

Presentación

En el Reto 1 aprendimos a utilizar la herramienta de simulación de redes Packet Tracer y nos centramos en configurar una red sencilla para garantizar la conectividad entre todos sus dispositivos.

Sin embargo, las redes en Internet son mucho más complejas y requieren de la configuración de dispositivos como Routers o Switches. En ese sentido, otra de las principales potencialidades de Packet Tracer se basa en la facilidad a la hora de seleccionar y configurar ese tipo de elementos de una red (tanto sus medios de transmisión como sus principales dispositivos), así como sus efectos sobre el funcionamiento global de la red. En esta actividad resolveremos una serie de preguntas teóricas sobre los contenidos vistos en el Reto 2 y diseñaremos una red que se encargará de hacer llegar a un servidor local los diferentes flujos de datos generados por un conjunto de dispositivos heterogéneos.

Competencias

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

- 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.
- Uso y aplicación de las TIC en el ámbito académico y profesional.
- Administrar y gestionar los sistemas operativos y de comunicaciones de los componentes de una red de ordenadores.

Objetivos

Los objetivos específicos de esta PEC son:

- Entender la importancia de las redes generadoras de datos para alimentar aplicaciones basadas en la ciencia de datos.
- Identificar las diferentes redes generadoras de datos y enumerar las principales características.

- Conocer y diferenciar los elementos de red, las funciones y los protocolos asociados a las 3 capas inferiores del modelo OSI (física, enlace y red).
- Reconocer los principales parámetros de configuración de los dispositivos intermedios (switch, router) y finales (PC) de una red de computadores.
- Ser capaz de conectar una red generadora de datos a Internet haciendo uso del protocolo IP.
- Ser capaz de diseñar una red de computadores con un simulador, configurar sus dispositivos intermedios (switch, router) y finales (PC), y validar su funcionamiento.

Descripción de la PEC a realizar

Esta PEC hará que pongas en práctica los conocimientos y procedimientos asociados a este reto. Para ello, profundizaremos en el diseño y configuración de una red de computadores, incluyendo dos nuevos dispositivos de red: el Switch y el Router.

Nos centraremos en el caso concreto de la conexión a Internet de una red corporativa, en la cual tendremos que resolver errores de funcionamiento así como ampliar la red para dar servicio a nuevos usuarios.

En cuanto a los ejercicios contenidos en esta PEC, se combinan preguntas teóricas referentes a los principales conceptos de este reto junto con cuestiones derivadas del uso del simulador de red Packet Tracer.

Recursos

Recursos Básicos

- El papel de las redes de computadores en el ciclo de vida de los datos
- Las redes de computadores como generadoras de datos
- Las capas inferiores del modelo OSI
- El nivel de red

Recursos Complementarios

- Manual de Packet Tracer

Criterios de valoración

- La PEC se tiene que resolver de manera individual.
- Hay que 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 en el inicio de cada enunciado.

Los ejercicios de esta PEC constituyen la parte correspondiente del cómputo de la evaluación continua de la asignatura: $AC = 0,2 \cdot PAC1 + 0,3 \cdot PAC2 + 0,3 \cdot PAC3 + 0,2 \cdot PAC4$

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

Formato y fecha de entrega

La entrega de esta PEC estará formada por tres archivos::

- La memoria de la práctica en formato *.pdf* que contenga las respuestas correspondientes a todos los ejercicios planteados.
- Dos archivos *.pkt* de Packet Tracer con las topologías de red resultantes de los ejercicios propuestos. Las versiones anteriores a 8.0.1 del Cisco packet tracer pueden causar problemas al abrir los ficheros.

Estos archivos deberán enviarse a través de la herramienta REC (Registro de Evaluación Continua) del aula antes de las 23:59 del día 12/11/2021 (**Los archivos se deben enviar por separado, sin ser agrupados dentro de otro archivo comprimido**).

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. Creación de una LAN y conexión a Internet

1.1. Las capas inferiores del modelo OSI

En esta parte de la práctica estudiaremos algunos aspectos teóricos sobre las capas inferiores de la OSI. Siguiendo el modelo OSI, encontramos 7 niveles, donde cada nivel superior contiene el anterior. El primer nivel es la capa Física.

Ejercicio 1 [0,25p]: *Explica brevemente con tus propias palabras las funcionalidades que implementa la capa Física. Describe las diferencias entre los sistemas Símplex, Dúplex y Half-Dúplex. Añade un ejemplo de cada caso justificando el tipo de sistema.*

Solución:

En el capítulo 4 de *Las capas inferiores del modelo OSI*, encontramos que la capa física se encarga de transmitir los bits por el canal de comunicación. Comprende los aspectos mecánicos y eléctricos asociados al medio de transmisión. Un estudio más profundo sobre este nivel corresponde al dominio de la ingeniería electrónica. Los sistemas de comunicaciones en la capa física se pueden dividir en:

- **Símplex:** Cuando las señales (datos en nuestro caso) solo se transmiten en un sentido (unidireccional). Un ejemplo de un sistema Símplex es la fibra óptica.
- **Dúplex:** Cuando los datos se pueden transmitir en los dos sentidos simultáneamente. Por ejemplo, en una conversación telefónica donde el usuario puede hablar y escuchar por el mismo medio.
- **Semi-Dúplex o Half-Dúplex:** Cuando los datos se pueden transmitir en los dos sentidos, pero no simultáneamente. Por ejemplo, un Walkie-Talkie en el que un usuario puede hablar (pero en ese momento no escuchar) o escuchar (sin poder hablar mientras escucha).

