

---

## TEL354 - REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE (SDN)

Laboratorio N°:

6

Semestre:

2025-1

Tema:

Northbound API: Aplicación REST en Python

Profesor: Gumercindo Bartra

---

### INDICACIONES GENERALES

- Durante el laboratorio se puede usar el material provisto por los docentes y blogs de internet.
  - Seguir atentamente las indicaciones de los jefes de práctica.
- 

### OBJETIVOS

- Adquirir herramientas necesarias para interactuar con el Northbound API (REST API) de un controlador SDN
  - Ser capaz de automatizar la interacción con un controlador SDN
  - Desarrollar una aplicación para el controlador Floodlight
- 

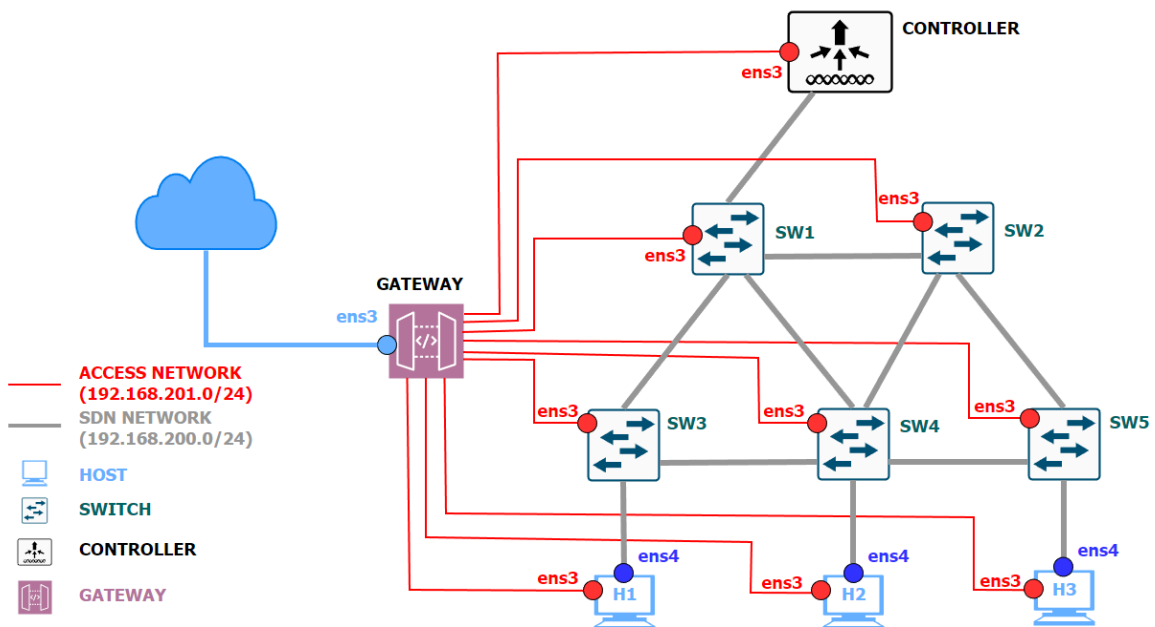
### ACTIVIDADES A REALIZAR

N°	ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO	PUNTAJE
1	Informe Previo	10 días	8 pts
2	Experiencia Guiada	2 horas	-
3	Experiencia independiente/ Informe Final	-	12 pts

Jefe de práctica responsable: Anthony Garcia Macavilca (garcia.josea@pucp.pe)

