

IES Palas Atenea

Proyecto de Investigación Bachillerato de excelencia:

Programación, redes y software libre

**Invproy**  $\alpha$

**Un simulador de redes por y para alumnos**

---

*David Davó Laviña*

Tutor

Julio Sánchez Olías

22 de septiembre de 2016

# Índice general

<b>Introducción</b>	<b>IV</b>
Abstract . . . . .	I
<b>1. Programación y código libre</b>	<b>1</b>
1.1. Software Libre . . . . .	1
1.2. Herramientas . . . . .	2
1.2.1. GNU/Linux . . . . .	2
1.2.2. Git y Github . . . . .	3
1.2.3. LaTeX . . . . .	5
1.2.4. Python . . . . .	5
1.2.5. Gtk+ . . . . .	5
1.2.6. Wireshark . . . . .	6
1.3. Fundamentos básicos de programación . . . . .	7
<b>2. Redes Informáticas</b>	<b>9</b>
2.1. Capas de Red/Modelo OSI . . . . .	10
2.2. Topologías de red . . . . .	11
2.2.1. Clasificación de las topologías de red . . . . .	11
2.2.2. Nodos de una red . . . . .	12
2.3. Paquetes de red . . . . .	14
2.4. Protocolos . . . . .	15
2.4.1. Familia de protocolos de internet . . . . .	15
2.5. Seguridad de redes . . . . .	18
2.5.1. Tipos de ataques . . . . .	18
2.5.2. Contramedidas . . . . .	20
<b>3. El simulador de redes</b>	<b>22</b>
3.1. Instalación . . . . .	22
3.1.1. Ubuntu / Debian . . . . .	22
3.1.2. Arch Linux . . . . .	22
3.1.3. Ejecución manual / instalación portable . . . . .	23

3.2. Uso del programa . . . . .	23
3.2.1. Configuración . . . . .	25
3.3. Funcionamiento del programa . . . . .	26
3.3.1. Main.py . . . . .	26
3.3.2. save.py . . . . .	30
3.3.3. Interface.glade . . . . .	30
3.3.4. Dispositivos . . . . .	30
3.3.5. Ejemplo: Envío de Ping entre dos dispositivos . . . . .	33
3.4. Versión actual del programa (0.2.3-alpha) . . . . .	33
3.5. Desarrollo del proyecto . . . . .	34
3.5.1. Obstáculos en el desarrollo del proyecto . . . . .	34
3.6. Conclusión . . . . .	35
<b>Bibliografía</b>	<b>36</b>
<b>Glosario y acrónimos</b>	<b>37</b>
<b>A. Unidades de transferencia de datos</b>	<b>39</b>
<b>B. Capturas de pantalla del programa</b>	<b>41</b>
<b>C. Licencia GNU GPL</b>	<b>43</b>

# Índice de figuras

1.1. <i>Gitflow</i> o flujo de trabajo de Git . . . . .	4
2.1. Representación esquemática de las diferentes topologías de red. . . . .	12
2.2. Encapsulación de red. El Datagrama IP es lo considerado 'Paquete de red' . . . . .	14
2.3. Captura de pantalla de Wireshark . . . . .	15
2.4. Wireshark: HTTP Form sin encriptación . . . . .	21
3.1. Interfaz de InvProy Alpha . . . . .	24
3.2. Menú de <b>Información de Dispositivos</b> junto a una red de topología de malla . . . . .	25
3.3. Diagrama de flujo de la función compcon . . . . .	28
B.1. Captura: Click derecho en un computador . . . . .	41
B.2. Captura: Ventana para enviar ping. . . . .	41
B.3. Captura: Igual que B.2, pero con una IP válida. . . . .	41
B.4. Captura: Ventana con la tabla que posee el Switch. . . . .	41
B.5. Captura: Ventana de edición de propiedades de objeto. . . . .	41
B.6. Captura: Paquetes viajando por una red de ejemplo. . . . .	42

[Todas las imágenes son de autoría propia.]

# Introducción

En el mundo contemporáneo, ninguna de las innovaciones tecnológicas sería posible sin algo fundamental: las redes; y, más concretamente, redes informáticas. Las redes informáticas han hecho posible, desde su nacimiento, la comunicación de grandes sumas de datos a velocidades casi instantáneas entre sitios distantes. Al principio esta tecnología era usada entre universidades, acelerando el proceso de investigación al coordinarse unas universidades con otras mucho más rápidamente.

Más tarde, se extendió el uso de esta tecnología del uso militar y científico a todas las empresas y hogares, comenzando así una revolución tecnológica que aún no se ha conseguido parar. Con acceso instantáneo a cultura, entretenimiento, conocimiento, información y más de dos mil exabytes de ancho de banda<sup>1</sup> viajando por la red, se ha convertido en una herramienta de uso por la humanidad imprescindible para cualquier actividad.

Esto tampoco habría sido posible, en parte, gracias al software libre y al desarrollo colaborativo, ya que ha permitido el desarrollo de sistemas operativos como GNU/Linux de la *Free Software Foundation* (Usado actualmente por el 90 % de los servidores de red) o CUPS (Creado por *Apple Inc.*), el software para servidores de administración de impresoras más completo y competente usado en la mayoría de oficinas.

Son dos cosas muy importantes, que apenas son enseñadas en las clases de la ESO y Bachillerato, por eso he creado InvProy, un pequeño simulador de redes con la ambición de enseñar tanto de redes como de programación. Podrán experimentar, de una forma sencilla y muy visual como funciona una red y cómo se comportan los distintos protocolos. También, al ser software libre, los alumnos podrán aprender sobre programación al observar el código y tener la licencia para modificarlo y colaborar en el desarrollo del programa. Aunque el programa este aún en fase Alpha (fase de desarrollo), ya tiene la base para que sea muy sencillo añadir más protocolos, funcionalidades o dispositivos de red. A día de hoy tiene como dispositivos los ordenadores, conmutadores y concentradores. En cuanto a paquetes de red, permite enviar un Ping, usando los protocolos ICMP, IPv4 y Ethernet.

---

<sup>1</sup>Datos a Mayo de 2015. Fuente: Cisco-[1]

## **Abstract**

There is a lot of software with the sole purpose of learning, but almost all of it is proprietary software, and is also created by professionals; but there is some software with which students can learn how to code: software libre, and better if it is created by enthusiastic learners.

That is why with more than four thousand lines of source code, we created *InvProy* a Software Libre network simulation program (still in Alpha version) with learning and teaching purposes, both on networking and programming, written in the Python programming language and using the Gtk+ library for the Graphics User Interface. At the moment it supports sending Ping's while using the IEEE 802.11, TCP/IP and ICMP protocols. But as it is software libre, everybody can contribute to the developement of the software and it will become a more complete software soon, with more functionalities and ease of use.

# Agradecimientos

Lo primero, me gustaría agradecer a mi familia; sobre todo a mis padres, **Anselmo y Gloria**, por aguantarme durante los meses de creación de este proyecto; y a mi tía, **Toñi**, por ayudarme a corregir poco a poco todas las impurezas del proyecto.

