

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Grau en Enginyeria Informàtica

**Desenvolupament d'un conjunt de laboratoris per l'aprenentatge de
protocols de xarxa**

Memòria

**JOAQUIM MOLINA CUEVAS
PONENT: LÉONARD JANER GARCÍA**

PRIMAVERA 2018



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Agraïments

Al meu tutor, Léonard Janer García, pel guiatge i l'ajuda que m'ha donat.

A la Gemma Romagosa i Mireia Romagosa, per l'ajuda rebuda.

Resum

Aquest projecte pretén crear una sèrie de laboratoris per l'aprenentatge de protocols de xarxa. Per arribar a crear aquests laboratoris, s'estudien els diferents mètodes amb els que es poden realitzar. Es realitzen diferents proves amb cada un dels mètodes fins que finalment s'escull un d'ells per realitzar els laboratoris. Juntament amb ells, s'adjunta una guia pas a pas per tal que l'usuari completi correctament les diferents activitats. Com a resultat s'obtenen 8 activitats on l'usuari ha de configurar els dispositius i els protocols de xarxa.

Resumen

Este proyecto pretende crear una serie de laboratorios para el aprendizaje de protocolos de redes. Para llegar a crear estos laboratorios se estudian los diferentes métodos con los que se pueden realizar. Se realizan diferentes pruebas con cada uno de los métodos hasta que finalmente se escoge uno de ellos para realizar los laboratorios. Junto con ellos, se adjunta una guía paso a paso con la finalidad que el usuario complete correctamente las diferentes actividades. Como resultado se obtienen 8 actividades donde el usuario tiene que configurar los dispositivos y los protocolos de redes.

Abstract

This project aims to create a different kind of laboratories to learn about network protocols. In order to create these laboratories, we study the different methods which they can be performed. Different tests are performed with each one of the methods until finally one of them is chosen to perform the laboratories. In addition, a step-by-step guide is added in order to help the user to complete the different activities correctly. As a result 8 activities are obtained where the user has to configure the devices and network protocols.

Índex.

| | |
|---|-----|
| Índex de figures..... | III |
| Índex de taules..... | IX |
| Glossari de Termes..... | XI |
| 1. Introducció..... | 1 |
| 2. Entorns per l'aprenentatge de protocols de xarxa. | 3 |
| 2.1. Entorn real..... | 3 |
| 2.1.1. Exemple amb Wireshark. | 3 |
| 2.2. Emuladors..... | 7 |
| 2.2.1. Exemple amb GNS3..... | 7 |
| 2.3. Simuladors..... | 10 |
| 2.3.1. Exemple amb NetSimk..... | 10 |
| 2.4. Packet Tracer..... | 13 |
| 2.4.1. El programa..... | 14 |
| 2.4.2. Exemple d'activitat..... | 17 |
| 3. Activity Wizard de Packet Tracer..... | 23 |
| 3.1. Exemple Activity Wizard..... | 25 |
| 4. Laboratori d'aprenentatge..... | 37 |
| 4.1. Activitat 1..... | 37 |
| 4.2. Activitat 2..... | 37 |
| 4.3. Activitat 3..... | 38 |

II

| | |
|--|----|
| 4.4. Activitat 4 | 40 |
| 4.5. Activitat 5 | 42 |
| 4.6. Activitat 6 | 45 |
| 4.7. Activitat 7 | 47 |
| 4.8. Activitat 8 | 50 |
| 5. Un cas d'ús. | 53 |
| 6. Pressupost i execució de projecte | 61 |
| 6.1. Hores | 61 |
| 6.2. Hardware..... | 64 |
| 6.3. Software | 64 |
| 6.4. Indirectes..... | 65 |
| 6.5. Cost total | 66 |
| 7. Conclusions | 69 |
| 8. Bibliografia..... | 71 |

Índex de figures.

| | |
|---|----|
| Fig. 2.1. Interfície Wireshark. | 4 |
| Fig. 2.2. Paquets capturats amb Wireshark. | 4 |
| Fig. 2.3. <i>Ping</i> realitzat amb la consola de Windows. | 5 |
| Fig. 2.4. Entrada de text per filtrar a Wireshark. | 5 |
| Fig. 2.5. Filtratge per la direcció IP 192.168.1.10. | 5 |
| Fig. 2.6. Resultats del filtratge per IP a Wireshark. | 6 |
| Fig. 2.7. Detalls del paquet a Wireshark. | 6 |
| Fig. 2.8. Captura de pantalla de la màquina virtual GNS3 a VMware. | 8 |
| Fig. 2.9 Captura de pantalla de GNS3 amb la topologia creada entre un <i>Router</i> i un PC. | 9 |
| Fig. 2.10. Captura de pantalla de la configuració del <i>Router</i> a GNS3 | 9 |
| Fig. 2.11 Captura de pantalla de la configuració del PC a GNS3 | 9 |
| Fig. 2.12. Captura de NetSimk. Font: www.netsimk.com | 10 |
| Fig. 2.13. PC i <i>Router</i> connectats amb un cable Ethernet i un cable Consola. | 11 |
| Fig. 2.14 Finestra de configuració de PC. | 11 |
| Fig. 2.15. Configuració de xarxa del PC. | 12 |
| Fig. 2.16. Consola del <i>Router</i> | 12 |
| Fig. 2.17. Configuració de l'adreça IP del <i>Router</i> | 13 |
| Fig. 2.18. <i>Ping</i> realitzat entre el PC i el <i>Router</i> | 13 |
| Fig. 2.19. Menú superior <i>Packet Tracer</i> | 14 |
| Fig. 2.20. Topologia física amb <i>Packet Tracer</i> | 14 |

| | |
|--|----|
| Fig. 2.21. Menú lateral de <i>Packet Tracer</i> . | 15 |
| Fig. 2.22. Dispositius de xarxa. | 15 |
| Fig. 2.23. Dispositius finals de xarxa. | 15 |
| Fig. 2.24. Dispositius IoT. Font: Elaboració pròpia. | 15 |
| Fig. 2.25. Cablejat. | 16 |
| Fig. 2.26. Menú inferior, <i>Packet Tracer</i> en <i>Realtime</i> . | 16 |
| Fig. 2.27. Menú inferior, <i>Packet Tracer</i> en <i>Simulation</i> . | 16 |
| Fig. 2.28. Dispositius de xarxa sense connectar. | 17 |
| Fig. 2.29. Dispositius connectats. | 17 |
| Fig. 2.30. Finestra del <i>Router</i> a <i>Packet Tracer</i> . | 17 |
| Fig. 2.31. Comandes per configurar la IP del <i>Router</i> . | 18 |
| Fig. 2.32. Finestra de configuració del PC. | 19 |
| Fig. 2.33. Configuració de la porta d'enllaç a un PC. | 19 |
| Fig. 2.34. Configuració de la IP i Màscara de Xarxa al PC. | 20 |
| Fig. 2.35. Topologia connectada i configurada. | 20 |
| Fig. 2.36. Aplicacions de l'ordinador a <i>Packet Tracer</i> . | 21 |
| Fig. 2.37. <i>Ping</i> realitzat des de un PC a <i>Packet Tracer</i> . | 21 |
| Fig. 2.38. Mode Simulació. | 22 |
| Fig. 2.39. Paquets del <i>ping</i> realitzat. | 22 |
| Fig. 3.1. Missatge de validació de topologia correcte. | 23 |
| Fig. 3.2. Activity Wizard. | 24 |

| | |
|--|----|
| Fig. 3.3. Topologia per l'exemple d'Activity Wizard. | 26 |
| Fig. 3.4. Configuració de la porta d'enllaç del Servidor. | 26 |
| Fig. 3.5. Configuració de l'adreça IP i màscara de xarxa del Servidor. | 27 |
| Fig. 3.6. Configuració DHCP del servidor. | 27 |
| Fig. 3.7. Configuració en DHCP de la porta d'enllaç d'un PC. | 28 |
| Fig. 3.8. Configuració DHCP de l'adreça IP i la màscara de xarxa d'un PC. | 28 |
| Fig. 3.9. Topologia inicial sense connexions. | 28 |
| Fig. 3.10. Exemple de guia de configuració del <i>Router</i> | 29 |
| Fig. 3.11. Arxius necessaris per preparar una activitat. | 29 |
| Fig. 3.12. Opcions de navegador Google Chrome al prémer el boto dret. | 30 |
| Fig. 3.13. Instruccions en format HTML a Activity Wizard. | 30 |
| Fig. 3.14. Visualització de les instruccions. | 31 |
| Fig. 3.15. Paràmetres seleccionats. | 32 |
| Fig. 3.16. Tests de connectivitat. | 32 |
| Fig. 3.17. Enviar un paquet per comprovar la connectivitat. | 33 |
| Fig. 3.18. Comprovació connectivitat. | 33 |
| Fig. 3.19. Importar el projecte inicial. | 34 |
| Fig. 3.20. Finestra amb les instruccions per realitzar l'activitat. | 34 |
| Fig. 3.21. Finestra de comprovació d'ítems i de connectivitat. | 34 |
| Fig. 3.22. Arxius necessaris per a la preparació de l'activitat. | 35 |
| Fig. 4.1. Topologia final activitat 3 | 38 |

| | |
|--|----|
| Fig. 4.2. Configuració d'una ruta a un <i>Router</i> | 39 |
| Fig. 4.3. Topologia de l'activitat 4. | 40 |
| Fig. 4.4. Configuració d'una ruta per defecte a un <i>Router</i> | 41 |
| Fig. 4.5. Classificació de les adreces IP. Font: https://www.cisco.com | 42 |
| Fig. 4.6. Topologia final de l'activitat 5. | 44 |
| Fig. 4.7. Configuració RIP v2 a un <i>Router</i> | 45 |
| Fig. 4.8. Taules d'encaminament d'un <i>Router</i> | 45 |
| Fig. 4.9. Topologia final de l'activitat 6. | 46 |
| Fig. 4.10. Configuració DHCP en un PC. | 46 |
| Fig. 4.11. Configuració del Servidor DHCP. | 47 |
| Fig. 4.12. Topologia inicial de l'activitat 7. | 48 |
| Fig. 4.13. Configuració del servei <i>email</i> en el Server0 | 48 |
| Fig. 4.14. Configuració del servei <i>email</i> en el Server1 | 49 |
| Fig. 4.15. Configuració del servei DHCP en el Server0 | 49 |
| Fig. 4.16. Configuració de porta d'enllaç i del servidor DNS en un PC. | 50 |
| Fig. 4.17. Configuració <i>email</i> en un PC. | 50 |
| Fig. 4.18. Topologia inicial de l'activitat 9. | 51 |
| Fig. 4.19. Configuració de les extensions telefòniques en una xarxa..... | 52 |
| Fig. 4.20. Configuració al <i>Router</i> per indicar on està l'extensió telefònica. | 52 |
| Fig. 5.1. Guia de l'activitat. | 53 |
| Fig. 5.2. Topologia inicial sense connexions. | 54 |

| | |
|--|----|
| Fig. 5.3. Percentatge completat una vegada realitzades les connexions..... | 54 |
| Fig. 5.4. Configuració d'adreça IP i màscara de xarxa d'una interfície. | 54 |
| Fig. 5.5. Configuració errònia de la interfície del <i>Router</i> | 55 |
| Fig. 5.6. Ítems a configurar correctament..... | 55 |
| Fig. 5.7. Ítems correctes de la configuració del <i>Router</i> | 56 |
| Fig. 5.8. Ítems de l'activitat configurats correctament. | 57 |
| Fig. 5.9. Tests de connectivitat..... | 58 |
| Fig. 5.10. Missatge informant que s'ha completat l'activitat. | 58 |
| Fig. 5.11. Punts de l'activitat..... | 59 |
| Fig. 5.12. Temps emprat per realitzar l'activitat. | 59 |
| Fig. 6.1. Diagrama de Gantt. | 62 |

Índex de taules.

| | |
|--|----|
| Taula 3.1. Resum dels paràmetres seleccionats a Activity Wizard. | 31 |
| Taula 4.1. Resultats correctes de l'activitat 1. | 37 |
| Taula 4.2. Resultats correctes de l'activitat 2. | 38 |
| Taula 4.3. Configuració correcte dels dispositius a l'activitat 3. | 39 |
| Taula 4.4. Configuració de rutes als Routers a l'activitat 3. | 40 |
| Taula 4.5. Configuració correcte dels dispositius de l'activitat 4. | 41 |
| Taula 4.6. Taula de les rutes d'encaminament dels dispositius de l'activitat 4. | 42 |
| Taula 4.7. Bites de dues mascarees de xarxa. | 43 |
| Taula 4.8. Resultat del <i>Subnetting</i> | 43 |
| Taula 6.1. Costos i hores dedicades a cada fase. | 61 |
| Taula 6.2. Resum d'hores dedicades per tasques. | 63 |
| Taula 6.3. Amortització de Hardware | 64 |
| Taula 6.4. Software gratuït. | 65 |
| Taula 6.5. Software utilitzat al 50%. | 65 |
| Taula 6.6. Software utilitzat només per al projecte durant la duració del TFG. | 65 |
| Taula 6.7. Costos totals del TFG | 67 |

Glossari de Termes

| | |
|--------------|---|
| € | Moneda Europea, Euro. |
| Adreça IP | És el número que identifica un dispositiu connectat a la xarxa. |
| Cisco | Empresa d'Estats Units dedicada principalment als dispositius de xarxa. |
| DHCP | <i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> , és el protocol de xarxa que permet als dispositius de xarxa obtenir els paràmetres de configuració automàticament. |
| Direcció MAC | Adreça que identifica una interfície de xarxa d'un dispositiu. |
| DNS | <i>Domain Name System</i> |
| GB | Giga Byte. |
| HP | Empresa de tecnologia, Hewlett-Packard. |
| HTML | És un dels llenguatges de programació que s'utilitza per a la creació de pàgines web. |
| IBM | Empresa de tecnologia, <i>International Business Machines</i> . |
| ICMP | <i>Internet Control Message Protocol</i> , és el protocol de control i notificació d'errors del Protocol d'Internet. |
| Intel | Empresa de tecnologia |
| IOE | <i>Internet of Everything</i> . |
| IoT | <i>Internet of Things</i> . |
| IP | És l'abreviació en anglès de <i>Internet Protocol</i> , és el protocol de comunicació a internet. |
| Java | Llenguatge de programació |

XII

| | |
|------------------|--|
| KWh | Unitat de consum, és la potència utilitzada durant una hora. |
| LLDP | <i>Link Layer Discovery Protocol</i> , és el protocol de detecció de la capa d'enllaç. |
| Màscara de xarxa | <i>Subnet Mask</i> en anglès, és la combinació de bits que serveix per delimitar la xarxa del dispositiu. |
| <i>Multicast</i> | És la adreça IP reservada a l'enviament d'informació a múltiples destí simultàniament. |
| PC | <i>Personal Computer</i> . |
| PDF | <i>Portable Document Format</i> |
| Ping | És una eina de diagnòstic, el host envia un missatge ICMP al dispositiu destí esperant una resposta. |
| Porta d'enllaç | <i>Gateway</i> en anglès, és el dispositiu que actua de interfície de connexió entre aparells i dispositius. |
| PTP | <i>Precision Time Protocol</i> , és un dispositiu utilitzat per sincronitzar rellotges en una xarxa. |
| Python | Llenguatge de programació |
| RAM | <i>Random Access Memory</i> . |
| REP | <i>Resilient Ethernet Protocol</i> , és un protocol utilitzat per substituir al STP. |
| RIP | <i>Routing Information Protocol</i> |
| <i>Router</i> | Dispositiu que permet la interconnexió de dispositius entre xarxes independents. S'encarrega de reenviar els paquets entre xarxes al seu destí correcte. |
| RPAN | Extensió del protocol SPAN |

| | |
|--------|--|
| SO | Sistema Operatiu |
| SPAN | <i>Switch Port Analyzer</i> , és sistema de monitoratge de tràfic |
| Switch | Dispositiu que interconnecta dispositius d'una xarxa local, funciona amb les direccions MAC per poder identificar cada dispositiu. |
| TFG | Treball de Final de Grau |
| Tv | Televisió |
| VoIp | <i>Voice Over Internet Protocol</i> |
| W | Unitat de potència, Watt |

1. Introducció

En aquest treball s'analitzen els mètodes que hi ha per poder dur a terme la creació d'una topologia de xarxa per poder crear activitats guiades. L'objectiu és que un usuari pugui seguir aquestes activitats per aprendre a configurar els diferents dispositius.

Una topologia de xarxa és el conjunt de diferents dispositius connectats per xarxa. Un exemple de topologia és un ordinador i un *Router* connectats. A qualsevol casa ja es disposa d'una topologia de xarxa ja que es tenen molts dispositius connectats al *Router*, com els mòbils, ordinadors, *tablets*, TV..

Normalment els dispositius que es tenen a una llar no requereixen una gran configuració, ja que simplement l'usuari vol accedir a Internet. Una empresa pot tenir més necessitats de les que té un usuari a casa seva perquè sol tenir més dispositius i cal configurar-los segons les seves necessitats.

Al Grau d'Enginyeria Informàtica s'ha treballat amb diferents programes, però també s'han analitzat d'altres. S'ha treballat amb el programa *Wireshark*, un analitzador de xarxa, captura el tràfic de xarxa i mostra els paquets. També s'ha treballat amb el simulador de Cisco, *Packet Tracer*.

S'han analitzat les tres maneres que hi ha per crear una topologia de xarxa, en un entorn real, en un emulador i en un simulador.

A l'entorn Real s'ha necessitat l'ús de dispositius físics sent un d'ells un ordinador. Amb els dispositius configurats i el programa *Wireshark* s'ha capturat el tràfic de xarxa per analitzar-lo.

Amb els emuladors s'ha creat una topologia amb el programa *GNS3*, un emulador de codi lliure. Un emulador utilitza el sistema operatiu real del dispositiu, per tant s'ha de preparar també un programa de virtualització per emular el sistema operatiu. S'ha fet servir el programa *VMWare*, un dels que recomana *GNS3*.

Amb els simuladors s'ha creat una topologia amb el programa *Netsimk* i amb *Packet Tracer*. Els simuladors no utilitzen el sistema operatiu original d'un dispositiu, sinó que el programa simula el sistema operatiu.

Després d'analitzar els 3 mètodes per crear una topologia, s'ha escollit el programa Packet Tracer per la facilitat de configuració i per l'eina auto avaluable que incorpora. Es creen 8 activitats auto avaluable amb *Packet Tracer* en la que es configuren diferents dispositius com *Routers*, *Switchs*, Telèfons IP, Servidors. També es configuren serveis com DHCP, DNS, *Email*, VoIP, RIP, Routing.

L'objectiu és que l'usuari aprengui a configurar tots els dispositius i serveis mencionats amb una eina senzilla amb el complement d'una guia.

S'ha fet una recerca d'informació per conèixer els tres mètodes i poder arribar a crear topologies amb cada un dels programes de cada mètode. Algun programa s'ha fet servir en el Grau, però no totes les funcions del programa, per tant ha calgut una recerca extra per aprendre a fer el que s'explica en el TFG. És per això que part de les explicacions de programes i protocols estan extretes dels apunts de les diferents assignatures de xarxes que s'han realitzat durant el Grau d'Enginyeria Informàtica.

2. Entorns per l'aprenentatge de protocols de xarxa.

Existeixen tres maneres per crear una topologia i provar el seu funcionament, crear la topologia en l'entorn real amb tots els aparells físics, amb un emulador o un simulador. En aquest apartat s'explica cada un dels mètodes i els programes amb els que es pot treballar en cada mètode. S'explica un exemple d'una topologia de xarxa amb un programa a cada un dels mètodes, com es prepara i es configura el programa i com es prepara la topologia a dins el programa (en el cas de l'entorn real no es prepara cap topologia a dins el programa, ja que és física)

2.1. Entorn real.

Les proves fetes en un entorn real impliquen la necessitat de tots els aparells físics amb els que es vulgui realitzar les proves. També impliquen la necessitat d'espai físic i una gran quantitat de temps per preparar la prova connectant tots els dispositius entre si.

A part dels diferents aparells de xarxa, també es necessitaria un ordinador per configurar els aparells i amb un analitzador de xarxa. Aquest analitzador de xarxa ajudarà a veure els diferents paquets de dades de la xarxa per comprovar si tot funciona correctament.

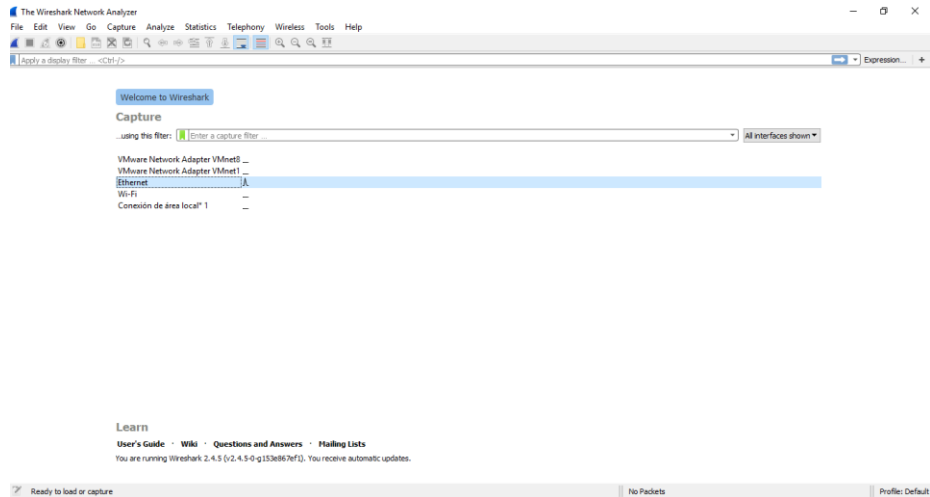
Un dels analitzadors de xarxa més coneguts és el Wireshark¹. També existeixen altres com Microsoft Network Monitor, Capsa packet Sniffer...

2.1.1. Exemple amb Wireshark.

Al ser un entorn real, cal una connexió entre dispositius física, per tant es crea la connexió entre un PC i un altre dispositiu físicament.

Es descarrega el programa de la web oficial i s'instal·la al PC de la topologia. Quan està instal·lat s'obre amb permisos d'administrador.

¹ Disponible a la web oficial <https://www.wireshark.org>

Fig. 2.1. Interfície Wireshark.²

La primera interfície del programa, mostra les interfícies físiques i virtuals del PC en el que s'està executant. Es selecciona la interfície desitjada i es clica al botó per començar a capturar el tràfic de xarxa.

The screenshot shows the Wireshark Network Analyzer interface with a list of captured network packets. The table below represents the data shown in the packet list pane.

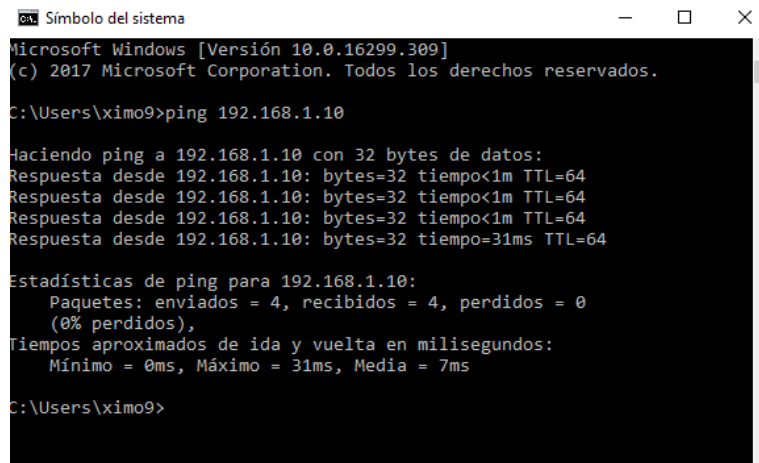
| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|------|----------|---------------------------------|-----------------|----------|--------|---|
| 5433 | 7.535786 | 172.26.20.39 | 239.0.2.140 | UDP | 1442 | 45873 → 3937 Len=1400 |
| 5434 | 7.566221 | 172.26.20.41 | 239.0.2.30 | UDP | 1442 | 59760 → 22222 Len=1400 |
| 5435 | 7.635689 | 172.26.20.39 | 239.0.2.140 | UDP | 1442 | 45873 → 3937 Len=1400 |
| 5436 | 7.666202 | 172.26.20.41 | 239.0.2.30 | UDP | 780 | 59760 → 22222 Len=738 |
| 5437 | 7.666478 | 172.26.20.41 | 239.0.2.30 | UDP | 252 | 59760 → 22222 Len=210 |
| 5438 | 7.666479 | 172.26.20.41 | 239.0.2.30 | UDP | 93 | 59760 → 22222 Len=51 |
| 5439 | 7.684711 | 172.26.20.39 | 239.0.2.141 | UDP | 1442 | 60034 → 3937 Len=1400 |
| 5440 | 7.686256 | 192.168.1.1 | 224.0.0.1 | IGMPv2 | 60 | Membership Query, general |
| 5441 | 7.688157 | fe80::9a97:d1ff:feb... ff02::1 | | ICMPv6 | 90 | Multicast Listener Query |
| 5442 | 7.688325 | fe80::51cf:53be:645... ff02::16 | | ICMPv6 | 150 | Multicast Listener Report Message v2 |
| 5443 | 7.694087 | fe80::226:86ff:fe0... ff02::16 | | ICMPv6 | 90 | Multicast Listener Report Message v2 |
| 5444 | 7.735568 | 172.26.20.39 | 239.0.2.140 | UDP | 1442 | 45873 → 3937 Len=1400 |
| 5445 | 7.766020 | 172.26.20.41 | 239.0.2.30 | UDP | 1277 | 59760 → 22222 Len=1235 |
| 5446 | 7.776753 | 192.168.1.44 | 224.0.0.251 | IGMPv2 | 46 | Membership Report group 224.0.0.251 |
| 5447 | 7.776836 | 192.168.1.44 | 224.0.0.252 | IGMPv2 | 46 | Membership Report group 224.0.0.252 |
| 5448 | 7.776887 | 192.168.1.44 | 239.255.255.250 | IGMPv2 | 46 | Membership Report group 239.255.255.250 |
| 5449 | 7.785609 | 172.26.20.39 | 239.0.2.141 | UDP | 1442 | 60034 → 3937 Len=1400 |
| 5450 | 7.796556 | 192.168.1.203 | 239.0.2.140 | IGMPv2 | 60 | Membership Report group 239.0.2.140 |
| 5451 | 7.802527 | 192.168.1.203 | 239.0.2.129 | IGMPv2 | 60 | Membership Report group 239.0.2.129 |
| 5452 | 7.866561 | 172.26.20.41 | 239.0.2.30 | UDP | 1442 | 59760 → 22222 Len=1400 |
| 5453 | 7.885499 | 172.26.20.39 | 239.0.2.141 | UDP | 989 | 60034 → 3937 Len=947 |
| 5454 | 7.885501 | 172.26.20.39 | 239.0.2.141 | UDP | 610 | 60034 → 3937 Len=568 |
| 5455 | 7.885824 | 172.26.20.39 | 239.0.2.140 | UDP | 1442 | 45873 → 3937 Len=1400 |
| 5456 | 7.898574 | 192.168.1.203 | 239.0.2.141 | IGMPv2 | 60 | Membership Report group 239.0.2.141 |
| 5457 | 7.916337 | 172.26.20.41 | 239.0.2.30 | UDP | 346 | 59760 → 22222 Len=304 |
| 5458 | 7.916415 | 172.26.20.41 | 239.0.2.30 | UDP | 106 | 59760 → 22222 Len=64 |
| 5459 | 7.934696 | 172.26.20.39 | 239.0.2.141 | UDP | 611 | 60034 → 3937 Len=569 |
| 5460 | 7.985628 | 172.26.20.39 | 239.0.2.140 | UDP | 1442 | 45873 → 3937 Len=1400 |
| 5461 | 8.016526 | 172.26.20.41 | 239.0.2.30 | UDP | 1442 | 59760 → 22222 Len=1400 |

Fig. 2.2. Paquets capturats amb Wireshark.

