



UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA

Laboratorio # 1 - Clúster, nodo maestros y nodos esclavos

Asignatura: Computación Paralela y Distribuida.

Docente: Jhon Alexander Lopez Fajardo.

Fecha: 12 de marzo del 2023

Integrantes

- Santiago Niño.
- Esteban Rodriguez.
- Daniel Velasquez.

Objetivo

Con esta práctica de laboratorio se busca que el estudiante reconozca el funcionamiento de un cluster, manejo de recursos en aplicaciones distribuidas.

Materiales

- Computadores (3)
 - Componentes técnicos:
 - ❖ Procesador: Intel Core i7-7700 CPU @ 3.60 Hz
 - ❖ Memoria RAM: 16.0 GB a 2400 MHz
- Conexión a internet vía cable ethernet
- MPICH
- Salón B100
 - Computador 3 fila 2
 - Computador 5 fila 2
 - Computador 6 fila 3 (última)

Justificación

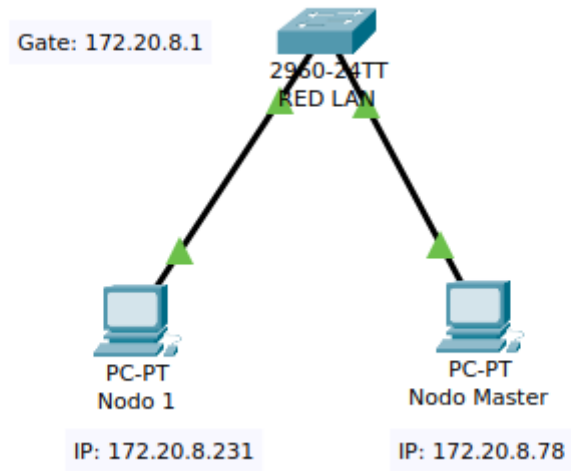
Como introducción, definimos que un cluster está dado como un conjunto de computadoras independientes, que están conectadas entre sí, de esta forma funcionan como un solo recurso computacional o como una máquina única de procesamiento en paralelo, donde cada computador acopla sus recursos de hardware. En un cluster, a cada computador se le denomina como nodo, conectando varios nodos mediante una red de comunicación, permitiendo lograr mejor rendimiento en aspectos tales como, de memoria, de procesamiento y de velocidad. En la organización de un cluster se presentan dos tipos de nodos, el primero, es el nodo maestro el cual se encarga de administrar y controlar los programas y los recursos del sistema, mientras que en los demás nodos a los que está conectado, los cuales soportan procesamiento de datos o ejecución de operaciones, son los nodos esclavos.

La creación de un cluster de tres computadores en Linux puede ser una solución eficaz para acelerar el procesamiento de datos y la realización de tareas complejas. Un cluster es un conjunto de computadoras que trabajan juntas para realizar una tarea en común, y su uso puede ser beneficioso en una amplia variedad de aplicaciones, como la investigación científica, el análisis de big data, la simulación de procesos, entre otros.

En el contexto actual, la tecnología de los clusters se está utilizando cada vez más debido al creciente volumen de datos y la necesidad de procesamiento de alta velocidad. En particular, el uso de clusters basados en Linux ofrece numerosas ventajas, como la escalabilidad, la fiabilidad y la flexibilidad, lo que lo convierte en una solución ideal para las empresas que buscan optimizar su rendimiento informático.

MPI es una biblioteca de programación utilizada para la comunicación entre nodos de un cluster. MPI permite la división de tareas entre los nodos y coordina la ejecución de las mismas. MPI es una herramienta esencial para el funcionamiento de un cluster y se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, como la investigación científica, el análisis de big data, la simulación de procesos, entre otros.

Topología de red



Procedimiento

La creación de un cluster de tres computadores en Linux implica la comprensión de Linux como sistema operativo, el concepto de cluster y su uso en HPC, la biblioteca de programación MPI y el sistema de gestión de trabajos Slurm. Estos conceptos son fundamentales para la creación de un cluster eficiente y funcional que pueda satisfacer las necesidades de procesamiento de datos de una empresa o institución.

Para crear un clúster de tres computadoras en Linux, es importante seguir los siguientes pasos:

- 1) Configurar una red de área local (LAN): Asegurarse de que las tres computadoras estén conectadas a la misma red. Esto se puede lograr conectando los tres dispositivos a un enrutador o un switch.
- 2) Configurar la comunicación entre los nodos: Para que las tres computadoras puedan comunicarse entre sí, debe asegurarse de que tengan una dirección IP única y que los puertos necesarios estén abiertos en los firewall. Se puede utilizar la herramienta ping para verificar la conectividad entre los nodos.
- 3) Instalar el software de clúster: Hay varias opciones de software de clúster disponibles en Linux, como OpenMPI, Hadoop, y Apache Mesos. Cualquiera de estos permite el paso de mensajes entre máquinas dentro de una red.
- 4) Configurar el software de clúster: Una vez que haya instalado el software de clúster, se debe configurar. Configurar el archivo de configuración del software para que incluya la dirección IP y el nombre del host de cada nodo. Es importante asegurarse de que el software de clúster esté configurado correctamente para que las computadoras se comuniquen entre sí de manera efectiva.
- 5) Probar el clúster: Después de instalar y configurar el software de clúster, se deben realizar algunas pruebas para asegurarse de que todo funciona correctamente. Una buena idea para esto es ejecutar algunas tareas en el clúster y verificar que los resultados sean coherentes con lo que se esperaba.

Siguiendo estos pasos, se podrá crear un clúster de tres computadoras en Linux.

Algoritmo

- Multiplicación de matrices

```
# include <cstdlib>
# include <iostream>
# include <iomanip>
# include <cmath>
# include <ctime>

# include "mpi.h"

using namespace std;

int main ( int argc, char *argv[] );

const int MAX = 100;

void timestamp ( );
int mult_matrices(int n, int id, int p);

int main( int argc, char *argv[]) {

    int i;
    int id;
    int master = 0;
    int n;
    int n_factor;
    int n_hi;
    int n_lo;
    int p;
    int matriz_suma;
    int matrices_part;
    double wtime;

    n_lo = 1;
    n_hi = 2000000;
    n_factor = 2;
    MPI::Init ( argc, argv );
    p = MPI::COMM_WORLD.Get_size ( );
    id = MPI::COMM_WORLD.Get_rank ( );

    if ( id == master )
    {
```

```

        cout << "\n";
        cout << "Cuenta multiplicación de matrices\n";
        cout << " C++/MPI version\n";
        cout << "\n";
        cout << " Programa para multiplicar matrices.\n";
        cout << " Corriendo en " << p << " procesos\n";
        cout << "\n  N      Suma valores matriz resultante      Tiempo\n";
        cout << "\n";
    }
    n = n_lo;

    while ( n <= n_hi ){
        if ( id == master ){
            wtime = MPI::Wtime ( );
        }
        MPI::COMM_WORLD.Bcast ( &n, 1, MPI::INT, master );

        matrices_part = mult_matrices ( n, id, p );

        MPI::COMM_WORLD.Reduce ( &matrices_part, &matriz_suma, 1,
MPI::INT, MPI::SUM,
        master );

        if ( id == master ){
            wtime = MPI::Wtime ( ) - wtime;
            //cout << "\n";
            //cout << "  N      Suma valores matrices(1 y 2)      Tiempo\n";
            //cout << "\n";
            cout << "" << setw(8) << n
            << " " << setw(24) << matriz_suma
            << " " << setw(24) << wtime << "\n";
            //cout << "\n";
        }
        n = n * n_factor;
    }

    MPI::Finalize ( );

    if ( id == master ){
        cout << "\n";
        cout << "PRIME_MPI - Procesos maestro:\n";
        cout << " Finalizacion del calculo normal.\n";
    }
}

