

Presentación

En este reto hemos descubierto el cambio de paradigma introducido por el *cloud computing* a la hora de gestionar los datos y la información, dando lugar así a soluciones que permiten el almacenamiento, acceso y procesado de los datos bajo demanda. En la actividad que os proponemos para este reto vamos a relacionar el cloud computing con las redes de nueva generación, profundizando así en las problemáticas que presentan las redes tradicionales basadas en modelos estáticos y equipos hardware altamente especializados. Además, veremos qué nuevos paradigmas se están proponiendo en el ámbito de las redes formadas por equipos de propósito general y gestionados por software.

Esta actividad está compuesta por una serie de preguntas teóricas y ejercicios prácticos, para los que necesitaréis buscar información de fuentes externas con las que relacionar los conceptos que hemos visto en el módulo teórico sobre conceptos como Software Defined Networking (SDN), Network Function Virtualization (NFV) y Big Data.

Competencias

En esta PEC se trabajan las siguientes competencias del Grado de Ciencia de Datos Aplicada:

- Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- Comunicar y transmitir los conocimientos, habilidades y destrezas de la profesión en el marco de la ciencia de datos.

Objetivos

Los objetivos específicos de esta PEC son:

- Comprender las problemáticas relacionadas con el almacenamiento de los datos.
- Entender cómo se definirán las redes de futura generación.
- Conocer los diferentes servicios que el cloud puede ofrecer y entender los problemas de implementación asociados.
- Saber identificar ventajas y desventajas del cloud computing.
- Entender cómo el cloud se relaciona con el futuro de las redes de comunicaciones.
- Conseguir relacionar conceptos aprendidos en los diferentes retos con nuevos conceptos.
- Desarrollar competencias transversales como la capacidad de redactar y comunicar de forma entendedora los conocimientos adquiridos a través de una investigación proactiva sobre temáticas innovadoras en el contexto de la asignatura.

Descripción de la PEC a realizar

Esta PEC hará que reflexiones y relaciones los conocimientos asociados a este reto. Para ello, partiremos de los apuntes del reto, que iremos ampliando con conceptos innovadores sobre las redes de última generación. Tendrás que buscar información en Internet, leer artículos científicos y relacionar conceptos. También tendrás que ejercitar tu capacidad de redacción y comunicación presentando textos claros, bien elaborados, junto con las referencias que has utilizado.

En cuanto a los ejercicios contenidos en esta PEC, te plantearemos unos temas abiertos referentes a los principales conceptos de este reto, junto con cuestiones referentes a conceptos más innovadores, que en la documentación proporcionada sólo hemos conocido parcialmente. Además, trabajaremos el concepto de SDN mediante ejercicios prácticos en Packet Tracer. Lo que se espera de ti en el desarrollo de esta PEC es que busques y leas documentos, profundices, y te esfuerces en relacionar conceptos, presentando tus razonamientos en un documento bien argumentado y organizado. Recomendamos también que sigas las siguientes indicaciones:

- Además de los recursos propios del reto, puedes consultar recursos en Internet. Por ejemplo, en los agregadores de artículos científicos como [IEEE Xplore](#) o [Google Scholar](#), o en revistas más generalistas como [Wired](#), [Xataka](#) o [Ars Technica](#).
- Intenta que tus respuestas sean concretas y no excedan los 600 caracteres, aproximadamente.
- Para cada respuesta, indica las referencias bibliográficas que has utilizado.

Recursos

Recursos Básicos

- Almacenar, compartir y procesar datos a través de las redes de computadores
- Fundamentos y plataformas de cloud computing

Recursos Complementarios

- Cloud Computing - Why IT Matters
- What is cloud computing? Everything you need to know about the cloud, explained
- Manual de Packet Tracer

Criterios de valoración

- La PEC debe resolverse de manera individual.
- Es necesario justificar todas las respuestas a los ejercicios propuestos en la PEC.
- La puntuación (sobre un total de 10 puntos) asociada a cada ejercicio de esta PEC se indica al inicio de cada enunciado.