Quiero agradecer también a mis antiguos profesores del **IES Miguel Delibes** ya que, sin ellos, sí que no habría sido posible la realización de este trabajo ya que no estaría en este programa de bachillerato. Gracias **David Miguel, Alicia Valiente, Óscar Pintado, Raúl Castellano y Mercedes Pinilla**.

No pueden faltar, por supuesto, los profesores del IES Palas Atenea que nos acompañaron durante el curso anterior y han tenido que responder decenas de correos con correcciones y consejos.

También, como prometí, incluyo a los agradecimientos a la gran comunidad de **stackoverflow**, que ha estado las 24 horas del día para solucionar las dudas que he ido teniendo en cuanto a programación.

# Capítulo 1

## Programación y código libre

### Propuesta

El objetivo de este proyecto es el desarrollo abierto y colaborativo a largo plazo de un software programado en Python de código libre con el que los alumnos puedan aprender tanto sobre redes como de programación. Debe soportar los protocolos más utilizados en la actualidad y permitir una gran personalización por los usuarios. Además debe ser compatible con los sistemas operativos Ubuntu, MaX y Windows, y ser de fácil instalación para el alumnado. Debe ser intuitivo y fácil de usar e incluir una gran documentación.

### 1.1 Software Libre

Según la Free Software Foundation “«Software libre» es el software que respeta la libertad de los usuarios y la comunidad. A grandes rasgos, significa que los usuarios tienen la libertad de ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software. Es decir, el «software libre» es una cuestión de libertad, no de precio. Para entender el concepto, piense en «libre» como en «libre expresión», no como en «barra libre». En inglés a veces decimos «libre software», en lugar de «free software», para mostrar que no queremos decir que es gratuito.” – R. Stallman [2]

La idea de Software Libre nace con Richard Stallman en 1983, cuando anuncia la creación del Proyecto GNU (Sistema Operativo libre alternativo a Unix y BSD). En 1985 se publica el Manifiesto GNU en el que se declara la filosofía GNU, la definición de software libre y algunas ideas sobre copyleft, más tarde ese año se crea la Fundación del Software Libre (FSF por sus siglas en inglés). Al su sistema operativo aún le faltaba una pieza bastante grande, a lo que en 1991 Linus Torvals lanza el Kernel Linux, que licenció con la licencia GNU General Public License (GPL)[Ver anexo C]. A partir de aquí comenzaron a salir nuevas licencias, como la licencia Apache, o la del MIT. Algunos ejemplos de



software libre son GNU/Linux, emacs, LaTeX, GIMP, GNOME, o los servidores Apache y las librerías MySQL, usadas en todo el mundo.

No debemos confundir ‘Software Libre’ con ‘Código abierto’, ya que, aunque el código pueda ser leído por todo el mundo no significa que el resto de personas tengan licencia para redistribuir y/o editar el código. Software libre es el que cumple las cuatro libertades del software libre. Según Richard Stallman las cuatro libertades son estas: [3], [4]

- **Libertad 0:** La libertad de ejecutar el programa cuando quieras, para cualquier propósito.
- **Libertad 1:** La libertad de estudiar cómo el programa funciona, y la posibilidad de cambiarlo para que se ejecute como tú desees. (Acceso al código del programa).
- **Libertad 2:** La libertad de redistribuir las copias para ayudar a tus colegas.
- **Libertad 3:** La libertad de distribuir copias de tu versión modificada a otras personas.

Una de las grandes ventajas del software libre, aparece en la educación. Es muy útil para aprender ya que, si un alumno tiene curiosidad sobre el programa que está usando, puede consultar el código fuente en internet. Además, al ser licencias gratuitas, se puede destinar ese presupuesto a otras áreas como el hardware o el profesorado. También es útil en el desarrollo, pues cualquier programador puede solucionar un error que afecta a todos los usuarios.

## 1.2 Herramientas

Todo el software que se ha usado para la creación de este programa, es software libre, debido a las ventajas citadas anteriormente. A continuación, se citan las herramientas que se han usado para la creación tanto del programa como de este documento.

### 1.2.1 GNU/Linux

También llamado incorrectamente sólo Linux, es una manera de llamar al Sistema Operativo (OS) combinación del kernel Linux (Basado en Unix) y el OS GNU (Acrónimo recursivo *GNU's Not Unix*, o GNU no es Unix). Es el gran ejemplo por excelencia del Software Libre. Es el sistema operativo más utilizado, ya que es usado en la mayoría de los servidores, y además, otros sistemas operativos como Android están basados en éste. Puedes instalar Linux desde el código fuente o instalar distribuciones o *distros*.

## Distros

Son las distintas distribuciones de software de GNU/Linux. Es decir, un conjunto de software preconfigurado y compilado formado por el Sistema Operativo GNU, el kernel de Linux y otros tantos paquetes, dependiendo de los usuarios a los que esté dirigida la distribución. Pueden crearse con el soporte de una empresa; como Ubuntu (Canonical Ltd.), openSUSE (Novell) o Fedora (Red Hat); y otras mantenidas por comunidades como Debian, Gentoo o Arch Linux.

Para el desarrollo de este proyecto he usado dos distros diferentes. Una llamada **Arch Linux**, que es *rolling release* (No tiene "versiones", sino que siempre se va actualizando con los últimos paquetes disponibles, por lo que siempre está actualizado) en la que se ha ido haciendo la programación, y **Ubuntu 16**, basado en Debian, por lo que está bastante menos actualizado y se han tenido que hacer correcciones en el programa para que pueda funcionar con versiones más antiguas de las dependencias. Se ha usado Ubuntu para comprobar el funcionamiento del software, ya que es la distribución más usada en los hogares y en educación.

### 1.2.2 Git y Github

Git es un software diseñado por Linus Torvalds con el que se puede crear un Sistema de Control de Versiones (VCS [*Version Control System*]). Este programa te permite de forma sencilla volver a una versión o *commit* anterior del programa, así como enviarlas a un repositorio remoto e incluso publicarlas en línea. Su punto fuerte son las *branches* o "ramificaciones" del código, haciendo que la rama *master* (principal) siempre sea funcional. Para ello creamos una nueva rama para cada nueva funcionalidad del programa. La implementación del nuevo código a otra rama se denomina *merge*. Otra de las funcionalidades que implementa es *clone*, que te permite descargar un proyecto si tienes la URL del repositorio git.

Para usar Git, se suele recomendar seguir un *Git workflow* o flujo de trabajo de Git, en ocasiones denominado *gitflow*. El más común es el basado en 4 nuevas ramas, aparte de *master*.

**Develop:** es la rama de desarrollo. Se van aplicando las nuevas funcionalidades a esta rama, para luego convergerlas en la rama *Release* que se va a publicar.

**Release:** una vez hayamos terminado en la rama de desarrollo, se converge Develop con Release y se procede a solucionar los bugs que se vayan descubriendo. Cuando se hayan solucionado todos los bugs y la siguiente versión del programa esté disponible para el público, se hace merge en Develop y en Master, además de aplicarle al commit una etiqueta con el nombre de la versión. (2.2.1, por ejemplo).

**Hotfix:** Es una rama dedicada a solventar los bugs que un usuario descubra en una versión ya lanzada de la aplicación. Cuando un usuario descubre un bug, se crea una nueva rama a partir de la última versión de master, se soluciona el bug en esa rama y luego se vuelve a hacer merge en master y develop.