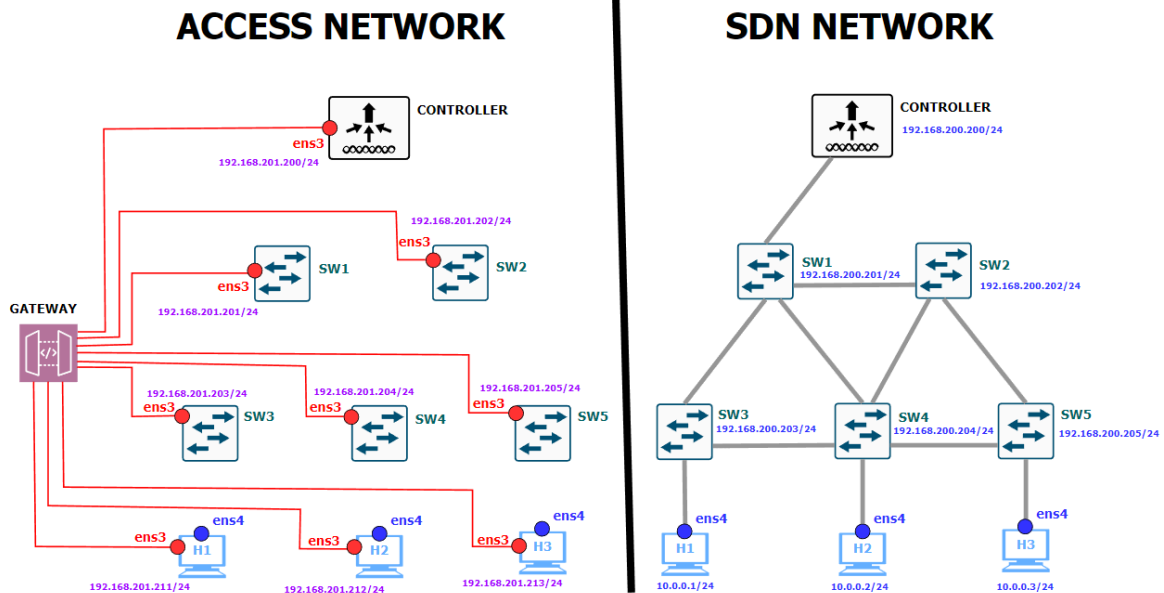
## ESCENARIO

El Grupo de Investigación de Redes Avanzadas (GIRA-PUCP), perteneciente a la sección de Telecomunicaciones, cuenta con un emulador de redes avanzadas denominado VNRT, en el cual se ha desplegado la topología con la que se trabajará en el presente ciclo. A continuación se describen los componentes de la topología en cuestión:



Tal y como se puede observar, se tienen 10 máquinas virtuales distribuidas de la siguiente manera: 3 hosts (clientes de la red), 5 switches ([Open vSwitch](#)), un controlador([Floodlight Controller](#)) y un gateway (puerta de ingreso con accesos limitados).

Si desglosamos la topología mostrada líneas arriba, podemos identificar dos tipos de redes:



Para acceder a cada uno de los elementos dentro de la topología, es necesario establecer conexiones ssh a diferentes puertos previamente configurados.

Virtual Machine	PORT
Gateway	22
CONTROLLER	5800
SW1	5801
SW2	5802
SW3	5803
SW4	5804
SW5	5805
H1	5811
H2	5812
H3	5813

El comando a usar para tener un acceso vía ssh exitoso es:

```
$ ssh ubuntu@$ip_gateway -p $port
```

**✓ Nota**

Las credenciales para acceder a la máquinas virtuales son:

- user: ubuntu
- password: ubuntu

**✓ Nota**

Debe reemplazar las variables **ip\_gateway** y **port** de acuerdo a su conveniencia.

**✓ Importante**

El usuario ubuntu tiene permisos de sudoers en todas las VMs a excepción del Gateway. Cualquier tipo de modificación dentro del Gateway está prohibida, recuerden que este dispositivo sólo será usado para acceder a sus demás VMs.

---

## GUÍA DE LABORATORIO

### Indicaciones generales:

- Puntaje total: 12 ptos
  - El desarrollo de la guía de laboratorio es personal. Cada alumno deberá presentar un archivo en formato PDF con el nombre TEL354\_RF\_LAB6\_[YYY].pdf, dónde XXX es su código PUCP. Este archivo contendrá sus respuestas así como cualquier código desarrollado que se le pida.
  - Fecha máxima de entrega del IF: **martes 17 de junio a las 20:00 hrs (Horario 0891) y jueves 19 de junio a las 21:00 hrs (Horario 0892)**. No se podrán subir los informes después de dicha hora ni se recibirán por ningún otro medio.
  - Subir el informe previo a la actividad de Classroom correspondiente (LABORATORIO 06 - EXPERIENCIA DE LABORATORIO) con el siguiente formato: TEL354\_RF\_LAB6\_[YYY].pdf, donde [YYY] es su código PUCP.
  - Es responsabilidad del alumno revisar y practicar los conceptos previos necesarios para el correcto desarrollo del laboratorio. Durante la sesión, no se dará asesoría respecto a temas asignados en el informe previo. Cualquier duda o consulta podrá ser resuelta por los jefes de práctica y/o profesor (previa coordinación) antes del laboratorio.
- 