El Wi-Fi es una tecnología que opera en la capa 2 del modelo de la OSI y permite la interconexión inalámbrica (mediante ondas electromagnéticas, sin necesidad de cableado) entre dispositivos. Proviene de una alianza de varias empresas que se unieron para estandarizar las conexiones inalámbricas (WECA). En 2002, lanzaron el primer estándar, certificando la interoperabilidad de equipos según la norma IEEE 802.11b. Desde entonces han desarrollado nuevos estándares para cubrir la demanda de las nuevas generaciones de comunicaciones móviles.

Ejercicio 2 [0,25p]: *¿Cuál es la diferencia más significativa de los estándares IEEE 802.11ad y IEEE 802.11ay respecto a sus predecesores?*

Solución:

Como podemos ver en el apartado 1.2 del documento *La redes de computadoras como generadoras de datos*:

La principal novedad de los dos estándares es el uso comunicaciones milimétricas. Las comunicaciones milimétricas se basan en utilizar el espectro en la franja de los 60 GHz. El uso de estas frecuencias se considera inevitable para alcanzar las velocidades del orden de las decenas de Gbps por usuario. Sin embargo, las condiciones de propagación de las señales en estas bandas son mucho más complejas que en las bandas tradicionales de Wi-Fi. Frente a estas dificultades, las tecnologías que operan en estas bandas, como el IEEE.11ad y el IEEE.11ay, tienen que realizar transmisiones caracterizadas por la direccionalidad. Debido a la gran dificultad tecnológica para realizar transmisiones en altas frecuencias, estas bandas no se han considerado como prioritarias para las comunicaciones inalámbricas hasta hace poco. El primer estándar utilizando esta banda de frecuencias se conoce como WiGig.

Las redes inalámbricas se pueden dividir según el alcance de la conexión entre dispositivos. Las redes WPAN (Wireless Personal Area Network) son redes de alcance corto que permiten la conexión inalámbrica entre dispositivos muy variados en un mismo espacio. Una de las aplicaciones más extendidas de las WPAN recientemente son las casas domóticas, que cumplen estas características.

Ejercicio 3 [0,5p]: ¿Cuál es el alcance máximo de las redes WPAN? Describe con tus propias palabras 3 tecnologías que se utilizan en este tipo de redes.

Solución:

Tal como puede encontrarse en cualquiera de los siguientes documentos:

- *Las redes de computadores como generadoras de datos (Sección 1.2)*
- *Las capas inferiores del modelo OSI (Sección 5.5)*

Las redes WPAN (wireless Personal Area Network) cubren distancias inferiores a 10 metros, por lo que parecen ideales para interconectar dispositivos dentro de una habitación estándar. Algunas tecnologías que podemos encontrar que usen WPAN son:

- **Bluetooth:** La tecnología WPAN de mayor éxito comercial es sin duda el Bluetooth, o IEEE 802.15.1, y se utiliza para la conectividad inalámbrica entre dispositivos de corto alcance. Fue la primera en definirse, y representa una WPAN de rango intermedio.

- **Zigbee:** Zigbee es una tecnología definida por la Alianza Zigbee. Ha sido diseñada para soportar una conectividad más sofisticada que los anteriores sistemas WPAN, por ejemplo en términos de seguridad. Zigbee representa la versión más popular desde el punto de vista comercial de IEEE 802.15.4, especialmente pensada para implementar redes de sensores, siendo considerado el estándar de facto.
- **Identificación por radiofrecuencia:** Las tecnologías de identificación por radiofrecuencia (radio frequency identification, RFID) se ocupan de transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. En este sentido, se trata de una tecnología habilitadora importante para el paradigma IoT, ya que permite la identificación de objetos. Compuesta por elementos pasivos, contienen antenas que permiten la transmisión y recepción de señales. La etiqueta RFID genera una señal de radiofrecuencia que contiene los datos de identificación.

1.2. Cargar el fichero de la red de computadores y configurar un Router

Abre el fichero **PEC2-1.pkt** que encontrarás en el aula. Una vez abierto, aparecerá a la pantalla de visualización una red de computadores como la de la Figura 1. El Router elegido para la configuración nos permitirá crear una Local Area Network (LAN) e interconectar múltiples dispositivos de red de forma jerárquica.



Figura 1: Topología inicial de la red de computadores de la PEC2 (Parte 1).

Se desea que el Router que aparece en la red proporcionada conecta el servidor **Cisco Server** y proporcione acceso a Internet con una LAN. Por eso, en el Router ya se le han instalado dos interfaces de red de cobre Fast Ethernet y se ha configurado su conexión a Internet. Sin embargo, hay que configurar la interfaz de red que dará servicio a la LAN.

Haz click en el router y pulsa la pestaña **Config**. En la columna de la izquierda, bajo **INTERFA-CE**, puedes ver el nombre de las interfaces de red existentes. Pulsa sobre **FastEthernet8/0** para acceder a su menú de configuración. Haz clic ahora sobre la casilla a la derecha de **Port Status**

para activar este puerto. Finalmente, en la IP **configuration**, configura la IP de esta interfaz de red con los siguientes parámetros y cierra la ventana de configuración:¹.

- **IP address:** 192.168.100.1
- **Subnet Mask:** 255.255.255.128

***Ejercicio 4 [0,25p]:** ¿Cuáles son las funciones principales de los routers?*

Solución:

En el documento *nivel de red (capítulo 4)* se muestran las 3 funciones principales de los routers:

- **Segmentación:** Pueden segmentar el tráfico de una red mayor en varias redes más pequeñas. De este modo, los paquetes de difusión o broadcast se pueden canalizar directamente hacia la parte de la red que les corresponde.
- **Conmutación:** Con esta funcionalidad, los paquetes de datos se van enviando por la interfaz que corresponde, en función de la información proporcionada por las tablas de enrutamiento. La decisión se toma según las tablas de enrutamiento.
- **Determinación de la ruta:** Los routers determinan la ruta según diferentes parámetros, como el ancho de banda de la línea, el número de saltos que debe realizar un paquete de datos y los parámetros de rendimiento. Tengamos muy en cuenta, por lo tanto, que dos paquetes de datos con un mismo origen y destino pueden seguir rutas diferentes, dependiendo del estado de la red en cada momento.