En aquest moment ja comença a capturar tot el tràfic que passa per la interfície seleccionada prèviament.

² Totes les Figures d'ara en endavant, a menys que s'indiqui el contrari, son d'elaboració pròpia.

Per fer la prova, es realitza un *ping* des del PC amb la consola de Windows a un altre dispositiu de la xarxa. Un *ping* és un missatge que s'envia d'un dispositiu de xarxa a un altre esperant una resposta per saber si el dispositiu està disponible.



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.16299.309]
(c) 2017 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\ximo9>ping 192.168.1.10

Haciendo ping a 192.168.1.10 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=31ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.10:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
            (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 31ms, Media = 7ms

C:\Users\ximo9>
```

Fig. 2.3. *Ping* realitzat amb la consola de Windows.

Com s'observa a la Fig. 2.3, es realitza un *ping* del PC al dispositiu amb IP 192.168.1.10. Una vegada realitzat el *Ping* es para el Wireshark perquè deixi de capturar el tràfic. Es fa clic al símbol Stop del menú superior.

Per veure els paquets que s'han enviat des de el PC fins al dispositiu on s'ha realitzat el *Ping* s'escriu la IP del dispositiu a la barra per filtrar, primer s'indica que filtri per IP i després s'indica la IP del dispositiu.

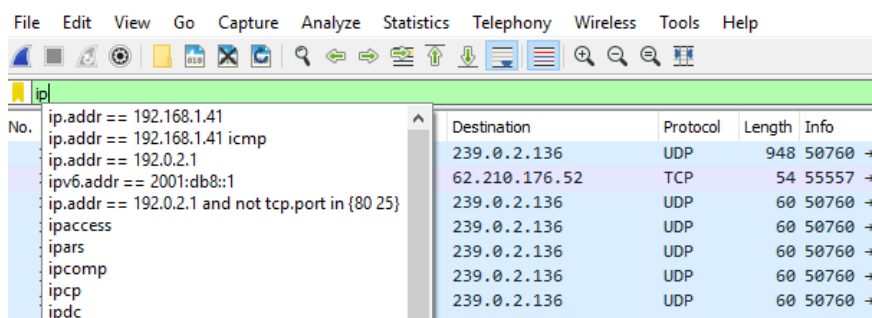


Fig. 2.4. Entrada de text per filtrar a Wireshark.

De tal manera que si es filtra per la direcció IP 192.168.1.10, la IP a la que s'ha realitzat el ping, queda com a la Fig. 2.5.

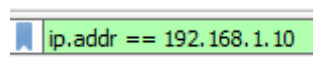


Fig. 2.5. Filtratge per la direcció IP 192.168.1.10.

| | | | | | | |
|-----|----------|--------------|---------------|---------|------|-------------------------|
| 100 | 1.590414 | 192.168.1.10 | 192.168.1.255 | BROWSER | 225 | BROWSER_ELECTION_REQ |
| 147 | 2.168725 | 192.168.1.44 | 192.168.1.10 | ICMP | 74 | Echo (ping) request |
| 148 | 2.169029 | 192.168.1.10 | 192.168.1.44 | ICMP | 74 | Echo (ping) reply |
| 226 | 3.169838 | 192.168.1.44 | 192.168.1.10 | HTTP | 868 | GET /cgi-bin/management |
| 227 | 3.170142 | 192.168.1.10 | 192.168.1.44 | TCP | 60 | 8080 → 56080 [ACK] S |
| 228 | 3.170391 | 192.168.1.44 | 192.168.1.10 | HTTP | 917 | GET /cgi-bin/management |
| 229 | 3.182120 | 192.168.1.44 | 192.168.1.10 | ICMP | 74 | Echo (ping) request |
| 230 | 3.182334 | 192.168.1.10 | 192.168.1.44 | ICMP | 74 | Echo (ping) reply |
| 240 | 3.205249 | 192.168.1.10 | 192.168.1.44 | TCP | 1514 | 8080 → 56080 [ACK] S |
| 241 | 3.205250 | 192.168.1.10 | 192.168.1.44 | TCP | 1514 | 8080 → 56080 [ACK] S |

Fig. 2.6. Resultats del filtratge per IP a Wireshark.

Finalment apareixen tots els paquets entre el dispositiu amb la IP 192.168.1.10 i el PC amb la IP 192.168.1.44 tal i com es mostra a la Fig. 2.6. També apareixen els paquets del *Ping* realitzats entre els dos dispositius, tant el missatge que envia el PC com la resposta del dispositiu.

Tots els paquets contenen informació com el destinatari, l'origen, el protocol... per veure els detalls d'un paquet a Wireshark es fa doble clic a un paquet i s'obre una nova finestra amb la informació tal i com es mostra a la Fig. 2.7.

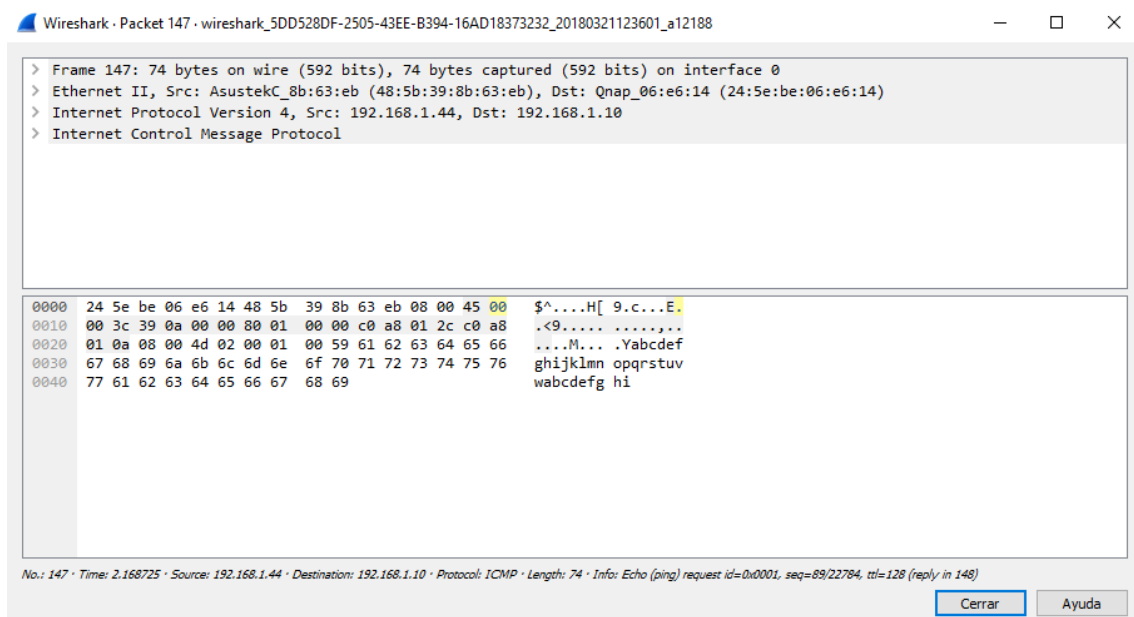


Fig. 2.7. Detalls del paquet a Wireshark.

Per preparar activitats en un entorn real calen els aparells físics, un gran espai i temps per realitzar totes les connexions físicament. Es descarta aquesta opció per realitzar les activitats ja que no tots els usuaris poden disposar de tot el material necessari ni tenir l'espai físic per tots els aparells. El que es busca en aquest TFG és una manera senzilla per l'usuari en la que practiqui la configuració dels dispositius. En un entorn real tampoc existeix una manera d'auto avaluar a l'usuari per comprovar que realitza les activitats correctament.

2.2. Emuladors.

Fent servir els emuladors no cal cap tipus d'aparell de xarxa físic, ja que tot es fa en el mateix emulador, només cal un ordinador. L'avantatge dels emuladors és que el dispositiu de xarxa utilitza el sistema operatiu real dels aparells reals i no cal el dispositiu físic. Per exemple un *Router* a l'emulador pot utilitzar el software original d'un *Router* de Cisco, d'aquesta manera tot s'aproxima més a l'entorn real sense la necessitat de tots els aparells físics.

Un dels més coneguts i utilitzats és el GNS3 (Graphical Network Simulator-3)³, va aparèixer el 2008 i la versió més recent es la 2.1.4. És un software utilitzat per grans companyies com HP, Intel, IBM...

2.2.1. Exemple amb GNS3.

Primerament es descarrega el programa de la web oficial de GNS3 i s'instal·la. GNS3 és una plataforma de virtualització que executa el sistema operatiu sobre el processador real, i com que no existeix cap dispositiu físic, cal instal·lar una maquina virtual.

GNS3 recomana la maquina virtual VM Ware⁴, així que es descarrega de la web oficial i s'instal·la. Aquest programa permet crear maquines virtuals, és a dir, permet executar diferents sistemes operatius independentment del sistema operatiu en el que s'estigui executant. Aquests dos sistemes operatius (el virtual i el de la pròpia maquina), no compartiran dades, però sí que la maquina virtual reserva recursos de la maquina física, com memòria RAM i GB al disc dur.

Una vegada instal·lat el programa VM Ware, es descarrega de la web oficial de GNS3 l'arxiu de la maquina virtual de GNS3 per a VM Ware. Quan està descarregat es configura una nova maquina virtual per l'arxiu descarregat.

Cal instal·lar també el complement VIX, un complement que permet que aplicacions externes a VM Player executin tasques sobre les maquines virtuals, això es necessari perquè funcioni GNS3, ja que ha d'executar el software dels dispositius en maquines virtuals.

³ Disponible a la web oficial <https://www.gns3.com/>

⁴ Disponible a la web oficial <https://www.vmware.com/>

Una vegada tot està instal·lat, s'obre el programa VM Player amb la maquina virtual de GNS3 i el programa GNS3.

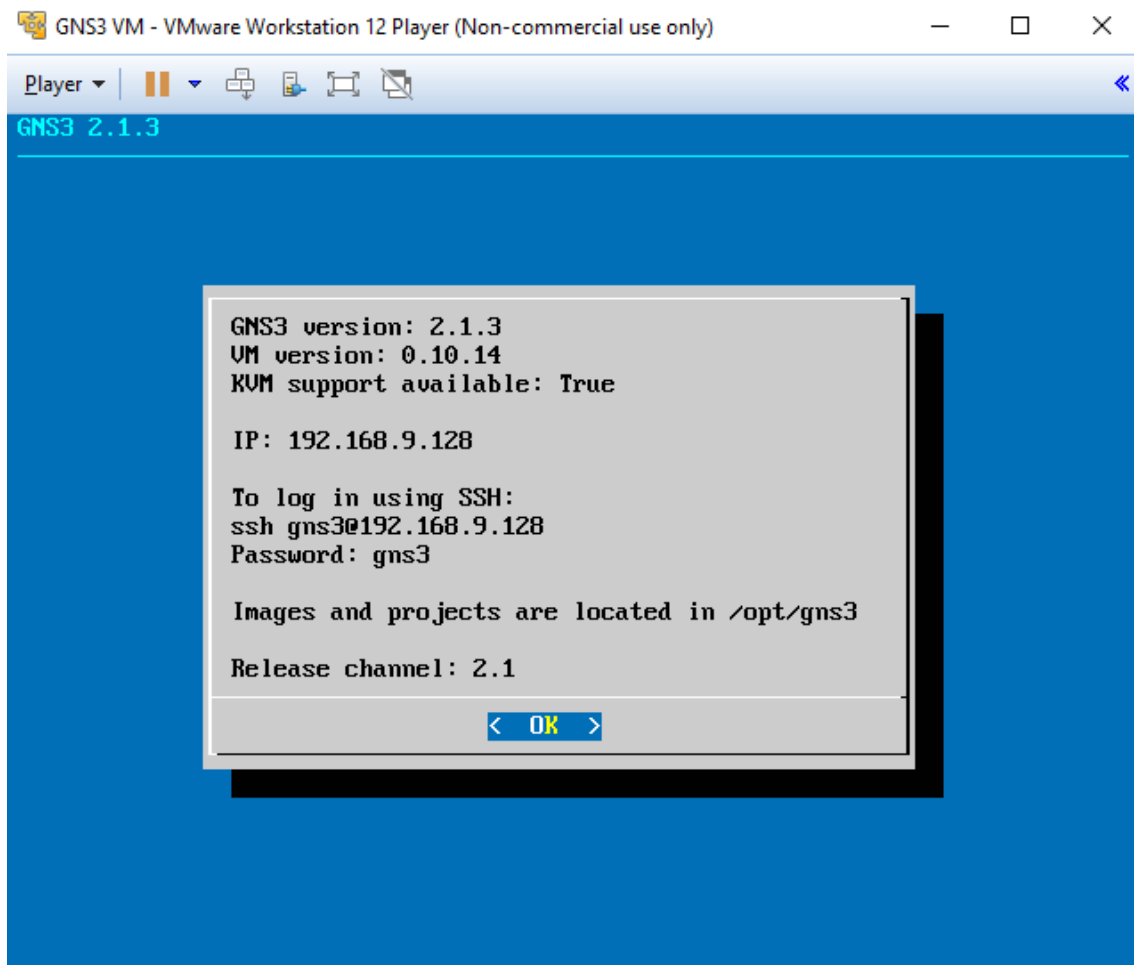


Fig. 2.8. Captura de pantalla de la màquina virtual GNS3 a VMware.

Com que GNS3 emula el sistema operatiu dels dispositius, en aquest exemple es mostra un PC i un *Router*, per tant, s'obté un sistema operatiu d'un *Router*.

Una vegada obert GNS3 es crea un nou *Router* amb el sistema operatiu descarregat prèviament. Es posen a la topologia el *Router* acabat de crear i un PC, es connecten amb un cable.

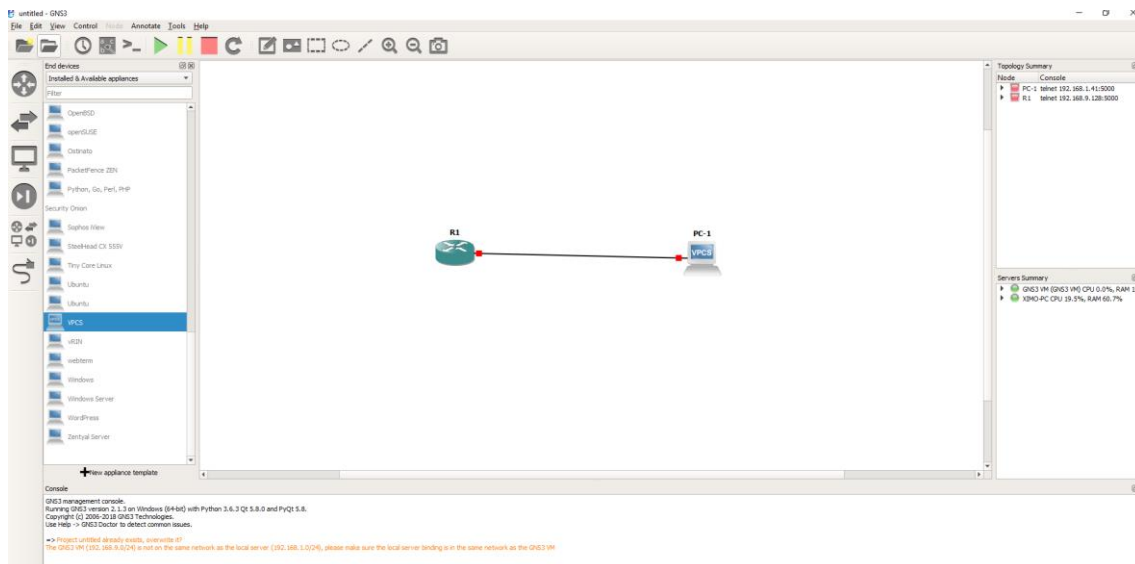


Fig. 2.9 Captura de pantalla de GNS3 amb la topologia creada entre un *Router* i un *PC*.

S'activen els dos dispositius i es configuren amb una IP. S'accedeix a la consola del *Router* i s'assigna una adreça IP a la interfície que està connectada amb el *PC* tal i com es mostra a la Fig. 2.10. Es realitza el mateix amb el *PC*, s'accedeix a la consola per configurar l'adreça IP i la porta d'enllaç tal i com es mostra a la Fig. 2.11.

```
R1(config)#int fastEthernet 0
R1(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#
*Mar 1 00:01:52.883: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0, changed state to up
*Mar 1 00:01:53.883: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0,
```

Fig. 2.10. Captura de pantalla de la configuració del *Router* a GNS3

```
PC-1> ip 10.0.0.2 255.255.255.0 10.0.0.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.0.2 255.255.255.0 gateway 10.0.0.1
```

Fig. 2.11 Captura de pantalla de la configuració del *PC* a GNS3

GNS3 és una molt bona eina si es vol treballar amb el sistema operatiu original dels dispositius, d'aquesta manera tot s'apropa més a la realitat. No necessita més dispositius que un ordinador per instal·lar el programa. Al necessitar un programa de virtualització, és una eina que consumeix molts recursos de l'ordinador. Per contra també està la seva configuració i la necessitat de descarregar tots els sistemes operatius de tots els dispositius que es vulguin provar. Tampoc disposa d'una eina d'autoavaluació per tal que l'usuari pugui comprovar si realitza correctament l'activitat o no.

2.3. Simuladors.

Simulen o fingeixen reproduir el funcionament dels aparells. En aquest cas, el programa simularia el sistema operatiu d'un dispositiu de xarxa, com un *Router*, sense utilitzar el propi sistema operatiu d'aquest.

Existeixen diversos simuladors com WebNMS simulation Toolkit⁵, Netsimk⁶, però un dels més complets és el Packet Tracer⁷.

2.3.1. Exemple amb NetSimk.

Per utilitzar el programa primerament es descarrega el programa de la web oficial. Es descarrega un fitxer comprimit, que quan s'extreu hi ha un executable, no cal cap tipus d'instal·lació.

La interfície del programa és senzilla, amb els diferents dispositius al menú de l'esquerra i la zona de treball a la dreta. Tots els dispositius de xarxa són models Cisco.

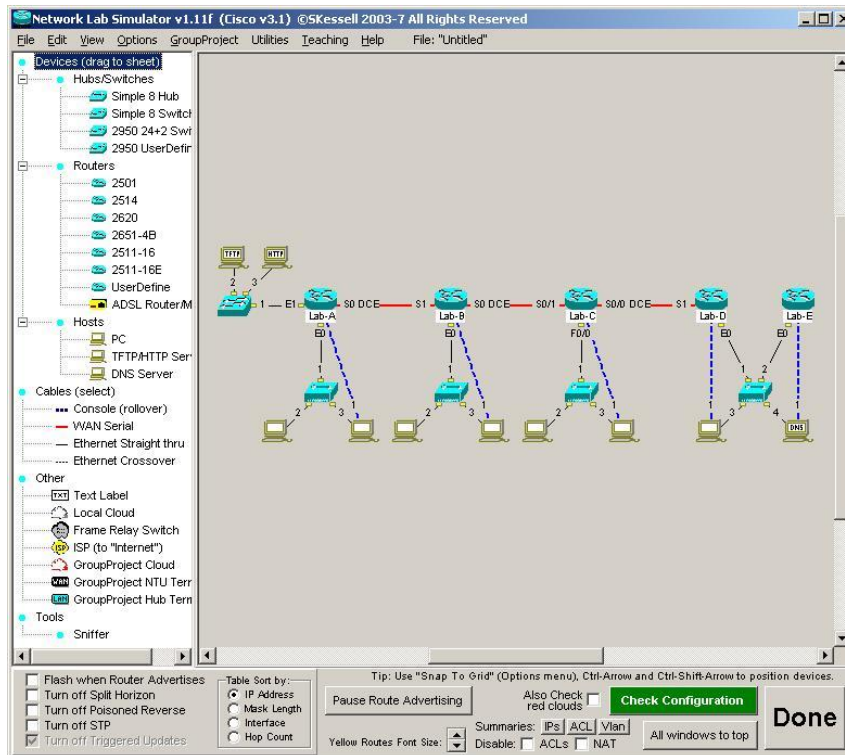


Fig. 2.12. Captura de NetSimk. Font: www.netsimk.com

⁵ Disponible a la web oficial <https://www.webnms.com/simulator>

⁶ Disponible a la web oficial <http://netsimk.com>

⁷ Disponible a la web oficial <https://www.netacad.com/es/courses/packet-tracer-download>

Des del menú de l'esquerra on estan tots els diferents dispositius, s'arrossega un PC fins la part de la dreta. També es posa un *Router*. Es realitzen les connexions amb el cable Ethernet, per tenir finalment una topologia amb un PC i un *Router*.

En aquest cas, la configuració del *Router* no es pot realitzar directament sobre el *Router*, sinó que cal connectar-se al *Router* amb un cable de consola i connectar-se als port COM del PC i del *Router*. Es selecciona el cable *Console* i es connecta el PC amb el *Router* per finalment tenir els dos dispositius i els dos cables tal i com es mostra a Fig. 2.13.

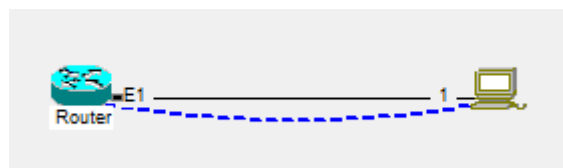


Fig. 2.13. PC i *Router* connectats amb un cable Ethernet i un cable Consola.

Una vegada esta tot connectat, es fa doble clic a sobre del PC per obrir-lo, apareix una nova finestra com si fos l'escriptori d'un PC.

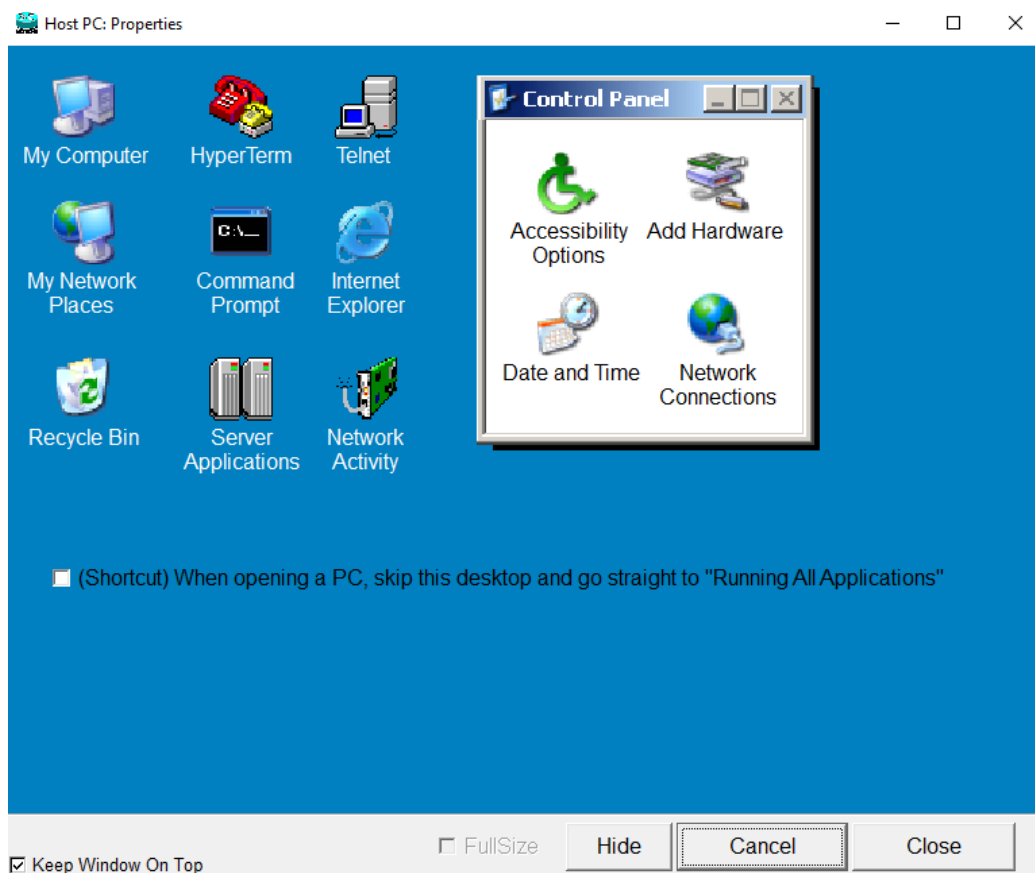


Fig. 2.14 Finestra de configuració de PC.

Per configurar l'adreça IP es fa clic a *Network Connections*, es configura l'adreça IP, la màscara de xarxa i la porta d'enllaç, finalment es fa clic a *Save & Close*.

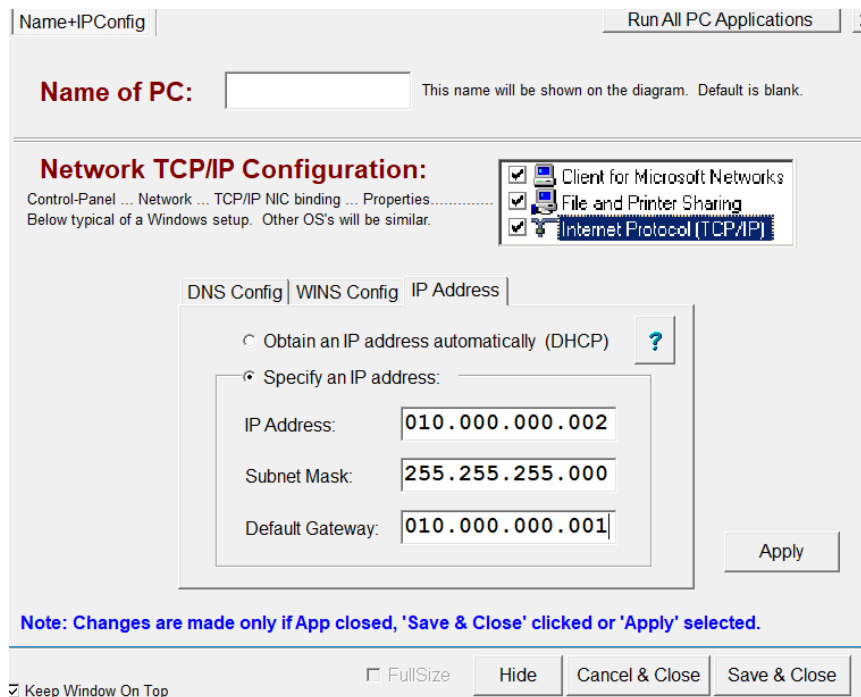


Fig. 2.15. Configuració de xarxa del PC.

Per configurar el Router, es fa a través del cable del port COM. Es torna a l'escriptori del PC i es fa clic a la icona *HyperTerm* i s'obre una nova finestra, aquesta és la consola del *Router*. Es configura l'adreça IP del Router com es mostra a Fig. 2.17.

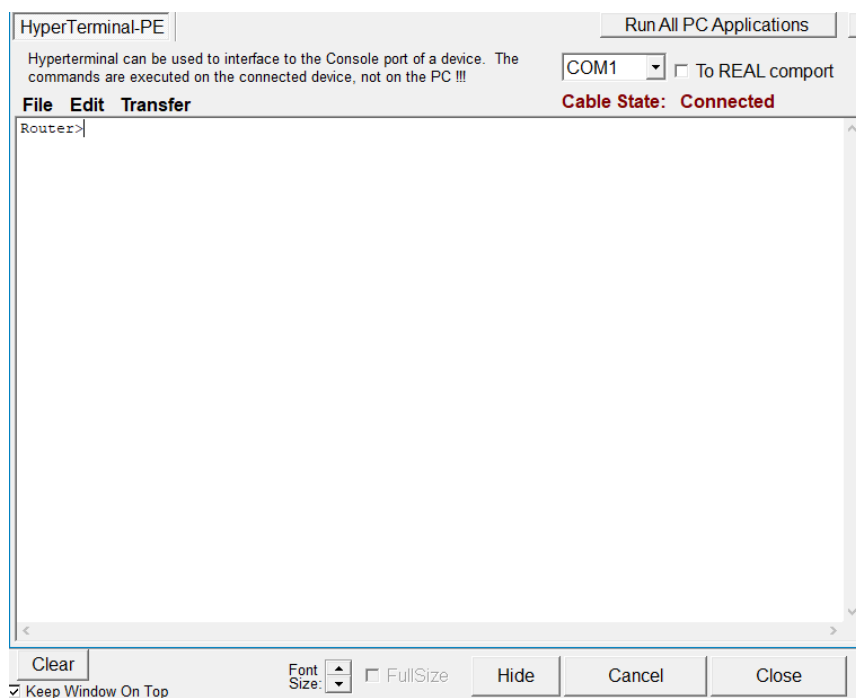
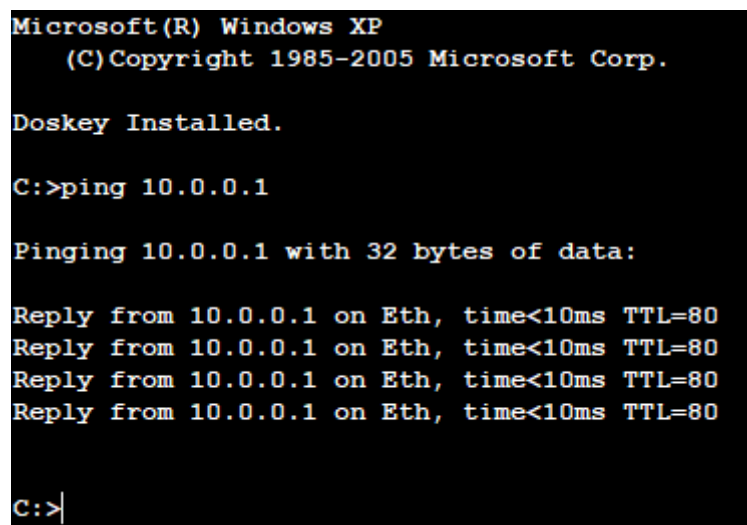


Fig. 2.16. Consola del *Router*.