**Feature <x>:** Donde <x>el nombre de la funcionalidad. Es una rama dedicada a una nueva funcionalidad, se crea a partir de Develop, y una vez terminada, se hace merge en Develop de nuevo.

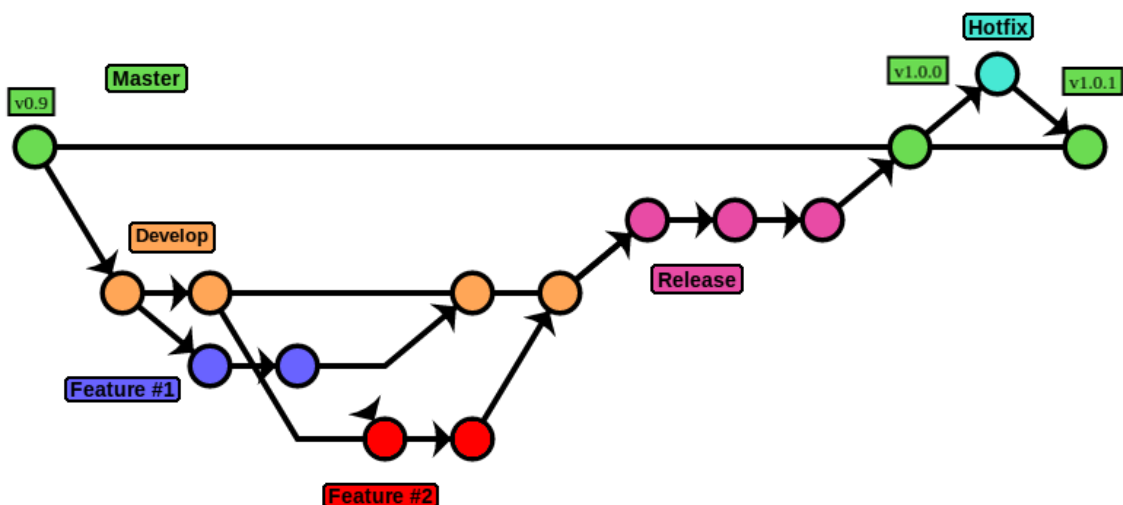


Figura 1.1: *Gitflow* o flujo de trabajo de Git

GitHub es una plataforma de desarrollo colaborativo que te permite alojar tus repositorios Git. Su uso es gratuito si el código almacenado es público. Además, te permite tener una wiki y una página web para tu proyecto, junto a otras funciones. Una de sus funciones estrella es la visualización online del repositorio, con la que cualquier persona tiene

acceso al código y los archivos antes de descargarlos. Otra función útil es el apartado de *Issues*, en el que los usuarios de tu código pueden reportar los bugs del programa o aportar nuevas ideas en forma de "foro". Tanto el programa como este documento están disponibles en GitHub en los siguientes enlaces. <https://github.com/daviddavo/InvProy> y <https://github.com/daviddavo/InvProy-tex>

### 1.2.3 LaTeX

$\text{\LaTeX}$  o, en texto plano, LaTeX, pronunciado con la letra griega Ji (X), es un software libre orientado a la creación de textos escritos comparable a la calidad tipográfica de las editoriales. Mediante la importación de paquetes y comandos o macros se puede dar formato al texto al igual que con cualquier otro editor, exportándolo posteriormente a PostScript o PDF. Está orientado a documentos técnicos y científicos por su facilidad a la hora de incluir fórmulas o código e importar paquetes que cumplan las necesidades de los usuarios. No es un procesador de textos, pues está más enfocado en el contenido del documento que en la apariencia de éste. El código del documento puede ser editado con cualquier editor de texto plano como *nano* o *emacs*, aunque he usado una IDE llamada **texmaker**.

### 1.2.4 Python

Es un lenguaje de programación interpretado (sólo se traduce el programa a código máquina cuando se debe ejecutar esa parte del código, por lo que no hace falta compilarlo) que destaca porque sus programas poseen una sintaxis más legible que la de el resto de lenguajes. Soporta tanto programación imperativa como programación orientada a objetos. Usa variables dinámicas, es multiplataforma, y, además, es de código abierto, lo que permite distribuir el programa en Windows al distribuir los binarios de Python junto a él. En este proyecto, la versión de Python utilizada es la 3.4 en adelante.

### 1.2.5 Gtk+

Es un conjunto de bibliotecas o librerías (conjunto de funciones y clases ya definidas preparadas para el uso de los programadores) desarrollado por la GNOME foundation destinado a la creación de Interfaces Gráficas de Usuario (GUI), también, al igual que Linux forma parte del proyecto GNU.

Contiene las bibliotecas de GTK, GDK, ATK, Glib, Pango y Cairo; de las que he usado fundamentalmente GTK para crear la interfaz principal del programa; **GDK** al utilizarlo como intermediario entre los gráficos de bajo nivel y alto nivel y **Cairo** para la creación de algunos de los elementos gráficos del programa.

Al utilizar este conjunto de librerías, se ha conseguido que sólo sea necesario descargar una dependencia del programa, que además suele venir instalada en la mayoría de distros de Linux. Por ejemplo en una instalación limpia de Ubuntu 16 (sin descargar paquetes adicionales) el programa funciona perfectamente. Para usarlo en Python se ha tenido que importar la librería de PyGtk, que también suele venir incluida en la distribución.

### 1.2.6 Wireshark

Wireshark es un *packet sniffer* o analizador de paquetes; te muestra los paquetes de red reales enviados y recibidos por una tarjeta de red, lo que facilita la creación del simulador de redes. También te separa las distintas partes de la encapsulación del paquete y además te permite buscar entre los paquetes de red añadidos y recibidos, pudiendo añadir filtros de búsqueda para los distintos campos del paquete y para las distintas capas.

## 1.3 Fundamentos básicos de programación

Una variable no es más que un hueco en la memoria del ordenador, reservado para algo que queremos recordar. Así, podemos establecer una variable llamada 'pi' con valor 3,1415..., para que luego, en una función, en lugar de escribir '3.14...' múltiples veces, sólo haga falta escribir 'pi'. Esto es un ejemplo bastante básico, ya que las variables pueden ser también valores booleanos<sup>1</sup>, listas, diccionarios (listas de tipo clave:valor), objetos, series de caracteres... Las variables se establecen así: `variable = valor`.

Una función, es un conjunto de instrucciones, que, dados unos argumentos (o ninguno) realiza una serie de acciones y/o retorna información (un número, objeto, valor, etc.). Por ejemplo, podríamos crear una función `sum(a,b)`, que dados dos números, retorne la suma de estos. Se dice 'llamar a una función' cuando se le da al programa la instrucción de que ejecute la función. Para ello, usamos `funcion(argumento1, argumento2...)`. Los argumentos pueden ser cualquier cosa, desde una variable binaria (1 o 0, Verdadero o Falso) a un Objeto. Además, al terminar una función retorna un valor; que puede ser usado si la función es llamada para establecer una variable. (P.ej: `sumatorio = sum(3, 8)`)

Las clases sirven para crear objetos, por ejemplo, un Switch, un cable, una ventana, o una dirección MAC son objetos. Las clases, contienen variables y funciones. Las variables pueden ser distintas para cada objeto, mientras que las funciones son las mismas. Así todos los conmutadores tienen una función que actúa cuando reciben un paquete, pero cada uno posee una dirección MAC distinta, unas coordenadas distintas, un nombre distinto... Para crear un objeto, simplemente tenemos que 'llamar' a la clase mediante una variable, p.ej: `objeto = Clase()`. Como la función que crea el objeto también acepta argumentos, hay objetos que necesitan argumentos para ser creados (P = `punto(5,7)`). También, podemos establecer variables de objeto: `objeto.nombre = "Objeto Guay"`.

