemos abierto un túnel desde nuestro puerto 2222 y 2221 al 22 de

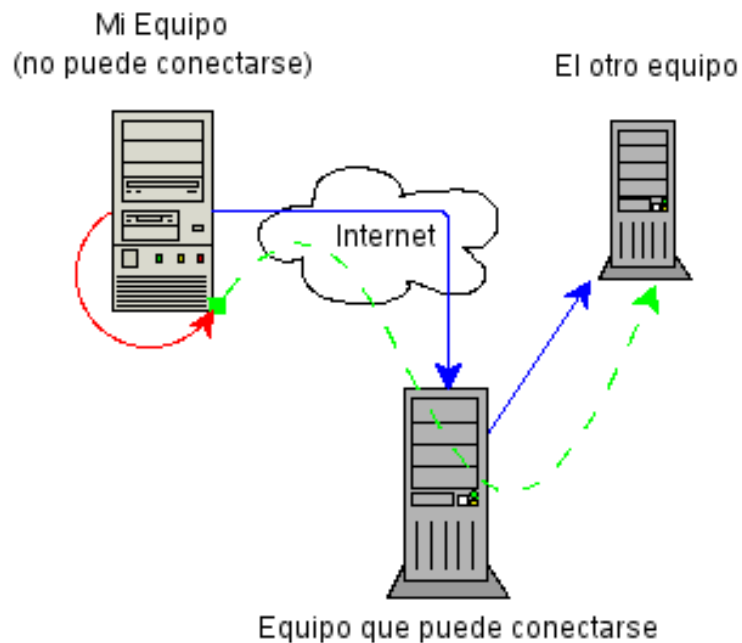


Figura 2.1: Esquema de red

donatello y leonardo respectivamente a través de gf.tel.uva.es. Ahora para conectarnos a nuestro túnel escribimos en nuestro terminal:

```
$ ssh usuario@localhost -p2221 -X
```

```
$ ssh usuario@localhost -p2222 -X
```

Screen

Screen es una herramienta que nos permite recuperar una sesión shell. Podemos dejar corriendo un script cerrar la conexión, irnos a casa, abrir una conexión nueva y recuperar la misma terminal que teníamos antes.

Uso básico de screen:

```
$ screen // abre una sesión
```

```
Ctrl + a + d // deja la sesión en background.
```

```
$ screen -r // recupera la sesión
```


[9] [11]

Capítulo 3

Desarrollo

3.1. Experimentos

3.1.1. Tamaño del bloque de memoria

```
$ ./archivos_marcados_b3.sh
$ ./tam_bloque_b2.sh
$ dd if=datos/datosfin.txt of=/media/cesar/4F35-D764/datosfin
$ cp datos2/datos1.txt /media/cesar/4F35-D764/datos1.txt
$ cp datos2/datos1.txt /media/cesar/4F35-D764/datos2.txt
$ sudo dd if=/dev/sdb1 of=tambloque.iso
```

3.1.2. Tabla de nombres

3.1.3. Movimiendo de datos entre sectores

Vamos a llenar el dispositivo con un fichero con *00*. Después borramos el archivo y copiamos un archivo de 64K que contiene *CC*. Hacemos una imagen *.iso* de la memoria,

borramos el fichero, creamos otra imagen, volvemos a copiar el mismo archivo y hacemos otra imagen del dispositivo.

```
$ ./archivos_marcados_b3.sh
$ ./tam_bloque_b2.sh
$ dd if=datos/datosfin.txt of=/media/cesar/4F35-D764/datosfin.txt
$ rm /media/cesar/4F35-D764/datosfin.txt
$ cp datos2/datos16.txt /media/cesar/4F35-D764/
$ sudo dd if=/dev/sdb1 of=datos16.iso
$ rm /media/cesar/4F35-D764/datos16.txt
$ sudo dd if=/dev/sdb1 of=datos16borrado.iso
$ cp datos2/datos16.txt /media/cesar/4F35-D764/
$ sudo dd if=/dev/sdb1 of=datos16copiado.iso
```

Con `bles` hemos visto que los datos siguen estado después de haber borrado el fichero. Pero `md5sum` nos dice que las imágenes son distintas, así que vamos a crear ficheros de texto con `hexdum` para poder comparar las imágenes con `meld`.

```
$ md5sum *
5b47c568523dbb3bb3128e3f4193148d  datos16.iso
5704c3cc3b5264aecfc5e5a4a54f0bf5  datos16borrado.iso
9fbc3200e1f61767c5c0da7353fe1c72  datos16copiado.iso
```