```
Router(config)#int Ethernet0
Router(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#exit
Router(config)#
%LDXX - Interface Ethernet 0, changed state to down
```

Fig. 2.17. Configuració de l'adreça IP del *Router*.

Finalment es comprova la connexió realitzant un *Ping* entre el PC i el *Router*, per això s'obre el *Command Prompt* a l'escriptori del PC. S'executa la comanda per realitzar un *ping* entre el PC i el *Router*.



```
Microsoft(R) Windows XP
(C) Copyright 1985-2005 Microsoft Corp.

Doskey Installed.

C:>ping 10.0.0.1

Pinging 10.0.0.1 with 32 bytes of data:

Reply from 10.0.0.1 on Eth, time<10ms TTL=80
Reply from 10.0.0.1 on Eth, time<10ms TTL=80
Reply from 10.0.0.1 on Eth, time<10ms TTL=80
Reply from 10.0.0.1 on Eth, time<10ms TTL=80

C:>|
```

Fig. 2.18. *Ping* realitzat entre el PC i el *Router*.

La preparació inicial de Netsimk és senzilla, al ser un programa portable no requereix instal·lació. La quantitat de dispositius es bastant limitada, això fa que alguns serveis que es volen realitzar a les activitats no estiguin disponibles. Per contra també és un programa que no s'actualitza des del 2007.

2.4. Packet Tracer.

És el simulador desenvolupat per Cisco. Permet crear una gran varietat de topologies amb una gran varietat de dispositius de xarxa com per exemple ordinadors, *routers*, *switch*, servidors, dispositius sense fils... Amb ell també es pot analitzar tot el tràfic de xarxa de la topologia muntada per fer diverses comprovacions.

Actualment el programa està a la versió 7.1 on han introduït novetats respecte a la versió 6 com per exemple:

- Nous dispositius Cisco.

- Grans quantitat de dispositius IOE (sensors, detectors, automòbils...)
- Protocol IoT i suport del llenguatge Java i Python per la programació dels diferents dispositius.
- Nous protocols com LLDP, SPAN, RSPAN, PTP, REP.

2.4.1. El programa.

Per descarregar el programa cal estar inscrit al programa de *Cisco Networking Academy*, abreviat, el Netacad de Cisco, una portal web que promou el desenvolupament d'habilitats i la formació professional en IT.

Una vegada inscrit a Netacad ja apareix la opció per descarregar el programa, es descarrega i s'instal·la.

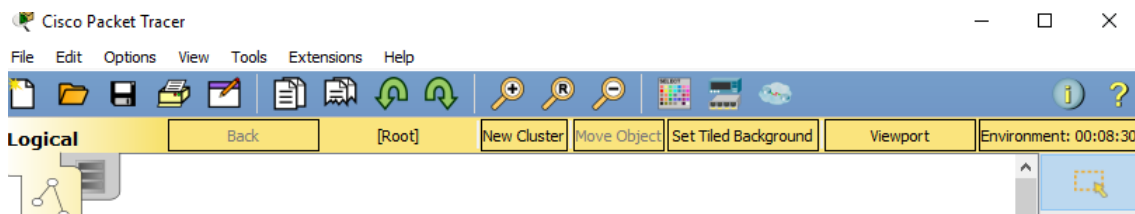


Fig. 2.19. Menú superior *Packet Tracer*.

En el menú superior hi ha les diferents opcions com crear un nou projecte, guardar, obrir, zoom, preferències del programa...

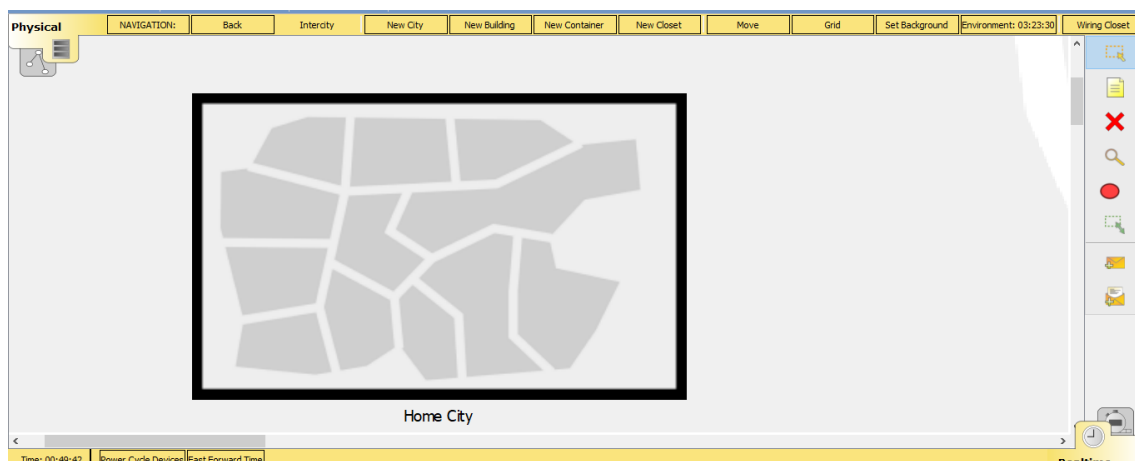


Fig. 2.20. Topologia física amb *Packet Tracer*.

Amb Packet Tracer es poden fer dos models de topologia, una topologia lògica i una física. Quan s'obre el programa per defecte apareix per crear una topologia lògica, però en aquest menú superior es pot canviar a una topologia física. En la topologia física es

controlen on estan els dispositius, es a dir, els diferents dispositius poden estar a diferents aules, edificis, ciutats...



Fig. 2.21. Menú lateral de *Packet Tracer*.

En el menú lateral es troben les opcions com seleccionar un dispositiu, esborra, afegir text, afegir formes geomètriques i enviar missatges d'un dispositiu a un altre, per exemple, per comprovar si hi ha comunicació entre ells.



Fig. 2.22. Dispositius de xarxa.



Fig. 2.23. Dispositius finals de xarxa.



Fig. 2.24. Dispositius IoT. Font: Elaboració pròpia.



Fig. 2.25. Cablejat.

En el menú inferior es troben tots els diferents dispositius disponibles, tant dispositius de xarxa com dispositius finals (PCs, Servidors...), cablejat. En aquesta nova versió de Packet Tracer s'incorporen molts dispositius IoT (sensors, actuadors...).

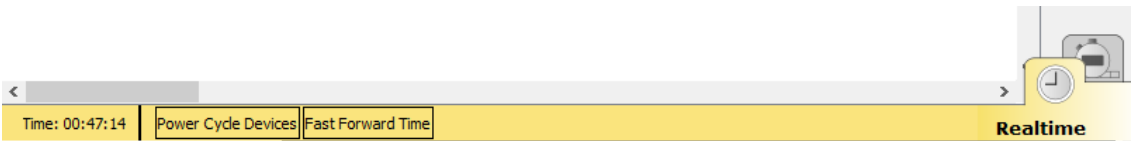


Fig. 2.26. Menú inferior, *Packet Tracer* en *Realtime*.

Una altra opció que té el programa en el menú inferior, es poder veure els paquets que van d'un dispositiu a un altre, en la Fig. 2.26 el programa està en mode *Realtime*, per tant no es veu cap paquet, en canvi, en la Fig. 2.27 esta en mode *Simulation* si que es veurien els paquets.

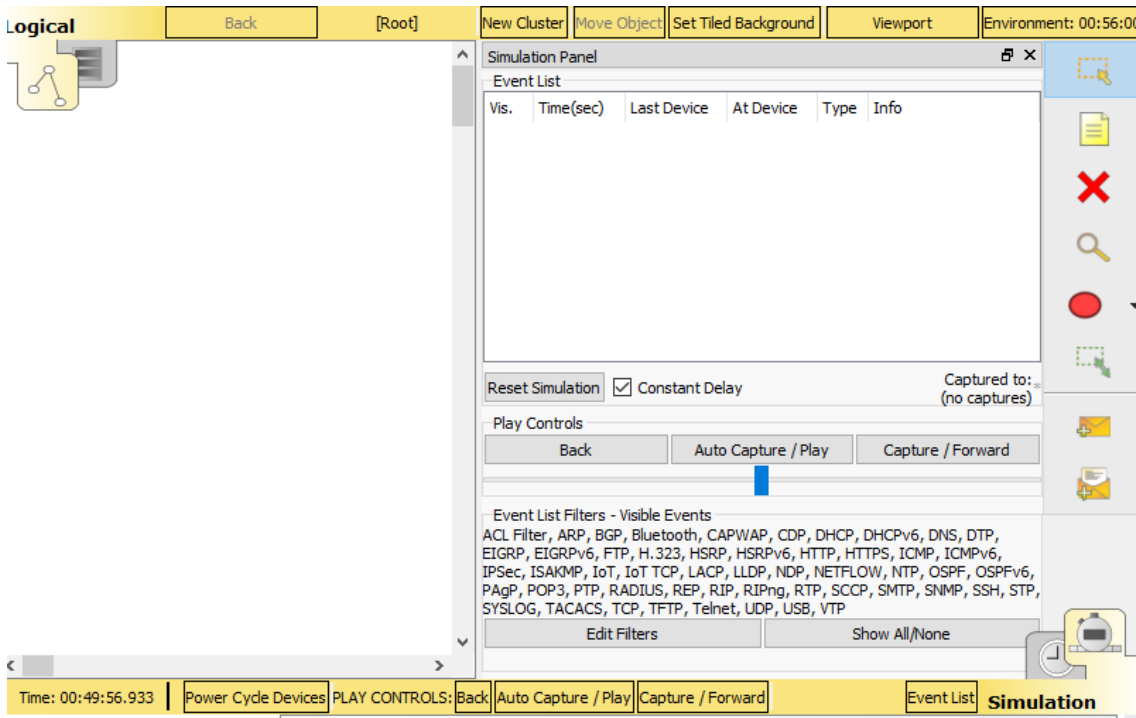


Fig. 2.27. Menú inferior, *Packet Tracer* en *Simulation*.

2.4.2. Exemple d'activitat

S'obre el programa i s'afegeix a la zona de treball dos PCs i un *Router*.



Fig. 2.28. Dispositius de xarxa sense connectar.

S'accedeix a la part de les connexions, es realitzarà la connexió amb la connexió automàtica de tal manera que queda com a la Fig. 2.29.

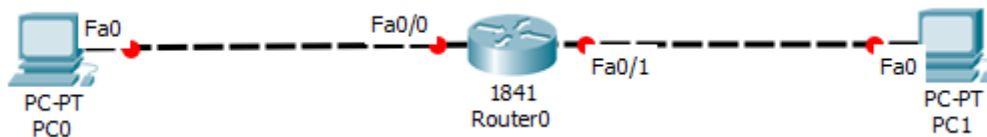


Fig. 2.29. Dispositius connectats.

Ara es configuren les interfícies del *Router*, per això es fa clic a sobre del dispositiu i s'obre una nova finestra.

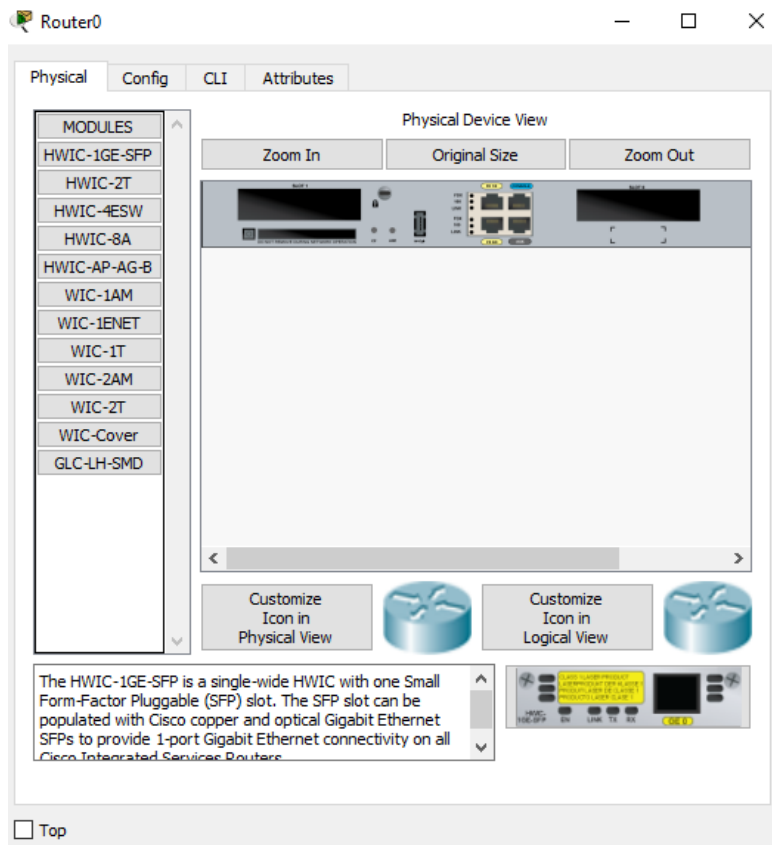


Fig. 2.30. Finestra del Router a Packet Tracer.

Està dividit en 4 pestanyes:

- *Physical*: aquí es veu el *Router* físic, es pot apagar i encendre amb un boto i afegir diferents mòduls que afegeixen característiques físiques al dispositiu, com per exemple, noves interfícies.
- *Config*: aquí es pot configurar els diferents paràmetres com les IPs, taules d'enrutament...
- *CLI*: és la terminal de la consola, el *Router* es pot modificar tot per consola tal i com es fa en els Routers de Cisco.
- *Attributes*:

No cal afegir cap mòdul ja que no calen noves interfícies, per tant es va a la pestanya de la consola per programar el *Router*, s'escriuen les diferents comandes per programar les interfícies del *Router*.

```
Router>en
Router#conf
Configuring from terminal, memory, or network [terminal]? t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#int fa0/0
Router(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#no shutdown

Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0,
changed state to up
exit
Router(config)#int fa0/1
Router(config-if)#ip address 20.0.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#no shutdown

Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/1, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1,
changed state to up
exit
Router(config)#
```

Fig. 2.31. Comandes per configurar la IP del *Router*.

S'ha configurat una interfície amb la IP 10.0.0.0 i l'altre amb la IP 20.0.0.0. Ara es configuren els PCs de les dues xarxes amb les IPs corresponents. Per obrir el PC es fa clic a sobre del dispositiu i s'obre una nova finestra.

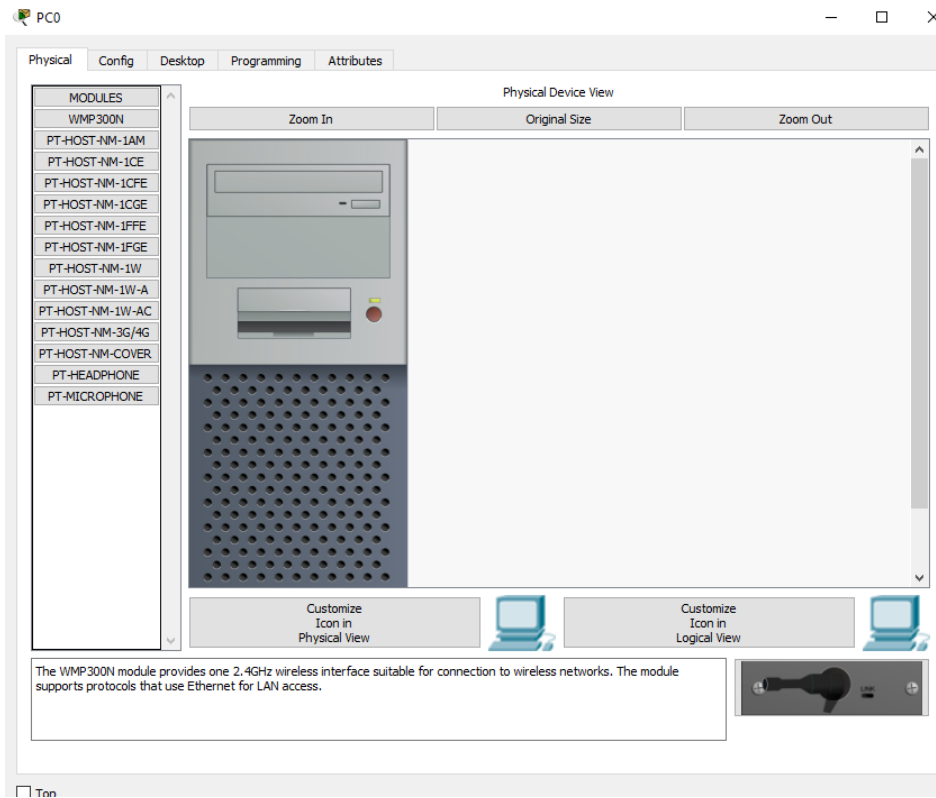


Fig. 2.32. Finestra de configuració del PC.

Igual que amb el *Router*, el PC també té diferents pestanyes, es va a la pestanya *Config*.

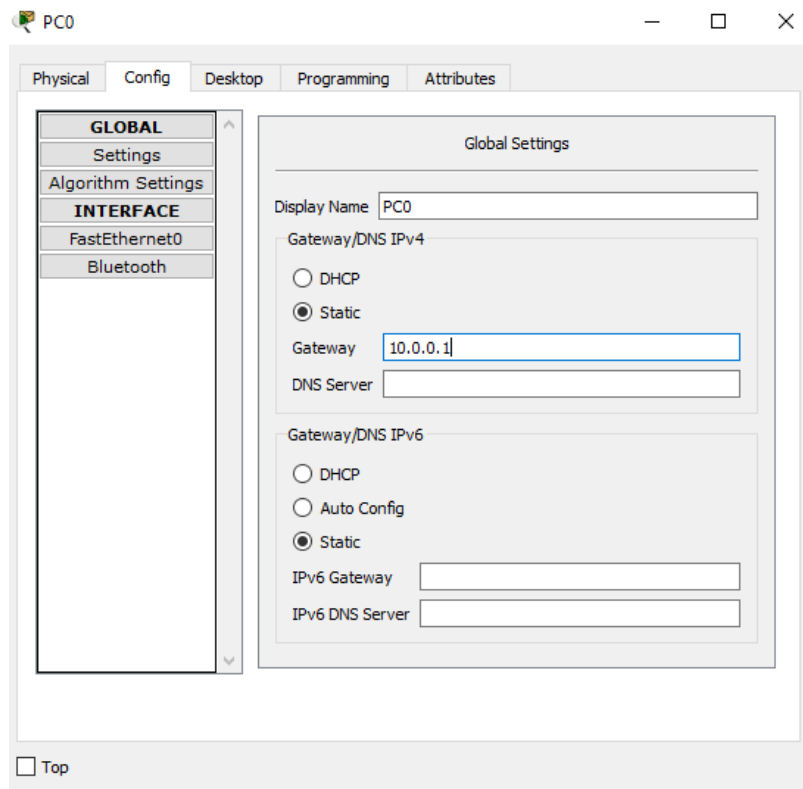


Fig. 2.33. Configuració de la porta d'enllaç a un PC.

Al menú de l'esquerra apareixen les diferents opcions i les interfícies del dispositiu, primer es configura la porta d'enllaç amb l'adreça IP del *Router* d'aquesta interfície. Seguidament es va a la pestanya de la interfície *FastEthernet0* per configurar l'adreça IP i la màscara de xarxa.

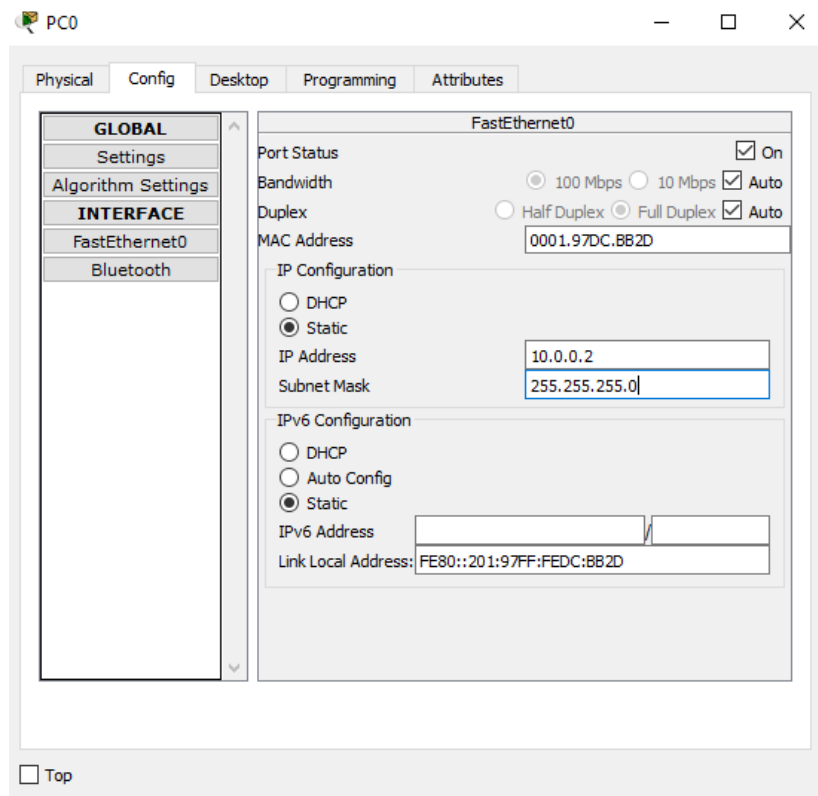


Fig. 2.34. Configuració de la IP i Màscara de Xarxa al PC.

S'escriu l'adreça IP i es comprova que la interfície estigui activada comprovant la casella superior dreta. Finalment es tanca la finestra i es configura l'altre PC amb l'adreça IP de la seva xarxa.

Finalment a la topologia les connexions ja apareixen en verd, conforme estan enceses i actives.

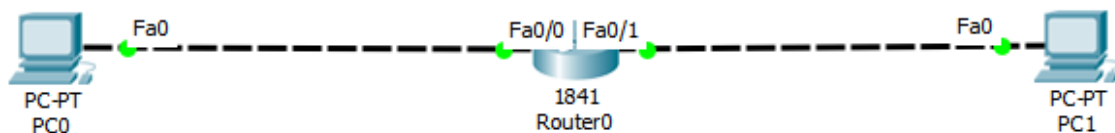


Fig. 2.35. Topologia connectada i configurada.

Per comprovar la connexió entre els dos PCs es realitza un *Ping*, per això es va a la pestanya *Desktop* d'un PC, aquí apareixen totes les opcions que té el PC.

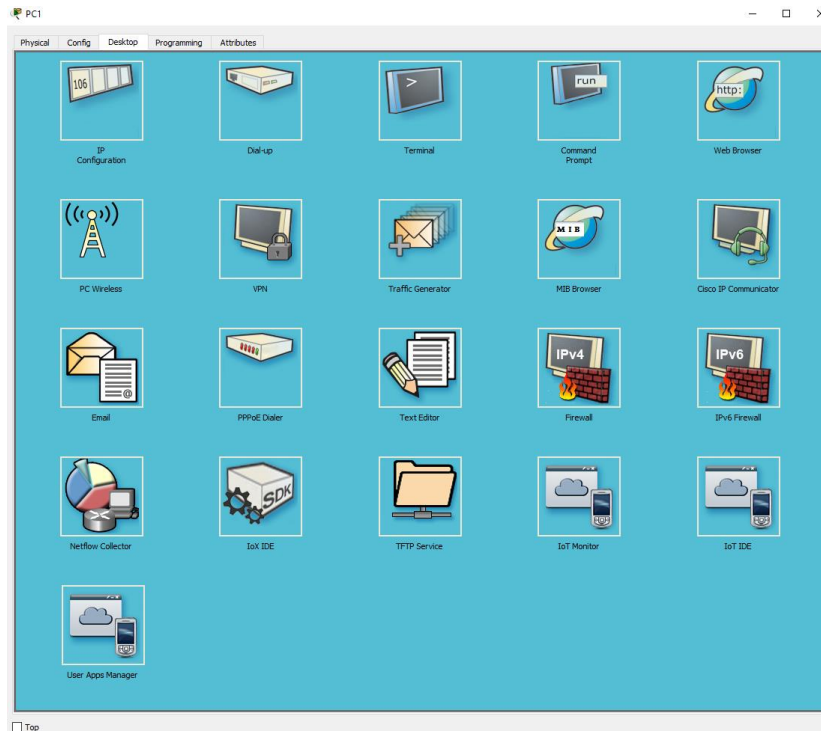


Fig. 2.36. Aplicacions de l'ordinador a *Packet Tracer*.

Com es veu a la Fig. 2.36 hi ha moltes opcions en el PC, per realitzar el *ping*, s'obre la opció *Command Prompt*, es la terminal del PC. Es realitza un *Ping* a l'altre PC.

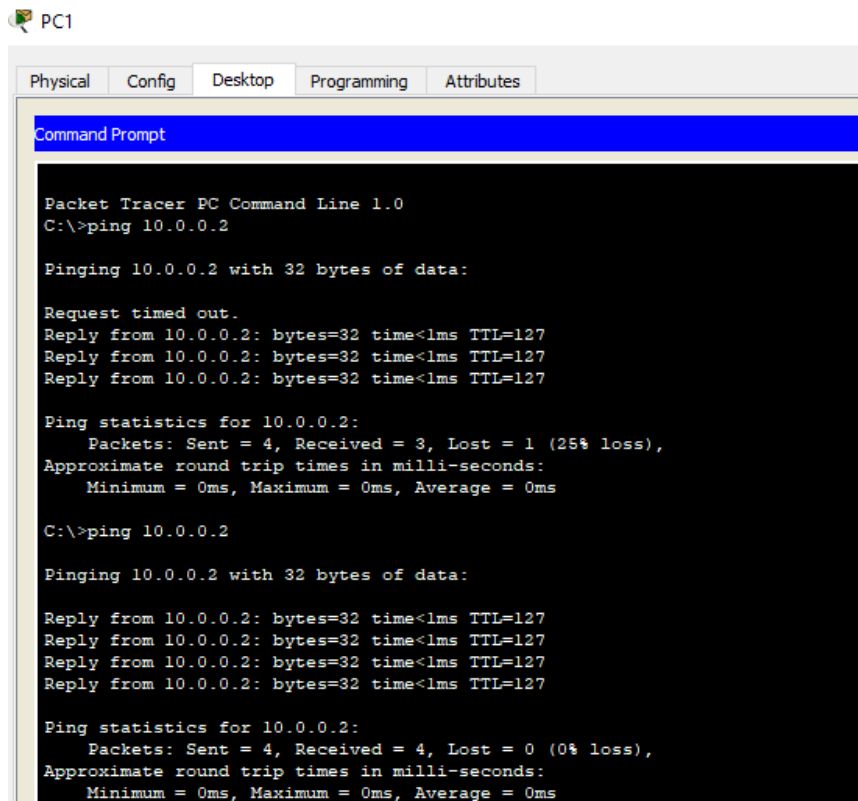


Fig. 2.37. *Ping* realitzat des de un PC a *Packet Tracer*.

També es poden veure els diferents paquets que circulen per la xarxa, per això s'ha d'obrir la pestanya de Simulació, prèviament explicada, a la part inferior dreta del programa.

Una vegada oberta la pestanya de la Simulació, es farà clic al botó per començar a capturar els paquets, al botó *Auto Capture/Play*.

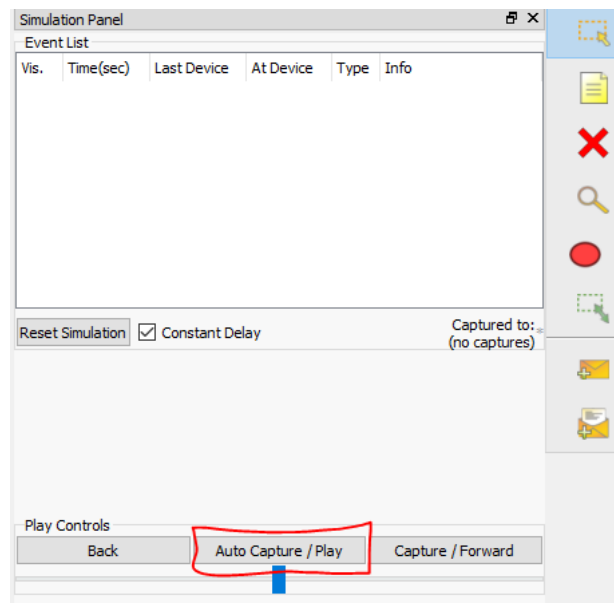


Fig. 2.38. Mode Simulació.

En aquest moment comencen a aparèixer tots els paquets que estan circulant per la topologia de xarxa. Es poden filtrar dient clic a *Edit Filters* situat a la part inferior esquerra. Per exemple, es realitza el mateix *Ping* realitzat prèviament amb la captura de paquets oberta per veure els paquets.

| Vis. | Time(sec) | Last Device | At Device | Type | Info |
|------|-----------|-------------|-----------|------|------|
| | 6.002 | -- | PC0 | ICMP | |
| | 6.003 | PC0 | Router0 | ICMP | |
| | 6.004 | Router0 | PC1 | ICMP | |
| | 6.005 | PC1 | Router0 | ICMP | |
| | 6.006 | Router0 | PC0 | ICMP | |
| | 7.006 | -- | PC0 | ICMP | |
| | 7.007 | PC0 | Router0 | ICMP | |
| | 7.008 | Router0 | PC1 | ICMP | |
| | 7.009 | PC1 | Router0 | ICMP | |

Fig. 2.39. Paquets del *ping* realitzat.

Finalment es tria treballar amb Packet Tracer ja que és la eina que s'ha utilitzat durant el grau i que incorpora una eina d'autoavaluació. Aquesta eina d'autoavaluació és la que es fa servir pel desenvolupament de les activitats en una part del TFG.

3. Activity Wizard de Packet Tracer.

És una eina d'auto avaluació que incorpora Packet Tracer, permet que l'usuari segueixi unes instruccions per crear una topologia final i es corregeixi automàticament. Per realitzar una activitat normalment és segueix la seqüència:

- Crear la resposta de la xarxa i posar una puntuació a cada objecte.
- Crear la xarxa inicial amb la que l'usuari començarà. És recomana que per a una puntuació final més correcte, es preparin ja els dispositius inicials amb els noms correctes.
- Preparar les restriccions perquè l'usuari no pugui fer certes coses durant la practica, com per exemple, esborrar un objecte.
- Preparar unes instruccions escrites de l'activitat.
- Protegir l'activitat amb contrasenya per evitar canvis no desitjats.

Per preparar una activitat auto avaluable cal una activitat final i un punt de partida inicial, dos arxius diferents. Es a dir, calen dos arxius pkt, el format en el que es guarda un projecte de Packet Tracer. Cal un arxiu pkt amb la pràctica finalitzada i funcionant i un altre amb un punt de partida escollit, pot ser un projecte en blanc, un projecte només amb els dispositius de xarxa, només alguns dispositius...

El resultat de crear l'activitat auto avaluable es un arxiu pka, un arxiu que només obrir-lo apareixeran les instruccions a seguir i una nova finestra amb la topologia inicial de l'exercici.

Aquesta opció està disponible al menú superior del programa a la pestanya *Extensions*.

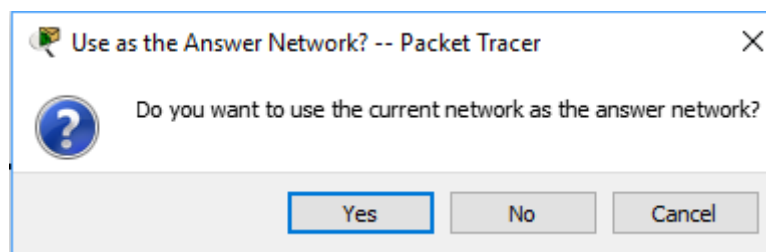


Fig. 3.1. Missatge de validació de topologia correcte.

Apareix un missatge preguntant si es vol utilitzar la topologia actual com la resposta final, es clica a *Yes* i apareix la finestra d'Activity Wizard.

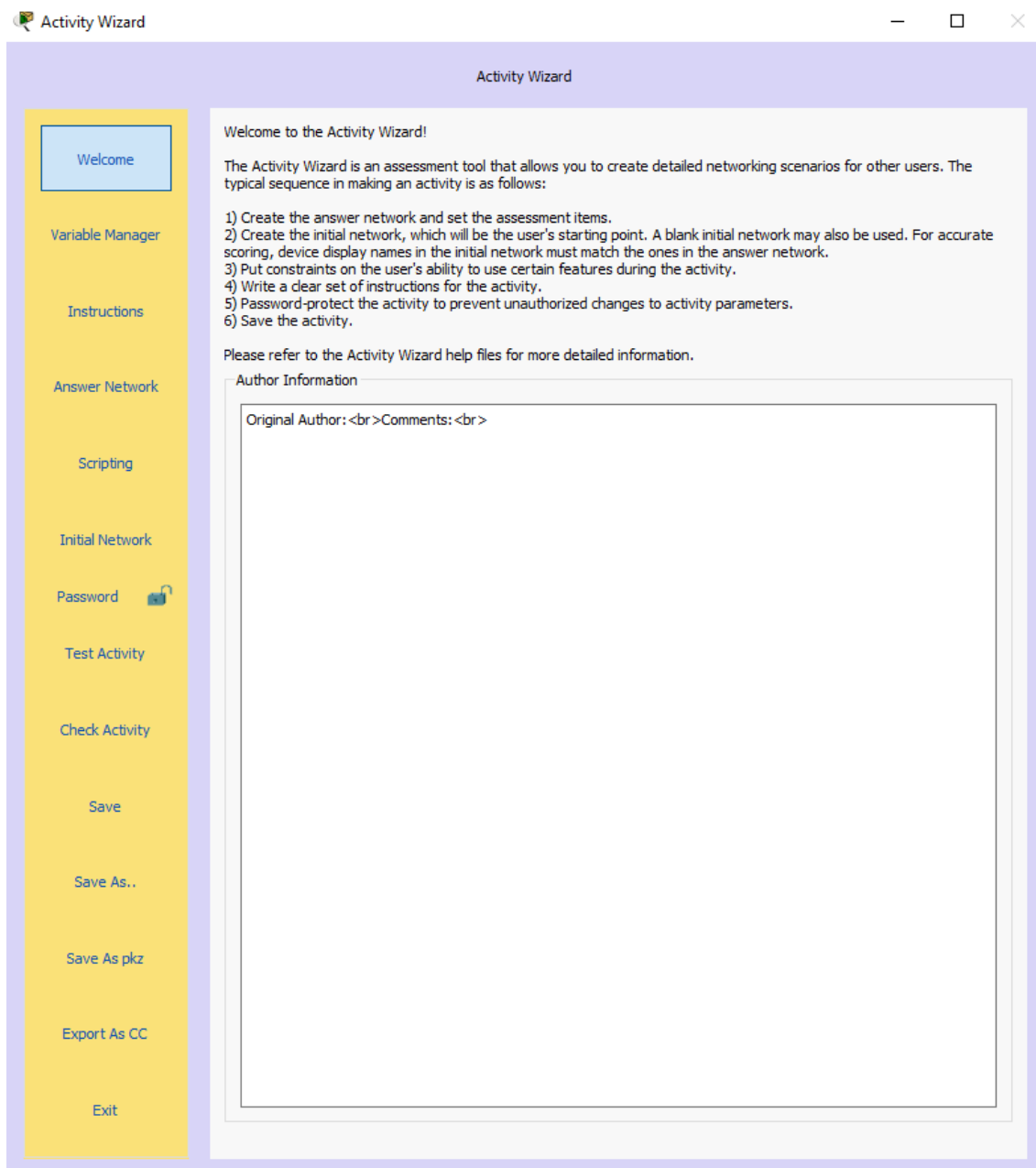


Fig. 3.2. Activity Wizard.

A la part de l'esquerra està tot el menú amb totes les opcions per configurar l'activitat. La primera pestanya que apareix és la de Benvinguda on informa de que és aquesta eina.

La següent pestanya és la de *Variable Manager*, on es permet que cada vegada que s'obre l'activitat, hi hagi algunes variables diferents, com el nom de dispositius, direccions IPs, DNS, DHCP i taules d'enrutament.

A la pestanya *Instructions* s'escriuen les instruccions per tal que l'usuari realitzi l'activitat, es pot escriure en text pla o en format HTML. Per tal que sigui més fàcil llegir les instruccions, es pot escriure en format HTML amb diferents mides de lletra, negretes...

A la pestanya *Answer Network* es seleccionen els paràmetres que puntuaran, també se'ls hi dona una puntuació, ja que cada paràmetre pot puntuar diferent. Aquests paràmetres poden ser direccions IPs, noms de dispositius, connexions, taules d'encaminament...

La pestanya *Scripting* serveix per afegir nous scripts amb noves funcionalitats a *Packet Tracer* sense la necessitat de fer-ho amb una altre aplicació.

A la pestanya *Initial Network* s'indica quina serà la topologia inicial de l'activitat, si no es fa res, la topologia inicial estarà en blanc. Per configurar la topologia inicial, es crea un nou arxiu amb Packet Tracer i es crea la topologia inicial, per tant es tindran dos arxius diferents, un amb la pràctica final i un amb la pràctica inicial. S'importa la topologia inicial i ja queda configurada la topologia inicial.

La pestanya *Password* permet bloquejar la modificació de Activity Wizard amb una contrasenya per evitar que l'usuari que està realitzant l'activitat no modifiqui cap paràmetre.

Les següents pestanyes són per realitzar l'activitat i comprovar que tot funcioni correctament, que les instruccions es vegin bé, la puntuació dels paràmetres sigui la correcte i que puntuï els paràmetres correctes... La opció *Test Activity* comença l'activitat des del principi, és a dir, des de la topologia inicial. La opció *Check Activity* es comença des del principi també, però es pot tornar al menú *Activity Wizard* a mitja activitat per modificar algun paràmetre i si es fa clic una altra vegada a *Check Activity* es seguirà des del mateix punt on s'ha deixat l'activitat.

La resta d'opcions ja són per guardar l'activitat, el nou format és un pka.

3.1. Exemple Activity Wizard

Es crea un projecte nou, en aquest projecte s'avaluarà que l'usuari configuri un servidor DHCP. Primer de tot es prepara el projecte final, aquest consta d'una topologia amb tres ordinadors, un servidor, un *switch* i un *Router*. Es connecten els dispositius amb el cable automàtic tal i com es mostra a la Fig. 3.3.

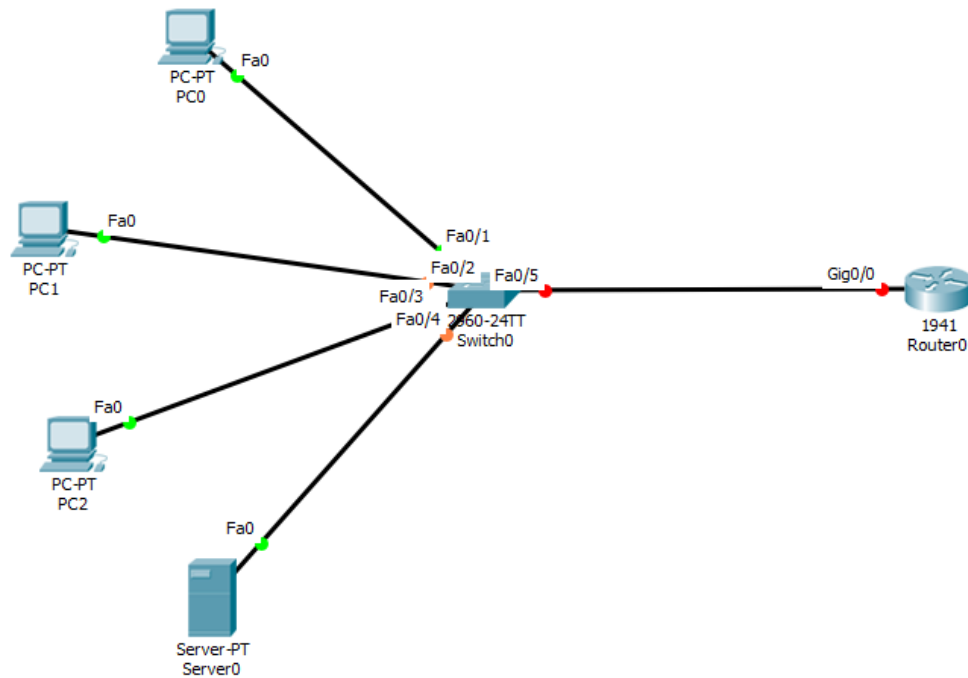


Fig. 3.3. Topologia per l'exemple d'Activity Wizard.

Primer de tot es configura l'adreça IP del *Router* i la màscara de xarxa tal i com es mostra a la Fig. 2.31. Una vegada realitzat s'obre el servidor per configurar la porta d'enllaç i la seva pròpia adreça IP.

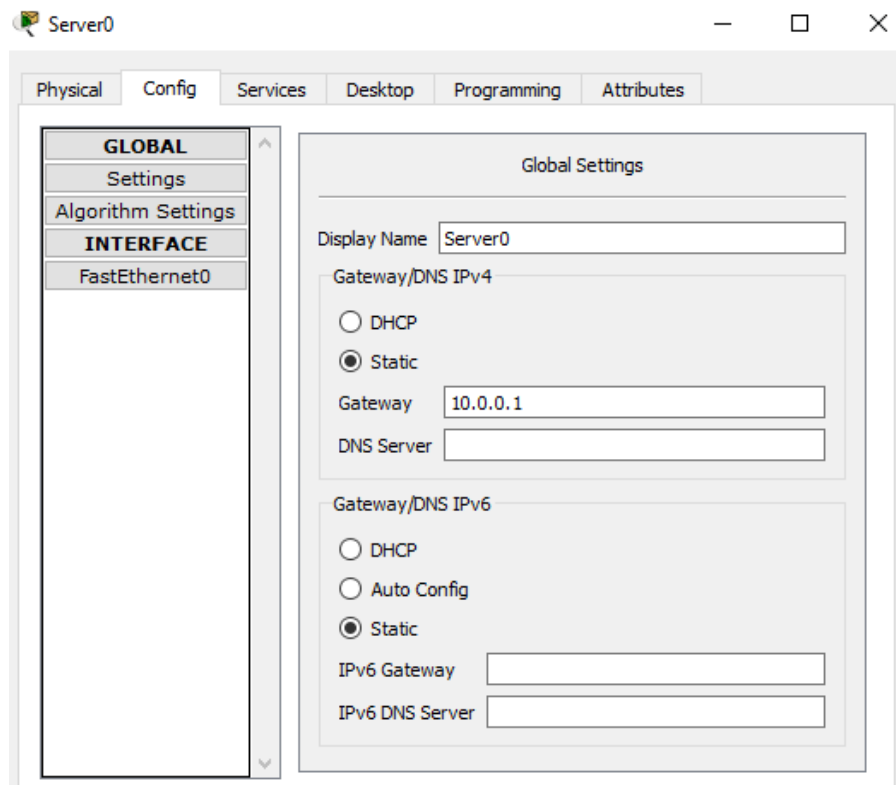


Fig. 3.4. Configuració de la porta d'enllaç del Servidor.

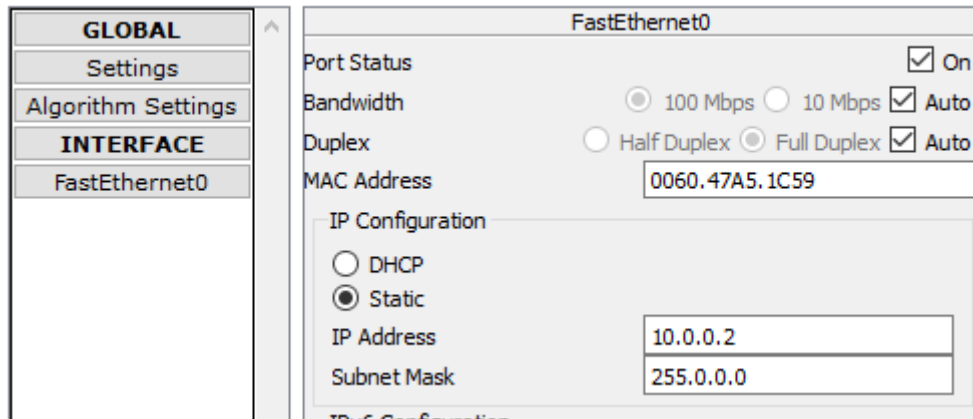


Fig. 3.5. Configuració de l'adreça IP i màscara de xarxa del Servidor.

Una vegada ja s'ha configurat el servidor ara es configura el servidor DHCP, per això es va a la pestanya *Services* i a la pestanya *DHCP*.

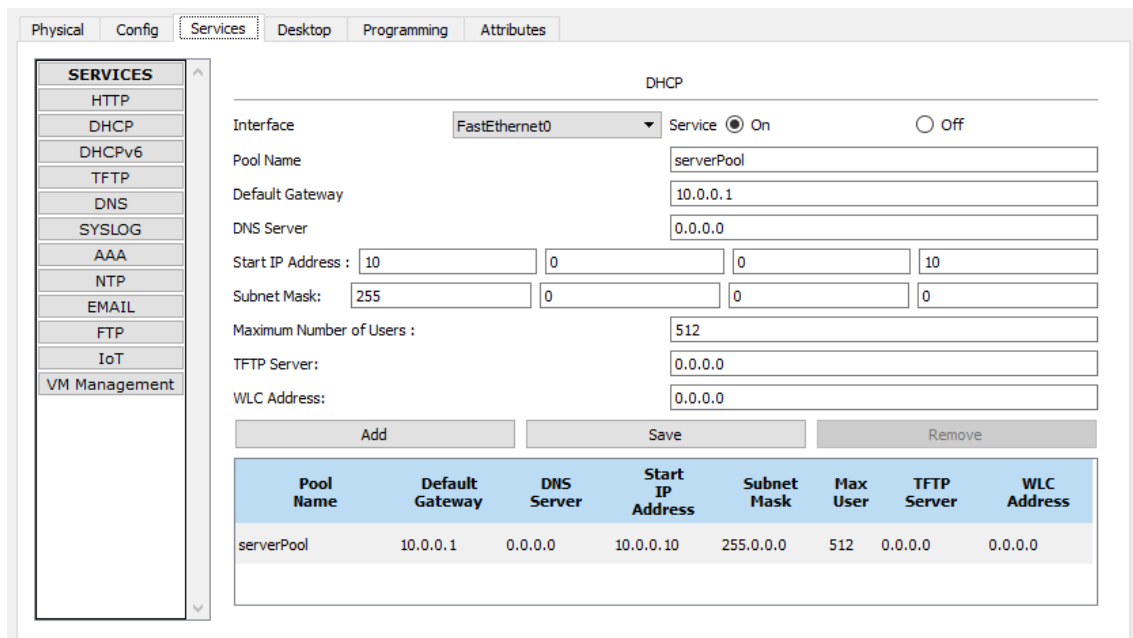


Fig. 3.6. Configuració DHCP del servidor.

Es configura el servei DHCP tal i com es veu a la Fig. 3.6. En aquest cas s'indica la porta d'enllaç, a partir de quina adreça IP el servei ha de donar les adreces IP, la màscara de xarxa i el nombre màxim d'usuaris. Una vegada realitzat es guarda i es comença la configuració als PCs.

La configuració de l'adreça IP dels PCs és semblant a les Fig. 2.32 i Fig. 2.33, però en aquest cas es selecciona la opció DHCP de tal manera que els camps per escriure la porta d'enllaç, l'adreça IP i la màscara de xarxa queden deshabilitats i apareix l'adreça IP que ofereix el servidor DHCP.

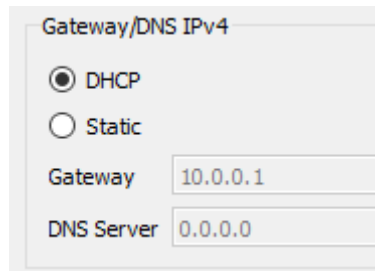


Fig. 3.7. Configuració en DHCP de la porta d'enllaç d'un PC.

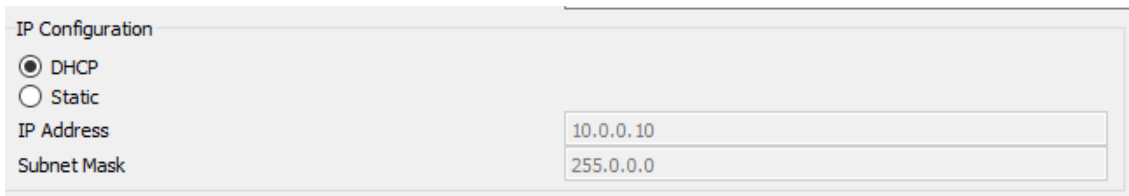


Fig. 3.8. Configuració DHCP de l'adreça IP i la màscara de xarxa d'un PC.

Es realitza una comprovació en tots els PCs i es comprova la connexió entre tots els dispositius per comprovar que tot funciona correctament, es realitzen *Pings* entre els dispositius. Ja està finalitzada la topologia final.

Ara es prepara la topologia inicial, en aquest cas només seran els dispositius, sense connexions. Es crea un nou projecte on es posen els mateixos dispositius sense connectar entre si de tal manera que queda com a la Fig. 3.9.

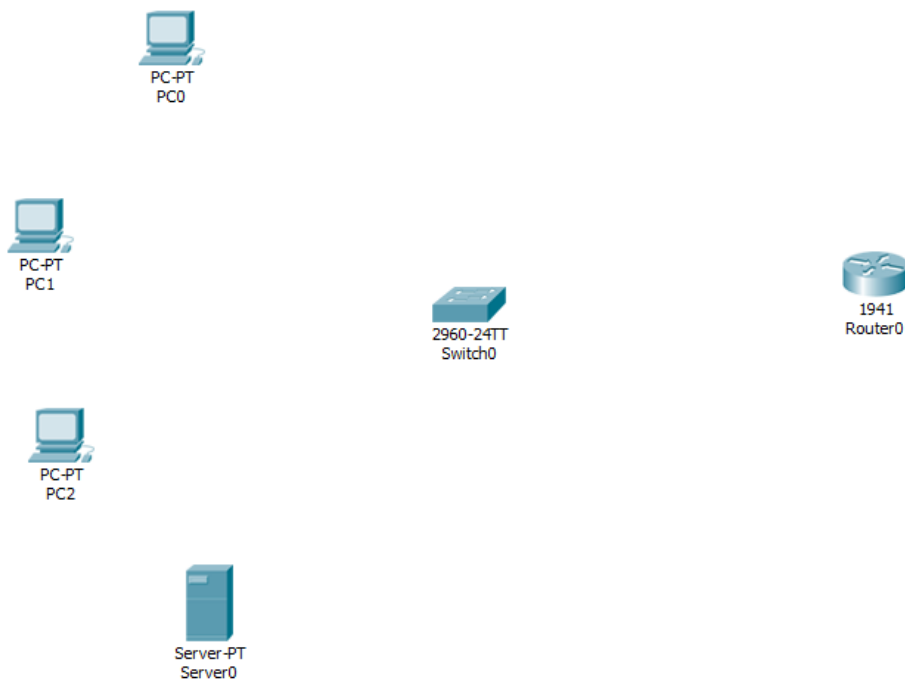


Fig. 3.9. Topologia inicial sense connexions.

Ara cal preparar les instruccions per a l'usuari que realitzi l'activitat, per això es crea un document de Word on primerament es presenta l'activitat, l'objectiu, el punt inicial i el final.

Seguidament es guia a l'usuari a realitzar les connexions correctes complementat amb imatges. També se'l guia perquè pugui configurar el *Router* amb les comandes correctes tal i com es mostra a Fig. 3.10.

Configuració de dispositius

Router0

Es configura la IP per a la xarxa, s'obre el Router i es va a la pestanya de la consola.