Los ejercicios de esta PEC constituyen la parte correspondiente del cómputo de la evaluación continua de la asignatura: $AC = 0,2 \cdot PEC1 + 0,3 \cdot PEC2 + 0,3 \cdot PEC3 + 0,2 \cdot PEC4$

Para más información sobre el modelo de evaluación de la asignatura os remitimos al Plan Docente.

Formato y fecha de entrega

La entrega de esta PEC estará formada por un archivo *.pdf* siguiendo el formato específico **PEC4Apellido1Apellido2Nombre.pdf** e incluirá:

- La memoria de la práctica en formato *.pdf* que contenga las respuestas correspondientes a todos los Ejercicios planteados.

Este archivo *.pdf* deberá enviarse a través de la herramienta REC (Registro de Evaluación Continua) del aula antes de las 23:59 del día 07/01/2022. No se aceptarán entregas fuera de plazo.

IMPORTANTE: Recordad que la PEC es individual. La detección de falta de originalidad será penalizada conforme a la normativa vigente de la UOC. Además, al hacer la entrega aseguraos de comprobar que el fichero entregado es el correcto, pues es responsabilidad del alumno realizar las entregas correctamente. No se aceptarán entregas fuera de plazo.

1. Cloud computing

El cloud computing se refiere a un nuevo modelo de gestión de los datos que permite el almacenamiento y el procesamiento de los datos bajo demanda, según las necesidades específicas de los usuarios. Así se ha introducido en el documento *Almacenar, compartir y procesar datos a través de las redes de computadores*.

Ejercicio 1 [0,25p]: Describe las principales tecnologías habilitadoras del cloud computing.

Ejercicio 2 [0,5p]: En el cloud computing no todos son ventajas y, de hecho, el consumo energético es uno de sus principales retos. ¿A qué crees que es debido? ¿Cómo se puede aliviar semejante problema?

Los servicios cloud consisten en utilizar remotamente componentes de software y hardware de terceros, de manera segura y fiable, y a bajo coste. Estos servicios normalmente se despliegan en los data centers, que tienen que ser escalables respecto a la velocidad de datos y a los tiempos de procesamiento que ofrecen, manteniendo al mismo tiempo limitado el coste de despliegue y el gasto energético.

Ejercicio 3 [0,25p]: Según el nivel de control requerido por el usuario, o el nivel que el proveedor de servicios cloud quiera ofrecer a sus clientes, se definen diferentes tipos principales de servicios cloud. Descríbelos e indica un ejemplo comercial para cada tipo.

La capa de virtualización separa un dispositivo físico en uno o más dispositivos virtuales (llamadas máquinas virtuales), los cuales pueden ser asignados, utilizados y gestionados por el cliente de forma muy simple, como si de máquinas físicas se tratara, pero con las consiguientes ventajas (aislamiento, fácil mantenimiento, puesta en marcha, etc.). Hoy en día todos los sistemas utilizan técnicas de virtualización asistidas por hardware de tal forma que es posible tener máquinas virtualizadas muy eficientes, disponibles y configuradas para ser asignadas a un usuario bajo demanda y en pocos segundos.

Ejercicio 4 [0,5p]: Explica con tus propias palabras los conceptos de máquina virtual e hipervisor. A continuación, explica qué son los containers y en qué se diferencian de las máquinas virtuales. Puedes buscar información por Internet para contestar la última pregunta.

En el documento *Almacenar, compartir y procesar datos a través de las redes de computadores* se relacionan los paradigmas de comunicación *cloud*, *fog* y el *edge computing* con las aplicaciones del ámbito del Internet of Things (IoT).

Ejercicio 5 [0,5p]: Explica con tus propias palabras los conceptos de *cloud*, *fog* y *edge computing*. A continuación, indica qué paradigma de comunicación utilizarías para cada una de las siguientes

aplicaciones IoT. Justifica tu respuesta.

1. Convoy autónomo de camiones sin conductor (*self-driving*) donde solo es necesario un conductor en el camión delantero.
2. Cálculo del tipo de interés óptimo para clientes bancarios.
3. Reconocimiento facial (*face recognition*) en el control de seguridad de un aeropuerto.