```

```

    return 0;
}

int mult_matrices(int n, int id, int p){
    int i;
    int count=0;
    int suma_mult=0;
    for ( i = 2 + id; i <= n; i = i + p )
    {
        int matrix1[MAX][MAX], matrix2[MAX][MAX], result[MAX][MAX];
        int rows1, cols1, rows2, cols2;

        // Generar las dimensiones de las matrices aleatoriamente
        srand(time(NULL));
        rows1 = rand() % MAX + 1;
        cols1 = rand() % MAX + 1;
        rows2 = cols1;
        cols2 = rand() % MAX + 1;

        // Generar los elementos de la matriz 1 aleatoriamente
        for (int i = 0; i < rows1; i++) {
            for (int j = 0; j < cols1; j++) {
                matrix1[i][j] = rand() % 100;
            }
        }

        // Generar los elementos de la matriz 2 aleatoriamente
        for (int i = 0; i < rows2; i++) {
            for (int j = 0; j < cols2; j++) {
                matrix2[i][j] = rand() % 100;
            }
        }

        // Multiplicar las matrices
        for (int i = 0; i < rows1; i++) {
            for (int j = 0; j < cols2; j++) {
                result[i][j] = 0;
                for (int k = 0; k < cols1; k++) {
                    result[i][j] += matrix1[i][k] * matrix2[k][j];
                }
            }
        }
    }
}

```

```

// Imprimir las matrices y la matriz resultante
//cout << "    --> Matriz 1 [" << rows1 << "," << cols1 << "]"<endl;
for (int i = 0; i < rows1; i++) {
    for (int j = 0; j < cols1; j++) {
        //cout << matrix1[i][j] << " ";
        count = count + matrix1[i][j];
    }
    //cout << endl;
}

//cout << " * Matriz 2 [" << rows2 << "," << cols2 << "]" << endl;
for (int i = 0; i < rows2; i++) {
    for (int j = 0; j < cols2; j++) {
        //cout << matrix2[i][j] << " ";
        count = count + matrix2[i][j];
    }
    //cout << endl;
}

//cout << "          Matriz resultante [" << rows1 << "," << cols2 << "]"<endl;
for (int i = 0; i < rows1; i++) {
    for (int j = 0; j < cols2; j++) {
        //cout << result[i][j] << " ";
        suma_mult = suma_mult + result[i][j];
    }
    //cout << endl;
}

//cout << " - Suma de los valores multiplicados: " << suma_mult << endl;
}
return suma_mult;
}

void timestamp ( )
{
    # define TIME_SIZE 40

    static char time_buffer[TIME_SIZE];
    const struct tm *tm;
    size_t len;
    time_t now;

    now = time ( NULL );
    tm = localtime ( &now );

```



```
len = strftime ( time_buffer, TIME_SIZE, "%d %B %Y %I:%M:%S %p", tm );

cout << time_buffer << "\n";

return;
# undef TIME_SIZE
}
```

Procedimiento

Instalación (en todos los nodos)

- Se crea una carpeta llamada openmpi
\$ mkdir \$HOME/openmpi
- Se copia el archivo .tar de openmpi desde la carpeta descargas a la carpeta openmpi
\$ cp \$HOME/Descargas/openmpi-4.1.5.tar.gz \$HOME/openmpi
- Entramos a la carpeta openmpi
\$ cd \$HOME/openmpi
- Visualizamos el contenido de la carpeta
\$ ls
- Descomprimos el archivo .tar
\$ tar -xzf openmpi-4.1.5.tar.gz
- Entramos a la carpeta openmpi-4.1.5
\$ cd openmpi-4.1.5/
- Visualizamos el contenido de la carpeta
\$ ls
- Se instala build-essential
Este contiene paquetes y dependencias requeridas para crear un paquete Debian (.deb), entre estos paquetes se incluyen libc, gcc, g++, make, dpkg-dev etc.
\$ sudo apt-get install build-essential
- Configurar, compilar e instalar openmpi
Esto instala openmpi en la carpeta creada
\$./configure --prefix=\$HOME/openmpi
\$ make all
\$ make install
\$ exit
- Se instala el programa de ejecución de códigos paralelos (mpirun)
\$ sudo apt-get install openmpi-bin
- Se instala el paquete necesario para el desarrollo de programas basados en MPI (mpicc...)
\$ sudo apt install libopenmpi-dev
- Export
Se necesita incluir en el entorno de ruta la dirección “directorio_de_instalacion/bin” y a la variable de ruta de librerías “directorio_de_instalacion/lib”
\$ export PATH=\$PATH:\$HOME/openmpi/bin
\$ export LD_LIBRARY_PATH=\$LD_LIBRARY_PATH:\$HOME/openmpi/lib
\$ clear
- Se visualiza la version de mpicc, el cual, es el compilador de programas mpi escritos en C++
\$ mpicc -v

```

Using built-in specs.
COLLECT_GCC=/usr/bin/gcc
COLLECT_LTO_WRAPPER=/usr/lib/gcc/x86_64-linux-gnu/11/lto-wrapper
OFFLOAD_TARGET_NAMES=nvptx-none:amdgc-nvptx-amdhsa
OFFLOAD_TARGET_DEFAULT=1
Target: x86_64-linux-gnu
Configured with: ../src/configure -v --with-pkgversion='Ubuntu 11.3.0-1ubuntu1~22.04' --with-bugurl=file:///usr/share/doc/gcc-11/README.Bugs --enable-languages=c,ada,c++,go,brig,d,fortran,objc,obj-c++,m2 --prefix=/usr --with-gcc-major-version-only --program-suffix=-11 --program-prefix=x86_64-linux-gnu- --enable-shared --enable-linker-build-id --libexecdir=/usr/lib --without-included-gettext --enable-threads=posix --libdir=/usr/lib --enable-nls --enable-bootstrap --enable-clocale=gnu --enable-libstdcxx-debug --enable-libstdcxx-time=yes --with-default-libstdcxx-abi=new --enable-gnu-unique-object --disable-vtable-verify --enable-plugin --enable-default-pie --with-system-zlib --enable-libphobos-checking=release --with-target-system-em-zlib=auto --enable-objc-gc=auto --enable-multiarch --disable-werror --enable-cet --with-arch=32=i686 --with-abi=m64 --with-multilib-list=m32,m64,mx32 --enable-multilib --with-tune=generic --enable-offload-targets=nvptx-none=/build/gcc-11-xKiWfi/gcc-11-11.3.0/debian/tmp-nvptx/usr,amdgc-nvptx-amdhsa=/build/gcc-11-xKiWfi/gcc-11-11.3.0/debian/tmp-gcn/usr --without-cuda-driver --enable-checking=release --build=x86_64-linux-gnu --host=x86_64-linux-gnu --target=x86_64-linux-gnu --with-build-config=bootstrap-lto-lean --enable-link-serialization=2
Thread model: posix
Supported LTO compression algorithms: zlib zstd
gcc version 11.3.0 (Ubuntu 11.3.0-1ubuntu1~22.04)

```

- Se instala SSH
Este es un protocolo de red que da a usuarios y a administradores de sistema, una forma segura de acceder a un computador dentro de una red insegura, esot incluye utilidades y herramientas
\$ sudo apt-get install ssh
- Se instalan los paquetes NFS (Network File System) portmap y common
Esto servirá para acceder desde un computador a una carpeta compartida por NFS en un servidor
\$ sudo apt-get install nfs-common portmap

Nodo maestro (instalación adicional)

- Se instala el NFS server
\$ sudo apt-get install nfs-kernel-server nfs-common portmap

Configuración ip nodo maestro

The screenshot shows the 'Cableada' window with the following details:

- Velocidad de conexión: 1000 Mb/s
- Dirección IPv4: 172.20.8.78
- Dirección IPv6: fe80::a7b:f857:a9c2:d6d9
- Dirección física: 98:EE:CB:70:85:51
- Ruta predeterminada: 172.20.8.1
- DNS: 192.168.1.10 192.168.1.13
- ☒ Conectar automáticamente
- ☒ Hacer disponible para otros usuarios
- ☐ Conexión medida: tiene límite de datos o puede incurrir en cargos
Las actualizaciones de software y otras descargas grandes no se iniciarán automáticamente.
- Eliminar perfil de conexión

Se declara la dirección ip del nodo maestro 172.20.8.78

Configuración ip nodo esclavo 1 (nodoSanty)