3.2. Código

```
archivos_marcados_b3.sh
```

```
#
# Crea ficheros de todos los tamaños posibles hasta llegar a 'valor_final'
#
```

```
valor_final=3907388
((tamfinal=valor_final*1024))

aux=2
cont=0
while [ $aux -le $tamfinal ]; do

    ((aux=aux+aux))
    ((cont++))
done

echo "auxiliar" $aux
echo "contado" $cont
rm datos/*
echo -e -n "\x00" > datos/datos0.txt

((aux=cont))

echo "vamos a contar desde 1 a " $aux

for (( a=1 ; a<=aux ; a++ ))
do
    ((b=a-1))
    cat datos/datos$b.txt > datos/datos$a.txt
    cat datos/datos$b.txt >> datos/datos$a.txt
    echo $b
    echo $a
done

flash_b2.sh
```

[illegible]

```
#cut -c32-52 tam.txt >> stam.txt
```

```
frase="vuelta "  
echo "$frase $vueltas" >> stam.txt  
echo " " >> stam.txt
```

```
#sudo umount /media/usb0  
#sudo mount /dev/sdc1 /media/usb0
```

```
done
```

```
flash_b3.sh
```

```
#  
# Crea un fichero con un texto reconocible y su numero de serie  
#
```

```
rm stam.txt  
rm diff.txt  
for (( b=0 ; b<10 ;b++))  
do
```

```
    let vueltas=$b
```

```
for (( a=1 ; a<3 ; a++ ))  
do
```

```
    echo "numero serie ${b}_${a}"
```

```
    echo -e -n "En un lugar de la Mancha, de cuyo nombre no quiero  
acordarme, no ha mucho tiempo que vivía un hidalgo de los de lanza en ast  
noches, duelos y quebrantos los sábados, lentejas los viernes, algún palo  
hacienda. El resto della concluían sayo de velarte, calzas de velludo par  
semana se honraba con su vellori de lo más fino. Tenía en su casa una ama
```

veinte, y un mozo de campo y plaza, que así ensillaba el rocín como tomaba la cincuenta años, era de complexión recia, seco de carnes, enjuto de rostro; gran sobrenombre de Quijada o Quesada (que en esto hay alguna diferencia en los autores verosímiles se deja entender que se llama Quijana; pero esto importa poco a nuestro punto de la verdad. `${b}_${a}" > datos/${b}_${a}datos.txt`

```
#cat datos/datos.txt >> datos/${b}_${a}datos.txt
```

```
#echo -e -n "numero serie ${b}_${a}" >> datos/${b}_${a}datos.txt
```

```
dd if=datos/${b}_${a}datos.txt of=/media/usb0/${b}_${a}datos.txt
```

```
rm datos/*_datos.txt
```

done

```
dd if=/dev/sdc1 of=copias/${b}.iso
```

```
echo "vuelta ${b}" >> diff.txt
```

```
if (($b != 0 ))
```

```
then
```

```
((c=b-1))
```

```
cmp -l copias/${b}.iso copias/${c}.iso >> diff.txt
```

```
fi
```

```
echo "" >> diff.txt
```

```
rm -f /media/usb0/*datos.txt
```

```
df --block-size=KB | grep sdc1 > tam.txt
```

```
cut -c32-52 tam.txt >> stam.txt
```

```
frase="vuelta "
```



```
echo "$frase $vueltas" >> stam.txt
echo " " >> stam.txt

done

mount.sh

rm md5.txt

for (( a=1 ; a<9999999999999999 ; a++ ))
do
    sudo umount /media/usb0
    sudo mount /dev/sdb1 /media/usb0
    echo "$a" >> md5.txt
    dd if=/dev/sdb1 | md5sum >> md5.txt
done

tam_bloque_b1.sh

df --block-size=KiB | grep sdb1 > tam.txt
tam_final=$(cut -c56-63 tam.txt)
echo $tam_final
((valor_final=tam_final-6))
((valor_final_bits=valor_final*1024))
echo "valor final" $valor_final_bits
final_binario=$(echo "obase=2; $valor_final_bits" | bc)
echo $final_binario > long.txt
echo "valor en binario" $final_binario
long=${#final_binario}
```

```
((long--))

total=0

((exp=long))

for ((a=1;a<=long;a++))
do
bit=$(cut -c$a-$a long.txt)
#echo "a="$a "bit sacado de long.txt" $bit
if ((bit==1))
then
    ((exponente=2**exp))
#    echo "exponente" $exp
    echo $exp $exponente
    ((total=total+exponente))

    cat datos/datos$exp.txt >> datos/datosfin.txt
fi
((exp--))
done

echo $total

tam_bloque_b2.sh

((valor_final=3907388))
#((valor_final=3907388/4))
((valor_final_bits=valor_final*1024))
```

```
echo "valor final" $valor_final_bits
final_binario=$(echo "obase=2; $valor_final_bits" | bc)
echo $final_binario > long.txt
echo "valor en binario" $final_binario
long=${#final_binario}

((long--))

total=0

((exp=long))
rm datos/datosfin.txt
for ((a=1;a<=long;a++))
do
bit=$(cut -c$a-$a long.txt)
#echo "a="$a "bit sacado de long.txt" $bit
if ((bit==1))
then
    ((exponente=2**exp))
#    echo "exponente" $exp
    echo $exp $exponente
    ((total=total+exponente))

    cat datos/datos$exp.txt >> datos/datosfin.txt
fi
((exp--))
done
```

```
echo $total
```