A la hora de proporcionar los diferentes tipos de servicios cloud, las empresas deben desplegar y gestionar su infraestructura de servidores en la nube. Un factor muy importante a tener en cuenta es la redundancia en cuanto a servidores, la cual es necesaria para asegurar que los servicios proporcionados estarán siempre disponibles durante el tiempo acordado entre cliente y proveedor.

Asumiendo ahora que eres el administrador de sistemas de una empresa que proporciona servicios cloud, se te pide evaluar qué tipo de servidores adquirir en función de su precio x y ratio de disponibilidad p_a . Responde a las siguientes preguntas teniendo en cuenta la información proporcionada en el Cuadro 1.

Ejercicio 6 [1p]: Suponiendo que tienes un presupuesto (*budget*) de $b = 16,000$ € y solo puedes escoger un modelo de servidor con disponibilidad real p'_a , ¿qué disponibilidad (p_a) tendría que ofrecernos cada modelo para asegurar una disponibilidad total del sistema $p_s = 0,999$?¹ Rellena el Cuadro 1 con los resultados. Una vez calculada la disponibilidad necesaria para cada modelo, ¿qué modelo escogerías?

| | Precio (x) | Disp. real (p'_a) | Unidades (N) | Disp. necesaria (p_a) |
|-------|----------------|-----------------------|------------------|---------------------------|
| s_1 | 5.000€ | 0,95 | | |
| s_2 | 3.100€ | 0,85 | | |
| s_3 | 2.400€ | 0,70 | | |
| s_4 | 600€ | 0,30 | | |

Cuadro 1: Precio y disponibilidad de los diferentes modelos de servidores.

Teniendo en cuenta la ubicación de los recursos de computación en cloud computing, las aplicaciones de nueva generación (por ejemplo, realidad virtual) se nutren de los servicios cloud para realizar procesos computacionalmente exigentes. Es por ello que, en redes de nueva generación, el concepto de *computation offloading* (es decir, la transferencia de tareas de computación intensivas a un recurso externo) es cada vez más habitual. Sin embargo, delegar tareas de computación a servidores

¹Recuerda que la disponibilidad total se define como $p_s = 1 - (1 - p_a)^N$

edge o cloud implica un coste en términos de retardo que podría ser inaceptable en función de la aplicación final.

Ejercicio 7 [1p]: Para cargar una pantalla de Tomb Raider y otra de Buscaminas se necesitan 65.000 y 8.000 instrucciones, respectivamente, tal como se muestra en la Figura 1. Queremos saber si con nuestro portátil actual – que procesa 50.000 instrucciones por segundo (IPS) – nos sale más a cuenta en términos de latencia delegar dichas instrucciones computacionales a un servidor edge (con capacidad de 140.000 IPS) o a un servidor cloud (con capacidad de 1.200.000 IPS). Asumiendo que el retardo de red es de 0,2 y 1,0 segundos del laptop hacia al edge y del laptop hacia el cloud, respectivamente, indica si sale a cuenta delegar la carga de Tomb Raider y de Buscaminas a alguno de los servers. ¿Cuántas IPS debería soportar nuestro laptop para que NO saliera a cuenta delegar ninguna de las tareas?

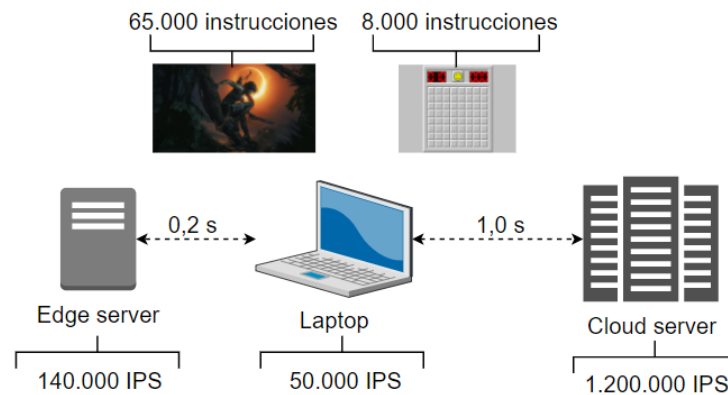


Figura 1: Esquema de computación en diferentes partes de la red.