Velocidad de conexión 1000 Mb/s

Dirección IPv4 172.20.8.231

Dirección IPv6 fe80::8ef9:f7cc:3e68:b33b

Dirección física 98:EE:CB:71:32:5C

Ruta predeterminada 172.20.8.1

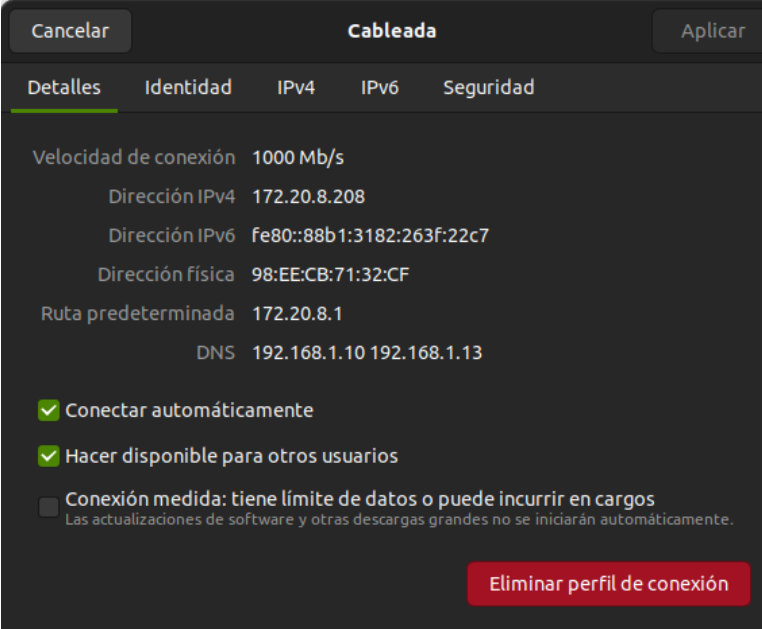
DNS 192.168.1.10 192.168.1.13

☒ Conectar automáticamente

☒ Hacer disponible para otros usuarios

Se declara la dirección ip del nodo esclavo1 172.20.8.231

Configuración ip nodo esclavo 2 (nodoEsteban)



Cancelar Cableada Aplicar

Detalles Identidad IPv4 IPv6 Seguridad

Velocidad de conexión 1000 Mb/s

Dirección IPv4 172.20.8.208

Dirección IPv6 fe80::88b1:3182:263f:22c7

Dirección física 98:EE:CB:71:32:CF

Ruta predeterminada 172.20.8.1

DNS 192.168.1.10 192.168.1.13

☒ Conectar automáticamente

☒ Hacer disponible para otros usuarios

☐ Conexión medida: tiene límite de datos o puede incurrir en cargos
Las actualizaciones de software y otras descargas grandes no se iniciarán automáticamente.

Eliminar perfil de conexión

Se declara la dirección ip del nodo esclavo2 172.20.8.208

Configuración cluster (nodo maestro)

- Ssh-keygen es una herramienta para crear un nuevo par de claves de autenticación para SSH
- \$ ssh-keygen

```
daniel11@daniel11-VirtualBox: ~  
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ ssh-keygen  
Generating public/private rsa key pair.  
Enter file in which to save the key (/home/daniel11/.ssh/id_rsa):  
Enter passphrase (empty for no passphrase):  
Enter same passphrase again:  
Your identification has been saved in /home/daniel11/.ssh/id_rsa  
Your public key has been saved in /home/daniel11/.ssh/id_rsa.pub  
The key fingerprint is:  
SHA256:6M6rIkj934bB/DEwY62c6ZHCghgTmKJCuiaosZn4c8c daniel11@daniel11-VirtualBox  
The key's randomart image is:  
+---[RSA 3072]-----+  
|. .  
|=.  
|=.  
* .  
* .  
++o . * S  
|*+ o = @ o  
|* = o. = * o  
|O o .oE+ +  
|.o.+o+..  
+-----[SHA256]-----+
```

- Nodo esclavo 1
 - Comando scp (Secure Copy - File transfer) para enviar un archivo al servidor remoto, usando el ssh key

\$ scp .ssh/id_rsa.pub esteban@172.20.8.231:

```
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ scp .ssh/id_rsa.pub esteban@172.20.8.231:  
The authenticity of host '172.20.8.231 (172.20.8.231)' can't be established.  
ED25519 key fingerprint is SHA256:z665rbCAv+kpt/Nlqu0PQ4sVh43PNJ3PJ3JFXgCerBA.  
This key is not known by any other names  
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? y  
Please type 'yes', 'no' or the fingerprint: yes  
Warning: Permanently added '172.20.8.231' (ED25519) to the list of known hosts.  
esteban@172.20.8.231's password:  
Permission denied, please try again.  
esteban@172.20.8.231's password:  
id_rsa.pub 100% 582 577.4KB/s 00:00
```

\$ scp .ssh/id_rsa.pub esteban@172.20.8.231:

```
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ scp .ssh/id_rsa.pub esteban@172.20.8.231:  
esteban@172.20.8.231's password:  
id_rsa.pub 100% 582 738.7KB/s 00:00
```

- Nodo esclavo 2
 - Comando scp (Secure Copy - File transfer) para enviar un archivo al servidor remoto, usando el ssh key

\$ scp .ssh/id_rsa.pub esteban@172.20.8.208:

```
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ scp .ssh/id_rsa.pub esteban@172.20.8.208:  
The authenticity of host '172.20.8.208 (172.20.8.208)' can't be established.  
ED25519 key fingerprint is SHA256:XZ1MWHa9QJ0Qh/NWNHrYioI4uLa0/zKcu38JRWVQmBA.  
This key is not known by any other names  
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes  
Warning: Permanently added '172.20.8.208' (ED25519) to the list of known hosts.  
esteban@172.20.8.208's password:  
id_rsa.pub 100% 582 649.3KB/s 00:00
```

\$ scp .ssh/id_rsa.pub esteban@172.20.8.208:

```
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ scp .ssh/id_rsa.pub esteban@172.20.8.208:  
esteban@172.20.8.208's password:  
id_rsa.pub 100% 582 596.2KB/s 00:00
```

Nodo esclavo 1 mueve la clave generada por el maestro

- Borrar carpeta .ssh existente
\$ mkdir .ssh
\$ rm -dfr .ssh
- Crear carpeta .ssh
\$ mkdir .ssh
- Comando chmod 700, con lo cual, se protege a la carpeta .ssh contra cualquier acceso de otros usuarios, mientras que el usuario emisor tiene acceso completo.
\$ chmod 700 .ssh
\$ ls
- Mover archivo id_rsa.pub a carpeta authorized_keys dentro de la carpeta .ssh
\$ mv id_rsa.pub .ssh/authorized_keys
- Entrar a carpeta .ssh
\$ cd .ssh
\$ ls

```

esteban@santy: ~/.ssh
esteban@santy:~$ mkdir .ssh
mkdir: no se puede crear el directorio «.ssh»: El archivo ya existe
esteban@santy:~$ rm -dfr .ssh
esteban@santy:~$ mkdir .ssh
esteban@santy:~$ chmod 700 .ssh
esteban@santy:~$ ls
Carpeta      eclipse-workspace  Imágenes    pt          snap
Descargas    Escritorio         Música      Público     Videos
Documentos   git               openmpi     Restarurante
eclipse      id_rsa.pub        Plantillas  Restaurante
esteban@santy:~$ mv id_rsa.pub .ssh/authorized_keys
mv: no se puede mover 'id_rsa.pub' a '.ssh/authorized_keys': No existe el archiv
o o el directorio
esteban@santy:~$ mv id_rsa.pub .ssh/authorized_keys
mv: no se puede mover 'id_rsa.pub' a '.ssh/authorized_keys': No existe el archiv
o o el directorio
esteban@santy:~$ mv id_rsa.pub .ssh/authorized_keys
esteban@santy:~$ cd .ssh
esteban@santy:~/.ssh$ ls
authorized_keys
esteban@santy:~/.ssh$

```

Nodo esclavo 2 mueve la clave generada por el maestro

- Borrar carpeta .ssh existente
\$ mkdir .ssh
\$ rm -dfr .ssh
- Crear carpeta .ssh
\$ mkdir .ssh
- Comando chmod 700, con lo cual, se protege a la carpeta .ssh contra cualquier acceso de otros usuarios, mientras que el usuario emisor tiene acceso completo.
\$ chmod 700 .ssh
\$ ls
- Mover archivo id_rsa.pub a carpeta authorized_keys dentro de la carpeta .ssh
\$ mv id_rsa.pub .ssh/authorized_keys
- Entrar a carpeta .ssh
\$ cd .ssh