Al final, todo programa se basa en condiciones y funciones. "Si ocurre esto, haz esto otro; si no ocurre, haz aquello". Para ello, se simplifica cualquier expresión en VERDADERO o FALSO, parecido a la lógica aristotélica. Si la expresión dada es verdadera, se ejecutará el código de dentro del condicional. También existe la expresión `elif`, donde se especifica otra condición, que se ejecutará en caso de que no se cumpla la anterior pero sí esta; y la expresión `else`, en caso de que no se cumpla ninguna de las anteriores.

<sup>1</sup>Valores del álgebra de Boole; Verdadero/Falso, 1/0, True/False...

```
1 if condicion:
2     funcion()
3 elif condicion2:
4     funcion2()
5 elif condicionN:
6     funcionN()
7 else:
8     print("Algo no funciona")
```

En condición, puede haber cualquier expresión que pueda ser verdadera. Las que unen condiciones son `and` y `or`, en lenguaje matemático, intersección y unión. Y las condiciones suelen ser expresiones matemáticas, como  $a > b$ ,  $a \geq b$ ,  $a == b$ , o  $a != b$ . Aunque en ocasiones pueden usarse con otros tipos de variables, como las series de caracteres. Por ejemplo `if entrada == "Yes":`, en la que si la variable `entrada`, que hemos definido anteriormente como texto introducido por el usuario, es igual a "Yes", ejecutaremos código. En mi programa tiene aplicaciones como 'Si el objeto es un conmutador' o 'si la coordenada x buscada es igual a la coordenada x del objeto y la coordenada y buscada es igual a la coordenada y del objeto'.

Ahora, veremos un pequeño ejemplo práctico, que junta todo:

```
1 def esnatural(numero): #Definimos la función, asumiendo que no hay números
   ↪ complejos
2     absoluto = abs(numero) #Absoluto es igual al resultado de la función
   ↪ absoluto del numero
3     entero = int(numero)
4     if absoluto == entero: #Si el número absoluto es igual al entero.
5         print("Es un número Natural") #Ponemos eso en la consola
6         return True
7     elif numero == entero: #No es positivo, por lo que miramos a ver si es
   ↪ negativo, pero entero.
8         print("Es un numero Entero, pero no Natural")
9         return False
10    else:
11        print("Es un numero Racional")
12        return False
```

## Capítulo 2

# Redes Informáticas

### Historia

El uso de redes informáticas nace en la década de 1960, para suplir la necesidad de las universidades y laboratorios de investigación de conectar los distintos ordenadores. En la década de 1970 se comienza a experimentar con tecnologías de redes LAN, algunas de ellas usadas actualmente o recientemente, como Ethernet, desarrollado en 1975 por Xerox PARC (Palo Alto Research & Development).

Las redes se usaban sobre todo para aprovechar el almacenamiento y las impresoras. Cada vendedor incluía su propio tipo de tarjeta de red, cableado, protocolo y sistema operativo de red, hasta que Novell NetWare (Sistema Operativo de red desarrollado por Novell inc.) salió al mercado en 1983 soportando la mayoría de tipos de tarjetas de red y cables. Fue el SO de Red dominante hasta que en 1993 Microsoft lanzó Windows NT AS y Microsoft Windows para Trabajo en Grupo. Al mismo tiempo, los dispositivos Unix usaban sistemas basados en TCP/IP.

Actualmente el protocolo TCP/IP es considerado un estándar y ha reemplazado el resto de protocolos usados hasta principios de los 2000.



## 2.1 Capas de Red/Modelo OSI

El modelo OSI es un modelo de referencia para redes basado en capas de abstracción. Su objetivo es conseguir la interoperabilidad entre sistemas haciendo uso de los protocolos estandarizados. Fue creado en 1980 por la Organización Internacional de Estandarización (ISO). No es considerado una arquitectura de red porque los protocolos no forman parte del modelo, sino que son entidades de distintas normativas internacionales.

Capa	PDU <sup>1</sup>	Función	Ejemplos
1. Física	Bit	Transmisión y recepción de bits físicos sobre un medio físico (topología de red)	RJ45, IEEE 802.11, etc.
2. Data Link	Frame	Transmisión segura de <i>frames</i> entre dos nodos conectados por una capa física.	Ethernet, 802.11, etc...
3. Red	Paquete	Estructurar y administrar una red multinodo. Incluye enrutamiento, control de tráfico, y asignación de direcciones	IPv4, IPv6, ICMP...
4. Transporte	Datagrama(UDP) Segmento(TCP)	Transmisión de segmentos de datos entre los puntos de una red, incluyendo ACK	TCP, UDP...
5. Sesión	Datos	Administración de sesiones de comunicación, como intercambio continuo de información entre dos nodos.	SSH, RPC, PAP...
6. Presentación	Datos	Translación de datos entre un servicio de red y una aplicación. Incluye comprensión, encriptación/decriptación, y codificación de caracteres.	MIME, TLS
7. Aplicación	Datos	APIs de alto nivel, incluyendo recursos compartidos y acceso remoto de archivos	HTTP, FTP, SMTP...

<sup>1</sup>Protocol Data Unit o Unidad de Datos de Protocolo.

## 2.2 Topologías de red

La topología de red es la configuración de los elementos que componen una red. Puede ser representada lógica o físicamente.

La topología lógica puede ser igual en dos redes, aunque su topología física (distancia entre conexiones, tipo de señales...) pueda ser distinta. Se distinguen dos elementos: los nodos (distintos dispositivos de red) y los enlaces (medio de transmisión de los datos).

### 2.2.1 Clasificación de las topologías de red

Se distinguen ocho tipos de topologías de red: [5]

**Punto a punto:** conexión directa entre los dos puntos de la red. También es conocida como *P2P (Peer to Peer)*.

**Estrella:** cada nodo está conectado a un nodo central que puede ser un enrutador, concentrador o conmutador.

**Bus:** cada nodo está conectado a un único cable. Una señal de un dispositivo viaja en ambos sentidos por el cable hasta que encuentra el destino deseado.

**Anillo:** es una topología en bus pero con los extremos conectados. Los datos atraviesan el anillo en una única dirección y van atravesando cada uno de los nodos, por lo que si uno de ellos no funciona, la red tampoco.

**Malla:** se pueden distinguir dos tipos: completamente conectados, en la que todos los nodos están conectados entre ellos, y parcialmente conectados, en la que algunos nodos pueden estar conectados punto a punto y otros pueden tener varias conexiones.