```
Router>
Router>enable
Router#configure terminal
```

Es configura la xarxa

```
Router(config)#interface FastEthernet0/0
Router(config-if)#ip address 10.0.0.1 225.0.0.0
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#exit
```

Fig. 3.10. Exemple de guia de configuració del *Router*.

També se'l guia perquè configuri el servidor amb el servei DHCP i els PCs amb la configuració DHCP.

Tota la guia es complementa amb imatges d'ajuda a l'usuari. Finalment es guarda la guia i es crea un PDF de la mateixa guia. Es prepara també una guia sense imatges, aquesta guia en converteix en HTML i es la que mostra Packet Tracer. Per realitzar això es fa un duplicat de la guia en format Word i s'esborren les imatges, es guarda l'arxiu i es guarda un altre en format HTML. Per tant ara existeixen 6 arxius diferents i una carpeta que es crea al guardar la guia en format HTML tal i com es mostra a la Fig. 3.11.








| Nombre | Tipo |
|--|-----------------------------|
|  Guia completa sense imatges_archivos | Carpeta de archivos |
|  Guia completa amb imatges.docx | Documento de Microsoft Word |
|  Guia completa amb imatges.pdf | Archivo PDF |
|  Guia completa sense imatges.docx | Documento de Microsoft Word |
|  Guia completa sense imatges.htm | Chrome HTML Document |
|  Servidor DHCP - Final.pkt | Cisco Packet Tracer |
|  Servidor DHCP - Inicial.pkt | Cisco Packet Tracer |

Fig. 3.11. Arxius necessaris per preparar una activitat.

Una vegada es tenen els arxius necessaris es pot començar a prepara l'activitat amb Activity Wizard. Es torna al projecte final i s'obre la finestra Activity Wizard.

Primer de tot es preparen les instruccions, per això s'obre l'arxiu en format HTML en un navegador, es prem boto dret a sobre de la pàgina i una de les opcions s'anomena "Veure codi font de la pàgina", es prem aquesta opció i apareix tot el codi en format HTML. Es copia tot el codi i s'enganxa a la pàgina de les instruccions. L'usuari veurà les instruccions tal i com s'ha fet en el document Word i com es veu en la Fig. 3.14.

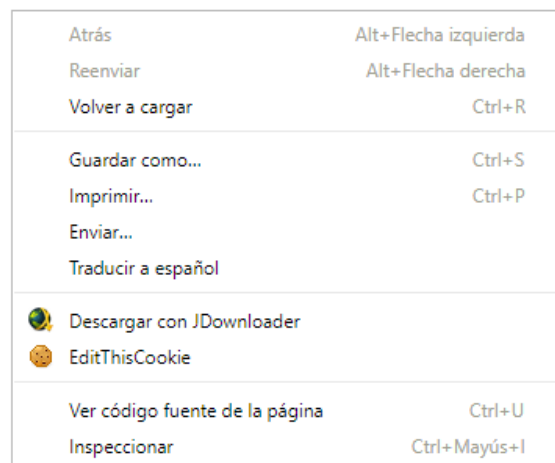


Fig. 3.12. Opcions de navegador Google Chrome al prémer el boto dret.

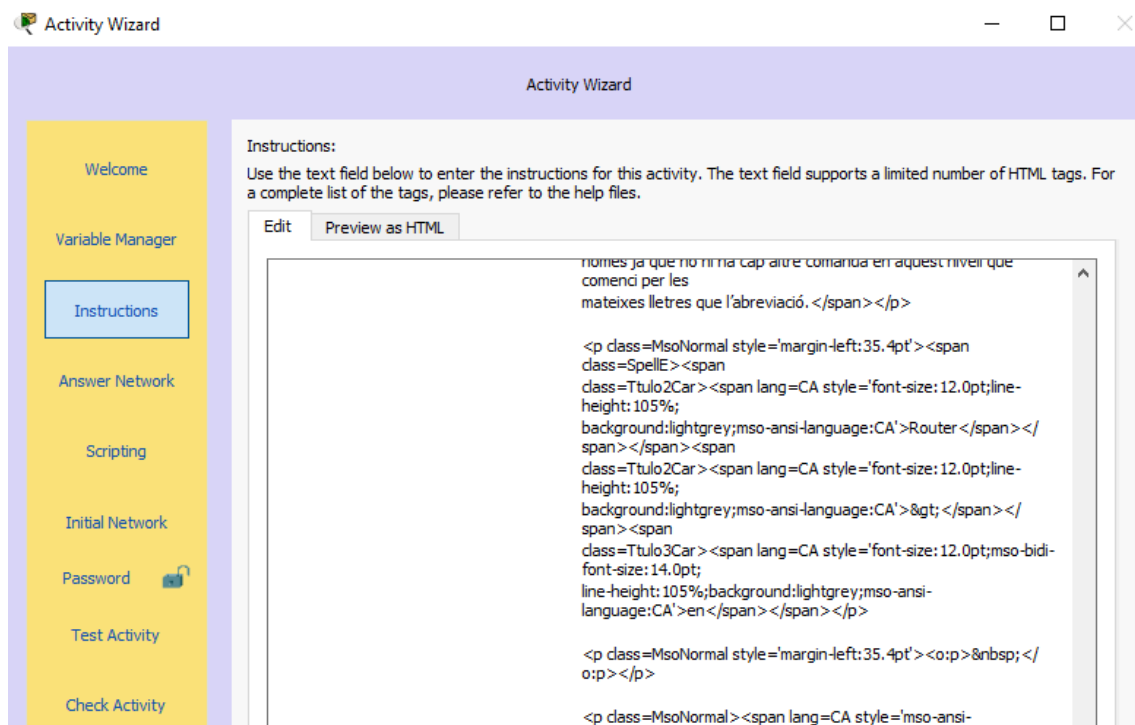


Fig. 3.13. Instruccions en format HTML a Activity Wizard.

Instructions:
Use the text field below to enter the instructions for this activity. The text field supports a limited number of HTML tags. For a complete list of the tags, please refer to the help files.

Edit Preview as HTML

Servidor DHCP
En aquesta pràctica es configura un servidor DHCP que donarà IPs a la resta de dispositius dins de la seva xarxa.
L'objectiu de la practica es configurar uns servidor DHCP i preparar diferents es connectin a ell i obtinguin una adreça IP.

Topologia Inicial
En la topologia inicial no hi ha cap tipus de connexió, totes les connexions es realitzen amb la connexió automàtica.

Fig. 3.14. Visualització de les instruccions.

Ara es selecciona que puntua en aquesta pràctica, per realitzar-ho es va a la pestanya de *Answer Network*. Es selecciona que és el que puntua, per defecte tot val un punt. Es seleccionen tots els punts de la Taula 3.1, que son els paràmetres que l'usuari haurà de configurar.

| Dispositiu | Paràmetre | Resultat correcte |
|-----------------|-------------------------|-------------------|
| PC0 / PC1 / PC2 | Default Gateway | 10.0.0.1 |
| | DHCP enable | 1 |
| | Subnet Mask | 255.0.0.0 |
| Router0 | IP Address | 10.0.0.1 |
| | Subnet Mask | 255.0.0.0 |
| Server0 | Default Gateway | 10.0.0.1 |
| | IP Address | 10.0.0.2 |
| | SubnetMask | 255.0.0.0 |
| | Default Gateway (DHCP) | 10.0.0.1 |
| | Start IP Address (DHCP) | 10.0.0.10 |
| | Subnet Mask (DHCP) | 255.0.0.0 |

Taula 3.1. Resum dels paràmetres seleccionats a Activity Wizard.

| Assessment Items | Points | Component(s) |
|---|--------|--------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Network | | |
| <input type="checkbox"/> ConnectivityTests | | |
| <input type="checkbox"/> 0: 1 | 1 | Other |
| <input type="checkbox"/> 1: 1 | 1 | Other |
| <input type="checkbox"/> 2: 1 | 1 | Other |
| <input checked="" type="checkbox"/> PC0 | | |
| <input type="checkbox"/> Accessories | | |
| <input type="checkbox"/> Algorithm Settings | | |
| <input type="checkbox"/> Bluetooth | | |
| <input type="checkbox"/> Custom Device Model: | 1 | Other |
| <input type="checkbox"/> Default Gateway IPv6: 0.0.0.0 | 1 | Ip |
| <input checked="" type="checkbox"/> Default Gateway: 10.0.0.1 | 1 | Ip |
| <input type="checkbox"/> Device Model: PC-PT | 1 | Other |
| <input type="checkbox"/> Device Type: 8 | 1 | Other |
| <input type="checkbox"/> DNS Server IP: 0.0.0.0 | 1 | Ip |
| <input type="checkbox"/> DNS Server IPv6: 0.0.0.0 | 1 | Ip |
| <input type="checkbox"/> Email Client | | |
| <input type="checkbox"/> Files | | |
| <input type="checkbox"/> In Logical Shape: | 1 | Other |
| <input type="checkbox"/> In Physical Shape: | 1 | Physical |
| <input type="checkbox"/> ISATAP Client | | |
| <input type="checkbox"/> Physical Location: Intercity,Home City,... | 1 | Physical |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ports | | |
| <input type="checkbox"/> Bluetooth | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> FastEthernet0 | | |
| <input type="checkbox"/> ARP Timeout: 14400000 | 1 | Ip |
| <input type="checkbox"/> Bandwidth: autoNegotiate=true b... | 1 | Physical |
| <input type="checkbox"/> BIA: 0001.42A7.60B6 | 1 | Physical |
| <input checked="" type="checkbox"/> DHCP client enable: 1 | 1 | Ip |
| <input type="checkbox"/> Duplex: autoNegotiate=true i... | 1 | Physical |
| <input type="checkbox"/> IP Address: 10.0.0.12 | 1 | Ip |
| <input type="checkbox"/> IP MTU: 1500 | 1 | Ip |
| <input type="checkbox"/> IPv6 Auto Config: 0 | 1 | Ip |
| <input type="checkbox"/> IPv6 Enable: 1 | 1 | Ip |
| <input type="checkbox"/> IPv6 MTU: 0 | 1 | Ip |
| <input type="checkbox"/> Link Local: FE80::201:42FF:FEA7:... | 1 | Ip |
| <input type="checkbox"/> Link to Switch0 | | |
| <input type="checkbox"/> MAC Address: 0001.42A7.60B6 | 1 | Physical |
| <input type="checkbox"/> MTU: 1500 | 1 | Ip |
| <input type="checkbox"/> Port Status: 1 | 1 | Physical |
| <input type="checkbox"/> Port Type: 3 | 1 | Other |
| <input checked="" type="checkbox"/> Subnet Mask: 255.0.0.0 | 1 | Ip |

Fig. 3.15. Paràmetres seleccionats.

No es selecciona el paràmetre de la IP en PC0, PC1 ni PC2, ja que al ser DHCP les IPs poden canviar.

Com que també es vol comprovar la connexió entre dispositius, es va a la pestanya *Connectivity Test*, aquí apareixen els tests de connectivitat, es prem a *Show Answer Network* per configurar tests de connectivitat.

| Activity Wizard | | | | | | | | | |
|---|-------------------|--------------|---------------|------------------|----------|-------|------------|--|--|
| Building Answer Network | | | | | | | | | |
| Show Answer Network | | | | | | | | | |
| Assessment Tree | Connectivity Test | Code Testing | Scoring Model | Overall Feedback | Settings | | | | |
| The connectivity tests are based on the first scenario of the answer network's User Created PDU's list. On the first column, select the test condition. | | | | | | | | | |
| Test Condition | Points | Last Status | Source | Destination | Type | Color | Time (sec) | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |

Fig. 3.16. Tests de connectivitat.

S'obre una nova finestra amb la practica, i com que es vol comprovar la connectivitat entre els dos dispositius es selecciona el sobre marcat en vermell a la Fig. 3.17 per enviar un paquet d'un dispositiu a un altre. Una vegada seleccionat es clica el dispositiu d'origen

i el dispositiu destí. Aquest sobre envia un paquet i s'espera que el paquet arribi al segon dispositiu, si arriba es que hi ha connexió entre els dispositius i s'han configurat correctament. Es realitza aquest procés entre tots els dispositius de la topologia.

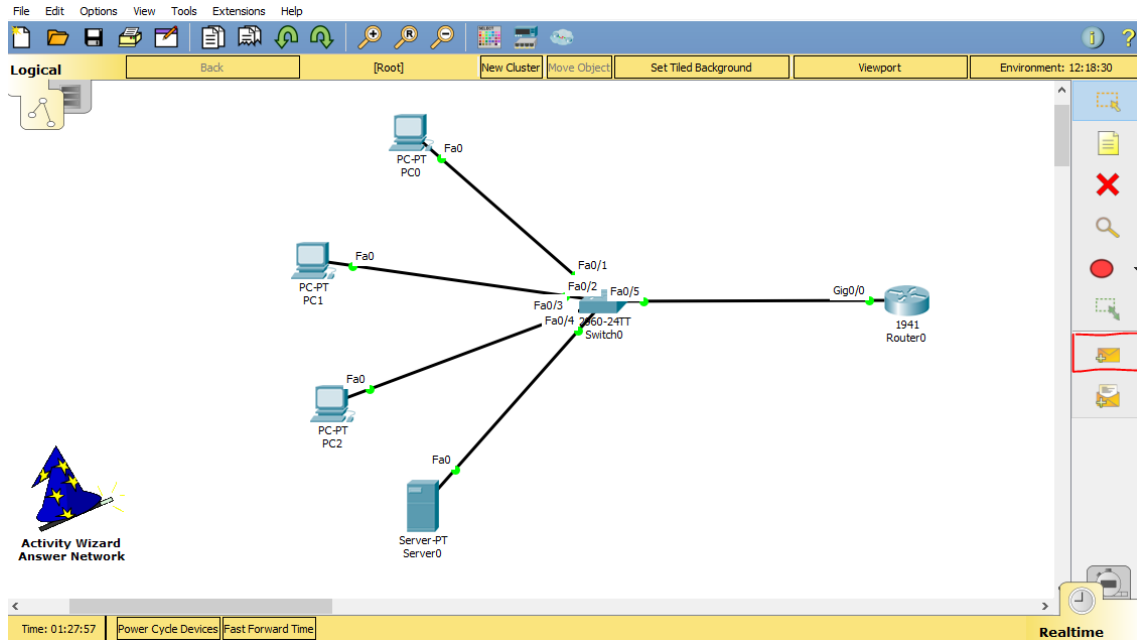


Fig. 3.17. Enviar un paquet per comprovar la connectivitat.

Una vegada realitzat es clica el barret situat a la part inferior esquerra i es torna a la finestra Activity Wizard.

Apareix una nova línia a *Connectivity Test*, es selecciona *Successful* en el desplegable. Això comprovarà que la connexió sigui correcte entre els dos dispositius.

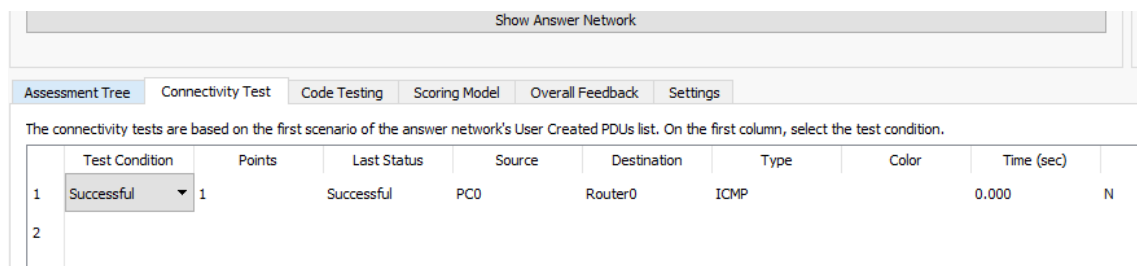


Fig. 3.18. Comprovació connectivitat.

Una vegada seleccionat tot el que es vol avaluar, es va a la pestanya *Initial Network* i es clica al boto *Import File to Initial Network*. Aquí es selecciona el punt de partida inicial, es selecciona el projecte creat prèviament com a punt de partida inicial.

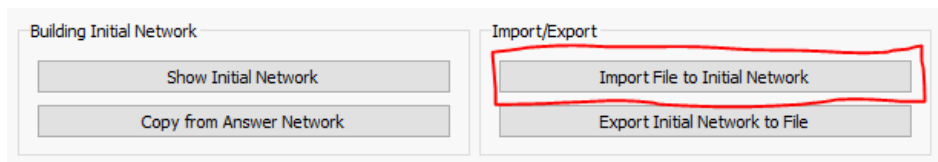


Fig. 3.19. Importar el projecte inicial.

També es comprova que l'activitat funcioni i puntui correctament, per això es fa clic a *Test Activity*, on s'obre una nova finestra per realitzar l'activitat i una amb les instruccions i la puntuació.

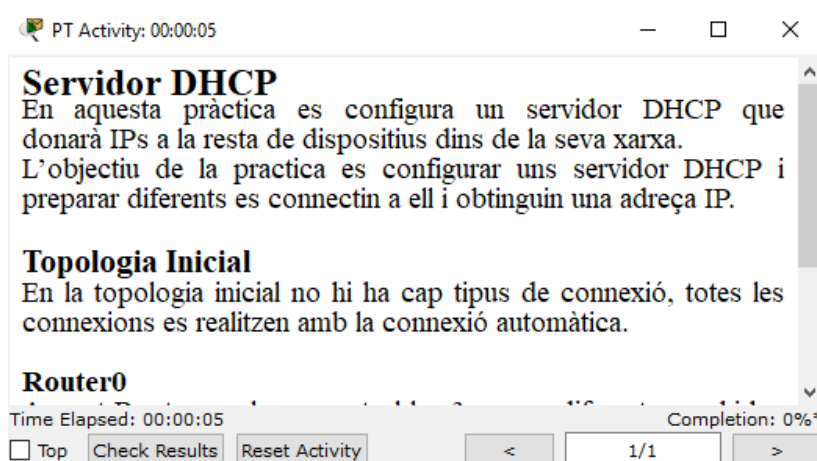


Fig. 3.20. Finestra amb les instruccions per realitzar l'activitat.

Mentre es realitza l'activitat, el percentatge situat a la part inferior dreta també va augmentant fins arribar al 100% amb la pràctica completada. Una vegada s'ha arribat al 100% es fa clic a *Check Results*, on s'obre una nova finestra amb els ítems que puntuen i si estan correctes o no, el temps que s'ha tardat en realitzar l'activitat i els tests de connectivitat.

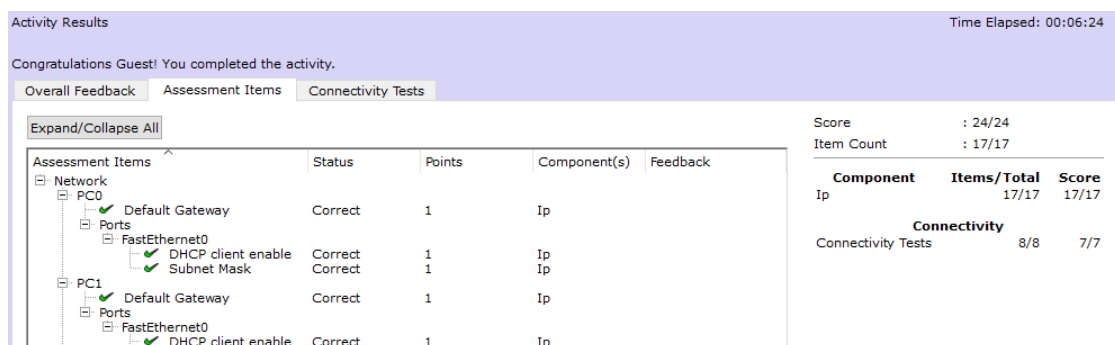


Fig. 3.21. Finestra de comprovació d'ítems i de connectivitat.

Finalment es tanca i es torna a la finestra de Activity Wizard i es fa clic a *Save* on es guarda l'activitat en un nou format pka.

El resultat de preparar una activitat d'aquesta manera son 7 arxius i la carpeta que es crea al guardar la guia en format HTML. A l'usuari només se li entrega 2, la guia en format PDF que inclou les imatges i l'activitat de Packet Tracer en format pka.









| Nombre | Tipo |
|--|-----------------------------|
|  Guia completa sense imatges_archivos | Carpeta de archivos |
|  Guia completa amb imatges.docx | Documento de Microsoft Word |
|  Guia completa amb imatges.pdf | Archivo PDF |
|  Guia completa sense imatges.docx | Documento de Microsoft Word |
|  Guia completa sense imatges.htm | Chrome HTML Document |
|  Servidor DHCP - Final.pkt | Cisco Packet Tracer |
|  Servidor DHCP - Inicial.pkt | Cisco Packet Tracer |
|  Servidor DHCP.pkt.pka | Cisco Packet Tracer |

Fig. 3.22. Arxius necessaris per a la preparació de l'activitat.

Aquesta eina és la que s'utilitza per realitzar les activitats del TFG. Al crear una guia pas a pas completa amb imatges i les comandes de configuració dels dispositius, s'ajuda molt més a que l'usuari completi l'activitat correctament. També incorpora el percentatge d'activitat realitzat on l'usuari pot comprovar en tot moment quins punts de l'activitat li falten.

4. Laboratori d'aprenentatge

S'han preparat 8 activitats auto avaluable progressives on s'avaluen continguts après durant el grau. Totes les activitats s'han preparat com seguint el passos explicats en l'apartat 3.1.

4.1. Activitat 1

La primera activitat és la més bàsica, on només hi ha un ordinador i un *Router*, l'usuari ha de configurar els dos dispositius per tal que hi hagi connexió entre ells.

Es configura l'adreça IP i la màscara de xarxa del *Router* per consola i finalment l'adreça IP, màscara de xarxa i porta d'enllaç del PC a través de la configuració gràfica que te. Es realitza un *Ping* per comprovar la connexió.

En aquesta activitat s'avaluen els punts de la Taula 4.1 a més dels tests de connectivitat entre els dispositius.

| Dispositiu | Paràmetre | Resultat correcte |
|------------|------------------------|-------------------|
| PC0 | <i>Default Gateway</i> | 192.168.1.1 |
| | <i>Subnet Mask</i> | 255.255.255.0 |
| | <i>IP Address</i> | 192.168.1.10 |
| Router0 | <i>IP Address</i> | 192.168.1.1 |
| | <i>Subnet Mask</i> | 255.255.255.0 |

Taula 4.1. Resultats correctes de l'activitat 1.

4.2. Activitat 2

Aquesta activitat consta de dues xarxes, a cada una hi ha un Switch i un PC. La activitat es realitza amb un únic *Router* amb dues interfícies *FastEthernet* per poder configurar les dues xarxes diferents. En la topologia els dispositius ja estan connectats entre si, per tant, l'usuari només ha de configurar els dispositius.

Es configura cada una de les interfícies amb les adreces IP corresponents i la màscara de xarxa. Es configuren també les adreces IP dels PCs i les màscares de xarxa, també es configura la porta d'enllaç amb la adreça IP corresponent a la seva xarxa. Amb els dos *Switchs* no s'ha de fer res. Finalment per comprovar la connexió es realitza un *Ping* d'un PC a l'altre.

En aquesta activitat s'avaluen els punts de la Taula 4.2 a més dels tests de connectivitat entre els dos PCs.

| Dispositiu | Interfície | IP | Màscara de xarxa | Porta d'enllaç |
|------------|------------|----------|------------------|----------------|
| PC0 | Fa0 | 10.0.0.2 | 255.255.255.0 | 10.0.0.1 |
| PC1 | Fa0 | 20.0.0.2 | 255.255.255.0 | 20.0.0.1 |
| Router0 | Fa0/0 | 10.0.0.1 | 255.255.255.0 | -- |
| | Fa0/1 | 20.0.0.1 | 255.255.255.0 | -- |

Taula 4.2. Resultats correctes de l'activitat 2.

4.3. Activitat 3

Aquesta activitat consta de dos Routers, dos *Switchs* i dos PCs tal i com es mostra a Fig. 4.1. La topologia inicial es la mateixa, però amb els dispositius sense configurar.

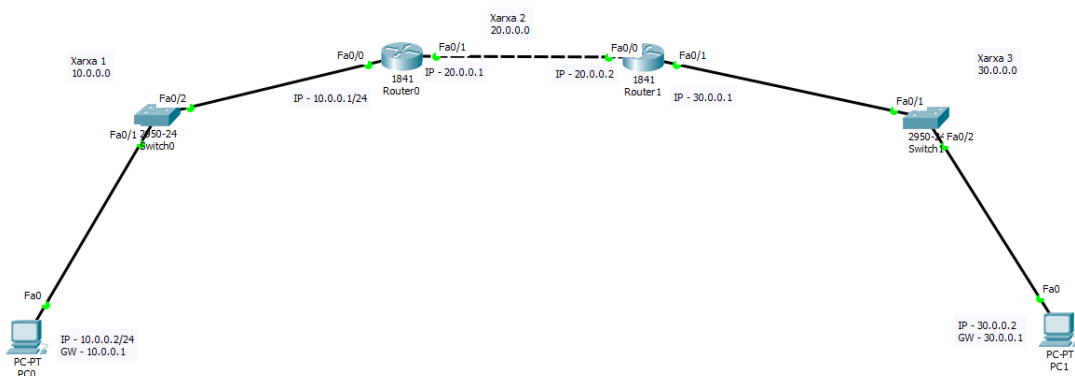


Fig. 4.1. Topologia final activitat 3

En aquesta activitat s'avalua les Taules d'Enrutament, aquestes taules estan als Routers i són les que s'encarreguen de saber on està cada xarxa. És a dir, en aquesta topologia el *Router0* coneix la xarxa 1 i la xarxa 2 ja que estan connectades al propi *Router0*, però no

coneix on està la xarxa 3. A la taula d'encaminament d'aquest *Router* s'indica que la xarxa 3 està a la interfície Fa0/1, d'aquesta manera totes les peticions cap a la xarxa 3 aniran cap a la interfície Fa0/1.

Passa el mateix amb el *Router2*, que coneix la xarxa 2 i la xarxa 3, però no coneix la xarxa 1. S'indica a la taula d'encaminament que la xarxa 1 està a la interfície Fa0/0, d'aquesta manera totes les peticions cap a aquesta xarxa les enviarà per aquesta interfície.

La comanda en els *Routers* per afegir una nova ruta a la taula d'encaminament es la que es mostra a Fig. 4.2. En aquesta s'indica que la xarxa amb adreça IP 30.0.0.0 i màscara de xarxa 255.255.255.0 està a la interfície FastEthernet0/1.