***Ejercicio 5 [0,5p]:** El pasado 4 de octubre se cayeron las aplicaciones de la empresa de Facebook: Facebook, Instagram y Whatsapp, entre otras. Uno de los síntomas de la caída fue un fallo en el protocolo BPG. Explica con tus palabras brevemente en qué consiste el protocolo y qué es lo que falló ese día. Te proporcionamos los siguientes enlaces que puedes usar de ayuda:*

- <https://blog.cloudflare.com/october-2021-facebook-outage/>
- <https://engineering.fb.com/2021/10/05/networking-traffic/outage-details/>

¹Por defecto, Packet Tracer no muestra el nombre de las diferentes interfaces de red a la pantalla de visualización. Para activar esta opción, desde el menú principal hay que acceder a Options **Options**, **Preferences** y activar la casilla correspondiente a Always **Show Puerto Labels in Logical Workspace**.

Solución:

El protocolo Border Gateway Protocol (BGP) es el mapeo entre grandes redes de Internet, llamadas autonomous systems (AS), para que se conecten entre ellas. Cada AS es un conjunto de routers que corresponden a una cierta organización, Facebook en este caso. Es un mecanismo en el cual los propios proveedores (Facebook en este caso) se encargan de proporcionar las rutas por las cuales los hosts (usuarios de Facebook) pueden acceder a su servidor. El pasado 4 de octubre, hubo un fallo en el proceso de mantenimiento de los routers de Facebook. Un comando utilizado para comprobar el buen funcionamiento la red troncal de los routers desencadenó en que accidentalmente, los servidores de Facebook no pudieran resolver las peticiones DNS de los usuarios. Finalmente, los servidores DNS de Facebook, al no poder responder las peticiones correctamente, interpretaron que la red no estaba funcionando como se espera y desconectaron los protocolos BGP de Facebook por seguridad. De esta manera, los usuarios no se podían conectar a las aplicaciones de Facebook porque los dispositivos no encontraban la ruta para acceder a ellos, de manera que devolvía un mensaje de error.

1.3. Añadir y configurar un Switch

En primer lugar, instalaremos y configuraremos un Switch en la red proporcionada. Haz click en el icono **Network Devices** del menú de dispositivos y componentes. Después haz click en el grupo **Switches** y selecciona y arrastra el switch del tipo *Switch-PT-Empty* hasta la ventana de visualización.

Para instalar las interfaces de red, haz click en el switch y pulsa la pestaña **Physical**. A continuación, pulsa el interruptor de la vista física para apagar el dispositivo. Los diferentes tipos de interfaces de red se muestran bajo la columna **MODULES** de la parte izquierda de la pantalla.

Selecciona la interfaz correspondiente a una conexión Ethernet por cable de cobre Fast Ethernet **PT-SWITCH-NM-1CFE** y arrástrala hasta ocupar uno de los conectores libres del Switch.² Repite esta operación hasta que hayas instalado 4 interfaces de red como las mencionadas anteriormente. Finalmente, vuelve a encender el switch pulsando el interruptor correspondiente.

Tal y como vimos en la PEC1, utiliza la herramienta de conexión automática para conectar mediante un cable Ethernet el switch y el router. Verás que aparece un círculo naranja en la parte del cable Ethernet más próxima al switch.³ Después de unos segundos, los dos dispositivos se habrán

²Las últimas letras del código de la interfaz de red (1CFE) corresponden al medio físico y a la tecnología utilizada. Así, la 'C' corresponde a cobre, mientras que 'FE' corresponde a Fast Ethernet. Si en lugar de una 'C', la primera letra fuera una 'F', esta interfaz de red utilizaría fibra óptica.

³Cuando aparece el círculo en naranja significa que hace el spanning tree protocol, un protocolo de red de nivel

reconocido mutuamente y este símbolo naranja se convertirá en un triángulo verde.⁴

Ejercicio 6 [0,5p]: ¿Qué es una dirección MAC? Explica con tus propias palabras las diferencias principales entre una dirección MAC y una dirección IP.

Solución:

En la sección 3.2 del documento *Les capes inferiors del model OSI* encontramos que MAC es una dirección física que identifica de forma unívoca a un dispositivo. La MAC opera en la capa 2 (enlace) del modelo OSI. Tiene 48 bits (6 bytes). La dirección MAC identifica el PC de forma única. En cambio, la dirección IP opera en el nivel 3 (de red) y es asignada según conviene para conectarse con otros elementos de la red. Por lo tanto, no identifica unívocamente a un dispositivo. Otra diferencia es el formato de las direcciones (las direcciones IP tienen 32 bits y las direcciones MAC tienen 48 bits).

1.4. Añadir y configurar un PC

El último paso para completar la LAN consistirá en añadir y configurar 3 PC en nuestra red y conectarlos al switch. Tal como ya hicimos en la PEC1, seleccionamos el icono del **PC** (*PC-PT*) del grupo **End Devices** del menú de dispositivos y componentes y lo arrastramos hasta la ventana de visualización.