\$ ls

```
esteban@esteban: ~/.ssh
esteban@esteban:~$ mkdir .ssh
mkdir: no se puede crear el directorio «.ssh»: El archivo ya existe
esteban@esteban:~$ rm -dfr .ssh
esteban@esteban:~$ mkdir .ssh
esteban@esteban:~$ chmod 700 .ssh
esteban@esteban:~$ mv id_rsa.pub .ssh/authorized_keys
esteban@esteban:~$ cd .ssh
esteban@esteban:~/.ssh$ ls
authorized_keys
esteban@esteban:~/.ssh$
```

Acceder a nodo esclavo 1 desde nodo master

- Acceso remoto a nodo con dirección ip 172.20.8.231

\$ ssh esteban@172.20.8.231

```
esteban@santy: ~
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ ssh esteban@172.20.8.231
Welcome to Ubuntu 22.04.2 LTS (GNU/Linux 5.19.0-35-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

 * Introducing Expanded Security Maintenance for Applications.
   Receive updates to over 25,000 software packages with your
   Ubuntu Pro subscription. Free for personal use.

   https://ubuntu.com/pro

El mantenimiento de seguridad expandido para Applications está desactivado
Se pueden aplicar 30 actualizaciones de forma inmediata.
Para ver estas actualizaciones adicionales, ejecute: apt list --upgradable

1 actualización de seguridad adicional se puede aplicar con ESM Apps.
Aprenda más sobre cómo activar el servicio ESM Apps at https://ubuntu.com/esm
esteban@santy:~$
```

- Ver archivos del dispositivo conectado

\$ cd Descargas/

\$ ls

\$ rm -r nueva

\$ ls

```
esteban@santy:~$ cd Descargas/
esteban@santy:~/Descargas$ ls
Commands      mpich-4.1.tar.gz      openmpi-4.1.5.tar.bz2
'Laboratorio 1.pkt' MundialApp-master      openmpi-4.1.5.tar.gz
mpich-4.1      nueva                 Restaurante
esteban@santy:~/Descargas$ rm -r nueva
esteban@santy:~/Descargas$ ls
Commands      mpich-4.1.tar.gz      openmpi-4.1.5.tar.gz
'Laboratorio 1.pkt' MundialApp-master      Restaurante
mpich-4.1      openmpi-4.1.5.tar.bz2
```


- Salir de la conexión con el nodo

\$ exit

```
esteban@santy:~/Descargas$ exit
cerrar sesión
Connection to 172.20.8.231 closed.
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$
```

Acceder a nodo esclavo 2 desde nodo master

- Acceso remoto a nodo con dirección ip 172.20.8.208
\$ ssh esteban@172.20.8.208

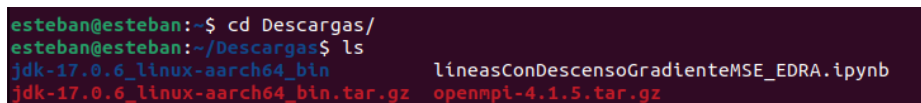


```
daniel11@daniel11-VirtualBox: ~  
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ ssh esteban@172.20.8.208  
Welcome to Ubuntu 22.04.2 LTS (GNU/Linux 5.19.0-35-generic x86_64)  
  
* Documentation:  https://help.ubuntu.com  
* Management:    https://landscape.canonical.com  
* Support:        https://ubuntu.com/advantage  
  
* Introducing Expanded Security Maintenance for Applications.  
  Receive updates to over 25,000 software packages with your  
  Ubuntu Pro subscription. Free for personal use.  
  
  https://ubuntu.com/pro  
  
El mantenimiento de seguridad expandido para Applications está desactivado  
  
Se pueden aplicar 32 actualizaciones de forma inmediata.  
Para ver estas actualizaciones adicionales, ejecute: apt list --upgradable  
  
1 actualización de seguridad adicional se puede aplicar con ESM Apps.  
Aprenda más sobre cómo activar el servicio ESM Apps at https://ubuntu.com/esm
```

- Ver archivos del dispositivo conectado

\$ cd Descargas/

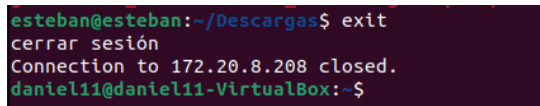
\$ ls



```
esteban@esteban:~$ cd Descargas/  
esteban@esteban:~/Descargas$ ls  
jdk-17.0.6_linux-aarch64_bin      líneasConDescensoGradienteMSE_EDRA.ipynb  
jdk-17.0.6_linux-aarch64_bin.tar.gz  openmpi-4.1.5.tar.gz
```

- Salir de la conexión con el nodo

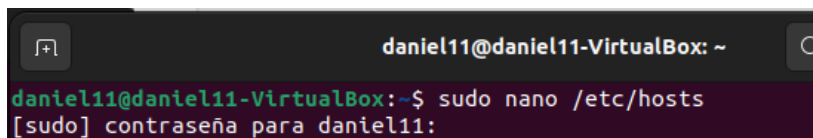
\$ exit



```
esteban@esteban:~/Descargas$ exit  
cerrar sesión  
Connection to 172.20.8.208 closed.  
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$
```

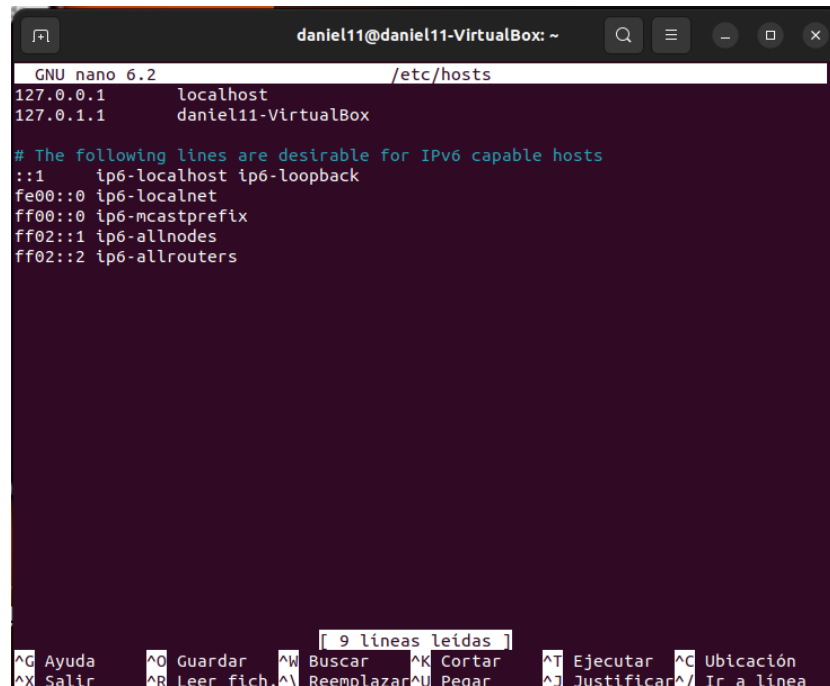
Corregir archivos host para identificar nodos del cluster mediante el nombre (nodo master)

- Editar archivo hosts
\$ sudo nano /etc/hosts



```
daniel11@daniel11-VirtualBox: ~  
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ sudo nano /etc/hosts  
[sudo] contraseña para daniel11:
```

- Se accede a archivo hosts

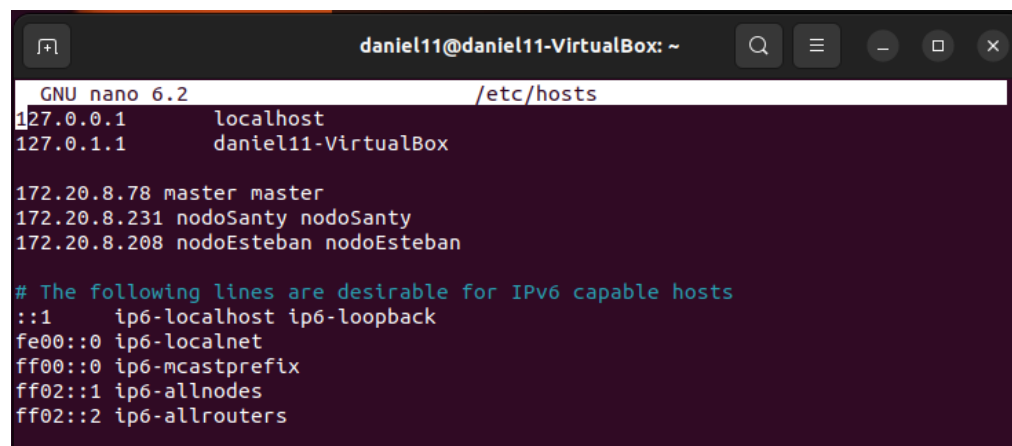


```
GNU nano 6.2 /etc/hosts
127.0.0.1    localhost
127.0.1.1    daniel11-VirtualBox

# The following lines are desirable for IPv6 capable hosts
::1        ip6-localhost ip6-loopback
fe00::0    ip6-localnet
ff00::0    ip6-mcastprefix
ff02::1    ip6-allnodes
ff02::2    ip6-allrouters
```