### **ACTIVIDAD 1: Desarrollo de aplicación REST en Python (12 puntos)**

La universidad UPSM ha modernizado su red a una arquitectura SDN donde el acceso a los recursos está basado en roles de usuarios (estudiante, profesor, administrativo, investigador, etc.) asociados a sus objetivos de negocio. En particular, el acceso por parte de un alumno a un servidor está determinado por los cursos al que el alumno está matriculado en el semestre. Se le pide desarrollar una aplicación en python3 para el control de la red (creación de rutas) bajo el paradigma SDN. Use las siguientes suposiciones:

- La red está compuesta por switches openflow y un controlador Floodlight.
- El centro de estudios tiene cursos, alumnos matriculados, y servidores para cada curso, en los cuales se alojan servicios para el desarrollo de los cursos (p. ej. web, ftp, ssh)
- Por defecto no hay conectividad entre ningún host de la red. La aplicación debe permitir al administrador controlar el acceso de los alumnos a los servicios, de acuerdo a una serie de políticas declaradas previamente.

- 
- Existe un servicio NAC que -- al autorizar el acceso del usuario a la red -- mapea la identidad del alumno a la dirección MAC del equipo que el alumno usa para conectarse. Ud. puede asumir que esta asociación es conocida (p.ej., es un atributo de la clase "alumno").
  - Modo reactivo: durante operación regular (no será implementada en este laboratorio), cuando un usuario intente comunicarse con un servidor, el primer paquete será interceptado y enviado al controlador, quien informará a la aplicación que el "usuario X (identificado por su MAC)" quiere comunicarse con el "servicio Y del servidor Z (identificado por su IP, protocolo, puerto)". La aplicación instalará una ruta entre el usuario y el servidor si el alumno está matriculado a algún curso con acceso al servicio, caso contrario instalará una regla para dropear el paquete.
  - Modo proactivo: la aplicación también permite instalar rutas "manualmente" por ejemplo para troubleshooting o para sesiones que sean muy sensibles a la latencia. Este laboratorio se enfocará en la implementación de esta función.

Lineamientos de la aplicación:

La interfaz de usuario de la aplicación tendrá un menú principal será un menú por línea de comandos que tendrá la siguiente estructura:

- 1) Importar
- 2) Exportar
- 3) Cursos
- 4) Alumnos
- 5) Servidores
- 6) Políticas
- 7) Conexiones

Por ejemplo:

Cada submenú tendrá opciones CRUD: Create, Read (lista todo, o ver atributo de solo uno, Update, Delete), como se muestra en la tabla siguiente. Se indica con un asterisco (\*) aquellas funciones que Ud. deberá implementar.

```
#####
Network Policy manager de la UPSM
#####

Seleccione una opción:

1) Importar
2) Exportar
3) Cursos
4) Alumnos
5) Servidores
6) Políticas
7) Conexiones
8) Salir
>>> |
```

Menú	Opción	Descripción
Importar	Nombre de archivo (*)	Importa los valores del archivo (formato YAML).
Exportar	Nombre de archivo2	
Cursos	Crear	
	Listar (*)	Lista los cursos existentes y su estado
	Mostrar detalle(*)	Lista propiedades del curso, incluyendo a los alumnos
	Actualizar (*)	Agregar o eliminar a un alumno
	Borrar	
	Crear	

Alumnos	Listar (*)	Muestra a los alumnos existentes (considere filtros)
	Mostrar detalle (*)	Muestra las propiedades del alumno (código, nombre, y MAC)
	Actualizar	
	Borrar	
Servidores y servicios	Crear	
	Listar (*)	Mostrar los servidores existentes (nombre e IP)
	Mostrar detalle(*)	Muestra los servicios que brinda el servidor
	Actualizar	
	Borrar	
Conexiones	Crear (*)	Crear las rutas entre los alumnos y los servicios permitidos en los cursos matriculados. Asigna un "handler" a la conexión.
	Listar (*)	Muestra la conexiones creadas manualmente
	Mostrar detalle	Mostrar la ruta
	Recalcular	Recalcular la ruta
	Actualizar	Reemplaza la ruta actual con la nueva ruta calculada
	Borrar (*)	Eliminar la conexión identificada por su "handler".

La aplicación será capaz de exportar/importar su estado en un archivo formato YAML con la sintaxis mostrada en la figura siguiente.