El nombre de los dispositivos se puede modificar pulsando sobre ellos y accediendo en la pestaña **Config**. Una vez allí, el nuevo nombre se puede escribir en la pestaña **Display Name**. En nuestro caso, cambiaremos el nombre de los 3 PC a **PC_A**, **PC_B** y **PC_C**. En cuanto a la asignación de direcciones IP, en vez de utilizar el método automático DHCP como ya vimos a la PEC1, asignaremos las direcciones de forma manual. En la IP **configuration**, nos aparecerá un menú como el de la Figura 2, dónde podemos llenar los campos contenidos dentro del rectángulo rojo de la imagen.

Ejercicio 7 [0,25p]: Realiza un PING al Router desde cualquier de los 3 PC de la red y a otro PC dentro de la misma LAN. Muestra los resultados. ¿Por qué no hacen falta rutas IP dentro de la LAN?

Solución:

En la figura 3 vemos las respuestas de los PINGS, primero al router, luego a otro PC de la subred.

² en el cual el dispositivo busca enlaces de conexión.

⁴Para acelerar este proceso se recomienda pulsar alternativamente los botones **Realtime** y Simulation **Simulation** situados a la esquina inferior derecha de la ventana de visualización de Packet Tracer.

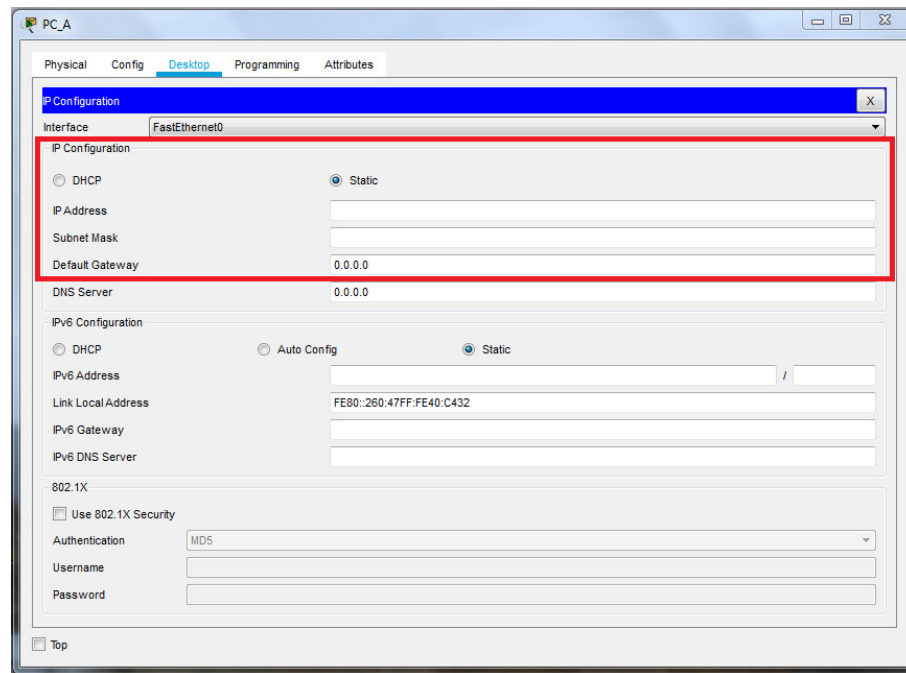


Figura 2: Menú de la aplicación *IP Configuration*

En el caso del router, vemos que el tiempo de retransmisión es inferior al PING realizado a otro host. Las rutas son utilizadas por el Router para redireccionar paquetes fuera de la red, permitiendo así que los ordenadores de la red puedan conectarse con dispositivos de fuera de la red. Se conoce con el nombre de enrutamiento (routing) el proceso que permite que los paquetes IP enviados por el host origen lleguen al host destino de forma adecuada. Sin embargo, los ordenadores de la red ya conocen las direcciones IP de los dispositivos de la propia red y por lo tanto su paso por el Router y la correspondiente ruta asignada no es necesaria. En el capítulo 3 del documento *El nivel de red* encontramos que el protocolo ARP (Address Resolution Protocol), se encarga de encontrar la dirección física de un ordenador, empleada en las capas inferiores, a partir de su dirección de la capa de red. En otras palabras, su función es de mapear las direcciones ARP-IP.

Ejercicio 8 [0,5p]: ¿Qué es y para qué sirve la dirección IP de broadcast? ¿Qué problema puede haber si asignamos la dirección de red a un ordenador de la subred? ¿Pueden dos dispositivos de una misma red tener la misma dirección IP?

Solución:

```

Command Prompt

Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 192.168.100.1

Pinging 192.168.100.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.100.1: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 192.168.100.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.100.1: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 192.168.100.1: bytes=32 time=1ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.100.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms

C:\>ping 192.168.100.4

Pinging 192.168.100.4 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.100.4: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.100.4: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.100.4: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.100.4: bytes=32 time=1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.100.4:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
  
```

Figura 3: Ping al router (con dirección IP 192.168.100.1), y al **PC C** (con dirección IP 192.168.100.3) desde el **PC A** (con dirección IP 192.168.100.2). Al host que no interviene **PC B**, le hemos asignado la dirección IP 192.168.100.3, pero cualquiera dentro del rango mencionado funcionaria.

En la sección 1.1.1 del documento *El nivel de red* vemos que se trata de una dirección especial que sirve para comunicarse a la vez con todos los equipos de una determina red. Los primeros bits de la dirección se mantienen e identifican la red (en función del tipo que sea habrá más o menos bits), y cada uno de los bits restantes todos a uno la dirección de broadcast. Las direcciones de red y broadcast no se pueden utilizar ni asignar a ningún dispositivo de la red (ya sea un Router o un PC). Dos dispositivos de una red no pueden tener la misma dirección IP porque sería imposible enrutar los paquetes correctamente a su destino, ya que generaría un conflicto a la hora de enrutar paquetes.