- Se añaden las siguientes líneas (Para tres nodos)

```
172.20.8.78 master master
172.20.8.231 nodoSanty nodoSanty
172.20.8.208 nodoEsteban nodoEsteban
```



```
GNU nano 6.2 /etc/hosts
127.0.0.1    localhost
127.0.1.1    daniel11-VirtualBox

172.20.8.78 master master
172.20.8.231 nodoSanty nodoSanty
172.20.8.208 nodoEsteban nodoEsteban

# The following lines are desirable for IPv6 capable hosts
::1        ip6-localhost ip6-loopback
fe00::0    ip6-localnet
ff00::0    ip6-mcastprefix
ff02::1    ip6-allnodes
ff02::2    ip6-allrouters
```

- Se añaden las siguientes líneas (Para dos nodos)

```
172.20.8.78 master master
172.20.8.127 nodoSanty nodoSanty
```

```
daniel11@daniel11-VirtualBox: ~
GNU nano 6.2 /etc/hosts
127.0.0.1 localhost
127.0.1.1 daniel11-VirtualBox

172.20.8.78 master master
172.20.8.127 nodoSanty nodoSanty

# The following lines are desirable for IPv6 capable hosts
::1 ip6-localhost ip6-loopback
fe00::0 ip6-localnet
ff00::0 ip6-mcastprefix
ff02::1 ip6-allnodes
ff02::2 ip6-allrouters
```

- Salir del archivo hosts
- Acceso remoto a nodo nodoSanty
 - \$ ssh esteban@nodoSanty
 - \$ ls
- Salir de la conexión con el nodo
 - \$ exit

```
daniel11@daniel11-VirtualBox: ~
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ ssh esteban@nodoSanty
Welcome to Ubuntu 22.04.2 LTS (GNU/Linux 5.19.0-35-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

 * Introducing Expanded Security Maintenance for Applications.
   Receive updates to over 25,000 software packages with your
   Ubuntu Pro subscription. Free for personal use.

https://ubuntu.com/pro

El mantenimiento de seguridad expandido para Applications está desactivado
Se pueden aplicar 30 actualizaciones de forma inmediata.
Para ver estas actualizaciones adicionales, ejecute: apt list --upgradable

1 actualización de seguridad adicional se puede aplicar con ESM Apps.
Aprenda más sobre cómo activar el servicio ESM Apps at https://ubuntu.com/esm

Last login: Tue Mar  7 11:16:47 2023 from 172.20.8.78
esteban@santy:~$ ls
Carpeta      eclipse      git          openmpi      Público      snap
Descargas    eclipse-workspace  Imágenes    Plantillas   Restarurante  Videos
Documentos   Escritorio   Música       pt           Restaurante

esteban@santy:~$ exit
cerrar sesión
Connection to nodosanty closed.
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$
```

Configuración de servidor de archivos nfs

- Nodo 1 (nodoSanty)
 - Acceso remoto a nodo nodoSanty
 - \$ ssh esteban@nodoSanty

```
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ ssh esteban@nodoSanty
Welcome to Ubuntu 22.04.2 LTS (GNU/Linux 5.19.0-35-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

 * Introducing Expanded Security Maintenance for Applications.
   Receive updates to over 25,000 software packages with your
   Ubuntu Pro subscription. Free for personal use.

   https://ubuntu.com/pro

El mantenimiento de seguridad expandido para Applications está desactivado

Se pueden aplicar 30 actualizaciones de forma inmediata.
Para ver estas actualizaciones adicionales, ejecute: apt list --upgradable

1 actualización de seguridad adicional se puede aplicar con ESM Apps.
Aprenda más sobre cómo activar el servicio ESM Apps at https://ubuntu.com/esm

Last login: Tue Mar  7 11:19:08 2023 from 172.20.8.78
```

- Crear carpeta clusterdir

\$ mkdir clusterdir

```
esteban@santy:~$ mkdir clusterdir
```

- Se modifica archivo exports

\$ sudo nano /etc/exports

```
esteban@santy:~$ sudo nano /etc/exports
[sudo] contraseña para esteban:
```

- Se añade la siguiente línea

/home/esteban/clusterdir

172.20.0.0/16(rw,no_subtree_check,async,no_root_squash)

```
esteban@santy: ~
GNU nano 6.2 /etc/exports
# /etc/exports: the access control list for filesystems which may be exported
# to NFS clients. See exports(5).
#
# Example for NFSv2 and NFSv3:
# /srv/homes hostname1(rw,sync,no_subtree_check) hostname2(ro,sync,no_subtree_check)
#
# Example for NFSv4:
# /srv/nfs4 gss/krb5i(rw,sync,fsid=0,crossmnt,no_subtree_check)
# /srv/nfs4/homes gss/krb5i(rw,sync,no_subtree_check)
#
/home/esteban/clusterdir 172.20.0.0/16(rw,no_subtree_check,async,no_root_squash)
```

- Salir del archivo exports

- Nodo 2 (nodoEsteban)

- Acceso remoto a nodo nodoSanty

\$ ssh esteban@nodoEsteban

```
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ ssh esteban@nodoEsteban
Welcome to Ubuntu 22.04.2 LTS (GNU/Linux 5.19.0-35-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

 * Introducing Expanded Security Maintenance for Applications.
   Receive updates to over 25,000 software packages with your
   Ubuntu Pro subscription. Free for personal use.

https://ubuntu.com/pro

El mantenimiento de seguridad expandido para Applications está desactivado
Se pueden aplicar 32 actualizaciones de forma inmediata.
Para ver estas actualizaciones adicionales, ejecute: apt list --upgradable

1 actualización de seguridad adicional se puede aplicar con ESM Apps.
Aprenda más sobre cómo activar el servicio ESM Apps at https://ubuntu.com/esm

Last login: Tue Mar  7 10:58:23 2023 from 172.20.8.78
```

- Crear carpeta clusterdir

\$ mkdir clusterdir

```
Last login: Tue Mar  7 10:58:23 2023 from
esteban@esteban:~$ mkdir clusterdir
```

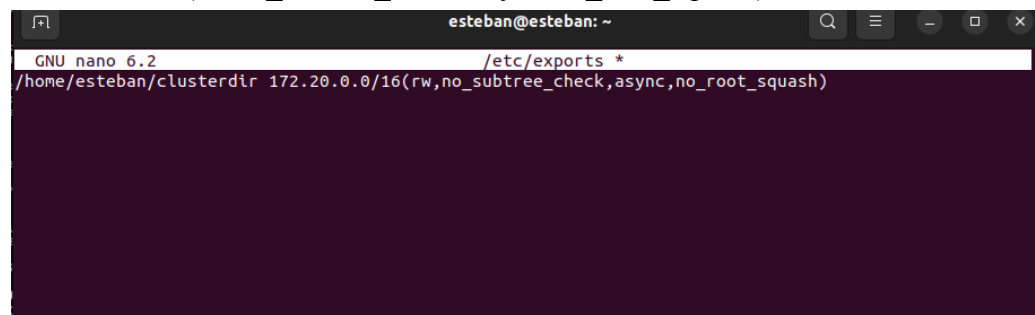
- Se modifica archivo exports

\$ sudo nano /etc/exports

- Se añade la siguiente línea

/home/esteban/clusterdir

172.20.0.0/16(rw,no_subtree_check,async,no_root_squash)



- Salir del archivo exports

- Master

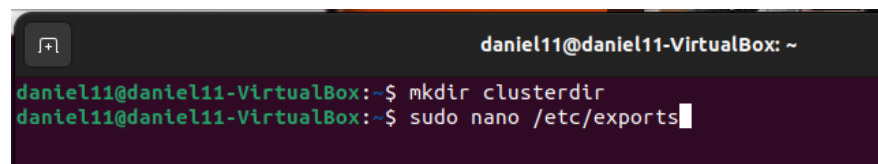
- Configuración de recurso compartido

- Crear carpeta clusterdir

\$ mkdir clusterdir

- Se accede a archivo exports

\$ sudo nano /etc/exports



- Se añade la siguiente línea (se indica la dirección de gateway o puerta de enlace)