2. Redes de nueva generación (5G)

Uno de los principales exponentes de las redes de nueva generación es 5G. Considerada como la quinta generación de red celular, 5G tiene como objetivo conectar simultáneamente y bajo una misma infraestructura a cualquier persona y/o dispositivo. Para ello, incorpora una multitud de innovaciones tecnológicas con respecto a 4G en cuanto a la velocidad máxima de transmisión, la latencia de los datos o la densidad de dispositivos, tal y como puede observarse en la Figura 2.²

²Fuente: <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/getting-to-5g-comparing-4g-and-5g-system-requirements>

Comparing 4G and 5G

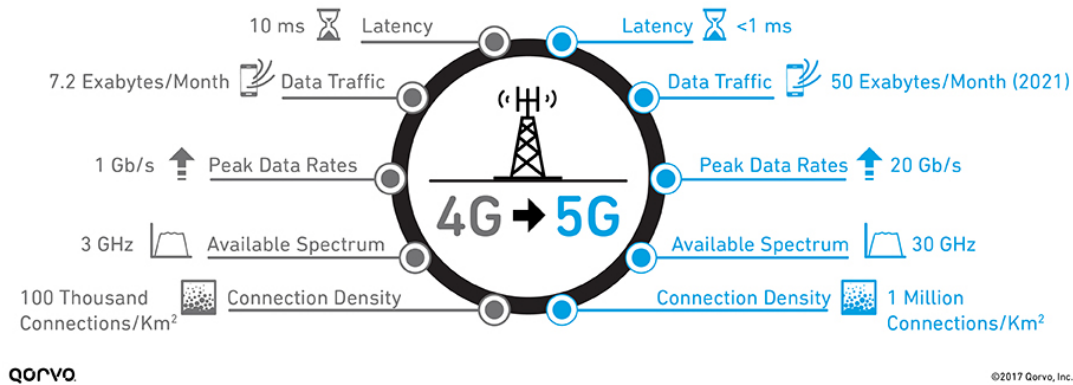


Figura 2: Comparativa tecnológica entre 4G y 5G.

Pero el gran objetivo de 5G no es únicamente reemplazar a 4G como tecnología predominante en el ámbito celular, sino posibilitar también una gran diversidad de tareas y servicios heterogéneos que 4G no puede soportar actualmente. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) ha clasificado estos servicios 5G en tres categorías diferenciadas, cuyas características se recogen en el Cuadro 2:

- eMBB: Enhanced Mobile Broad Band
- mMTC: Massive Machine-Type Communications
- uRLLC: Ultra-Reliable and Low Latency Communications

| Requerimiento | eMBB | mMTC | uRLLC |
|-----------------------------------|------|------|-------|
| Muy alta velocidad de transmisión | X | | |
| Baja latencia | | | X |
| Movilidad de dispositivos | X | | |
| Fiabilidad | | | X |
| Bajo consumo energético | | X | |
| Muy alta densidad de dispositivos | | X | |

Cuadro 2: Principales requerimientos de las categorías de servicio 5G.

Ejercicio 8 [0,5p]: Indica qué instituciones se encargan de la estandarización del 5G y describe a grandes rasgos cómo funciona tal proceso. Te recomendamos la lectura de artículos como este³ para preparar tu respuesta.

A diferencia de otros elementos del 5G, que son una evolución del 4G, la 5G New Radio (NR) no es una simple evolución de las innovaciones ya presentes en el Long Term Evolution (LTE) de 4G. 5G NR es una especificación de tecnología completamente nueva que se requiere para alcanzar los requisitos extremos de ancho de banda, baja latencia y escalabilidad masiva de 5G.

Ejercicio 9 [0,5p]: Busca por Internet qué nuevas características aporta la 5G NR y lista al menos tres de ellas.