Ejercicio 9 [0,5p]: Dado el rango IP **192.233.10.0/28**, ¿Cuántos PC (hosts) podemos asignar en esta red?

Solución:

La máscara de red **/28** nos indica que tenemos 4 bits para asignar IPs, $(32 - 28)^2 = 4^2 = 16$ direcciones asignables. Teniendo en cuenta que tenemos que reservar la dirección de red y la dirección de broadcast (normalmente la última de las asignables), tenemos **14** posibles direcciones asignables a hosts. Hay que recordar que no se puede asignar la misma IP a dos hosts distintos, dentro de la misma subred.

Ejercicio 10 [0,5p]: Realiza la conversión de decimal a binario de la dirección IP **168.192.100.25**. A continuación, realiza la conversión de binario a decimal de la dirección IP **10000000.00101011.01011010.11111111**. Hay que justificar los cálculos a la hora de hacer las conversiones decimal - binario (y viceversa).

Solución:

Para hacer la conversión de decimal a binario, podemos hacer sucesivas divisiones entre 2 de cada uno de los números decimales. El número decimal correspondiente se obtiene a partir de la ordenación de los residuos obtenidos en sentido inverso.

La dirección IP **168.192.100.25** equivale a **10101000.11000000.01100100.00011001**:

$$\begin{array}{l}
 168_{10} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l|l} 2 \overline{)168} & \uparrow 0 \\ 2 \overline{)84} & 0 \\ 2 \overline{)42} & 0 \\ 2 \overline{)21} & 1 \\ 2 \overline{)10} & 0 \\ 2 \overline{)5} & 1 \\ 2 \overline{)2} & 0 \\ 2 \overline{)1} & 1 \end{array} \right\} 10101000_2 \\
 192_{10} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l|l} 2 \overline{)192} & \uparrow 0 \\ 2 \overline{)96} & 0 \\ 2 \overline{)48} & 0 \\ 2 \overline{)24} & 0 \\ 2 \overline{)12} & 0 \\ 2 \overline{)6} & 0 \\ 2 \overline{)3} & 1 \\ 2 \overline{)1} & 1 \end{array} \right\} 11000000_2 \\
 100_{10} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l|l} 2 \overline{)100} & \uparrow 0 \\ 2 \overline{)50} & 0 \\ 2 \overline{)25} & 1 \\ 2 \overline{)12} & 0 \\ 2 \overline{)6} & 0 \\ 2 \overline{)3} & 1 \\ 2 \overline{)1} & 1 \end{array} \right\} 1100100_2 \\
 25_{10} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l|l} 2 \overline{)25} & \uparrow 1 \\ 2 \overline{)12} & 0 \\ 2 \overline{)6} & 0 \\ 2 \overline{)3} & 1 \\ 2 \overline{)1} & 1 \end{array} \right\} 11001_2
 \end{array}$$

Como estamos tratando con bytes, los resultados inferiores a 8 bits (conversiones inferiores a 127) los completamos con bits a la izquierda, que no alteran el resultado, pero nos permiten dar la conversión byte a byte. De esta forma, los cuatro resultados parciales se pueden expresar como:

- $168_{10} = 10101000_2$
- $192_{10} = 11000000_2$
- $100_{10} = 01100100_2$
- $25_{10} = 00011001_2$

Para hacer la conversión de binario a decimal, para cada uno de los 4 números que conforman la dirección IP, multiplicamos cada valor binario por la potencia de base 2 correspondiente a la posición que ocupa este valor y sumamos todos los resultados:

- Primer número: $1 * 2^7 + 0 * 2^6 + 0 * 2^5 + 0 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 0 * 2^1 + 0 * 2^0 = 128$.
- Segundo número: $0 * 2^7 + 0 * 2^6 + 1 * 2^5 + 0 * 2^4 + 1 * 2^3 + 0 * 2^2 + 1 * 2^1 + 1 * 2^0 = 32 + 8 + 2 + 1 = 43$.
- Tercer número: $0 * 2^7 + 1 * 2^6 + 0 * 2^5 + 1 * 2^4 + 1 * 2^3 + 0 * 2^2 + 1 * 2^1 + 0 * 2^0 = 64 + 16 + 8 + 2 = 90$.

- Cuarto número: $1 * 2^7 + 1 * 2^6 + 1 * 2^5 + 1 * 2^4 + 1 * 2^3 + 1 * 2^2 + 1 * 2^1 + 1 * 2^0 = 128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 255$.

Por lo tanto, la dirección IP 10000000.00101011.01011010.11111111. equivale a 128.43.90.255.

Tal como se definió en la Sección 1.2, al router se le asignó la dirección IP 192.168.100.1 y la máscara de red 255.255.255.128. En cuanto a la casilla **Subnet Mask**, su valor será 255.255.255.128 para todos los dispositivos de la red.

Ejercicio 11 [0,5p]: ¿Qué dirección IP has asignado a PC_A, PC_B y PC_C? ¿Por qué? Prueba asignar la dirección de red y broadcast a uno de los PCs. ¿Has podido? Desarrolla tu respuesta.

Solución:

Cualquier solución contenida dentro del rango 192.168.100.2 - 192.168.100.126 es correcta siempre que cada PC tenga una dirección IP diferente. En este ejemplo, la dirección 192.168.100.0 es la *dirección de red*, la dirección 192.168.100.1 es la que usa el router y la dirección 192.168.100.127 es la *dirección de broadcast*. Si intentamos asignar la dirección de red a un host, el router no podría mapear la dirección al no formar parte de la red (la dirección de red es una dirección que identifica a la red, no se asigna a ningún dispositivo, ya que representa al global de las IPs). Por otro lado, si intentamos asignar la dirección de broadcast a un host vemos que no es posible. (en la figura 4 observamos la respuesta del packet tracer al intentar asignarla).