/home/daniel11/clusterdir

172.20.8.1/24(rw,no_subtree_check,async,no_root_squash)

```
daniel11@daniel11-VirtualBox: ~
GNU nano 6.2 /etc/exports *
# /etc/exports: the access control list for filesystems which may be exported
# to NFS clients. See exports(5).
#
# Example for NFSv2 and NFSv3:
# /srv/homes hostname1(rw,sync,no_subtree_check) hostname2(ro,sync,no_subtree_check)
#
# Example for NFSv4:
# /srv/nfs4 gss/krb5i(rw,sync,fsid=0,crossmnt,no_subtree_check)
# /srv/nfs4/homes gss/krb5i(rw,sync,no_subtree_check)
#
/home/daniel11/clusterdir 172.20.8.1/24(rw,no_subtree_check,async,no_root_squash)
```

■ Reiniciar servicio nfs

\$ /etc/init.d/nfs-kernel-server restart

```
daniel11@daniel11-VirtualBox: ~
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ /etc/init.d/nfs-kernel-server restart
Restarting nfs-kernel-server (via systemctl): nfs-kernel-server.service.
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$
```

● Revisar si el recurso compartido es visible para esclavo 1

- Acceder a recursos del maestro mediante nfs

\$ ssh esteban@nodoSanty

\$ showmount -e 172.20.8.78

```
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ ssh esteban@nodoSanty
Welcome to Ubuntu 22.04.2 LTS (GNU/Linux 5.19.0-35-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

 * Introducing Expanded Security Maintenance for Applications.
   Receive updates to over 25,000 software packages with your
   Ubuntu Pro subscription. Free for personal use.

https://ubuntu.com/pro

El mantenimiento de seguridad expandido para Applications está desactivado

Se pueden aplicar 30 actualizaciones de forma inmediata.
Para ver estas actualizaciones adicionales, ejecute: apt list --upgradable

1 actualización de seguridad adicional se puede aplicar con ESM Apps.
Aprenda más sobre cómo activar el servicio ESM Apps at https://ubuntu.com/esm

Last login: Tue Mar  7 11:22:18 2023 from 172.20.8.78
esteban@santy:~$ showmount -e 172.20.8.78
Export list for 172.20.8.78:
/home/daniel11/clusterdir 172.20.0.0/16
```

- Montaje de directorio remoto

\$ sudo mount -t nfs 172.20.8.78:/home/daniel11/clusterdir

/home/esteban/clusterdir

```
esteban@santy:~$ sudo mount -t nfs 172.20.8.78:/home/daniel11/clusterdir /home/esteban/clusterdir
[sudo] contraseña para esteban:
esteban@santy:~$
```

- Revisar que se haya realizado (esta conectado al nodo maestro)

\$ mount

```

esteban@santy:~$ mount
sysfs on /sys type sysfs (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime)
proc on /proc type proc (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime)
udev on /dev type devtmpfs (rw,nosuid,relatime,size=8106468k,nr_inodes=2026617,mode=755,inode64)
devpts on /dev/pts type devpts (rw,nosuid,noexec,relatime,gid=5,mode=620,ptmxmode=000)
tmpfs on /run type tmpfs (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime,size=1629264k,node=755,inode64)
/dev/sdb3 on / type ext4 (rw,relatime,errors=remount-ro)
securityfs on /sys/kernel/security type securityfs (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime)
tmpfs on /dev/shm type tmpfs (rw,nosuid,nodev,inode64)
tmpfs on /run/lock type tmpfs (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime,size=5120k,inode64)
cgroup2 on /sys/fs/cgroup type cgroup2 (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime,nsdelegate,memory_recursive
rot)
pstore on /sys/fs/pstore type pstore (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime)
bpf on /sys/fs/bpf type bpf (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime,mode=700)
systemd-1 on /proc/sys/fs/binfmt_misc type autofs (rw,relatime,fd=29,pgrp=1,timeout=0,minproto=5,
proto=5,direct,pipe_ino=18635)
mqueue on /dev/mqueue type mqueue (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime)
hugetlbfs on /dev/hugepages type hugetlbfs (rw,relatime,pagesize=2M)
debugfs on /sys/kernel/debug type debugfs (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime)
tracefs on /sys/kernel/tracing type tracefs (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime)
fusectl on /sys/fs/fuse/connections type fusectl (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime)
configfs on /sys/kernel/config type configfs (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime)
ramfs on /run/credentials/systemd-sysusers.service type ramfs (ro,nosuid,nodev,noexec,relatime,mo
de=700)
nfsd on /proc/fs/nfsd type nfsd (rw,relatime)
/var/lib/snapd/snaps/bare_5.snap on /snap/bare/5 type squashfs (ro,nodev,relatime,errors=continue

```

- Modificar archivo fstab

\$ sudo nano /etc/fstab

```

esteban@santy: ~
GNU nano 6.2 /etc/fstab
# /etc/fstab: static file system information.
#
# Use 'blkid' to print the universally unique identifier for a
# device; this may be used with UUID= as a more robust way to name devices
# that works even if disks are added and removed. See fstab(5).
#
# <file system> <mount point> <type> <options> <dump> <pass>
# / was on /dev/sda3 during installation
UUID=c7ed9a0b-6534-46d5-864b-de9d43a2153e / ext4 errors=remount-ro 0 1
# /boot/efi was on /dev/sda2 during installation
UUID=68CD-96E0 /boot/efi vfat umask=0077 0 1
/swapfile none swap sw 0 0

```

- Se añade la siguiente línea

172.20.8.78:/home/daniel11/clusterdir /home/esteban/clusterdir nfs
rw,sync,hard,intr 0 0

```

esteban@santy: ~
GNU nano 6.2 /etc/fstab
# /etc/fstab: static file system information.
#
# Use 'blkid' to print the universally unique identifier for a
# device; this may be used with UUID= as a more robust way to name devices
# that works even if disks are added and removed. See fstab(5).
#
# <file system> <mount point> <type> <options> <dump> <pass>
# / was on /dev/sda3 during installation
UUID=c7ed9a0b-6534-46d5-864b-de9d43a2153e / ext4 errors=remount-ro 0 1
# /boot/efi was on /dev/sda2 during installation
UUID=68CD-96E0 /boot/efi vfat umask=0077 0 1
/swapfile none swap sw 0 0
172.20.8.78:/home/daniel11/clusterdir /home/esteban/clusterdir nfs rw,sync,hard,intr 0 0

```

- Salir del archivo fstab
- Se comprueba que se haya realizado correctamente

\$ sudo umount /home/esteban/clusterdir/

\$ sudo mount -a

```

esteban@santy:~$ sudo nano /etc/fstab
esteban@santy:~$ sudo mount -a

```

- Revisar si el recurso compartido es visible para esclavo 2

- Acceder a recursos del maestro mediante nfs

\$ ssh esteban@nodoEsteban

\$ showmount -e 172.20.8.78

```
daniel11@daniel11-VirtualBox:~$ ssh esteban@nodoEsteban
Welcome to Ubuntu 22.04.2 LTS (GNU/Linux 5.19.0-35-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

 * Introducing Expanded Security Maintenance for Applications.
   Receive updates to over 25,000 software packages with your
   Ubuntu Pro subscription. Free for personal use.

   https://ubuntu.com/pro

El mantenimiento de seguridad expandido para Applications está desactivado

Se pueden aplicar 32 actualizaciones de forma inmediata.
Para ver estas actualizaciones adicionales, ejecute: apt list --upgradable

1 actualización de seguridad adicional se puede aplicar con ESM Apps.
Aprenda más sobre cómo activar el servicio ESM Apps at https://ubuntu.com/esm

Last login: Tue Mar  7 11:46:18 2023 from 172.20.8.78
esteban@esteban:~$ showmount -e 172.20.8.78
Export list for 172.20.8.78:
/home/daniel11/clusterdir 172.20.0.0/16
```

- Montaje de directorio remoto
\$ sudo mount -t nfs 172.20.8.78:/home/daniel11/clusterdir /home/esteban/clusterdir

```
esteban@esteban:~$ sudo mount -t nfs 172.20.8.78:/home/daniel11/clusterdir /home/esteban/clusterdir
[sudo] contraseña para esteban:
```