Ejercicio 10 [0,5p]: ¿Qué es el network slicing y por qué es clave en despliegues 5G? ¿Qué relación tiene el concepto de service level agreement (SLA) con el network slicing?

Ejercicio 11 [1,5p]: Propón dos ejemplos de caso de uso concretos del tipo eMBB y uRLLC e indica para cada uno sus necesidades en cuanto latencia, ancho de banda y fiabilidad. Por último, imagina que eres el responsable de un despliegue 5G y explica cómo harías para soportar ambos casos de uso a la vez.

3. SDN

En el documento “Almacenar, compartir y procesar datos a través de las redes de computadores” introdujimos las redes definidas por software (SDN), que como su mismo nombre indica, nos ayudan a gestionar redes **virtualizadas**. Las redes virtualizadas son redes que permiten la comunicación entre varios ordenadores y máquinas virtuales que pueden estar ubicados tanto en un mismo lugar (incluso en un mismo equipo) como en diferentes lugares físicos. En este contexto, SDN engloba un conjunto de técnicas para gestionar redes donde el plano de control (software) se separa del plano de datos (hardware), tratándose de un nuevo paradigma de arquitectura de red que usa aplicaciones de software para controlar y programar de manera centralizada e inteligente la red.

Ejercicio 12 [0,5p]: ¿En qué se diferencia SDN de NFV? Explícalo con tus propias palabras.

Pasemos ahora a trabajar con una red en Packet Tracer para motivar el uso de SDN. Abre el archivo PEC4_sdn_baseline.pkt que proponemos. Se te mostrará la red de la Figura 3. Podría tratarse de una red corporativa compuesta por tres subredes: la de la izquierda (192.168.1.0/24)

³5G: The complicated relationship between ITU and 3GPP: <https://www.vinceshao.com/blog/5-g-the-complicated-relationship-between-itu-and-3-gpp/>

para hosts, la del medio (10.10.10.0/30) para backhaul⁴ y la de la derecha (192.168.0.0/24) para gestión y configuración. Ten en cuenta que esta red es en esencia parecida a las redes vistas en anteriores PECs. En este caso, simplemente hemos cambiado el modelo de switch por uno con acceso IP (para habilitar el control remoto).

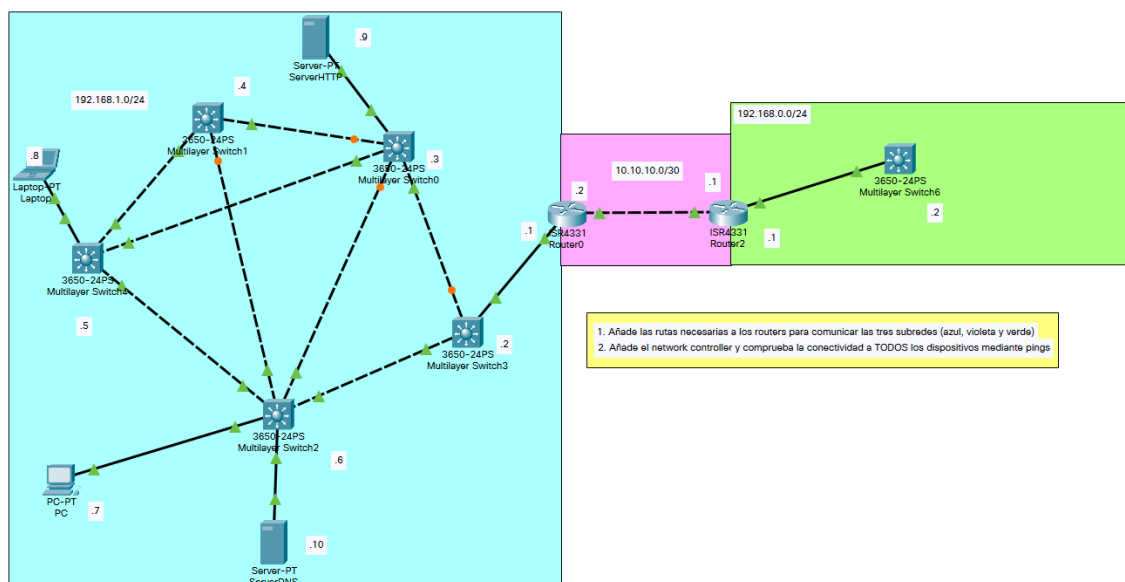


Figura 3: Topología de una red de ejemplo a la que añadiremos un *Network Controller*.