1	# Bloque de alumnos
2	alumnos:
3	- nombre: Juan Perez
4	codigo: 20012482
5	mac: 00:44:11:22:44:A7:2A





6	- nombre: John Smith
7	codigo: 20041321
8	mac: 00:44:11:2F:33:D8:3C
9	- nombre: Luisa Marvel
10	codigo: 20080621
11	mac: 00:44:11:3F:22:C3:77
12	
13	# Bloque de cursos:
14	cursos:
15	- codigo: TEL354
16	estado: DICTANDO
17	nombre: Redes Definidas por Software
18	alumnos:
19	- 20012482
20	- 20041321
21	servidores:
22	- nombre: Servidor 1
23	servicios_permitidos:
24	- ssh
25	- codigo: TEL123
26	estado: INACTIVO
27	nombre: Telepathy and Telekinetics
28	- 20080621
29	- 20041321
31	servidores:
32	- nombre: Servidor 1
33	servicios_permitidos:
34	- web
35	
36	# Bloque de servidores / servicios
37	servidores:
38	- nombre: "Servidor 1"
39	ip: 10.0.0.3
40	servicios:
41	- nombre: ssh
42	protocolo: TCP
43	puerto: 23
44	- nombre: web
45	protocolo: TCP
46	puerto: 80

Recomendaciones:

- Verifique que el módulo de reactive routing del controlador Floodlight esté desactivado.
- Utilice las clases y funciones implementadas en las actividades 1, 2 y 3 para leer y almacenar los datos de ambos archivos en los objetos de tipo alumno, curso y servidor
- Para la creación y eliminación de conexiones, se debe validar que el alumno esté autorizado. En caso que no lo esté, devolver un mensaje de error.
- Un alumno se considera autorizado para acceder a un servicio X en el servidor Y si y sólo si está matriculado en algún curso con las siguientes características:
  - estado = DICTANDO
  - tiene al servidor Y en su lista de servidores
  - tiene al servicio X como parte de los "servicios permitidos" para el servidor Y.
- Para la creación de las rutas, considere lo siguiente:
  - Utilice las funciones implementadas en las actividades 1, 2 y 3 para hallar la ruta entre 2 host, compuesto por una secuencia de DPID y puertos
  - Defina una función que reciba la ruta, y los datos de la conexión e inserte los flows necesarios para habilitar la conectividad entre el alumno y el servicio solicitado.
  - Utilice match en L2, L3, y L4, en ambos sentidos (host->servidor, y servidor->host), permitiendo sólo los protocolos y puertos necesarios
  - No olvide los flows para ARP.
  - Utilizar la siguiente estructura en su programa (puede añadir más funciones):

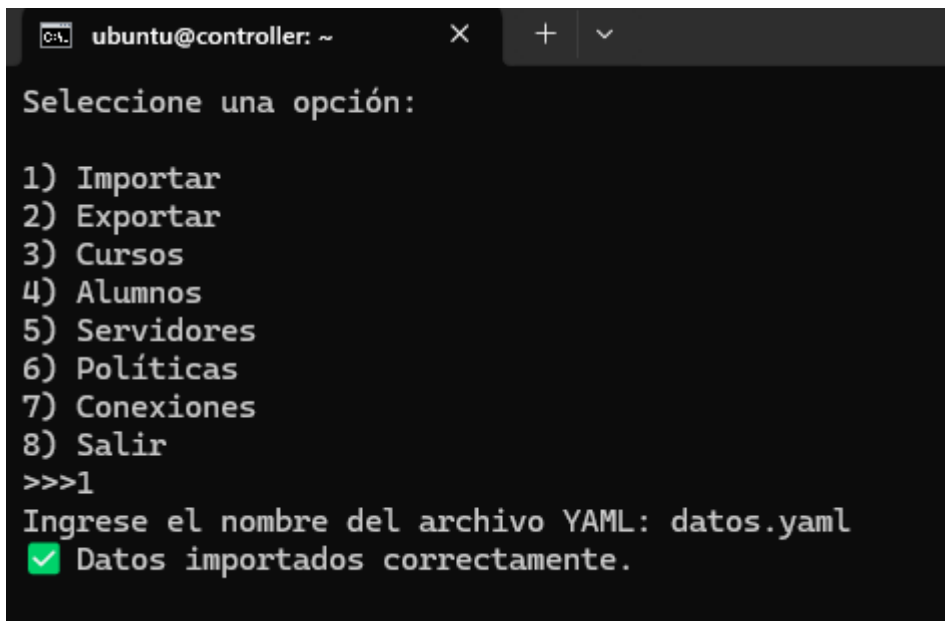
1	# imports
2	
3	class alumno:
4	# implementado en informe previo
5	
6	class curso:
7	# implementado en informe previo
8	
9	class servidor:
10	# implementado en informe previo
11	
12	def get_attachment_point():

```
13         # implementado en informe previo
14
15 def get_route():
16     # implementado en informe previo
17
18 def build_route():
19     # reciba la ruta los datos de conexión e inserte los flow entry necesarios
20
21 def menu():
22     # implemente el menu
23
24 def main():
25     # cargue los archivos, instancie las clases y llame al menú
26
```

Adjunte el link a un repositorio GitHub (nombre del repositorio con formato `TEL354_LAB6_<CODIGO_ALUMNO>`) el cual contenga su código desarrollado. Luego ejecute las siguientes acciones y adjunte snapshots de la ejecución de las mismas.