- Revisar que se haya realizado (esta conectado al nodo maestro)
\$ mount

```
esteban@esteban:~$ mount
sysfs on /sys type sysfs (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime)
proc on /proc type proc (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime)
udev on /dev type devtmpfs (rw,nosuid,relatime,size=8106472k,nr_inodes=2026618,mode=755,inode64)
```

- Modificar archivo fstab
\$ sudo nano /etc/fstab

```
esteban@esteban:~$ sudo nano /etc/fstab
esteban@esteban:~$
```

- Se añade la siguiente línea
172.20.8.78:/home/daniel11/clusterdir /home/esteban/clusterdir nfs
rw,sync,hard,intr 0 0

```
esteban@santy: ~
GNU nano 6.2 /etc/fstab
# /etc/fstab: static file system information.
#
# Use 'blkid' to print the universally unique identifier for a
# device; this may be used with UUID= as a more robust way to name devices
# that works even if disks are added and removed. See fstab(5).
#
# <file system> <mount point> <type> <options> <dump> <pass>
# / was on /dev/sda3 during installation
UUID=c7ed9a0b-6534-46d5-864b-de9d43a2153e / ext4 errors=remount-ro 0 1
# /boot/efi was on /dev/sda2 during installation
UUID=68CD-96E0 /boot/efi vfat umask=0077 0 1
swapfile none swap sw 0 0
```

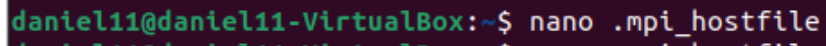
- Salir del archivo fstab
- Se comprueba que se haya realizado correctamente
\$ sudo umount /home/esteban/clusterdir/
\$ sudo mount -a

```
esteban@esteban:~$ sudo mount -a
esteban@esteban:~$
```

- Archivo mpi_hostfile

- Crear archivo mpi_hostfile

\$ nano .mpi_hostfile



- Se añaden las siguientes líneas (Para tres nodos)

#Nodo maestro

localhost slots=1

#Nodo esclavo 1 Santy

nodoSanty slots=1

#Nodo esclavo 2 Esteban

nodoEsteban slots=1



- Se añaden las siguientes líneas (Para dos nodos)

#Nodo maestro

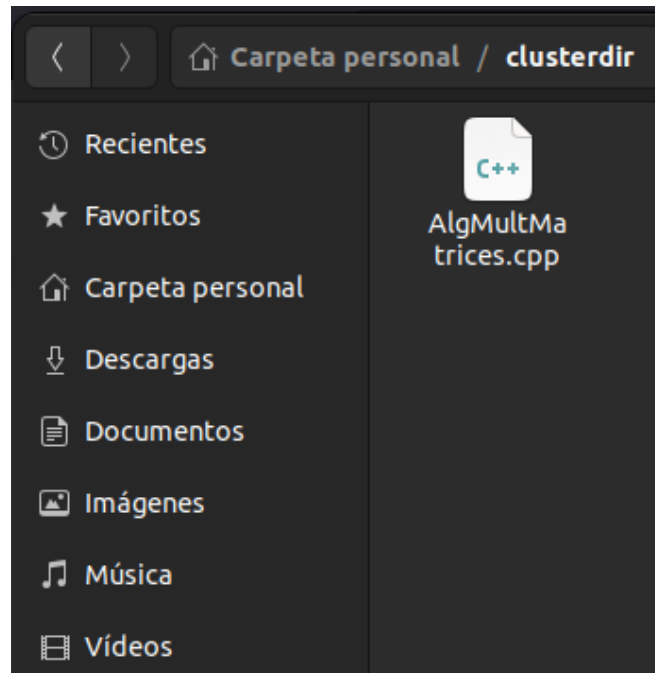
localhost slots=1

#Nodo esclavo 1 Santy

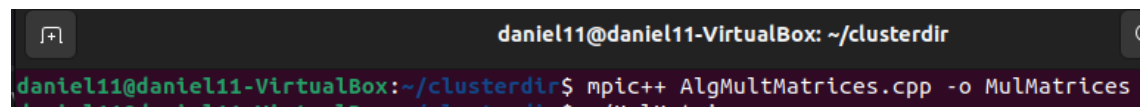
nodoSanty slots=1



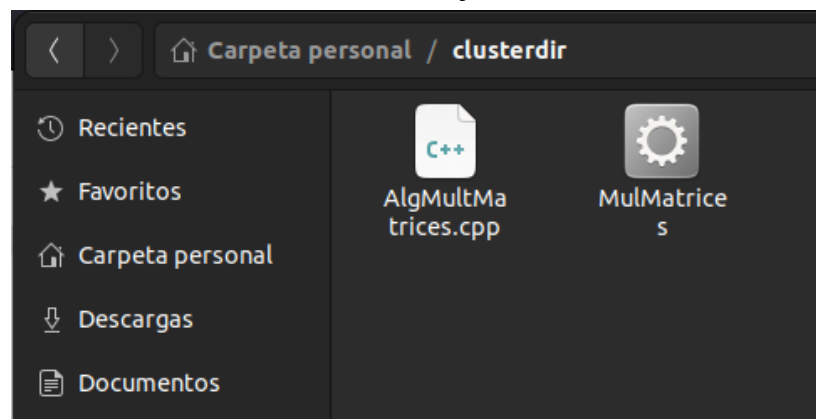
- Salimos del archivo mpi_hostfile
- Probar aplicación c++
 - Se copia el archivo c++ en la carpeta clusterdir



- Accedemos a la carpeta clusterdir por consola
\$ cd clusterdir/
- Generamos archivo ejecutable del algoritmo
\$ mpic++ AlgMultMatrices.cpp -o MulMatrices



- Nos da como resultado un binario ejecutable llamado “MulMatrices”



- Ejecución solo en maestro
\$ mpic++ AlgMultMatrices.cpp -o MulMatrices
\$./MulMatrices

```
daniel11@daniel11-VirtualBox: ~/clusterdir
daniel11@daniel11-VirtualBox:~/clusterdir$ mpic++ AlgMultMatrices.cpp -o MulMatrices
daniel11@daniel11-VirtualBox:~/clusterdir$ ./MulMatrices

'Cuenta multiplicación de matrices
C++/MPI version

Programa para multiplicar matrices.
Corriendo en 1 procesos

    N      Suma valores matriz resultante      Tiempo
    1              0      0.000162808
    2      1322341340      0.00982222
    4      418612524      0.00381276
    8      976762556      0.00768796
   16     2093062620      0.0101112
   32      30695452      0.0133532
   64     200928412      0.0187911
  128     541394332      0.0352181
  256     1222326172      0.0701299
  512     -1710777444      0.139451
 1024     1012949916      0.277943
 2048     348478162      0.877575
 4096     -1683661096      1.34289
 8192     -1123027402      3.4389
16384     1815464697      5.39325
32768     366437038      3.78921
65536     -456718168      7.13731
131072    -1442270523      21.3567
262144    2003164787      40.0873
524288    -1491806455      71.5891
1048576    -1169373298      137.4

PRIME_MPI - Procesos maestro:
Finalizacion del calculo normal.
daniel11@daniel11-VirtualBox:~/clusterdir$
```

- Ejecución con los nodos
 - Comando para ejecutar en dos nodos, con los dos slots disponibles
\$ mpirun -np 2 ./MulMatrices

```
daniel11@daniel11-VirtualBox: ~/clusterdir
daniel11@daniel11-VirtualBox:~/clusterdir$ mpirun -np 2 ./MulMatrices

'Cuenta multiplicación de matrices
C++/MPI version

Programa para multiplicar matrices.
Corriendo en 2 procesos

    N      Suma valores matriz resultante      Tiempo
    1              0      0.000275548
    2      45242056      0.000504461
    4      135726168      0.000863748
    8      316694392      0.00167455
   16     678630840      0.00332572
   32     1402503736      0.00716106
   64     -1444717768      0.00838552
  128     1450773816      0.0116908
  256     -1348177608      0.0144888
  512     1643854136      0.023662
 1024     -962016968      0.0468013
 2048     -1878791880      0.0922606
 4096     582625592      0.184038
 8192     1210493240      0.367433
16384     1285400180      1.89933
32768     1791415735      2.59747
65536     384649982      4.98117
131072    -1683487363      7.05138
262144     546728378      16.0768
524288    -1915863456      40.3661
1048576    -1841181719      60.4153

PRIME_MPI - Procesos maestro:
Finalizacion del calculo normal.
daniel11@daniel11-VirtualBox:~/clusterdir$
```