Lo primero que debemos hacer tras abrir el fichero es configurar Packet Tracer para que permita el acceso a redes externas. Para ello, ve a **Options/Preferences/Miscellaneous** y activa las dos opciones en **External Network Services** (ver Figura 4). Respecto a los dispositivos incluidos en el archivo Packet Tracer que os proponemos, todos vienen ya configurados⁵ y NO HAY QUE TOCARLOS a no ser que se indique claramente.

Ejercicio 13 [1p]: Añade las rutas estáticas necesarias a los routers para comunicar las tres subredes. A continuación, añade un **Network Controller** (puedes encontrarlo en “End Devices”). Conéctalo al Multilayer Switch6 de la subred de la derecha y asígnale una IP dentro de la misma subred. Recuerda asignarle también la IP gateway correspondiente, que en este caso corresponde a

⁴En el ámbito de las telecomunicaciones, *backhaul* se refiere a la porción de una red jerárquica que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo (o *backbone*) y las subredes ubicadas en sus bordes.

⁵A parte del direccionamiento IP, se han añadido configuraciones SSH a los switches y routers para habilitar el acceso en remoto.

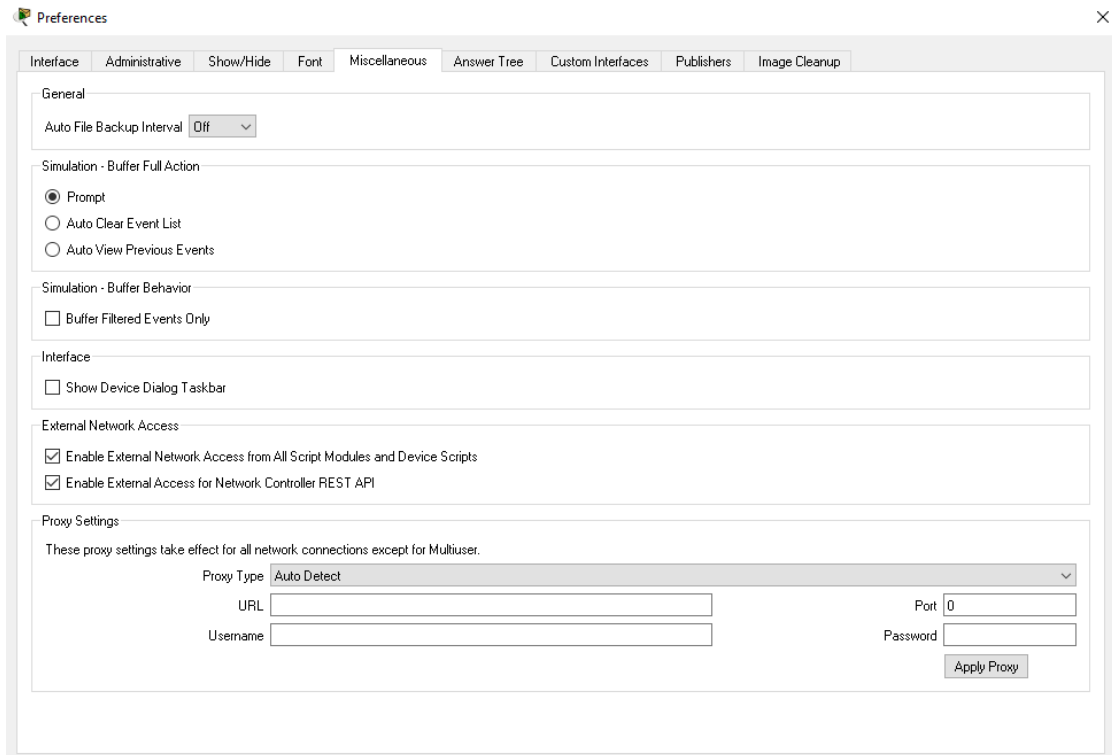


Figura 4: Configuración de redes externas.