**Híbrida:** combinan dos o más topologías. La más famosa es la topología de **árbol**, en la que se conectan varias topologías de estrella, asemejando la forma de un árbol.

**Cadena:** se conecta cada ordenador en serie con el siguiente. Cada ordenador repite el mensaje al siguiente ordenador si éste no es su destino. Si se cierra el circuito se crea una topología en anillo, mientras que si se deja abierto se denomina topología lineal.

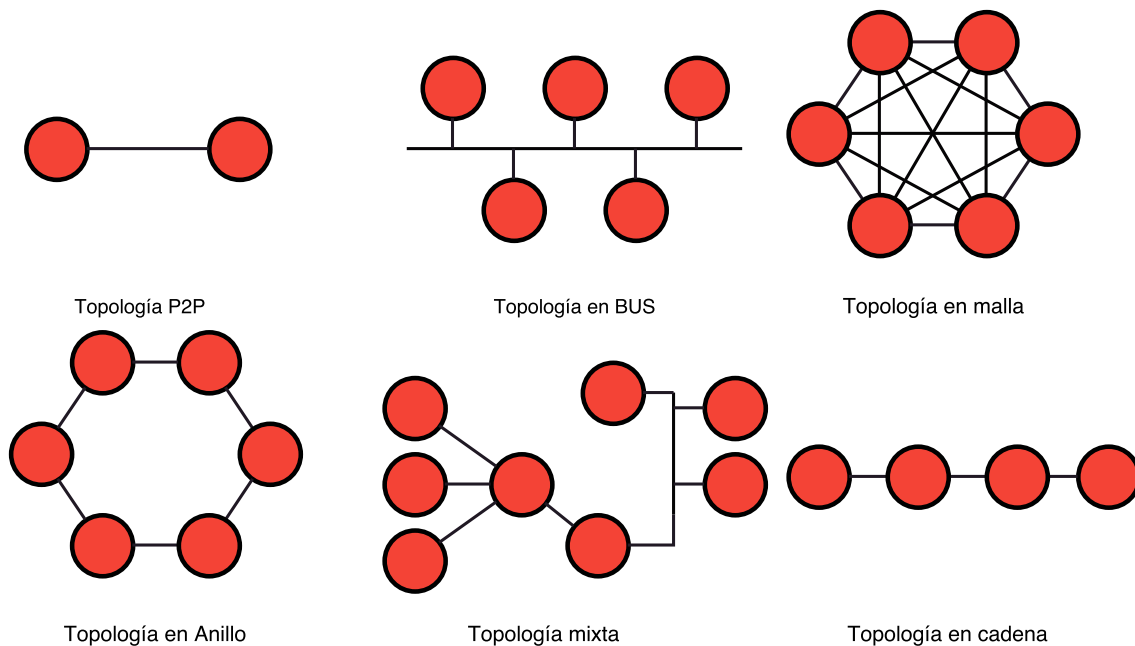


Figura 2.1: Representación esquemática de las diferentes topologías de red.

### 2.2.2 Nodos de una red

**Router o enrutador:** es un dispositivo de red que reenvía los paquetes analizando la capa 3 del modelo OSI (IP) y conecta dos redes.

**Puente de red o *bridge*:** Funciona en la capa 2 del modelo OSI. Es un dispositivo que conecta dos segmentos de red formando una única subred, por lo que las dos “redes” pueden conectarse e intercambiar datos sin necesidad de un *router*.

**Conmutadores o *switches*:** dispositivo de red que filtra los datagramas del nivel 2 OSI (*Data Link Layer*, ver 2.1, pág. 10), también conocidos como *frames*, y reenvía los paquetes recibidos entre los puertos, dependiendo de la dirección MAC de cada datagrama. La diferencia entre un conmutador y un concentrador es que el conmutador sólo reenvía los paquetes por el puerto necesario. También existen un tipo especial de conmutadores que pueden hacer uso de la capa 3 OSI.

**Repetidores y concentradores:** un repetidor es un dispositivo de red que, llegada una señal, limpia el ruido innecesario y la regenera. Un repetidor con múltiples puertos es un concentrador o *hub*, trabajan en la capa 1 del modelo OSI. Los repetidores requieren de un pequeño tiempo para regenerar la señal, lo que puede crear un retardo en el tiempo de envío de la señal.

**Interfaces de Red:** también conocido como tarjeta de red o *Network Interface Controller* (NIC), es un hardware, normalmente integrado en la placa base, que permite al ordenador conectarse a una red. Recibe el tráfico de una dirección de red. En las redes que hacen uso de Ethernet, tiene una dirección de Control de Acceso al Medio (MAC) única. Estas direcciones son administradas por el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) evitando la duplicidad de estas. Cada dirección MAC ocupa 6 octetos, o 48 bits, a lo que suele ser representada como una cadena hexadecimal, por ejemplo: "4C:33:31:64:59".

**Módem:** Dispositivos que transforman señales analógicas a digitales y viceversa. Son usados mayoritariamente en el ADSL.

**Cortafuegos o *firewalls*:** dispositivo que controla la seguridad mediante reglas de acceso. Aceptan determinados paquetes mientras rechazan otros. En una red doméstica, se puede poner un firewall que sólo acepte tráfico de los puertos de uso común (Páginas Web, e-mail, etc.) y rechace otros más peligrosos (Acceso remoto, SSH, SMTP, SOCKS...).

## 2.3 Paquetes de red

Son cada serie de bits en los que se divide la información enviada por una red. Según el modelo OSI, un paquete es estrictamente el PDU de la capa de red. El paquete de red se encuentra encapsulado en la capa anterior del modelo OSI. Por ejemplo, en estándares de comunicación TCP/IP, un segmento TCP puede ser llevado por varios paquetes IP transportados por varios frames de Ethernet.

Está formado por varios protocolos y en él se distinguen tres partes:

**Header** o cabecera: Datos e información sobre el paquete. (Dirección IP, MAC, etc)

**Payload** o carga: Los datos que se quieren transferir.

**Trailer** o cola: En ocasiones es inexistente (como en UDP) pero suele ser un código de comprobación de errores.

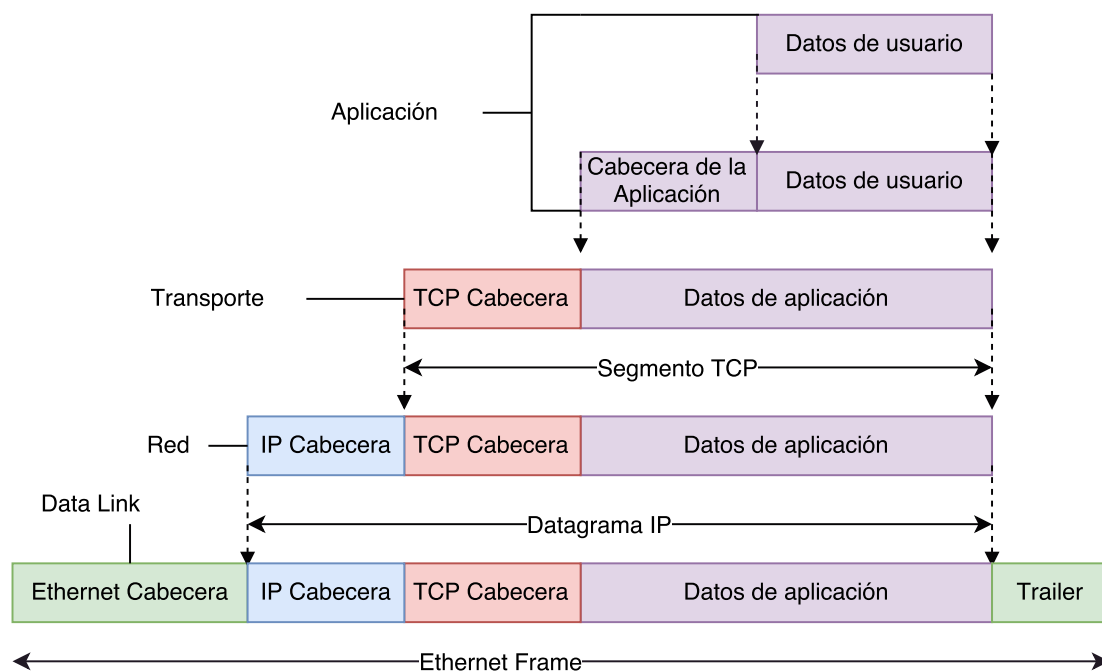
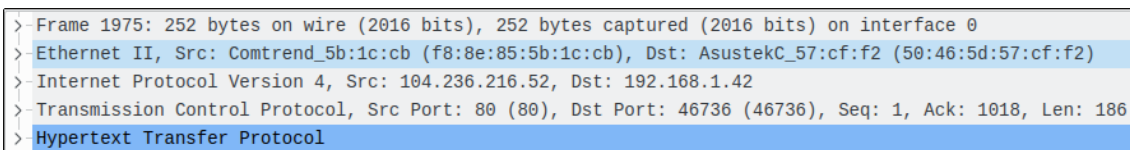


Figura 2.2: Encapsulación de red. El Datagrama IP es lo considerado 'Paquete de red'

## 2.4 Protocolos

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas para intercambiar información entre enlaces de red. En una pila de protocolos, cada protocolo cubre los servicios del protocolo de la capa anterior. Por ejemplo, un e-mail se envía mediante el protocolo POP3 (*Post Office Protocol*, Protocolo de Oficina Postal) en la capa de Aplicación, sobre TCP en la capa de transporte, sobre IP en la capa de Red, sobre Ethernet para la capa *Data Link*. Para entenderlo mejor, es como la gramática de la lengua. Un sustantivo forma parte de un sintagma nominal, que forma parte de un sujeto, que a su vez forma parte de una oración. Siendo las ondas sonoras producidas la capa física.



```
> Frame 1975: 252 bytes on wire (2016 bits), 252 bytes captured (2016 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: Comtrend_5b:1c:cb (f8:8e:85:5b:1c:cb), Dst: AsustekC_57:cf:f2 (50:46:5d:57:cf:f2)
> Internet Protocol Version 4, Src: 104.236.216.52, Dst: 192.168.1.42
> Transmission Control Protocol, Src Port: 80 (80), Dst Port: 46736 (46736), Seq: 1, Ack: 1018, Len: 186
> Hypertext Transfer Protocol
```

Figura 2.3: Captura de pantalla de Wireshark (Véase 1.2.6, pg. 6) en la que se muestran los protocolos que forman un paquete de red HTTP.

### 2.4.1 Familia de protocolos de internet

También conocido como *Internet Protocol Suite*, y más conocido como TCP/IP, es el fundamento de las redes informáticas. Se trata de un conjunto de más de 100 protocolos que permiten la conexión de ordenadores tanto en Internet como en LAN, incluyendo protocolos de las aplicaciones más usadas.

#### 2.4.1.1 Aplicación

Es la capa en la que se envían los datos a otras aplicaciones en otro ordenador o en el mismo. Las aplicaciones hacen uso de las capas inferiores para asegurarse que los datos lleguen a su destino. Algunos de los protocolos más usados son:

- **HTTP** *Hypertext Transfer Protocol*: Protocolo de Transferencia de Hipertexto. Es el protocolo base de la World Wide Web. Se trata de texto estructurado que usa hiperenlaces entre nodos que también contienen texto. El cliente, al entrar en una URL (*Uniform Resource Identifier*, Identificador de Recursos Uniforme), el agente de usuario (navegador) envía al servidor una petición de la página web, mediante HTTP. El servidor, envía como respuesta un documento HTML u otro recurso.

- **DNS** *Domain Name System*: Sistema de Nombres de Dominio. Un servidor DNS almacena una base de datos distribuida y jerárquica con información sobre el nombre del dominio y la dirección IP a la que está vinculada. Al intentar conectar a `http://www.4chan.org`, el cliente pregunta al servidor cual es la dirección IP asociada a esa dirección, y se conecta a tal IP, en este caso 104.16.66.203. Para evitar tener que consultar continuamente con el servidor, se almacenan en una caché en el cliente.
- **TLS/SSL** *Transport Layer Security*, y su predecesor *Secure Sockets Layer* (Ver 2.5).
- **HTTPS** HTTP Seguro. Es HTTP con TLS aplicado.
- **DHCP** *Dynamic Host Configuration Protocol*: Protocolo de configuración dinámica del host. Este protocolo es controlado por un servidor DHCP que envía parámetros de configuración automática a los clientes. El ejemplo más común es el de cualquier Router doméstico, que asigna automáticamente a cada dispositivo una dirección IP diferente, pero dejando un rango en el que se pueden establecer IP's estáticas.
- **FTP** *File Transfer Protocol*: Protocolo de Transferencia de Archivos, te permite enviar archivos entre un cliente y un servidor. El protocolo TLS aplicado a FTP se denomina FTPS. Te permite acceder, mediante un usuario y contraseña, o de forma anónima, a un sistema de archivos jerárquico con nombres de archivo codificados. Utiliza el puerto 21 de forma predeterminada.
- **SSH** *Secure Shell*: Terminal seguro. Es un protocolo de red criptográfico que permite a un cliente conectarse a un servidor y ejecutar comandos de terminal como un usuario (conociendo el usuario y contraseña). Además, permite la creación de túneles, lo que permite asegurar cualquier aplicación a través de SSH, y el acceso a puertos bloqueados por el cortafuegos en el cliente. La mayoría de servidores de SSH incluyen un servidor de SFTP, el protocolo FTP con SSH aplicado.
- **IMAP** *Internet Message Access Protocol*: Protocolo de acceso a mensajes de Internet. Usa una conexión TCP/IP para conectarse a un servidor de e-mail y ver el contenido de los mensajes, sin necesidad de descargarlos. A diferencia de POP, te permite usar una bandeja de entrada desde varios clientes.

### 2.4.1.2 Transporte

Se encapsulan los datos de aplicación en un segmento o datagrama, dependiendo si el protocolo usado es TCP o UDP. Se encarga de transportar los datos por una red independientemente de la red física.