> Link de repositorio GitHub: [https://github.com/brandon1502/TEL354\\_LAB6\\_20215433.git](https://github.com/brandon1502/TEL354_LAB6_20215433.git)

- 1) Importe el archivo `database.yaml` que se encuentra en la carpeta 'Reporte Final'



```
ubuntu@controller: ~  
Seleccione una opción:  
1) Importar  
2) Exportar  
3) Cursos  
4) Alumnos  
5) Servidores  
6) Políticas  
7) Conexiones  
8) Salir  
>>>1  
Ingrese el nombre del archivo YAML: datos.yaml  
✅ Datos importados correctamente.
```

- 2) Liste a todos los alumnos.

```
--- Submenú: Alumnos ---  
1) Listar alumnos  
2) Mostrar detalle de alumno  
0) Volver  
>>> 1  
20012482: Juan Perez - MAC: 44:11:22:44:A7:2A  
20041321: John Smith - MAC: 44:11:2F:33:D8:3C  
20080621: Luisa Marvel - MAC: 44:11:3F:22:C3:77
```

- 3) Liste los alumnos que están en curso TEL354.

```
--- Submenú: Cursos ---  
1) Listar cursos  
2) Actualizar curso (agregar/quitar alumno)  
3) Mostrar detalle de curso  
0) Volver al menú principal  
>>> 3  
Código del curso: TEL354  
TEL354 - Redes Definidas por Software - Estado: DICTANDO  
Alumnos:  
- Juan Perez (20012482)  
- John Smith (20041321)
```

- 4) Liste los servidores y luego muestre los detalles del "Servidor 1". Verifique que la IP del "Servidor 1" sea la misma IP que la asignada a la VM H3 en su topología.

```
ubuntu@controller: ~  
3) Cursos  
4) Alumnos  
5) Servidores  
6) Políticas  
7) Conexiones  
8) Salir  
>>> 5  
  
--- Submenú: Servidores ---  
1) Listar servidores  
2) Mostrar detalle de servidor  
0) Volver  
>>> 1  
Servidor 1 - IP: 10.0.0.3  
  
--- Submenú: Servidores ---  
1) Listar servidores  
2) Mostrar detalle de servidor  
0) Volver  
>>> 2  
Nombre del servidor: Servidor 1  
Servidor Servidor 1 - IP: 10.0.0.3  
- ssh (TCP:22)  
- web (TCP:80)
```

- 5) Agregue al alumno "Oscar Wilde", con código "19003011" y la MAC igual a la MAC de la interfaz de la VM H1 (con lo que informa al sistema que el alumno está actualmente conectado a través de la máquina H1).

```
--- Submenú: Alumnos ---  
1) Listar alumnos  
2) Mostrar detalle de alumno  
0) Volver  
>>> 1  
20012482: Juan Perez - MAC: 44:11:22:44:A7:2A  
20041321: John Smith - MAC: 44:11:2F:33:D8:3C  
20080621: Luisa Marvel - MAC: 44:11:3F:22:C3:77  
19003001: Oscar Wilde - MAC: fa:16:3e:35:a5:04  
  
Submenú: Alumnos
```

- 6) Alumno "Oscar Wilde" inicia una sesión SSH con el "Servidor 1" (es decir, intente una conexión SSH desde la VM H1 a la VM H3). Indique el resultado

```
ubuntu@h1:~$ ssh ubuntu@10.0.0.3
ssh: connect to host 10.0.0.3 port 22: No route to host
ubuntu@h1:~$ |
```

- 7) Liste los cursos que tienen acceso al servicio SSH en el "Servidor 1"

```
>>> 3
--- Submenú: Cursos ---
1) Listar cursos
2) Actualizar curso (agregar/quitar alumno)
3) Mostrar detalle de curso
0) Volver al menú principal
>>> 3
Código del curso: TEL354
TEL354 - Redes Definidas por Software - Estado: DICTANDO
Alumnos:
- Juan Perez (20012482)
- John Smith (20041321)
Servidores asignados:
- Servidor 1 (10.0.0.3)
  Servicios permitidos:
    - ssh
    - web
```