*El **gateway por defecto** de un dispositivo (también conocido como puerta de enlace) es la dirección IP a la que enviaría aquellos paquetes cuyo destinatario no pertenezca a su propia red y del que tampoco disponga de una ruta predefinida. Generalmente, el gateway por defecto de nuestro PC es la dirección IP del router en el que estamos conectados. De este modo, siempre que nos conectamos a Internet (es decir, fuera de nuestra red y del que no disponemos de una ruta predefinida), enviamos nuestra información a través de dicho router.*

Completa la casilla **Default Gateway** de cada uno de los PC con la dirección IP del router proporcionada en la Sección 1.2.⁵

1.5. Verificar la conectividad de la LAN

Finalmente, verifica que cualquier PC pueda conectarse al servidor. Para lo cual, tendrás que utilizar la herramienta *ping* (ya sea en *modo comando* o en *modo simulación*) y resolver los posibles

⁵Recuerda que si un PC se conecta a un Router que tiene más de una interfaz de red (y, por tanto, más de una dirección IP), el gateway por defecto será la dirección IP correspondiente a la interfaz de red más cercana.

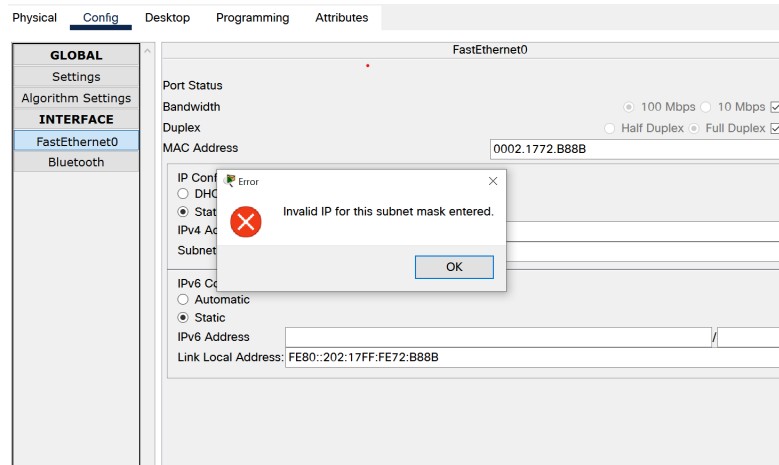


Figura 4: Mensaje de error del packet tracer al intentar asignar la dirección de red o la de broadcast a un host (Ejercicio 10).

problemas de configuración, si los hubiera.

Ejercicio 12 [1p]: Guarda el fichero .pkt resultante y envíalo junto con la resolución de los ejercicios en el REC para su evaluación.

Solución:

El fichero de Packet Tracer .pkt con la topología resultante se colgará en el aula.

2. Diseño de una red corporativa

2.1. Cargar el fichero de la red de computadores

Abre el fichero **PEC2-2.pkt** que encontrarás en el aula. Una vez abierto, aparecerá en la pantalla de visualización una red de computadores como la de la Figura 5. Como puedes comprobar, el archivo propuesto contiene el diseño de una red corporativa formada por un núcleo central con 3 routers y 6 subredes que contienen diferentes dispositivos de red (switchs, PC y un servidor).

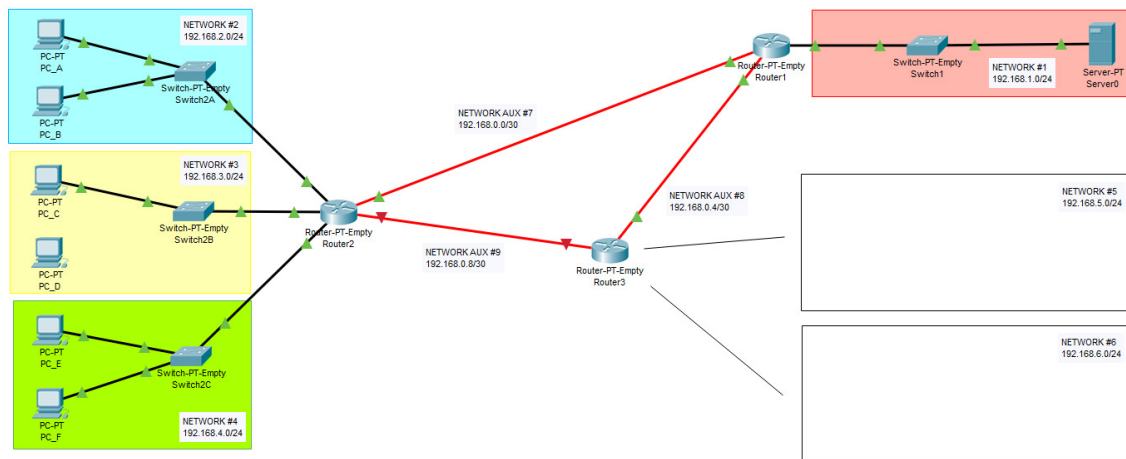


Figura 5: Topología inicial de la red de computadores de la PEC2 (Parte 2).

Ejercicio 13 [0,5p]: ¿Por qué crees que se han escogido las topologías en el núcleo central de routers (Figura 6a) y en la subred de usuarios (Figura 6b), respectivamente? ¿Qué otros tipos de topologías conoces? ¿Qué ventajas podrían ofrecer respecto a las topologías escogidas?