la IP del Router2 dentro de la subred 192.168.0.0/24. En la pestaña Config del **Network Controller**, comprueba que la casilla *Access Enabled* del apartado *Real World>Controller* esté activada y que el campo *HTTP Port* sea 58001. Por último, comprueba la conexión de todos los dispositivos al Network Controller. Para ello, realiza pings hasta que se indiquen como *successful*. Si algún dispositivo no tiene conexión, puedes identificar las causas usando el modo Simulación e inspeccionando los paquetes que se descartan. Demuestra la conexión de dos dispositivos mediante capturas de pantalla de sus correspondientes pings al Network Controller.

Accede remotamente al *Network Controller* desde el PC a través del *Web Browser* que se encuentra en *Desktop*. Introduce la URL *http://* seguido de la IP que has asignado al controlador. Verás que aparece una página solicitando la creación de un usuario. Introduce *Cisco* como usuario y *fundamentos2021* como password. Tras hacer clic en “Set up”, aparecerá una página para hacer login. Introduce el usuario y password que acabamos de configurar y haz clic en “Log in”. Ya

estamos dentro del *Network Controller*. En este punto puede resultar conveniente expandir la pantalla del navegador para trabajar más fácilmente. Deberías ver algo parecido a lo mostrado en la Figura 5.

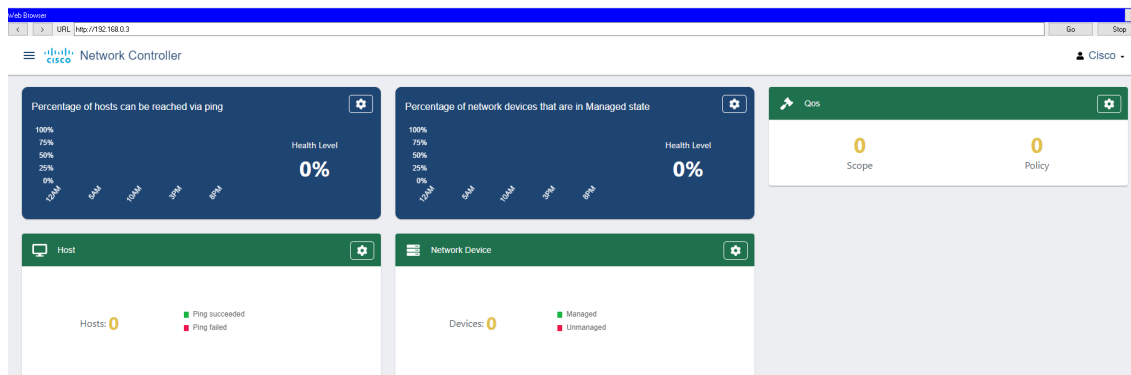


Figura 5: Web GUI del Network Controller.

Empecemos a ver las utilidades que ofrece un controlador centralizado. Para ello, abre el menú desplegable (parte superior izquierda) y haz clic en **Provisioning**. A continuación, haz clic en la pestaña **Credentials** para añadir una credencial que nos permita acceder remotamente a los dispositivos de la red.⁶ La credencial a añadir debe contener “Cisco” como “Username” y “fundamentos2021” tanto para el “Password” como para el “Enable Password”. Introduce “credencial” como “Description”.

Haz clic ahora en la pestaña **Discovery** y ejecuta una nueva búsqueda del tipo CDP. Introduce “busqueda” como “Name”, la IP del Multi Layer Switch6 como IP Address y selecciona la credencial que acabamos de generar. Una nueva búsqueda de dispositivos debería dar comienzo. Cuando termine, haz clic en “busqueda”, donde deberían listarse todos los dispositivos de la red considerados como accesibles (Reachable) excepto el de IP 0.0.0.0. Si no es el caso, comprueba de nuevo los pings desde cada dispositivo al Network Controller y reinicia la búsqueda.