```
Router>en
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#ip route 30.0.0.0 255.255.255.0 FastEthernet0/1
```

Fig. 4.2. Configuració d'una ruta a un *Router*.

En aquesta activitat s'espera que la configuració dels dispositius amb les adreces IP, màscares de xarxa i portes d'enllaç sigui igual a la de la Taula 4.3. També s'espera que les taules d'encaminament dels *Routers* sigui igual a la de la Taula 4.4.

| Dispositiu | Interfície | IP | Màscara de xarxa | Porta d'enllaç |
|------------|------------|----------|------------------|----------------|
| Router0 | Fa0/0 | 10.0.0.1 | 255.255.255.0 | -- |
| | Fa0/1 | 20.0.0.1 | 255.255.255.0 | -- |
| Router1 | Fa0/0 | 20.0.0.2 | 255.255.255.0 | -- |
| | Fa0/1 | 30.0.0.1 | 255.255.255.0 | -- |
| PC0 | Fa0 | 10.0.0.2 | 255.255.255.0 | 10.0.0.1 |
| PC1 | Fa0 | 30.0.0.2 | 255.255.255.0 | 30.0.0.1 |

Taula 4.3. Configuració correcte dels dispositius a l'activitat 3.

| Dispositiu | Interfície | IP | Màscara de xarxa |
|------------|------------|----------|------------------|
| Router0 | Fa0/1 | 30.0.0.0 | 255.255.255.0 |

| | | | |
|---------|-------|----------|---------------|
| Router1 | Fa0/0 | 10.0.0.0 | 255.255.255.0 |
|---------|-------|----------|---------------|

Taula 4.4. Configuració de rutes als Routers a l'activitat 3.

4.4. Activitat 4

En aquesta activitat es configuren les rutes per defecte dels *Routers*. En una taula d'encaminament hi poden haver rutes directes com les de l'activitat 3, on el *Router* sap que el camí cap a una xarxa està per una interfície en concret o també es pot indicar una ruta per defecte. En aquest cas, si el *Router* no coneix la xarxa i té aplicada una ruta per defecte, el *Router* enviarà la petició per la interfície per defecte.

La topologia final de la pràctica és la que es mostra a la i la inicial és la mateixa sense el cablejat, només amb els dispositius sense configurar, és l'usuari el que ha de realitzar totes les connexions. També ha d'afegir mòduls als *Routers* 1 i 2 ja que aquests *Routers* només tenen 2 interfícies *FastEthernet*, al haver de connectar una tercera xarxa, cal afegir un mòdul que afegeixi més interfícies Ethernet.

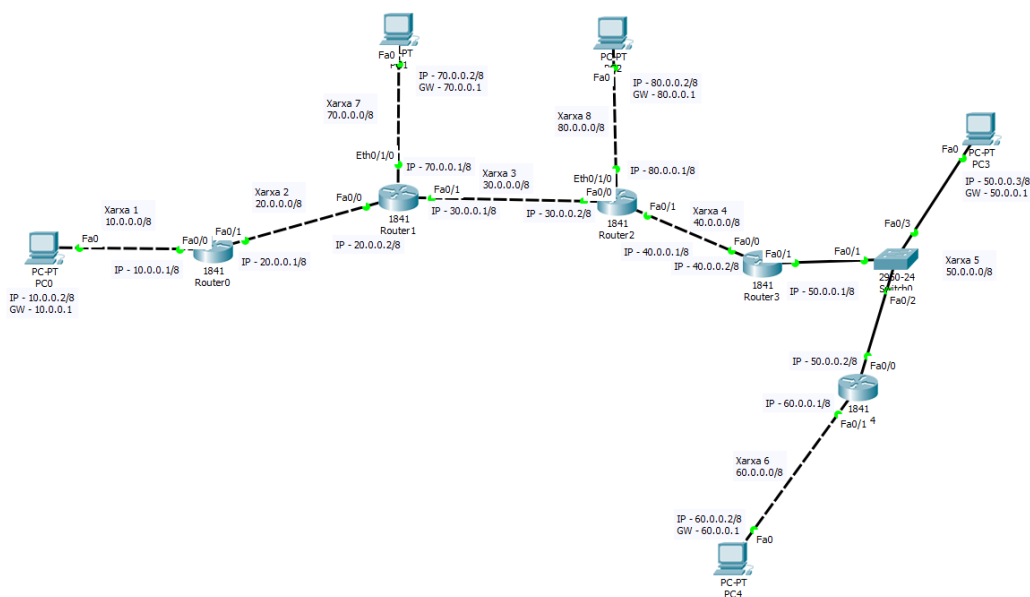


Fig. 4.3. Topologia de l'activitat 4.

En la topologia de la pràctica existeixen un total de 8 xarxes diferents on els *Routers* no les coneixen totes. Per exemple, en el *Router* 0 no s'indica una ruta per a cada una de les xarxes que no coneix, sinó que s'indica que la ruta per defecte és per la interfície Fa0/1.

Per indicar al *Router* una ruta per defecte es realitza amb les comandes tal i com es mostra a la .

```

Router>en
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 fa0/1

```

Fig. 4.4. Configuració d'una ruta per defecte a un *Router*

S'espera que l'usuari realitzi correctament totes les connexions i configuri correctament els dispositius amb les dades de la Taula 4.5. També s'espera que l'usuari configuri les taules d'encaminament correcte amb les rutes directes i les rutes per defecte de la Taula 4.6.

| Dispositiu | Interfície | IP | Màscara de xarxa | Porta d'enllaç |
|------------|------------|----------|------------------|----------------|
| Router0 | Fa0/0 | 10.0.0.1 | 255.0.0.0 | -- |
| | Fa0/1 | 20.0.0.1 | 255.0.0.0 | -- |
| Router1 | Fa0/0 | 20.0.0.2 | 255.0.0.0 | -- |
| | Fa0/1 | 30.0.0.1 | 255.0.0.0 | -- |
| Router2 | Fa0/0 | 30.0.0.2 | 255.0.0.0 | -- |
| | Fa0/1 | 40.0.0.1 | 255.0.0.0 | -- |
| Router3 | Fa0/0 | 40.0.0.2 | 255.0.0.0 | -- |
| | Fa0/1 | 50.0.0.1 | 255.0.0.0 | -- |
| Router4 | Fa0/0 | 50.0.0.2 | 255.0.0.0 | -- |
| | Fa0/1 | 60.0.0.1 | 255.0.0.0 | -- |
| PC0 | Fa0 | 10.0.0.2 | 255.0.0.0 | 10.0.0.1 |
| PC1 | Fa0 | 70.0.0.2 | 255.0.0.0 | 70.0.0.1 |
| PC2 | Fa0 | 80.0.0.2 | 255.0.0.0 | 80.0.0.1 |
| PC3 | Fa0 | 50.0.0.3 | 255.0.0.0 | 50.0.0.1 |
| PC1 | Fa0 | 60.0.0.2 | 255.0.0.0 | 60.0.0.1 |

Taula 4.5. Configuració correcte dels dispositius de l'activitat 4.

| Dispositiu | Interfície | IP | Màscara de xarxa |
|------------|------------|----------|------------------|
| Router0 | Fa0/1 | 0.0.0.0 | 0.0.0.0 |
| Router1 | Fa0/0 | 10.0.0.0 | 255.0.0.0 |
| | Fa0/1 | 0.0.0.0 | 0.0.0.0 |
| Router2 | Fa0/1 | 50.0.0.0 | 255.0.0.0 |
| | Fa0/1 | 60.0.0.0 | 255.0.0.0 |
| | Fa0/0 | 0.0.0.0 | 0.0.0.0 |
| Router3 | Fa0/1 | 60.0.0.0 | 255.0.0.0 |
| | Fa0/0 | 0.0.0.0 | 0.0.0.0 |
| Router4 | Fa0/0 | 0.0.0.0 | 0.0.0.0 |

Taula 4.6. Taula de les rutes d'encaminament dels dispositius de l'activitat 4.

4.5. Activitat 5

En aquesta activitat l'usuari ha de realitzar el *subnetting* d'una xarxa. El *subnetting* consisteix en dividir una xarxa en petites xarxes lògiques. Les adreces IP es divideixen en tres categories A, B i C.

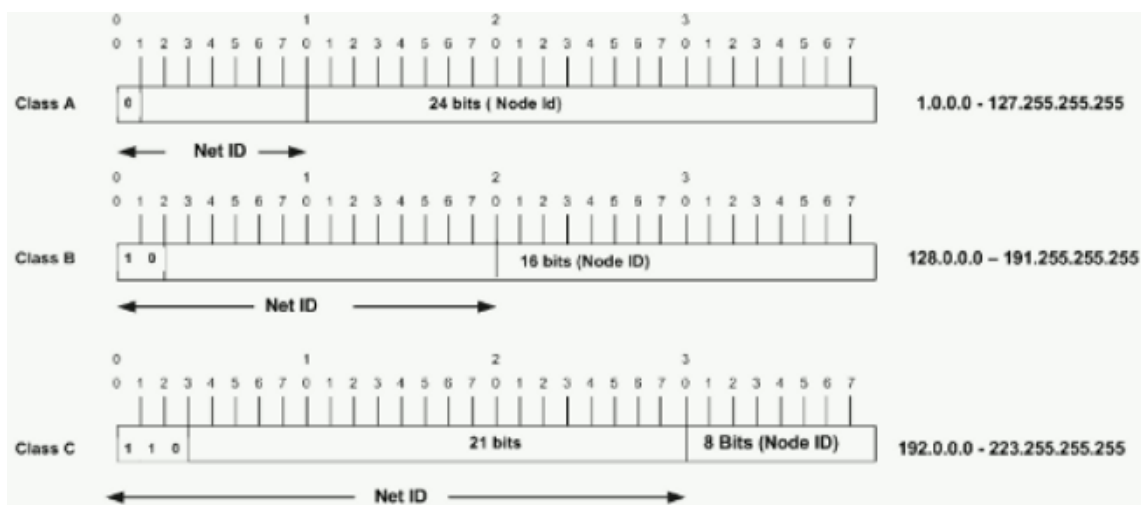


Fig. 4.5. Classificació de les adreces IP. Font: <https://www.cisco.com>

En la categoria A el primer byte representa la xarxa, va del número 1 al 127, els altres 3 bytes representa el dispositiu dins la xarxa. Per tant només poden existir 126 xarxes diferents i 16777214 dispositius. La màscara de xarxa d'aquesta categoria és la 255.0.0.0.

En la categoria B el primer byte és un número del 128 al 191, els segon forma part de la direcció de xarxa i els dos últims representen el dispositiu dins la xarxa. La màscara de xarxa és la 255.255.0.0.

En la categoria C el primer byte és un número del 192 al 254, el segon i tercer byte forma part de la direcció de xarxa i l'últim es el dispositiu dins la xarxa. La màscara de xarxa és la 255.255.255.0.

El *subnetting* serveix per subdividir una xarxa en petites xarxes, per exemple, una empresa disposa de la adreça IP 192.168.1.0. La empresa té 8 departaments i els vol connectar en xarxes diferents, per això es divideix aquesta xarxa en 8. El resultat de 2^3 és 8, per tant el que es fa és agafar 3 bits dels dispositius que faran de subxarxa, per tant, la màscara de xarxa canvia.

| | | | | |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| 255.255.255.0 | 11111111 | 11111111 | 11111111 | 00000000 |
| 255.255.255.224 | 11111111 | 11111111 | 11111111 | 11100000 |

Taula 4.7. Bites de dues mascarees de xarxa.

Una vegada calculada la màscara de xarxa, cal calcular el *Boardcast*, el nou rang d'adreces IP per als dispositius. Amb els 5 bits que queden per assignar es poden tenir fins a 32 dispositius, 30 tenint en compte que 2 adreces IP de cada xarxa no es poden utilitzar, ja que una es l'adreça de xarxa i l'altre és la reservada per *multicast*. Per tant queden 8 subxarxes amb un màxim de 30 dispositius tal i com es mostra a la Taula 4.8, totes amb la màscara de xarxa prèviament calculada, 255.255.255.224.

| Adreça IP inici | Adreça IP final | Adreça IP inici | Adreça IP final |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 192.168.1.0 | 192.168.1.31 | 192.168.1.128 | 192.168.1.159 |
| 192.168.1.32 | 192.168.1.63 | 192.168.1.160 | 192.168.1.191 |
| 192.168.1.64 | 192.168.1.95 | 192.168.1.192 | 192.168.1.223 |
| 192.168.1.96 | 192.168.1.127 | 192.168.1.224 | 192.168.1.255 |

Taula 4.8. Resultat del *Subnetting*.

A la Fig. 4.6 es veu la topologia final, on es veuen 8 xarxes diferents. En la topologia inicial no hi ha cap tipus de connexió, l'usuari ha d'afegir mòduls a algun dels *Routers* i utilitzar *subnetting* per donar un rang d'adreces IP a cada una de les 8 xarxes amb la IP 192.168.1.0 i màscara de xarxa 255.255.255.0.

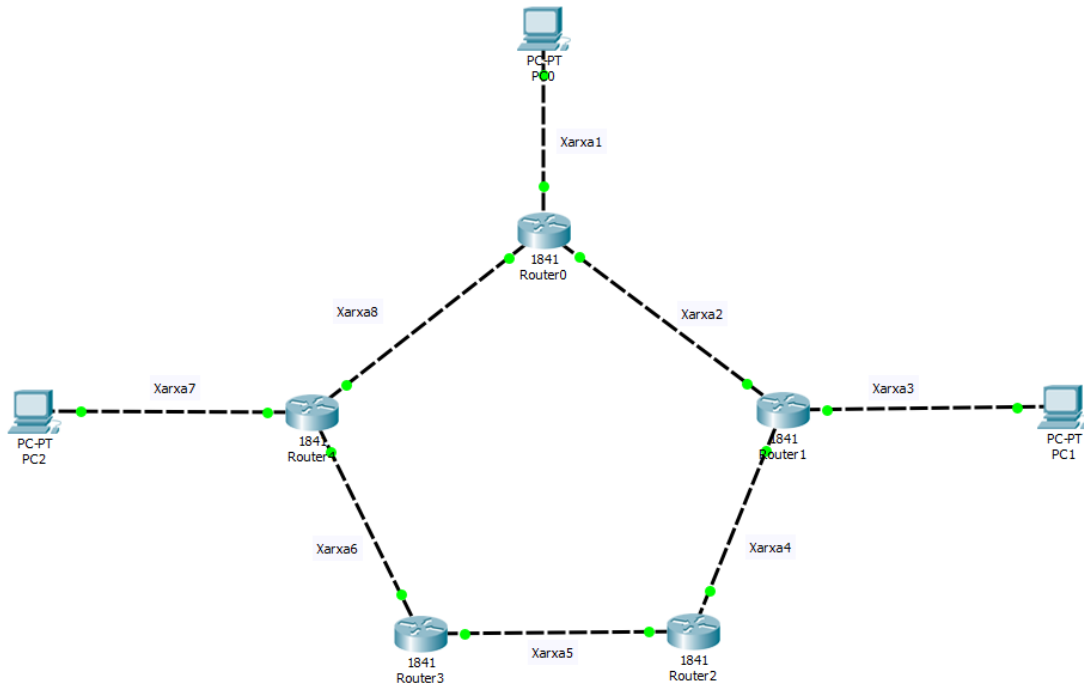


Fig. 4.6. Topologia final de l'activitat 5.

Per tant s'espera que l'usuari apliqui correctament el *Subnetting* i configuri els dispositius correctament per tal que hi existeixi connexió entre ells.

També s'aplica el protocol RIP als *Routers*. Aquest és un protocol d'enrutament del tipus vector, calcula la millor ruta cap al destí utilitzant el número de salts com a mètrica, suporta un màxim de 15 salts. RIP intercanvia la informació que té sobre les xarxes a la que està connectat el *Router*. La primera versió de RIP no comparteix les màscares de xarxa, la versió 2 és més segura i comparteix les màscares de xarxa.

Aplicant el protocol RIP versió 2 no cal configurar les taules d'encaminament del *Router*, ja que es realitza sol. Per aplicar el protocol cal estar a la consola del *Router* i activar la versió 2 del protocol. Cal indicar també les xarxes a les que no està connectat el *Router*. A la Fig. 4.7 es mostra com s'aplica el protocol RIP v2 a un dels *Routers* de l'activitat on s'indica una de les xarxes a les que el *Router* no està connectat.


```

Router>en
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router rip
Router(config-router)#version 2
Router(config-router)#network 192.168.1.128
Router(config-router)#no auto-summary

```

Fig. 4.7. Configuració RIP v2 a un *Router*.

Finalment, quan s'aplica el protocol RIP v2 a tots els *Routers*, es comprova que a les taules d'encaminament dels *Routers* estiguin totes les xarxes. S'escriu la comanda per mostrar les rutes del *Router* i es comprova. A la Fig. 4.8 es mostra com el *Router* té a les seves taules d'encaminament les 8 xarxes de la topologia. Hi ha una C al davant si les xarxes estan connectades directament al *Router* o una R si s'ha afegit a la taula pel protocol RIP.