Solución:

Basándonos en la información obtenida en el documento *Las capas inferiores del modelo OSI (Sección 1.1)* que hace referencia a las características de cada tipología, podemos encontrar las ventajas de usar ambas tipologías. La red troncal de los 3 routers forma un anillo donde, en definitiva, los routers están conectados entre ellos mediante 2 caminos diferentes (uno en sentido horario y otro en sentido antihorario) de manera que adquirimos cierta redundancia en el núcleo de la red en caso de que alguno de los enlaces no funcione correctamente, pero sin malgastar recursos. El resto de componentes de la red está configurada en árbol para mantener cierta jerarquía, gestión y con-

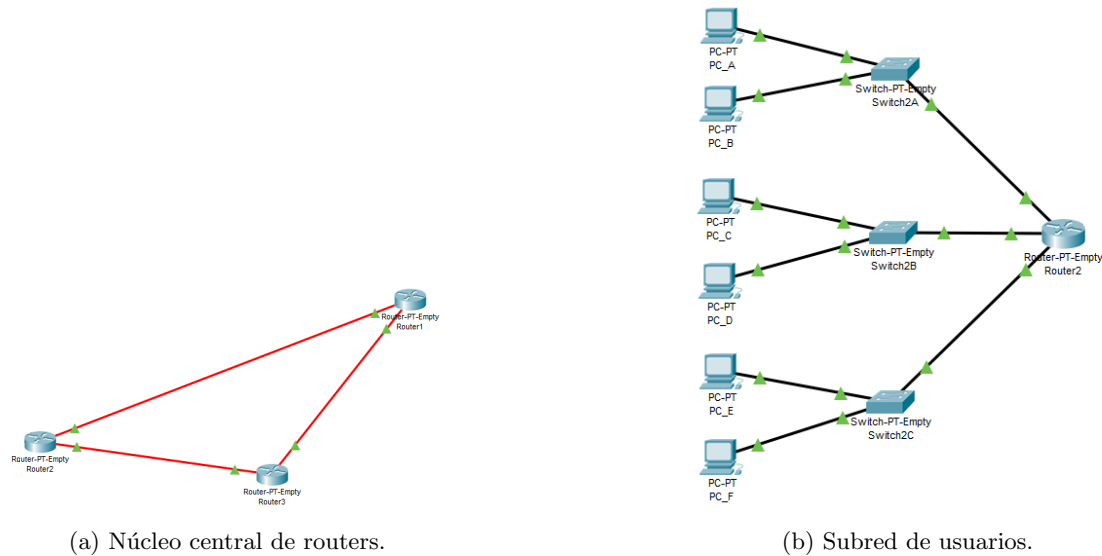


Figura 6: Detalle de topologías de red.

trol centralizado. Al mismo tiempo, se mantienen las conexiones independientes entre los hosts, facilitamos la escalabilidad y/o la agrupación de dispositivos, detectamos los errores más fácilmente y modelamos de manera realista el comportamiento de una LAN real, dónde por cuestiones económicas sería inviable conectar con cable todos los dispositivos entre ellos. Otras topologías que podemos encontrar en el documento *Las capas inferiores del modelo OSI (Sección 1.1)* la topología de bus, la cual podría ser empleada para desarrollar las subredes. Por ejemplo, requiere menos cable para ser empleada. Por otro lado, la subred 6 puede verse ralentizada por el mayor número de PC, y conllevar así problemas de latencia en la red. La subred de routers podría utilizar una topología de red en malla, que consiste en conectar **todos** los dispositivos entre ellos, para aumentar la redundancia en los routers consiguiendo no perder paquetes en caso de fallo de una conexión. Sin embargo, esto requiere más cableado al tener que conectar cada router con todos los demás.

2.2. Detectar y reparar errores en la configuración de red

Este apartado consiste en la detección y reparación de posibles errores de configuración de la red corporativa. En cuanto a los routers presentes en la red, estos han sido parcialmente configurados. En concreto, podemos asumir sobre ellos que:

- Disponen de todas las interfaces de red necesarias para la comunicación entre las diferentes subredes.
- Disponen de todas las rutas necesarias para poder enviar paquetes a cualquier dispositivo de la red.⁶

Sin embargo, hay otros ámbitos de la configuración de los routers que tendrán que ser revisados para asegurar su correcto funcionamiento. En concreto:

- La verificación de que todos sus puertos estén encendidos.
- La asignación de una dirección IP apropiada por cada una de sus interfaces de red.

En cuanto al resto de la red corporativa, podemos asegurar el buen funcionamiento de la subred #1, pero no así de las subredes #2, #3 y #4, cuyos dispositivos (switchs y PC) pueden contener errores de configuración que tienen que ser subsanados.

Ejercicio 14 [1,5p]: En la configuración de la red corporativa del archivo **PEC2-2.pkt** existen 5 errores que impiden la total conectividad de todos sus dispositivos. Describe a continuación los errores que has detectado y cómo los has solucionado.

Solución:

A continuación se detallan los 5 errores de la red que tienen que ser subsanados

1. La dirección IP de la interfaz de red **FastEthernet7/0** del **Router2** es incorrecta. En vez de 192.168.2.1 tendría que ser 192.168.3.1
2. El **Router3** tiene la interfaz de red **GigabitEthernet8/0** apagada y tendría que estar encendida.

⁶Es muy importante NO apagar ninguno de los routers, puesto que se perderían todas las rutas y no podría completarse correctamente la parte 2 de la PEC2. En caso de que un router se apagara de forma accidental, se recomienda volver a cargar el fichero PEC2-2.pkt.