- **TCP** *Transmission Control Protocol*: Protocolo de Control de Transmisión. Se aplica a los paquetes para administrarles un orden y un sistema de comprobación de errores. Con todas las funcionalidades, ocupa bastante espacio, lo que aumenta la latencia, aunque es más fiable para el envío de la mayoría de los datos.
- **UDP** *User Datagram Protocol*: Es un protocolo muy minimalista. A diferencia del TCP, no garantiza que los paquetes lleguen, o lleguen en orden, o protección ante duplicados. Reduce mucho la latencia ya que no usa *handshaking*. Por ello es usado por ejemplo para *streamings* de televisión o videollamadas.

### 2.4.1.3 Red

El objetivo es que los datos lleguen del origen al destino, aún cuando no están conectados directamente. Los enrutadores o *routers* son los dispositivos que cumplen esta función.

- **IP** *Internet Protocol*: Protocolo de Internet. Envía datagramas o paquetes de red a través de redes. Tiene una función de enrutamiento que es la que permite la interconexión de redes, y la existencia de Internet. Es un protocolo que encapsula el paquete definiendo en el *header* (cabecera) las direcciones IP del servidor y el cliente, o remitente y destinatario. La versión usada actualmente es IPv4 desarrollado en 1981, pero poco a poco se va abriendo paso la versión IPv6. La mayor diferencia es que la versión cuatro cuenta con direcciones de 32 bits lo que permite tan sólo unas 4.3 millones ( $2^{32}$ ) de direcciones, mientras que la versión 6 tiene direcciones de 128 bits, lo que permite más de 340 sextillones ( $2^{128}$ ) de direcciones.
- **ICMP** *Internet Control Message Protocol*: Es un protocolo que no es usado por aplicaciones de usuario (a excepción de herramientas de diagnóstico como ping o traceroute). Lo usan los dispositivos de red, como los routers, para enviar notificaciones o mensajes de error indicando que un servicio no está disponible.



#### 2.4.1.4 Link

Capa encargada del acceso al medio físico de la red. También cumple otras funciones como incluir una comprobación de errores e identificar cada dispositivo de forma única.

- **ARP *Address Resolution Protocol*:** Protocolo de resolución de direcciones. Es un protocolo que convierte direcciones de la capa de Red a la capa de Enlace (dir. IP a dir. MAC). El dispositivo, al conectarse una red, envía un *frame* ARP con su dirección MAC y su IP, para que los demás dispositivos de la red lo almacenen en su memoria y poder usar ambas direcciones al enviar un paquete.
- **MAC *Media access control*:** Control de acceso al medio. Es un conjunto de protocolos (Como Ethernet o IEEE 802.11 [WiFi]) encargados de asignar el medio físico de la red. Evita colisiones entre paquetes asegurándose de que el medio está libre y evitando así la transmisión simultánea.

## 2.5 Seguridad de redes

Consiste en el conjunto de acciones que toma el administrador de redes para prevenir y evitar acceso no autorizado, mal uso, o caída del servicio de red.

### 2.5.1 Tipos de ataques

Hay dos tipos de ataques de red, los activos y los pasivos. Son ataques pasivos cuando el intruso intercepta los datos que viajan por la red, y se considera activo cuando el atacante modifica el funcionamiento normal de la red.

Algunos de los ejemplos de los ataques más comunes son:

- **Ataques pasivos**
  - **Sniffing o analizador de paquetes:** Mediante un software se muestran los datos de los paquetes de red enviados y recibidos por la red.
  - **Escáner de puertos:** Se envían numerosas peticiones al servidor por los servidores más comunes, así se comprueba que puertos están abiertos. Por ello es recomendable cambiar los puertos por defecto de los servidores importantes.

–**Escáner IDLE:** Se realiza un escáner de puertos para saber que servicios están disponibles, pero a través de otro ordenador "zombie", y observando el comportamiento de éste.

- **Ataques activos**

–**Ataque de Denegación de Servicio:** Se "desborda" el ancho de banda mediante el envío de muchas peticiones a un servidor, además de ser de un tamaño excesivo.

–**Ataque DDoS:** *Distributed Denial of Service*, o un ataque de Denegación de Servicio distribuido. Varios ordenadores hacen un ataque DoS a un mismo servidor, algunas veces los ordenadores forman parte de una botnet, y en ocasiones ocurre sin querer (al haber demasiado tráfico de red).

–**Phishing:** Con el objetivo de obtener información como nombres de usuario y contraseña o tarjetas de crédito, se crea una página de apariencia parecida a la página que trata de simular. Los usuarios más incautos no notarán el cambio e introducirán sus datos en esta página.

–**SQL Injection:** Es una técnica de inserción de código. Al pedir un servidor SQL datos como "Nombre" o "Apellido", se introduce junto a este código malicioso que el servidor puede ejecutar. Por ejemplo, `SELECT * FROM alumnos WHERE nombre = '<nombreintroducido>'`; `<nombreintroducido>` puede ser Pablo o Juan, pero si se introduce `x'`; `DROP TABLE alumnos;` `SELECT * FROM asignaturas WHERE 't' = 't'`, el código que interpreta el servidor eliminaría la tabla alumnos por completo.

–**Ataque Smurf:** Es una especie de ataque DDoS. Se envían paquetes ICMP (probablemente pings) a distintas máquinas, pero estos paquetes que se envían, el valor de la dirección IP del remitente es la dirección IP del objetivo al que se quiere atacar. Por lo que, las máquinas a las que se les ha enviado el mensaje ICMP responderán todas al objetivo, haciendo así un DDoS.

–**DNS poisoning:** Se modifica la caché de DNS de un ordenador, redireccionando a una IP incorrecta, de esta manera se puede realizar un ataque de phishing sin que lo sepa el usuario del ordenador. En el caso de hacerlo con las tablas de ARP, se denomina *ARP Poisoning*.

## 2.5.2 Contramedidas

Acciones que se pueden tomar para evitar algunos de los ataques de red más comunes.

### 2.5.2.1 Encriptación

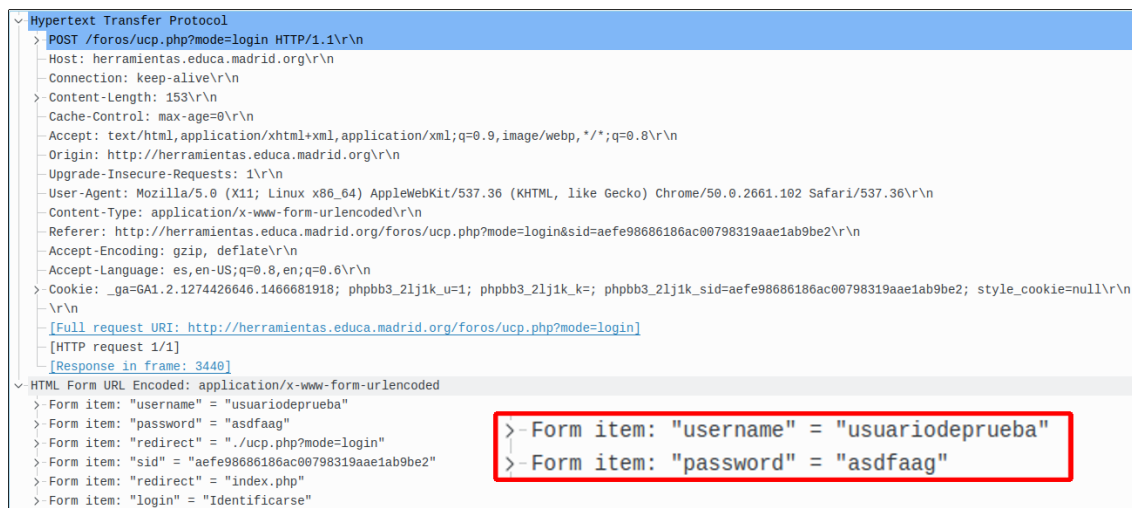
Se suele denominar también E2EE o *End-to-end encryption*, es decir, encriptación de punto a punto.