Registro de Datos, Cálculos y Resultados

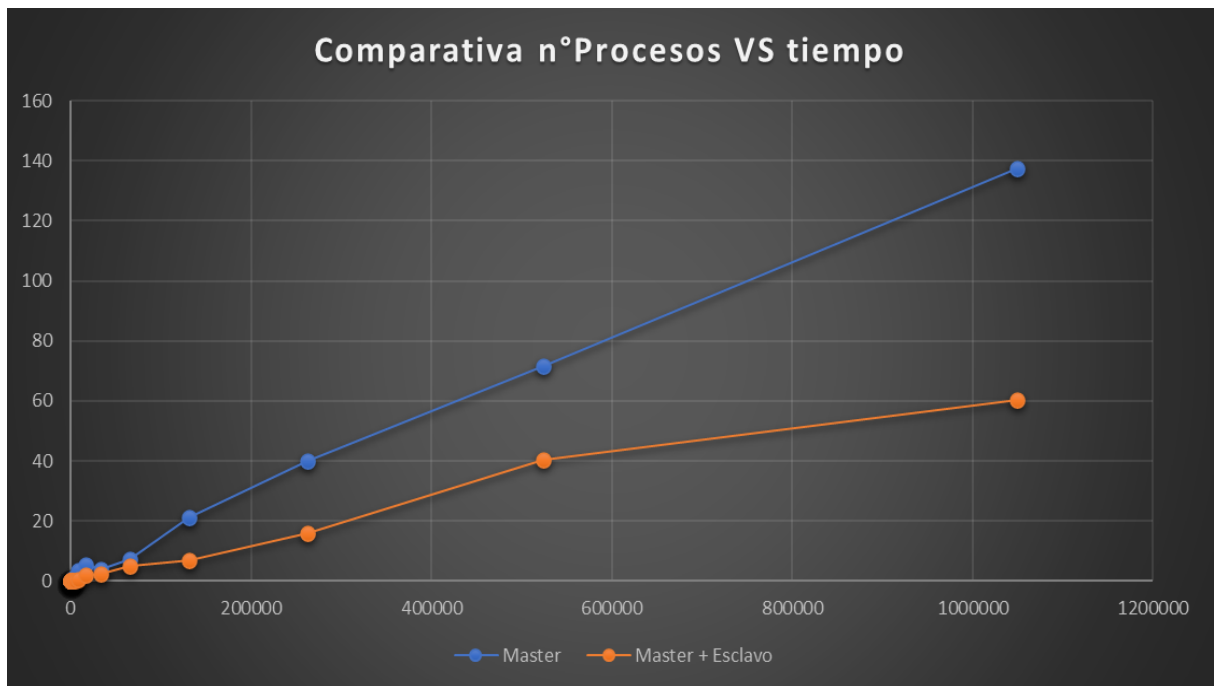
- Tabla de datos 1. Ejecución solo en nodo maestro

N (Procesos)	Tiempo (Segundos)
1	0.000162808
2	0.00982222
4	0.00381276
8	0.00768796
16	0.0101112
32	0.0133532
64	0.0187911
128	0.0352181
256	0.0701299
512	0.139451
1024	0.277943
2048	0.877575
4096	1.34289
8192	3.4389
16384	5.39325
32768	3.78921
65536	7.13731
131072	21.3567
262144	40.0873
524288	71.5891
1048576	137.4

- Tabla de datos 2. Ejecución en nodo maestro y esclavos

N (Procesos)	Tiempo (Segundos)
1	0.000275548
2	0.000504461
4	0.000863748
8	0.00167455
16	0.00332572
32	0.00716106
64	0.00838552
128	0.0116908
256	0.0144888
512	0.023662
1024	0.0468013
2048	0.0922606
4096	0.184038
8192	0.367433
16384	1.89933
32768	2.59747
65536	4.98117
131072	7.05138
262144	16.0768
524288	40.3661
1048576	60.4153

- **Gráfica 1.** Comparativa entre los procesos de solo el Master vs Master+Esclavo según el tiempo.



- Observaciones

Con ayuda de las tablas anteriores nos podemos dar cuenta cómo se desarrollan los procesos a razón del tiempo, se puede evidenciar que los procesos que se usan nodos esclavos se optimiza el tiempo aplicando conceptos como rendimiento y disponibilidad.

Se puede observar que a medida que van aumentando los procesos de ejecución el tiempo no es el mismo en los dos casos, master junto a los nodos esclavos tiene un mejor desarrollo en los procesos y termina siendo determinante en el tiempo de ejecución.

Análisis de Resultados

- Uno de los principales objetivos al configurar un Clúster es mejorar el rendimiento del sistema. Por lo tanto, se debe evaluar si el rendimiento mejoró después de la implementación del Clúster. Se pueden realizar pruebas de carga para comparar el rendimiento antes y después de la implementación del Clúster.
- Otro objetivo importante del Clúster es mejorar la disponibilidad del sistema. Se debe evaluar si el sistema se mantuvo en línea durante todo el tiempo que se realizó la prueba. Se pueden simular fallos en los nodos para evaluar si el sistema sigue funcionando correctamente en caso de que uno o varios nodos fallen.
- Escalabilidad: El Clúster debe ser capaz de escalar a medida que se requiere más capacidad. Se puede evaluar la capacidad de agregar más nodos al Clúster y cómo se comporta el sistema al hacerlo.
- Configuración: La configuración del Clúster debe ser sencilla y fácil de entender. Se debe evaluar si la configuración se realizó de manera correcta y si es fácil de mantener y actualizar.
- Tolerancia a fallos: El Clúster debe ser tolerante a fallos y ser capaz de recuperarse rápidamente de cualquier problema que se presente. Se debe evaluar cómo se comporta el sistema en caso de fallos y cómo se recupera.
- En general, el análisis de los resultados debe permitir evaluar si el Clúster cumple con los objetivos para los que fue implementado y si es una solución adecuada para las necesidades de la organización. También se pueden identificar áreas de mejora y oportunidades para optimizar el Clúster en el futuro.

Conclusiones

- Los Clústeres son una herramienta importante para mejorar el rendimiento y la disponibilidad de los sistemas informáticos, ya que permiten distribuir la carga de trabajo y ofrecer redundancia en caso de fallos.
- La configuración de un Clúster requiere una planificación cuidadosa y un conocimiento profundo de la arquitectura del sistema que se va a implementar.
- La configuración de los nodos maestros y esclavos permite definir roles y responsabilidades específicas para cada uno de ellos, lo que facilita la gestión y el mantenimiento del Clúster.
- La implementación de un Clúster puede ser compleja y requerir una inversión significativa en recursos, tanto en términos de hardware como de software y tiempo de configuración.
- A pesar de los desafíos que conlleva la configuración de un Clúster, los beneficios que ofrece en términos de rendimiento, escalabilidad y disponibilidad lo hacen una herramienta muy valiosa para empresas y organizaciones que requieren alta disponibilidad y escalabilidad en sus sistemas informáticos.
- Se plantearon y se identificaron los aspectos del entorno donde se requirieron instalar herramientas para lograr un ambiente apto para la computación paralela.

Bibliografía

- Daniel Gomez Jaramillo. (2018, 24 enero). Clúster Beowulf usando Open MPI en Linux. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=uZbGhJw0aos>
- Open MPI: Version 4.1. (s. f.). <https://www.open-mpi.org/software/ompi/v4.1/>
- MPI Hello World · MPI Tutorial. (s. f.). <https://mpitutorial.com/tutorials/mpi-hello-world/>
- Installing MPICH2 on a Single Machine · MPI Tutorial. (s. f.). <https://mpitutorial.com/tutorials/installing-mpich2/>
- Running an MPI Cluster within a LAN · MPI Tutorial. (s. f.). <https://mpitutorial.com/tutorials/running-an-mpi-cluster-within-a-lan/>
- E., & Perfil, V. T. M. (s. f.). Cluster Beowulf + OpenMPI + NFS. <https://montatucluster.blogspot.com/>
- ¿Qué es un cluster? (s. f.). <https://www.revista.unam.mx/vol.4/num2/art3/cluster.htm>