```

Router#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

192.168.1.0/27 is subnetted, 8 subnets
R    192.168.1.0 [120/1] via 192.168.1.33, 00:00:11, FastEthernet0/0
C    192.168.1.32 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.1.64 is directly connected, Ethernet0/1/0
C    192.168.1.96 is directly connected, FastEthernet0/1
R    192.168.1.128 [120/1] via 192.168.1.98, 00:00:11, FastEthernet0/1
R    192.168.1.160 [120/2] via 192.168.1.98, 00:00:11, FastEthernet0/1
      [120/2] via 192.168.1.33, 00:00:11, FastEthernet0/0
R    192.168.1.192 [120/2] via 192.168.1.33, 00:00:11, FastEthernet0/0
R    192.168.1.224 [120/1] via 192.168.1.33, 00:00:11, FastEthernet0/0

```

Fig. 4.8. Taules d'encaminament d'un *Router*.

4.6. Activitat 6

En aquesta activitat ja s'incorpora un Servidor, en aquest s'ha de configurar el servei DHCP. El servei DHCP és l'encarregat de donar adreces IP als dispositius que ho demanen. Aquest té un rang d'adreces IP que pot oferir, les adreces IP dinàmiques. Per tant els dispositius també s'han de configurar amb una adreça IP dinàmica, simplement s'ha d'activar el DHCP.

Un servidor pot donar adreces IP a més d'una xarxa, per això un dispositiu es pot connectar al servidor d'una altra xarxa per demanar una adreça IP.

A la Fig. 4.9 es veu la topologia final de l'activitat, només existeix un servidor i 3 xarxes diferents, aquest és el servidor encarregat d'oferir adreces IP a la resta de xarxes que ho demanin.

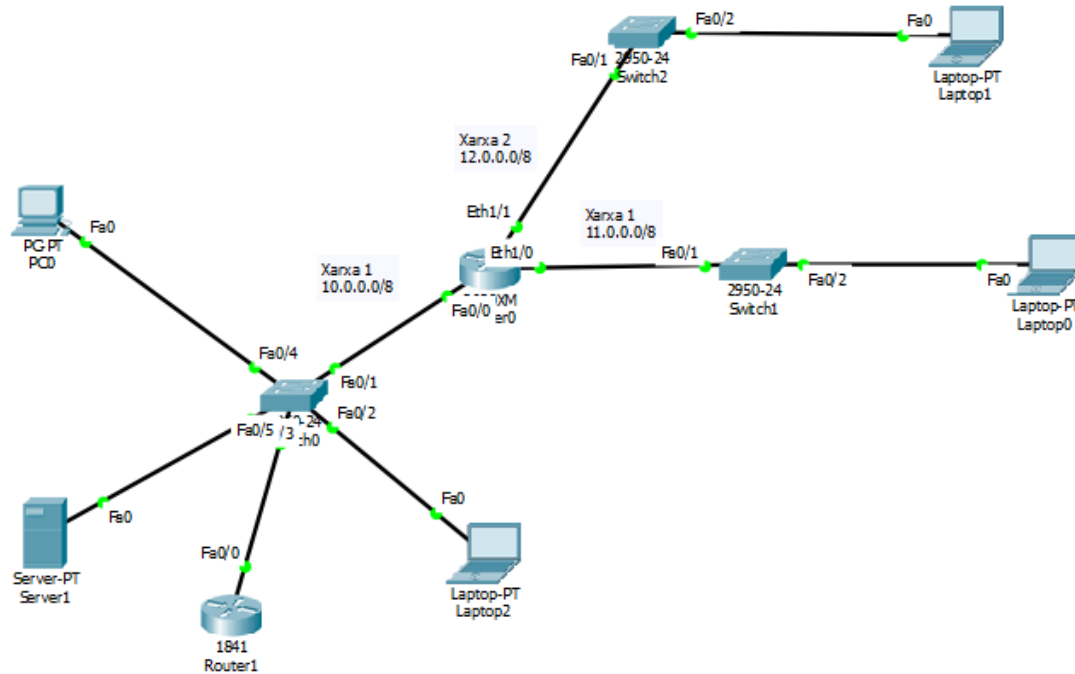


Fig. 4.9. Topologia final de l'activitat 6.

A la topologia inicial no existeix cap tipus de cablejat, és l'usuari el que ha de realitzar totes les connexions. En aquest cas l'usuari ha de configurar el Laptop0 i el Laptop 2 amb una adreça IP fixe corresponent de cada xarxa. Ha de configurar el Laptop1 i el PC0 perquè sol·liciti l'adreça IP per DHCP.

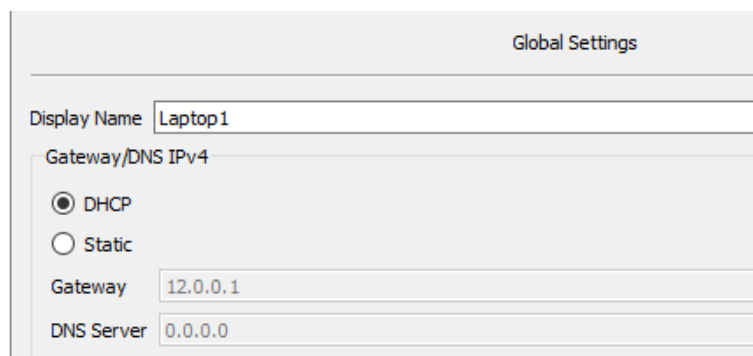


Fig. 4.10. Configuració DHCP en un PC.

També es configura el servidor amb el servei DHCP perquè ofereixi adreces IP a dues xarxes diferents. L'usuari crea dues regles, una per cada xarxa, tal i com es mostra a la

Fig. 4.11. Una regla per la xarxa 12.0.0.0 i l'altre per la xarxa 10.0.0.0, on s'indica la porta d'enllaç, la primera IP que ha de donar el servidor i la màscara de xarxa.

| Pool Name | Default Gateway | DNS Server | Start IP Address | Subnet Mask | Max User | TFTP Server | WLC Address |
|-------------|-----------------|------------|------------------|-------------|----------|-------------|-------------|
| serverPool1 | 12.0.0.1 | 0.0.0.0 | 12.0.0.21 | 255.0.0.0 | 512 | 0.0.0.0 | 0.0.0.0 |
| serverPool | 10.0.0.1 | 0.0.0.0 | 10.0.0.21 | 255.0.0.0 | 512 | 0.0.0.0 | 0.0.0.0 |

Fig. 4.11. Configuració del Servidor DHCP.

No cal configurar cap tipus de taules d'encaminament, ja que les tres xarxes es connecten al mateix *Router*.

L'usuari ha de realitzar correctament la configuració del servei DHCP de les dues xarxes, la configuració dels dispositius en DHCP, els que tenen una adreça amb IP fixe i la configuració dels dos *Routers* que hi ha a la topologia. Tots els dispositius han de tenir connexió entre ells. No es pot puntuar que una adreça IP sigui igual a una, ja que el servidor pot donar adreces IP diferents cada vegada, sinó que es comprova que estigui ben configurat el DHCP.

4.7. Activitat 7

En aquesta practica l'usuari ha de configurar un servidor DHCP i dos servidors amb el servei *Email* per a dos dominis diferents. El domini és el nom que s'assigna a la IP per tal que sigui més fàcil recordar-ho. Cal que també es configuri un servidor DNS per tal que converteixi els nom en les direccions IP del servidor. També s'ha d'indicar als dispositius la IP del servidor DNS.

En aquesta activitat hi ha dos servidors, un a cada xarxa. En el Server0 l'usuari ha de configurar el servidor amb una adreça IP fixe, i el servei DHCP com a l'Activitat 6, ja que dos dispositius d'aquesta xarxa es configuren en DHCP. Es configura també el servei *Email*, primer s'indica el nom del domini i es creen els 4 usuaris per als 4 dispositius que hi ha a la xarxa tal i com es mostra a la Fig. 4.13.

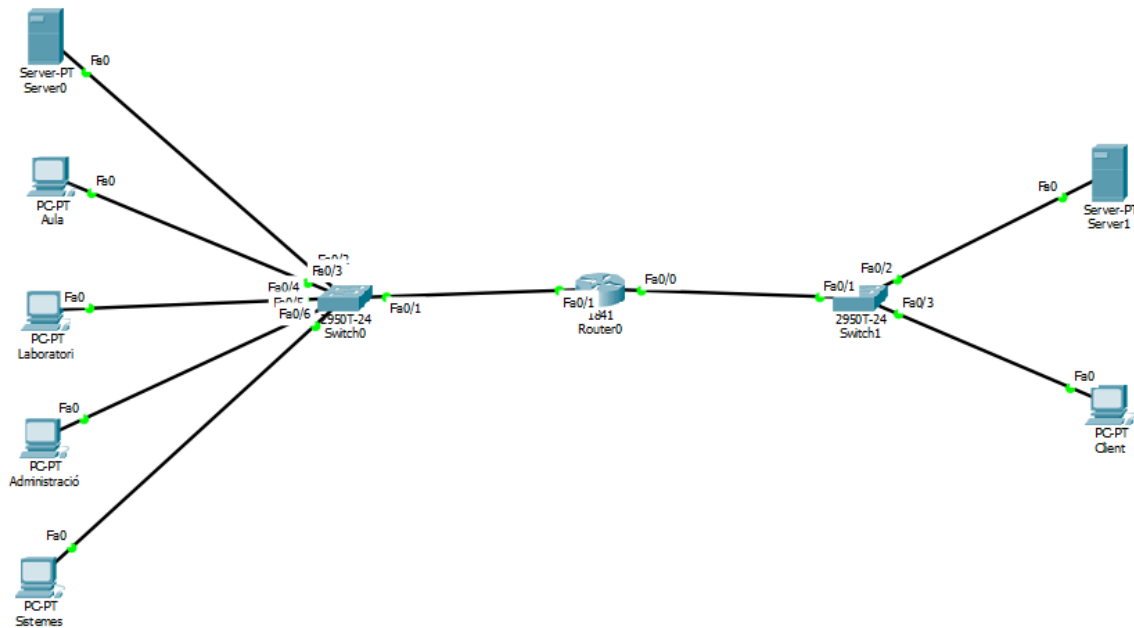


Fig. 4.12. Topologia inicial de l'activitat 7.

EMAIL

SMTP Service

ON OFF

POP3 Service

ON OFF

Domain Name: Set

User Setup

User Password

aula

laboratori

admin

sistemes

+

-

Change

Password

Fig. 4.13. Configuració del servei *email* en el Server0

Es configura també el Server1 amb una adreça IP fixe i el servei *Email*, amb un altre nom de domini i un altre usuari per a l'únic PC que hi ha a la xarxa. El PC es configura amb una adreça IP fixe.

EMAIL

SMTP Service

ON OFF

POP3 Service

ON OFF

Domain Name:

User Setup

User Password

Fig. 4.14. Configuració del servei *email* en el Server1

Ara cal configurar el servidor DNS, per tal que el servidor *d'Email* conegui quina IP és el domini *prova.com* o *client.com*. S'activa el servei DNS del servidor i s'indica el nom del domini i la adreça IP del servidor encarregat de gestionar aquell domini. De tal manera que la configuració del servei DNS en els dos servidors queda com a la FIGURA, on es veu que el domini *client.com* correspon a la adreça IP 192.168.1.3 i el domini *prova.com* correspon a l'adreça IP 10.0.0.3. Es configura aquest servei amb les mateixes dades als dos servidors.

DNS

DNS Service On Off

Resource Records

Name Type

Address

| No. | Name | Type | Detail |
|-----|------------|----------|-------------|
| 0 | client.com | A Record | 192.168.1.3 |
| 1 | prova.com | A Record | 10.0.0.3 |

Fig. 4.15. Configuració del servei DHCP en el Server0

Una vegada configurats els serveis DNS cal indicar a tots els dispositius, menys als que obtenen l'adreça IP per DHCP on està el seu servidor DNS, també cal indicar-ho als propis servidors. Tal i com es veu a la Fig. 4.15, el Server0 amb una adreça IP 10.0.0.3, s'indica també que ell és el servidor DNS. Cal configurar el servei DHCP al Server1 amb les mateixes dades.

Display Name: Server0

Gateway/DNS IPv4

DHCP

Static

Gateway: 10.0.0.1

DNS Server: 10.0.0.3

Fig. 4.16. Configuració de porta d'enllaç i del servidor DNS en un PC.

Ara es configura l'*email* a cada dispositiu, a l'escriptori de cada PC està la opció del *email*, s'obre i es configura amb les dades correctes. La Fig. 4.16 mostra la configuració per un dels PC del domini prova.com. S'indica el nom i el *email*, la adreça IP del servidor *Email*, l'usuari i la contrasenya que s'ha configurat prèviament en el servidor. L'usuari ha de provar d'enviar *emails* entre els diferents dispositius per comprovar que tot funciona correctament.

Configure Mail

User Information

Your Name: Laboratori

Email Address: laboratori@prova.com

Server Information

Incoming Mail Server: 10.0.0.3

Outgoing Mail Server: 10.0.0.3

Logon Information

User Name: laboratori

Password: ●●●●●●●●

Save Clear Reset

Fig. 4.17. Configuració *email* en un PC.

4.8. Activitat 8

En aquesta activitat l'usuari ha de configurar telèfons IP en dues xarxes diferents i realitzar trucades entre ells. En la Fig. 4.18 es mostra la topologia amb tres xarxes, només en dos d'elles estan els tres telèfons i un PC a cada per ajudar a provar la connectivitat realitzant *Pings*. La topologia inicial és la mateixa sense el cablejat, sent l'usuari el que ha de realitzar el cablejat i afegir el mòdul necessari al *Router* per obtenir una altra interfície. També cal configurar el servei DHCP als *Routers* i configurar una taula d'encaminament per defecte a cada un d'ells, ja que el Router0 no coneix la xarxa 2 ni el Router1 coneix la xarxa 1.

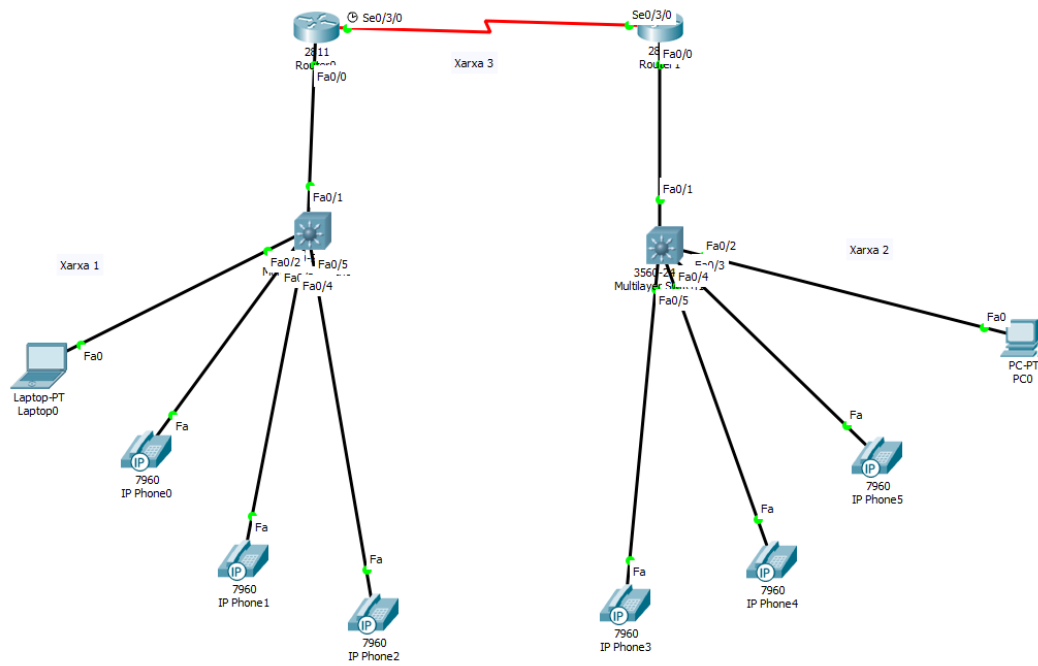


Fig. 4.18. Topologia inicial de l'activitat 9.

Primer es configuren els *Routers* i es configuren també amb el servei DHCP, també es configuren les taules d'encaminament. Es configuren també els dos PCs amb adreça IP DHCP per tal que el *Router* els hi assigni una adreça IP.

Es configura el servei del telèfon al *Router* i es crea una VLAN al *Switch* per tal que els dispositius de veu estiguin separats dels PCs, servidors... Una VLAN crea una xarxa lògica dins d'una xarxa física, serveix per exemple, per dividir departaments en una empresa.

Una vegada configurats els VLAN als *Switchs*, es segueix amb la configuració al *Router*. S'indica al *Router*, un per un, el número de telèfon perquè els assigni als telèfons de la xarxa, tal i com es mostra a la Fig. 4.19.

```

Router(config)#ephone-dn 1
Router(config-ephone-dn)%%LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 1.1, changed
state to up
n
% Ambiguous command: "n"
Router(config-ephone-dn)#number 100
Router(config-ephone-dn)#exit
Router(config)#ephon
%IPPHONE-6-REGISTER: ephone-3 IP:20.0.0.4 Socket:2 DeviceType:Phone has
registered.
% Ambiguous command: "epho"
Router(config)#ephone-dn 2
Router(config-ephone-dn)%%LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 2.1, changed
state to up

Router(config-ephone-dn)#number 101
Router(config-ephone-dn)#exit
Router(config)#ephone-dn
%IPPHONE-6-REGISTER: ephone-2 IP:20.0.0.3 Socket:2 DeviceType:Phone has
registered.

% Incomplete command.
Router(config)#ephone-dn 3
Router(config-ephone-dn)%%LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 3.1, changed
state to up

Router(config-ephone-dn)#number 102

```

Fig. 4.19. Configuració de les extensions telefòniques en una xarxa.

Finalment s'aplica una darrera comanda per tal que hi hagi comunicació entre els telèfons de les xarxes diferents. A la Fig. 4.20 s'aplica la comanda en la que s'indica al *Router* que te la xarxa 20.0.0.0 que els telèfons que comencin per la extensió 5 estan a la adreça IP 10.0.0.1, per tant quan un telèfon truqui a una extensió que no esta a la seva xarxa, el *Router* ja sabrà on enviar la trucada.

```

Router(config)#dial-peer voice 1 voip
Router(config-dial-peer)#destination-pattern 5..
Router(config-dial-peer)#session target ipv4:10.0.0.1
Router(config-dial-peer)#

```

Fig. 4.20. Configuració al *Router* per indicar on està l'extensió telefònica.

Al ser els dispositius amb la configuració en DHCP no es pot comprovar que l'adreça IP sigui igual a alguna, però si que es comprova que el DHCP dels telèfons estigui activat. Es comprova també que hi hagi connectivitat entre els dispositius.

5. Un cas d'ús.

S'escull l'activitat 6 per realitzar-la com la realitzaria l'usuari, seguint la guia i comprovant els punts que es tenen correctes mentre es realitza l'activitat.

A l'activitat 6 es configura un servidor DHCP per donar servei a dues xarxes diferents. L'usuari només rep dos arxius, una guia pas a pas amb imatges en format PDF i l'activitat auto avaluable en format .pka. S'obre el fitxer .pka i s'obren dos finestres, una amb la guia sense les imatges i el projecte.

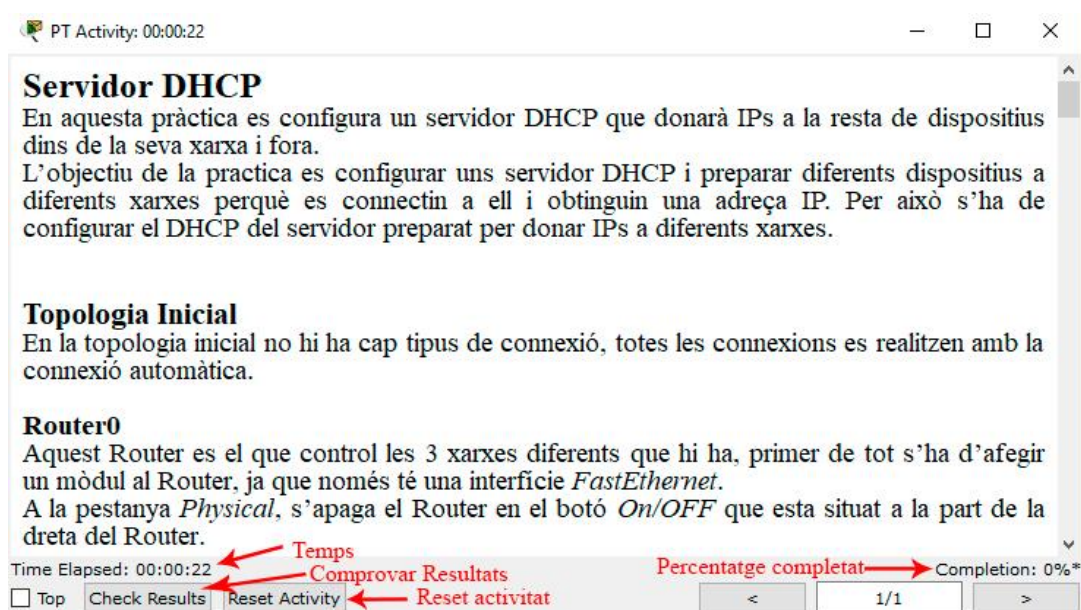


Fig. 5.1. Guia de l'activitat.

En la finestra de la guia, a part de la guia pas a pas, també mostra el temps que es porta d'activitat, el percentatge completat de l'activitat i dos botons, un per la comprovació dels resultats i l'altre per tornar a començar l'activitat.

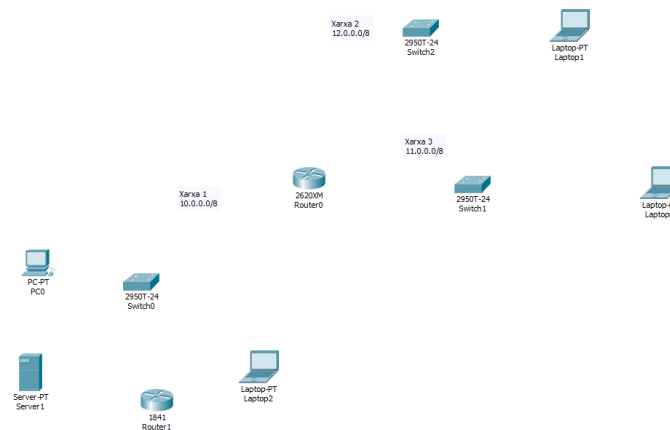


Fig. 5.2. Topologia inicial sense connexions.

L'altre finestra és la topologia inicial sobre la que es comença a treballar. Aquesta topologia no té cap tipus de connexió, es comença a realitzar l'activitat seguin la guia.

Primer s'afegeix el mòdul al *Router* i a continuació es realitzen totes les connexions. Una vegada realitzades les connexions es comença a configurar els dispositius, començant pel Router0. El fet de realitzar les connexions no dona cap tipus de puntuació ni de progrés de l'activitat.



Fig. 5.3. Percentatge completat una vegada realitzades les connexions.

Al realitzar la primera configuració, on es configura l'adreça IP i la màscara de xarxa d'una de les interfícies del *Router*, el percentatge augmenta un 8% tal i com es mostra a la Fig. 5.4.

```

Router>en
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#int fa0/0
Router(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.0.0.0
Router(config-if)#no shutdown

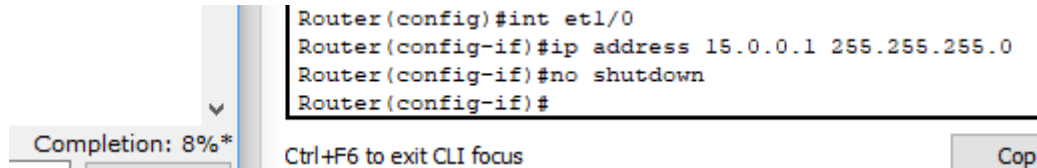
Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0,
changed state to up
Completion: 8%*

```

Fig. 5.4. Configuració d'adreça IP i màscara de xarxa d'una interfície.

De la mateixa manera que el percentatge augmenta si es realitza correctament la configuració, no augmenta si es realitza malament tal i com es mostra a la Fig. 5.5. La configuració de l'adreça IP hauria de ser la 11.0.0.1 i la màscara de xarxa la 255.0.0.0.