3. El **PC_A** tiene configurada la dirección IP 192.168.3.2, que se encuentra fuera del rango de la subred #2. Hay que modificar esta dirección IP por cualquier otra que se encuentre en el rango 192.168.2.2 - 192.168.2.254 (menos la asignada al **PC_B**).
4. Es necesario añadir un módulo de interfaz de red **FastEthernet** al **Switch2B** para poder conectarlo al **PC_D**.
5. El **PC_F** tiene configurado erróneamente el gateway por defecto. En vez de 192.168.2.1 tendría que ser 192.168.4.1

2.3. Completar las subredes restantes

Finalmente, hay que completar el diseño de esta red corporativa con 2 nuevas subredes (subred #5 y subred #6). Cada una de estas subredes tendrá que contener 1 switch (del tipo *Switch-PT-Empty*). La subred #5 tiene que contener 2 PC (del tipo *PC-PT*) completamente configurados, y la subred #6 tiene que contener 4 PC de forma que puedan acceder a cualquier otro dispositivo de la red.

La topología de las nuevas subredes tiene que ser la misma que en las subredes #2, #3 y #4. Los PC, además, se tendrán que cambiar de nombre, de forma que **PC_G** y **PC_H** pertenezcan a la subred #5 y **PC_I**, **PC_J**, **PC_K** y **PC_L** pertenezcan a la subred #6. De manera similar, el **Switch3A** se tendrá que instalar en la subred #5 mientras que el **Switch3B** estará ubicado en la subred #6.

Los 2 nuevos switch se tendrán que conectar al **Router3** mediante cable de cobre con tecnología **Fast Ethernet**. Las conexiones entre switches y PC también serán mediante cable de cobre con tecnología **Fast Ethernet**. Finalmente, también será necesario configurar las direcciones IP de las interfaces de red del **Router3** correspondientes a estas dos nuevas subredes.

Ejercicio 15 [2p]: Completa la Tabla 1 con los parámetros IP que hayas asignado en el **Router3** y a los nuevos PC. Guarda el archivo .pkt resultante y envíalo junto con la resolución de los ejercicios en el REC para su evaluación. Comprueba la conexión de los PC que has configurado.

Solución:

La Tabla 2 muestra una posible asignación de IP válidas. El archivo de Packet Tracer .pkt con la topología resultante se colgará en el aula.

Cuadro 1: Tabla de parámetros IP.

Subred	Dispositivo	Dirección IP	Máscara de red	Gateway por defecto
Subred #5	Router3			-
	PC_G			
	PC_H			
Subred #6	Router3			-
	PC_I			
	PC_J			
	PC_K			
	PC_L			

Cuadro 2: Tabla de parámetros IP (solución).

Subred	Dispositivo	Dirección IP	Máscara de red	Gateway por defecto
Subred #5	Router3	192.168.5.1	255.255.255.128	-
	PC_G	192.168.5.2	255.255.255.128	192.168.5.1
	PC_H	192.168.5.3	255.255.255.128	192.168.5.1
Subred #6	Router3	192.168.5.129	255.255.255.128	-
	PC_I	192.168.5.130	255.255.255.128	192.168.5.129
	PC_J	192.168.5.131	255.255.255.128	192.168.5.129
	PC_K	192.168.5.132	255.255.255.128	192.168.5.129
	PC_L	192.168.5.133	255.255.255.128	192.168.5.129

Una vez hayas finalizado toda la configuración de la red, nos centraremos en uno de sus parámetros principales de funcionamiento: el throughput (S). Para calcular el throughput utilizaremos la fórmula $S = \frac{L}{d}$, donde L es la longitud en bits de un *ping* y d es el tiempo en segundos entre *ping* y *ping*. La definición de throughput es aplicable a todo tipo de transmisión de datos.

Ejercicio 16 [0,5p]: Las subredes 5 y 6 quieren transmitir paquetes cada 4 segundos. ¿Cuál es el tamaño máximo de datos (en bytes) para que se pueda retransmitir la información a todos los PC de la subred **simultáneamente** en cada caso durante este intervalo de tiempo, teniendo en cuenta que el switch está conectado mediante Fast Ethernet (100 Mbps) al router? Justifica todas las respuestas.

Solución:

El throughput de cada PC se puede calcular mediante la fórmula vista en este apartado de la PAC:

$$S_{PC} = \frac{L}{d}, \quad (1)$$

substituyendo por número de PC en cada subred y el intervalo de tiempo entre paquete y paquete, obtenemos:

$$S_{PC} = \frac{L \text{ B} * 8 \frac{\text{bits}}{\text{B}} * 10^6}{4 \text{ segundos}} = 2L \text{ Mbps}. \quad (2)$$

La subred 5 tiene 2 PC. Por lo tanto, el throughput total del router se puede calcular como:

$$S_{R5} = 2 * 2L_5 \text{ Mbps} = 4L_5 \text{ Mbps}. \quad (3)$$

La subred 6, en cambio, tiene 4 PC. Por lo tanto, el throughput total del router se puede calcular como:

$$S_{R6} = 4 * 2L_6 \text{ Mbps} = 8L_6 \text{ Mbps}. \quad (4)$$

Debido a que el throughput que el switch de Fast Ethernet puede soportar es de 100 Mbps, el throughput del switch para poder retransmitir a todos los PC de cada subred tiene que cumplir en cada caso la desigualdad:

$$S_{Ri} \leq 100 \text{ Mbps}, \quad (5)$$

por lo tanto, el tamaño máximo de los paquetes en la subred 5, L_5 son 25 MB y en la subred 6, L_6 son 12.5 MB.