- 8) Agregue a "Oscar Wilde" al curso TEL354



```
>>> 3
Código del curso: TEL354
TEL354 - Redes Definidas por Software - Estado: DICTANDO
Alumnos:
- Juan Perez (20012482)
- John Smith (20041321)
Servidores asignados:
- Servidor 1 (10.0.0.3)
  Servicios permitidos:
    - ssh

--- Submenú: Cursos ---
1) Listar cursos
2) Actualizar curso (agregar/quitar alumno)
3) Mostrar detalle de curso
0) Volver al menú principal
>>> 2
Código del curso: TEL354
1) Agregar alumno  2) Quitar alumno
>>> 1
Código del alumno: 19003001
✅ Alumno agregado.

--- Submenú: Cursos ---
1) Listar cursos
2) Actualizar curso (agregar/quitar alumno)
3) Mostrar detalle de curso
0) Volver al menú principal
>>> 3
Código del curso: TEL354
TEL354 - Redes Definidas por Software - Estado: DICTANDO
Alumnos:
- Juan Perez (20012482)
- John Smith (20041321)
- Oscar Wilde (19003001)
Servidores asignados:
- Servidor 1 (10.0.0.3)
  Servicios permitidos:
    - ssh

--- Submenú: Cursos ---
1) Listar cursos
2) Actualizar curso (agregar/quitar alumno)
3) Mostrar detalle de curso
0) Volver al menú principal
>>> |
```

- 9) Reintente la conexión SSH de la VM H1 a la VM H3 "Servidor 1". Indique el resultado e inserte un snapshot.

```
1) Importar
2) Exportar
3) Cursos
4) Alumnos
5) Servidores
6) Políticas
7) Conexiones
8) Salir
>>> 7

--- Submenú: Conexiones ---
1) Crear conexión
2) Listar conexiones
3) Borrar conexión
9) Volver
>>> 1
Nombre del handler de la conexión: conexion1
Código del alumno: 19003001
Nombre del servidor destino: Servidor 1
Nombre del servicio: ssh
Conexión creada exitosamente y flujos de ida y vuelta instalados.

--- Submenú: Conexiones ---
1) Crear conexión
2) Listar conexiones
3) Borrar conexión
9) Volver
>>> 2
conexion1: Alumno 19003001 -> Servidor Servidor 1 (ssh)

--- Submenú: Conexiones ---
1) Crear conexión
2) Listar conexiones
3) Borrar conexión
9) Volver
>>> |
```



```
ubuntu@h1:~$ ssh ubuntu@10.0.0.3
ubuntu@10.0.0.3's password:
Welcome to Ubuntu 18.04.4 LTS (GNU/Linux 4.15.0-109-generic x86_64)

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

System information as of Mon Jun 23 03:20:58 UTC 2025

System load:  0.0               Processes:            92
Usage of /:   68.1% of 2.74GB   Users logged in:     1
Memory usage: 21%              IP address for ens3: 192.168.201.213
Swap usage:   0%               IP address for ens4: 10.0.0.3

 * Canonical Livepatch is available for installation.
   - Reduce system reboots and improve kernel security. Activate at:
     https://ubuntu.com/livepatch

81 packages can be updated.
1 update is a security update.

Failed to connect to https://changelogs.ubuntu.com/meta-release-lts. Check your Internet c

*** System restart required ***
Last login: Mon Jun 23 02:59:03 2025 from 10.0.0.1
ubuntu@h3:~$
ubuntu@h3:~$
```

10) Borre la conexión creada entre "Oscar Wilde" y el "Servidor 1".

```
--- Submenú: Conexiones ---
1) Crear conexión
2) Listar conexiones
3) Borrar conexión
0) Volver
>>> 3
Ingrese el nombre del handler a borrar: conexion1
✅ Conexión eliminada.

--- Submenú: Conexiones ---
1) Crear conexión
2) Listar conexiones
3) Borrar conexión
0) Volver
>>> |
```

11) Reintente 10) indicando el resultado e insertando otro snapshot.



**PUCP**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
2025-1

---

```
ssh: connect to host 10.0.0.3 port 22: No route to host  
ubuntu@h1:~$ ssh ubuntu@10.0.0.3  
ssh: connect to host 10.0.0.3 port 22: No route to host  
ubuntu@h1:~$ |
```