Bibliografía

- [1] O. O. Amir Ban, Dov Moran. Architecture for a universal serial bus-based pc flash disk., April 2003.
- [2] O. O. Amir Ban, Dov Moran. Architecture for a universal serial bus-based pc flash disk., April 2003. <http://support.microsoft.com/kb/140365/es>.
- [3] O. O. Amir Ban, Dov Moran. Architecture for a universal serial bus-based pc flash disk., April 2003. <http://support.microsoft.com/kb/192322/es>.
- [4] T. A. E. Components. Nand vs. nor flash memory. Toshiba America Electronic Components. http://maltiel-consulting.com/NAND_vs_NOR_Flash_Memory_Technology_Overview_Read_Write_Erase_speed_for_SLC_MLC_semiconductor_consulting_expert.pdf.
- [5] L. comunidad de [http://git scm.com](http://git-scm.com). Git fast-version-control. <http://git-scm.com>. <http://git-scm.com/about>.
- [6] W. contributors. Criptografía asimétrica. Wikipedia, The Free Encyclopedia. http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Criptograf%C3%ADa_asim%C3%A9trica&oldid=73152741.
- [7] W. contributors. Flash memory. Wikipedia, The Free Encyclopedia. http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Flash_memory&oldid=622001976.

-
- [8] convertronic.net. Serie de microcontroladores de ultra-bajo consumo de energía rh850/flx chip de memoria flash de 40 nm para aplicaciones en automoción. convertronic.net. <http://www.convertronic.net/Microcontroladores/serie-de-microcontroladores-de-ultra-bajo-consumo-de-energia-rh850flx-chip-de-memoria.html>.
- [9] C. M. Cristóbal. Uso de túneles ssh y screen, Diciembre 2013. <http://dev.callepuzzle.com/uso-de-tuneles-ssh-y-screen/>.
- [10] GNU. Bash reference manual. www.gnu.org. <http://www.gnu.org/software/bash/manual/bash.htm>.
- [11] guimi.net. Uso básico de screen en linux, November 2008. <http://guimi.net/blogs/hiparco/uso-basico-de-screen-en-linux/>.
- [12] K. Kubicki. Solid state society: The magic per gigabyte reality arrives. Dynamite Data. <http://dynamitedata.com/news/cat=15/index.html>.
- [13] E. originalmente por John W. Eatonx. man de linux.
- [14] D. Perry. Replacing ram with flash can save massive power. Princeton University. <http://www.tomshardware.com/news/fusio-io-flash-ssdalloc-memory-ram,16352.html>.
- [15] R. Bez, E. Camerlenghi, A. Modelli y A. Visconti. Introduction to flash memory. *Proceedings of the IEEE*, 91, April 2003.
- [16] A. L. Shimpi. The impact of ssd on battery life. Anandtech. <http://www.anandtech.com/show/2445/16>.
- [17] SS64.com. An a-z index of the bash command line for linux. <http://ss64.com/bash/index.html>. <http://ss64.com/bash/index.html>.
- [18] K. technology. Guía de productos de memoria flash. Kingston technology. http://media.kingston.com/pdfs/FlashMemGuide_LA.pdf.

- [19] A. L. F. y Pablo Sanz Mercado. *Programación de Shell Scripts*. UAM Ediciones, 2011.