Ejercicio 14 [0,5p]: Haz clic en el menú desplegable (parte superior izquierda) y selecciona **Assurance**. Aparecerá un dashboard con información sobre el estado de la red. Haz clic en la pestaña **Topology**. Añade una captura de pantalla a tu respuesta. ¿Qué se muestra? ¿Qué diferencias tiene respecto a la topología física⁷? Por último, ve a la pestaña **Path Trace** y programa una traza entre dos end devices cualquiera. ¿Se muestran todos los saltos que esperabas? ¿A qué tipo de dis-

⁶ Recuerda que los routers y switches ya fueron configurados con dichas credenciales y no es necesario hacer nada más al respecto.

⁷ Recuerda que Packet Tracer tiene dos modos de visualización (Logical y Physical)

positivo corresponde el indicado como “UNKNOWN” (representado con una nube)? ¿A qué puede deberse?

En el ejercicio anterior hemos visto que el controlador centralizado es muy útil para monitorizar el estado de nuestra red. Ahora pasemos a ver la otra funcionalidad clave de SDN: cómo podemos configurar los dispositivos remotamente. Para ello, propagaremos una configuración DNS a todos los dispositivos de red.

Si te fijas, el ServerHTTP está configurado como un servidor web que aloja una página web muy sencilla saludando a los estudiantes de la asignatura (ver Figura 6). Puedes acceder a dicha web mediante el browser del PC o del Laptop. Tan solo debes introducir la IP del ServerHTTP en el buscador.



Figura 6: Página web por defecto en el servidor ServerHTTP.

Ejercicio 15 [0.5p]: Hagamos un pequeño inciso para mejorar nuestra pequeña web. Os proponemos que le añadáis al menos: vuestro nombre y un enlace hacia otra web (en local, dentro del mismo servidor) donde se muestre una imagen de vuestra elección. Podéis consultar por Internet ejemplos de webs HTML sencillas.

Como vimos en Retos anteriores, DNS era el servicio que nos permitía no tener que recordar IPs y usar en su lugar dominios. En este caso, el dominio de dicha web es *www.saludo-uoc.es*. Aquí es donde entra en juego el servidor ServerDNS, que traduce el dominio *www.saludo-uoc.es* a la IP del ServerHTTP. Puedes comprobar que si introduces la IP del ServerDNS en el campo DNS en la

configuración del PC o del Laptop, podrás acceder a la web usando el dominio en vez de la IP. En este caso, estás configurando **manualmente** el DNS de los hosts.

Veamos cómo podemos configurar **remotamente** el DNS de los dispositivos de red.

Ejercicio 16 [0,5p]: Haz clic en el Router2 y selecciona la pestaña **CLI**.⁸ A continuación, ejecuta un ping al ServerHTTP usando su IP. Haz un ping de nuevo, pero usando ahora el dominio “www.saludo_uoc.es” en lugar de la IP. ¿Qué resultado obtienes en ambos casos? ¿Por qué? Accede de nuevo al Network Controller a través del browser del PC. Haz clic en el menú desplegable (parte superior izquierda) y selecciona “**Policy**”. A continuación, selecciona la pestaña “**Network settings**”. Vamos a enviar una configuración DNS a todos nuestros dispositivos de red a través del controlador. Para ello, selecciona **DNS**, deja en blanco el campo “Domain Name” e introduce la IP oportuna para que el router sepa dónde traducir dominios a IPs. Guarda y haz clic en “Push Config”. ¿Qué entrada DNS has configurado? Trata de hacer de nuevo el ping desde el router al ServerHTTP usando el dominio en vez de la IP. ¿Ha cambiado algo? ¿Por qué?

⁸La interfaz de línea de comandos (CLI) de Cisco IOS es la interfaz de usuario principal que se utiliza para configurar y monitorizar los dispositivos de Cisco. Esta interfaz de usuario permite ejecutar directa y simplemente comandos de Cisco IOS, ya sea usando una consola o usando métodos de acceso remoto.