```

Router(config)#int et1/0
Router(config-if)#ip address 15.0.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#
  
```

Completion: 8%* Ctrl+F6 to exit CLI focus Cop

Fig. 5.5. Configuració errònia de la interfície del Router.

Es pot comprovar el progrés de l'activitat fent clic al botó *Check Results*, s'obre una nova finestra on mostra els ítem que s'han de configurar per puntuar i completar l'activitat.

| Assessment Items | Status | Points | Component(s) | Feedback |
|-----------------------------|-----------|--------|--------------|----------|
| Network | | | | |
| Laptop0 | | | | |
| Default Gateway | Incorrect | 1 | Ip | |
| Ports | | | | |
| FastEthernet0 | | | | |
| IP Address | Incorrect | 1 | Ip | |
| Subnet Mask | Incorrect | 1 | Ip | |
| Laptop1 | | 0 | Other | |
| Ports | | 0 | Other | |
| FastEthernet0 | | 0 | Other | |
| DHCP client enable | Incorrect | 1 | Ip | |
| Laptop2 | | 0 | Other | |
| Ports | | 0 | Other | |
| FastEthernet0 | | 0 | Other | |
| IP Address | Incorrect | 1 | Ip | |
| Subnet Mask | Incorrect | 1 | Ip | |
| PC0 | | 0 | Other | |
| Ports | | 0 | Other | |
| FastEthernet0 | | 0 | Other | |
| DHCP client enable | Incorrect | 1 | Ip | |
| Router0 | | | | |
| Ports | | | | |
| Ethernet1/0 | | | | |
| IP Address | Incorrect | 1 | Ip | |
| Subnet Mask | Incorrect | 1 | Ip | |
| Ethernet1/1 | | | | |
| IP Address | Incorrect | 1 | Ip | |
| Subnet Mask | Incorrect | 1 | Ip | |
| FastEthernet0/0 | | | | |
| IP Address | Correct | 1 | Ip | |
| Subnet Mask | Correct | 1 | Ip | |
| Router1 | | | | |
| Ports | | | | |
| FastEthernet0/0 | | | | |
| IP Address | Incorrect | 1 | Ip | |
| Subnet Mask | Incorrect | 1 | Ip | |
| Server1 | | | | |
| Default Gateway | Incorrect | 1 | Ip | |
| DHCP Server List | | | | |
| DHCP Server (FastEthernet0) | | | | |
| Pools | | | | |
| Pool serverPool | | | | |
| Default Gateway | Incorrect | 1 | Ip | |
| Start IP address | Incorrect | 1 | Ip | |
| Subnet mask | Incorrect | 1 | Ip | |
| Pool serverPool1 | | | | |
| Default Gateway | Incorrect | 1 | Ip | |
| Start IP address | Incorrect | 1 | Ip | |
| Subnet mask | Incorrect | 1 | Ip | |

Fig. 5.6. Ítems a configurar correctament.

La configuració realitzada a la interfície *Ethernet0/1* del *Router* es mostra com a no completada encara que s'hagi configurat, ja que s'ha realitzat de manera incorrecte. Es torna a l'activitat i es configuren les 3 interfícies del *Router* de manera correcta.

| Interface | Parameter | Status | Count | Type |
|-----------------|-------------|---------|-------|------|
| Ethernet1/0 | IP Address | Correct | 1 | Ip |
| | Subnet Mask | Correct | 1 | Ip |
| Ethernet1/1 | IP Address | Correct | 1 | Ip |
| | Subnet Mask | Correct | 1 | Ip |
| FastEthernet0/0 | IP Address | Correct | 1 | Ip |
| | Subnet Mask | Correct | 1 | Ip |

Fig. 5.7. Ítems correctes de la configuració del *Router*.

Una vegada configurat el *Router* de manera correcta ja es mostra com a completat i de manera correcta. Ja s'ha realitzat el 26% de l'activitat.

Es configura el *Laptop0*, la porta d'enllaç, adreça IP i la màscara de xarxa.

Ara es configura el *Server1*, primer es configura amb la porta d'enllaç i després l'adreça IP i la màscara de xarxa. Ja s'ha realitzat el 47% de l'activitat.

Es configura ara el servei DHCP de la xarxa 10.0.0.0 tal i com està a la guia. Es configura un altre servei DHCP per a la xarxa 12.0.0.0. Realitzant les configuracions de serveis DHCP ja s'ha realitzat el 69% de l'activitat.

Es segueix realitzant la practica, configurant la resta de dispositius tal i com es demana a la guia fins arribar a completar l'activitat al 100%. Es realitzen *pings* de comprovació per assegurar que tot funcioni correctament. Una vegada finalitzada l'activitat es clica a *Check Results* per comprovar els resultats.

| Assessment Items | Status | Points | Compone |
|------------------------------|---------|--------|---------|
| Network | | | |
| Laptop0 | | | |
| ✓ Default Gateway | Correct | 1 | Ip |
| Ports | | | |
| FastEthernet0 | | | |
| ✓ IP Address | Correct | 1 | Ip |
| ✓ Subnet Mask | Correct | 1 | Ip |
| Laptop1 | | 0 | Other |
| Ports | | 0 | Other |
| FastEthernet0 | | 0 | Other |
| ✓ DHCP client enable | Correct | 1 | Ip |
| Laptop2 | | | |
| ✓ Default Gateway | Correct | 1 | Ip |
| Ports | | | |
| FastEthernet0 | | | |
| ✓ IP Address | Correct | 1 | Ip |
| ✓ Subnet Mask | Correct | 1 | Ip |
| PC0 | | 0 | Other |
| Ports | | 0 | Other |
| FastEthernet0 | | 0 | Other |
| ✓ DHCP client enable | Correct | 1 | Ip |
| Router0 | | | |
| Ports | | | |
| Ethernet1/0 | | | |
| ✓ IP Address | Correct | 1 | Ip |
| ✓ Subnet Mask | Correct | 1 | Ip |
| Ethernet1/1 | | | |
| ✓ IP Address | Correct | 1 | Ip |
| ✓ Subnet Mask | Correct | 1 | Ip |
| FastEthernet0/0 | | | |
| ✓ IP Address | Correct | 1 | Ip |
| ✓ Subnet Mask | Correct | 1 | Ip |
| Router1 | | | |
| Ports | | | |
| FastEthernet0/0 | | | |
| ✓ IP Address | Correct | 1 | Ip |
| ✓ Subnet Mask | Correct | 1 | Ip |
| Server1 | | | |
| ✓ Default Gateway | Correct | 1 | Ip |
| DHCP Server List | | | |
| DHCP Server (FastEtherne...) | | | |
| Pools | | | |
| Pool serverPool | | | |
| ✓ Default Gat... | Correct | 1 | Ip |
| ✓ Start IP add... | Correct | 1 | Ip |
| ✓ Subnet mask | Correct | 1 | Ip |
| Pool serverPool1 | | | |
| ✓ Default Gat... | Correct | 1 | Ip |
| ✓ Start IP add... | Correct | 1 | Ip |
| ✓ Subnet mask | Correct | 1 | Ip |

Fig. 5.8. Ítems de l'activitat configurats correctament.

Encara que tots els ítems estiguin correctes, també cal comprovar que hi hagi connexió entre tots els dispositius, per això cal anar a la pestanya de *connectivity tests*.

Below are the results of your connectivity tests:

| | Status | Test Condition | Points | Source | Destination | T |
|----|-----------|----------------|--------|---------|-------------------------------|------|
| 1 | Incorrect | Successful | 1 | PC0 | Laptop1 : 169.254.150.1... | ICMP |
| 2 | Correct | Successful | 1 | PC0 | Laptop0 : 11.0.0.21 | ICMP |
| 3 | Correct | Successful | 1 | PC0 | Laptop2 : 10.0.0.11 | ICMP |
| 4 | Correct | Successful | 1 | PC0 | Router1 : 10.0.0.21 | ICMP |
| 5 | Correct | Successful | 1 | PC0 | Server1 : 10.0.0.2 | ICMP |
| 6 | Correct | Successful | 1 | PC0 | Router0 : 10.0.0.1 | ICMP |
| 7 | Incorrect | Successful | 1 | Laptop1 | Laptop0 : 11.0.0.21 | ICMP |
| 8 | Incorrect | Successful | 1 | Laptop1 | Laptop2 : 10.0.0.11 | ICMP |
| 9 | Incorrect | Successful | 1 | Laptop1 | Router1 : 10.0.0.21 | ICMP |
| 10 | Incorrect | Successful | 1 | Laptop1 | Server1 : 10.0.0.2 | ICMP |
| 11 | Incorrect | Successful | 1 | Laptop1 | Router0 : 10.0.0.1 | ICMP |

Fig. 5.9. Tests de connectivitat.

Com es pot comprovar a la Fig. 5.9, hi ha alguns tests de connectivitat que són incorrectes. En el cas del primer test, el destí és el Laptop0, on té l'adreça IP 169.254.150.104, això vol dir que el servei DHCP no li ha assignat una adreça IP correcte, cal corregir-ho tal i com ho indica a la guia. Es torna a la topologia per corregir els errors.

Una vegada corregits els errors es torna per comprovar els resultats, apareix el missatge de la Fig. 5.10, ja s'ha completat l'activitat. Per veure tots els detalls es clica a *Assessment Items*.

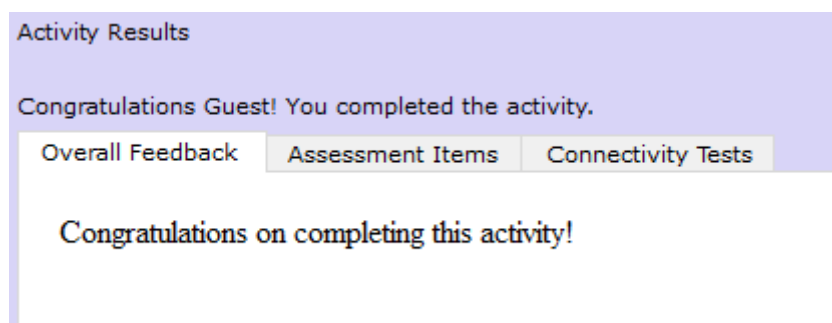


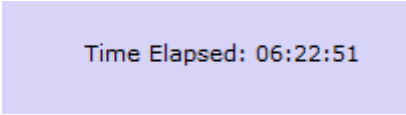
Fig. 5.10. Missatge informant que s'ha completat l'activitat.

En la Fig. 5.11 es mostra tots els punts que s'havien de completar, en total 44 punts realitzats correctament per completar l'activitat. 23 punts de configuració de dispositius i 21 punts de tests de connectivitat entre els dispositius.

| | | |
|---------------------|--------------------|--------------|
| Score | : 44/44 | |
| Item Count | : 23/23 | |
| <hr/> | | |
| Component | Items/Total | Score |
| Ip | 23/23 | 23/23 |
| Connectivity | | |
| Connectivity Tests | 21/21 | 21/21 |

Fig. 5.11. Punts de l'activitat.

Una vegada ja s'ha arribat en aquest punt ja es dona per finalitzada l'activitat. L'usuari pot guardar l'activitat, també es guarda el temps que s'ha necessitat per realitzar l'activitat.



Time Elapsed: 06:22:51

Fig. 5.12. Temps emprat per realitzar l'activitat.

6. Pressupost i execució de projecte

El temps de treball del projecte ha sigut de 7 mesos, des del dilluns 2 d'octubre de 2017 fins el dilluns 30 d'abril de 2018.

6.1. Hores

El treball s'ha organitzat en fases en el programa Microsoft Project, a cada fase hi ha unes tasques a les que s'ha dedicat unes hores de feina. Per tant, el total d'hores dedicades al TFG és de 499hores. El preu d'un informàtic s'ha calculat de 10€/h, aquest preu és la mitja de diversos informes trobats a internet. Per tant el cost en personal és de 4.990€.

Les fases del treball son la de investigació i recerca inicial, treball amb els diferents mètodes, investigació i recerca Activity Wizard, la preparació dels laboratoris i la memòria. A la Taula 6.1 es mostren les fases amb el cost de cada fase i les hores dedicades a cada fase.

| | | |
|--|-------|------------|
| Investigació i recerca inicial | 160€ | 16 hores |
| Treball amb diferents mètodes | 704€ | 70,4 hores |
| Investigació i recerca Activity Wizard | 384€ | 38,4 hores |
| Activitats | 2400€ | 240 hores |
| Memòria | 1340€ | 134 hores |

Taula 6.1. Costos i hores dedicades a cada fase.

A cada fase s'han treballat diferents aspectes com:

- Investigació i recerca inicial: S'ha realitzat una primera investigació sobre els mètodes per la creació dels laboratoris.
- Treball amb diferents mètodes: S'han provat els diferents mètodes trobats.
- Investigació i recerca Activity Wizard: Una vegada escollit el Packet Tracer, s'ha investigat sobre aquesta eina d'auto avaluació.
- Activitats: S'han preparat i realitzat les 8 activitats.
- Memòria: Temps de redacció o revisió de la memòria.

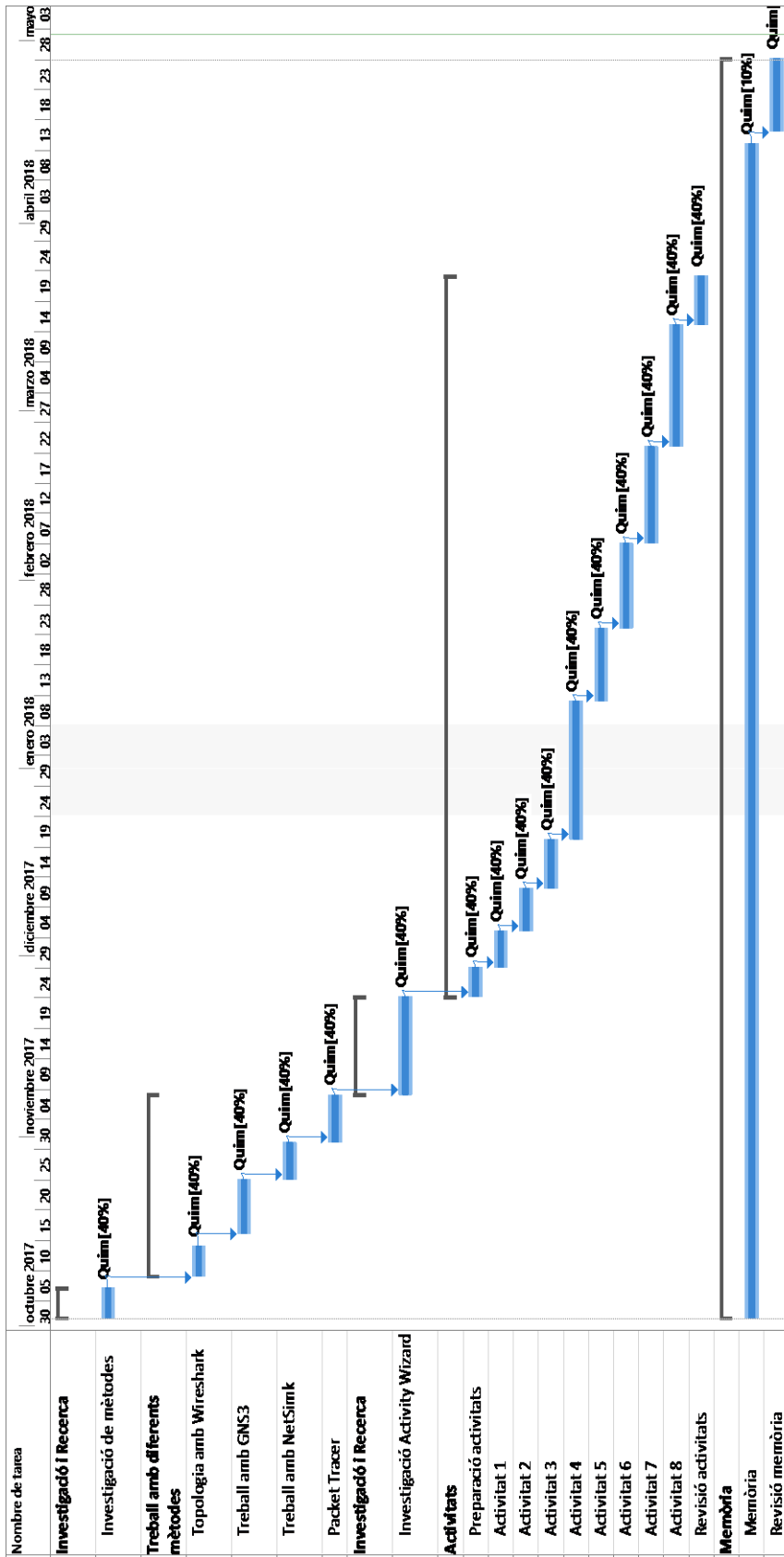


Fig. 6.1. Diagrama de Gantt.

En la Fig. 6.1 es mostra el diagrama de Gantt del TFG, on visualment es veu la duració de les activitats. Cada dia que s'ha treballat en alguna de les fases d'investigació, treball amb els diferents mètodes i les activitats, també s'ha avançat amb la memòria. Per això la tasca de memòria té la duració de casi tot el temps de treball. Les ultimes setmanes s'ha afegit la tasca de la revisió de memòria on s'han dedicat més hores. En la Taula 6.2 es mostren les hores dedicades més a cada tasca.

| Fase | Tasca | Hores |
|-------------------------------|------------------------------|--------------|
| Investigació inicial | Investigació de mètodes | 16 hores |
| Treball amb diferents mètodes | Topologia amb Wireshark | 16 hores |
| | Treball amb GNS3 | 22,4 hores |
| | Treball amb NetSimk | 12,8 hores |
| | Packet Tracer | 19,2 hores |
| Investigació Activity Wizard | Investigació Activity Wizard | 38,4 hores |
| Activitats | Preparació activitats | 9,6 hores |
| | Activitat 1 | 12,8 hores |
| | Activitat 2 | 16 hores |
| | Activitat 3 | 19,2 hores |
| | Activitat 4 | 22,4 hores |
| | Activitat 5 | 25,6 hores |
| | Activitat 6 | 32 hores |
| | Activitat 7 | 38,4 hores |
| | Activitat 8 | 44,8 hores |
| | Revisió activitats | 19,2 hores |
| Memòria | Memòria | 104 hores |
| | Revisió memòria | 30 hores |

Taula 6.2. Resum d'hores dedicades per tasques.

6.2. Hardware

Per la realització del projecte s'ha utilitzat un Ordinador Portàtil, un monitor, un teclat i un ratolí. Els dispositius informàtics tenen una amortització de 4 anys. La duració del TFG és de 7 mesos, per tant es calcula l'amortització durant els 7 mesos. Durant aquests 7 mesos els materials informàtics també s'han utilitzat per altres usos, és calcula que el 50% del temps s'ha treballat en el TFG. Per tant, a la Taula 6.3 es mostra l'amortització del 50% dels 7 mesos de treball.

| Dispositiu | Cost | Amortització 7 mesos al 50% |
|--------------------|------|-----------------------------|
| Ordinador portàtil | 800€ | 58,34€ |
| Monitor | 200€ | 14,59€ |
| Teclat | 50€ | 3,65€ |
| Ratolí | 80€ | 5,84€ |

Taula 6.3. Amortització de Hardware

Els resultats de l'amortització es calculen tal i com es mostra en l'exemple EQUACIÓ, en el que es calcula l'amortització de l'ordinador portàtil. El total del cost en Hardware és de 82,42€.

6.3. Software

En el TFG s'ha utilitzat el Wireshark, GNS3, VMWare, Sistema Operatiu Router Cisco, NetSimk, Packet Tracer, Microsoft Word, Adobe Reader, Google Chrome, Windows 10, Microsoft Project.

S'ha creat tres taules una en la que es mostra el Software gratuït i per tant té cap cost, una altre amb el software en la que s'ha utilitzat el 50% del temps en el TFG i un altra en la que s'ha utilitzat el 100% del temps en el treball.

| Software | Cost |
|-----------|------|
| Wireshark | 0€ |
| GNS3 | 0€ |

| | |
|-----------------|----|
| VMWare | 0€ |
| SO Router Cisco | 0€ |
| NetSimk | 0€ |
| Packet Tracer | 0€ |
| Adobe Reader | 0€ |
| Google Chrome | 0€ |

Taula 6.4. Software gratuït.

| Software | Cost | Amortització 7 mesos al 50% |
|----------------|------|-----------------------------|
| Windows 10 Pro | 259€ | 18,89€ |

Taula 6.5. Software utilitzat al 50%.

| Software | Cost | Amortització 7 mesos al 100% |
|-------------------|-----------|------------------------------|
| Microsoft Word | 7€/mes | 49€ |
| Microsoft Project | 5,90€/mes | 41,30€ |

Taula 6.6. Software utilitzat només per al projecte durant la duració del TFG.

El cost total en Software és de 109,19€.

6.4. Indirectes

Els costos indirectes normalment es produeixen al lloc de treball, son la llum i la connexió a internet. Com que el lloc de treball és a casa, no existeix cap cost de lloguer.

L'ordinador portàtil té un consum de 90W, tenint en compte que s'utilitza un total de 499 hores pel TFG i que el preu de cada KwH és de 0,13€/KwH, es calcula el cost total.

$$90W \cdot \frac{499\text{hores}}{1000} = 44,91Kwh$$

(6.1)

$$44,91KwH \cdot \frac{0,13\text{€}}{KwH} = 5,84\text{€} \quad (6.2)$$

El monitor té un consum de 51W, es calcula de la mateixa manera que l'ordinador portàtil, amb un ús de 499 hores pel TFG i amb un preu de 0,13€/KwH.

$$51W \cdot \frac{499\text{hores}}{1000} = 25,45Kw/h \quad (6.3)$$

$$25,45KwH \cdot \frac{0,13\text{€}}{KwH} = 3,31\text{€} \quad (6.4)$$

Per la connexió a internet es té contractat un paquet on s'inclou la TV, 4 mòbils i internet. Es divideix el preu total entre tot el que inclou per saber aproximadament el cos d'internet.

$$\frac{175\text{€/mes}}{6 \text{ productes}} = 29,17\text{€/mes} \quad (6.5)$$

Internet s'ha utilitzat per altres coses a part del TFG, aproximadament només s'ha utilitzat el 30% en aquests 7 mesos pel TFG, per tant es calcula el 30% del preu per mes i es multiplica pels 7 mesos de TFG.

$$\frac{29,17\text{€}}{\text{mes}} \cdot 30\% = \frac{8,91\text{€}}{\text{mes}} \cdot 7\text{mesos} = 62,37\text{€} \quad (6.6)$$

Els costos són 5,84€ en l'ordinador, 3,31€ en el monitor i 62,37€ en la connexió a internet, en total 71,52€.

6.5. Cost total

La suma de tots els costos és de 5253,13€ tal i com es mostra a la Taula 6.7, aquest és el cost teòric del TFG. El cost real del projecte és molt menor. En personal no hi ha cap despesa ja que és l'autor del projecte qui ho realitza tot. El Hardware és de l'autor del projecte i per tant no hi ha cap despesa. El Software és gratuït amb les llicències de la universitat menys el Microsoft Project, que si té un cost real. Els costos indirectes son reals, ja que s'ha utilitzat aquesta electricitat i internet.

| Despesa | Cost |
|----------------|-------------|
| Personal | 4.990€ |
| Hardware | 82,42€ |
| Software | 109,19€ |
| Indirectes | 71,52€ |

Taula 6.7. Costos totals del TFG

El cost total real del TFG és la suma del cost de Microsoft Project, 41,30€ i la suma dels costos indirectes de 71,52€. El cost del TFG és de 112,82€.

7. Conclusions

Prèviament a escollir el programa Packet Tracer, s'ha fet una investigació d'altres mètodes per treballar amb topologies de xarxa. Personalment s'ha après molt de tots els altres mètodes de treball amb xarxes. Es desconeixia la diferència entre els simuladors i emuladors. Amb aquest treball s'ha vist que son semblants però treballen de manera diferent.

S'ha vist les dificultats i facilitats de treballar amb un mètode o un altre, s'ha començat per les topologies físiques, on cal invertir diners en els dispositius i temps en realitzar totes les connexions físiques. Als emuladors s'ha vist que es treballa directament amb el sistema operatiu original del *Router*, però que té la necessitat de tenir els sistemes operatius dels diferents dispositius i un software de maquines virtuals per emular tots aquests sistemes operatius. I finalment amb els simuladors, programes amb una configuració inicial senzilla, ja que una vegada instal·lats poden funcionar sense la necessitat de descarregar el sistema operatiu dels diferents dispositius.

S'ha escollit treballar amb Packet Tracer per la senzillesa de la configuració inicial i per la eina de l'activitat auto avaluable, ja que el propi usuari podria saber en tot moment el progres de la seva activitat. Si l'usuari vol aprendre a treballar més amb *Packet Tracer*, Cisco té un portal per aprendre més amb aquest programa. També s'ha escollit aquest programa ja que és el que es fa servir en el grau, per tant és un programa dels quals ja es tenia alguns coneixements.

Per tant, una vegada escollit el programa s'ha investigat sobre la eina d'autoavaluació, sobre la que s'ha hagut d'aprendre com funciona amb moltes activitats de prova, provant tots els punts.

Quan ja s'ha après com funciona l'eina, s'ha necessitat una altra recerca per preparar 8 activitats progressives, on es comença per una activitat bàsica i poc a poc s'han incorporat més continguts però sense oblidar els de les activitats anteriors.

Finalment aquestes activitats poden servir per pràctiques dels alumnes del grau d'informàtica. S'han escollit 8 activitats pensant en la duració d'un quadrimestre del grau, estructurant i preparant cada activitat perquè es realitzi cada dues setmanes.

8. Bibliografía

- Adobe.* (2018). Recollit de ¿Qué es el formato PDF?:
<https://acrobat.adobe.com/es/es/acrobat/about-adobe-pdf.html>
- Agencia Tributaria.* (2018). Recollit de Tabla de coeficientes de amortización lineal:
https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/_Segmentos_/Empresas_y_profesionales/Empresas/Impuesto_sobre_Sociedades/Periodos_impositivos_a_partir_de_1_1_2015/Base_imponible/Amortizacion/Tabla_de_coeficientes_de_amortizacion_lineal_.shtml
- ArumaDigital.* (2018). *Youtube.* Recollit de Informatica Redes 034 Rip Version 2 No auto summary: <https://www.youtube.com/watch?v=rsER8CA4Xro>
- Capacity.* (2018). Recollit de Cisco CCNA – Cómo Configurar Protocolo RIP En Cisco Router: <http://blog.capacityacademy.com/2014/06/20/cisco-ccna-como-configurar-protocolo-rip-en-cisco-router/>
- CCM.* (2018). Recollit de Qué es un router: <https://es.ccm.net/faq/2757-que-es-un-router>
- Cisco.* (2017). Recollit de Sistema operativo de Cisco internetwork (Cisco IOS):
https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/ios-nx-os-software/ios-software-releases-110/13178-15.html
- Cisco.* (2018). Recollit de Direccionamiento de IP y conexión en subredes para los usuarios nuevos: https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13788-3.html
- Cisco.* (2018). Recollit de Understanding SPAN,RSPAN,and ERSPAN:
<https://supportforums.cisco.com/t5/network-infrastructure-documents/understanding-span-rspan-and-erspan/ta-p/3144951>
- Cisco.* (2018). Recollit de Resilient Ethernet Protocol Overview:
<https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/lan-switching/ethernet/116384-technote-rep-00.html>

- Cisco*. (2018). Recollit de Sistema operativo de Cisco internetwork:
https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/ios-nx-os-software/ios-software-releases-110/13178-15.html
- Cisco Packet Tracer*. (2017). Recollit de <https://www.netacad.com/courses/packet-tracer>
- ComTutoriales*. (2018). Recollit de Redes Rip version 2 No auto summary:
<http://comtutoriales.blogspot.com.es/2012/05/redes-rip-version-2-no-auto-summary.html>
- Country Ip Blocks*. (2018). Recollit de Identifying the Network and Broadcast Address of a Subnet: <https://www.countryipblocks.net/identifying-the-network-and-broadcast-address-of-a-subnet>
- DefinicionAbc*. (2018). Recollit de Definición de Router:
<https://www.definicionabc.com/tecnologia/router.php>
- GNS3*. (2017). Recollit de GNS3 Setup wizard with the GNS3 VM:
<https://docs.gns3.com/1wdfvS-OIFfOf7HWZoSXMbG58C4pMSy7vKJFiKKVResc/index.html>
- GNS3*. (2017). Recollit de <https://gns3.com/>
- HBM*. (2018). Recollit de Precision Time Protocol (PTP) en aplicaciones de pruebas y adquisición de datos: <https://www.hbm.com/es/5143/precision-time-protocol-ptp-en-aplicaciones-de-pruebas-y-adquisicin-de-datos/>
- HP*. (2018). Recollit de <http://www8.hp.com/es/es/home.html>
- IBM*. (2018). Recollit de <https://www.ibm.com/es-es/>
- Indeed*. (sense data). Recollit de Sueldos en Programador/a junior en España:
<https://www.indeed.es/salaries/Programador/a-junior-Salaries>
- IoT*. (2018). Recollit de Gateway:
<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definicion/gateway>
- IP Location*. (2018). Recollit de What is a Subnet Mask?:
<https://www.iplocation.net/subnet-mask>

- Leon, C. (2018). *SlideShare*. Recollit de Clasificación de las direcciones IP:
https://www.slideshare.net/carlos_leon/clasificacin-de-las-direcciones-ip
- Linkedin*. (2018). Recollit de Salario de un programador en España en 2017:
<https://es.linkedin.com/pulse/salario-de-un-programador-en-esp%C3%B1a-2017-david-monreal>
- Microsoft*. (2018). Recollit de Office: <https://products.office.com/es-ES/>
- Microsoft*. (2018). Recollit de Crear y trabajar con tareas de resumen y subtareas:
<https://support.office.com/es-es/article/crear-y-trabajar-con-tareas-de-resumen-y-subtareas-b3ff64ce-b121-42cc-905b-cb9b8ce0255f>
- NetSimk*. (2017). Recollit de <http://netsimk.com/>
- PluralSight*. (2018). Recollit de How to Configure Routing Information Protocol: RIPv2:
<https://www.pluralsight.com/blog/tutorials/cisco-how-to-configure-rip-2>
- RedesZone*. (2017). Recollit de Lista de simuladores de redes para virtualizar nuestra propia red: <https://www.redeszone.net/2014/03/20/lista-de-simuladores-de-redes-para-virtualizar-nuestra-propia-red/>
- S0m0s B1nar10s*. (2018). Recollit de ¿Qué es multicast y para qué sirve?:
<https://www.somosbinarios.es/que-es-multicast/>
- Scribd*. (2018). Recollit de Categoria de la Direcciones Ip:
<https://www.scribd.com/document/55854870/Categoria-de-La-Direcciones-Ip>
- Telefonia Voz Ip*. (2018). Recollit de ¿Que es VoIP?:
<http://www.telefoniavozip.com/voip/que-es-la-telefonía-ip.htm>
- Todo sobre redes informatica*. (2018). Recollit de Clasificacion de direcciones IP:
<https://sites.google.com/site/todosobreredesinformatica/protocolos-de-red/direccionamiento-ip>
- Tutorials point*. (2018). Recollit de IPV4 - Clases de direcciones:
https://www.tutorialspoint.com/es/ipv4/ipv4_address_classes.htm

UnderC0de. (2017). Recollit de Las 5 Mejores herramientas Analizadoras de red y Sniffers: <https://underc0de.org/foro/pentest/las-5-mejores-herramientas-analizadoras-de-red-y-sniffers!/>

VMWare. (2017). Recollit de <https://www.vmware.com/>

WireShark. (2017). Recollit de <https://www.wireshark.org/>