Se suelen usar claves PGP (*Pretty Good Privacy*, Privacidad bastante buena) para cifrar correos electrónicos y otros archivos. Para HTTP lo más común es la encriptación TLS, aunque también se está utilizando actualmente para email. El servidor genera o contiene una clave o certificado, luego el cliente, debe recibir o tener esa clave para poder descifrar el mensaje.

### 2.5.2.2 Cortafuegos

Primero necesitamos definir lo que es un **puerto**. Un puerto es un punto final de comunicación en un Sistema Operativo. El puerto siempre está asociado a una dirección IP y a un tipo de protocolo. Así completa el origen o destino de un paquete de red. Se aplica en la capa de transporte del modelo OSI. El puerto es un número de 16 bits, por lo que será un número comprendido entre 0 y 65536. Multitud de puertos están ya reservados por diversos protocolos y programas, como el 80 para HTTP, 22 para SSH o 25 para SMTP.

Un cortafuegos es un software que supervisa el tráfico de entrada y salida de datos, basado en unas reglas. Si un paquete de red cumple esas reglas, es rechazado. Pueden bloquear un paquete destinado a un puerto, de un protocolo (Bloquear SSH de Internet, pero no local), de una IP específica, entre otros atributos. También pueden configurarse en modo negativo o whitelist, aceptando tan sólo los paquetes que cumplan las reglas. Por ejemplo, puedes especificar que no acepte tráfico en el puerto 23. Pero igualmente puedes especificar que sólo acepte tráfico en el puerto 23.



```

Hypertext Transfer Protocol
  POST /foros/ucp.php?mode=login HTTP/1.1\r\n
  Host: herramientas.educa.madrid.org\r\n
  Connection: keep-alive\r\n
  Content-Length: 153\r\n
  Cache-Control: max-age=0\r\n
  Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/webp,*/*;q=0.8\r\n
  Origin: http://herramientas.educa.madrid.org\r\n
  Upgrade-Insecure-Requests: 1\r\n
  User-Agent: Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/50.0.2661.102 Safari/537.36\r\n
  Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n
  Referer: http://herramientas.educa.madrid.org/foros/ucp.php?mode=login&sid=aefe98686186ac00798319aae1ab9be2\r\n
  Accept-Encoding: gzip, deflate\r\n
  Accept-Language: es,en-US;q=0.8,en;q=0.6\r\n
  Cookie: _ga=GA1.2.1274426646.1466681918; phpb3_2lj1k_u=1; phpb3_2lj1k_k=; phpb3_2lj1k_sid=aefe98686186ac00798319aae1ab9be2; style_cookie=null\r\n
  \r\n
  [Full request URI: http://herramientas.educa.madrid.org/foros/ucp.php?mode=login]
  [HTTP request 1/1]
  [Response in frame: 3440]

HTML Form URL Encoded: application/x-www-form-urlencoded
  Form item: "username" = "usuariodeprueba"
  Form item: "password" = "asdfaag"
  Form item: "redirect" = "./ucp.php?mode=login"
  Form item: "sid" = "aefe98686186ac00798319aae1ab9be2"
  Form item: "redirect" = "index.php"
  Form item: "login" = "Identificarse"
  Form item: "username" = "usuariodeprueba"
  Form item: "password" = "asdfaag"

```

Figura 2.4: Captura de pantalla de Wireshark (Véase 1.2.6, pg. 6) en la que se muestra un formulario de HTTP en el que personas autorizadas podrían ver el usuario y la contraseña.

## Capítulo 3

# El simulador de redes

La parte práctica del Proyecto de Investigación, el simulador de redes de nombre *InvProy*, ha sido la parte más extensa del proyecto, que más tiempo, esfuerzo y recursos ha ocupado. Se podría decir que el proyecto entero es la parte práctica. Como curiosidad, el nombre de *InvProy* viene del acrónimo formado mediante la permutación de las palabras “Proyecto de Investigación”, quedando “*Investigación de Proyecto*” y de ahí *InvProy*.

### 3.1 Instalación

#### 3.1.1 Ubuntu / Debian

Tan sólo se debe descargar el paquete del programa. Para ello debemos usar apt-get:

```
~ $ sudo apt-get install invproy
```

En caso de no estar en los repositorios, hay que hacerlo manualmente. Descarga el paquete de <https://github.com/daviddavo/InvProy/releases/latest>. Una vez descargado, abre una terminal donde se haya descargado el paquete e instálelo.

```
Descargas $ sudo dpkg -i invproy_x.y.z_all.deb
```

Donde ‘x’, ‘y’, y ‘z’ son la versión del paquete descargado. Para iniciar el programa debes usar la lista de programas de tu escritorio.

#### 3.1.2 Arch Linux

Descarga la versión más reciente para Arch Linux de <https://github.com/daviddavo/InvProy/releases/latest>. Una vez descargado, abre una terminal donde se haya descargado el paquete e instálelo.

```
~ $ sudo pacman -S base-devel #Lo necesitas para compilar el paquete
#Ahora elige el sitio donde descargaras el paquete. Aqui no se va a instalar.
~ $ cd Builds
Builds $ curl -O <url> #Lo descargamos
Builds $ tar -xvzf invproy.tar.gz
Builds $ cd invproy
Invproy $ makepkg -sri
```

Y ya lo tendrías instalado en tu ordenador.

### 3.1.3 Ejecución manual / instalación portable

Lo primero que necesitará es descargar las dependencias. Esto depende del Sistema Operativo. En el caso de GNU/Linux, sólo es necesario descargar `python3-gobject`. Después, clonamos el repositorio de git. Ejemplo en Ubuntu:

```
~ $ sudo apt-get update && sudo apt-get upgrade
~ $ sudo apt-get install git python3-gobject
~ $ cd Descargas
Descargas $ git clone https://github.com/daviddavo/InvProy.git
```

Una vez ya tenemos el repositorio de git clonado:

```
Descargas $ cd InvProy
Descargas $ python3 Main.py
```

En el caso de querer usar el programa desde una interfaz gráfica, vamos con nuestro explorador de archivos a la carpeta donde queramos descargarlo. Abrimos una terminal y descargamos el programa con `git clone https://github.com/daviddavo/InvProy.git`. Luego entramos en la carpeta y ejecutamos el archivo `Main.py`

## 3.2 Uso del programa

Esta guía ha sido creada usando la versión v0.2.3-alpha, por lo que en algunos apartados pueden haberse realizado cambios en versiones posteriores.

A continuación, se incluye una captura de pantalla de la interfaz de InvProy Alpha, explicando el funcionamiento de los distintos botones de la interfaz.

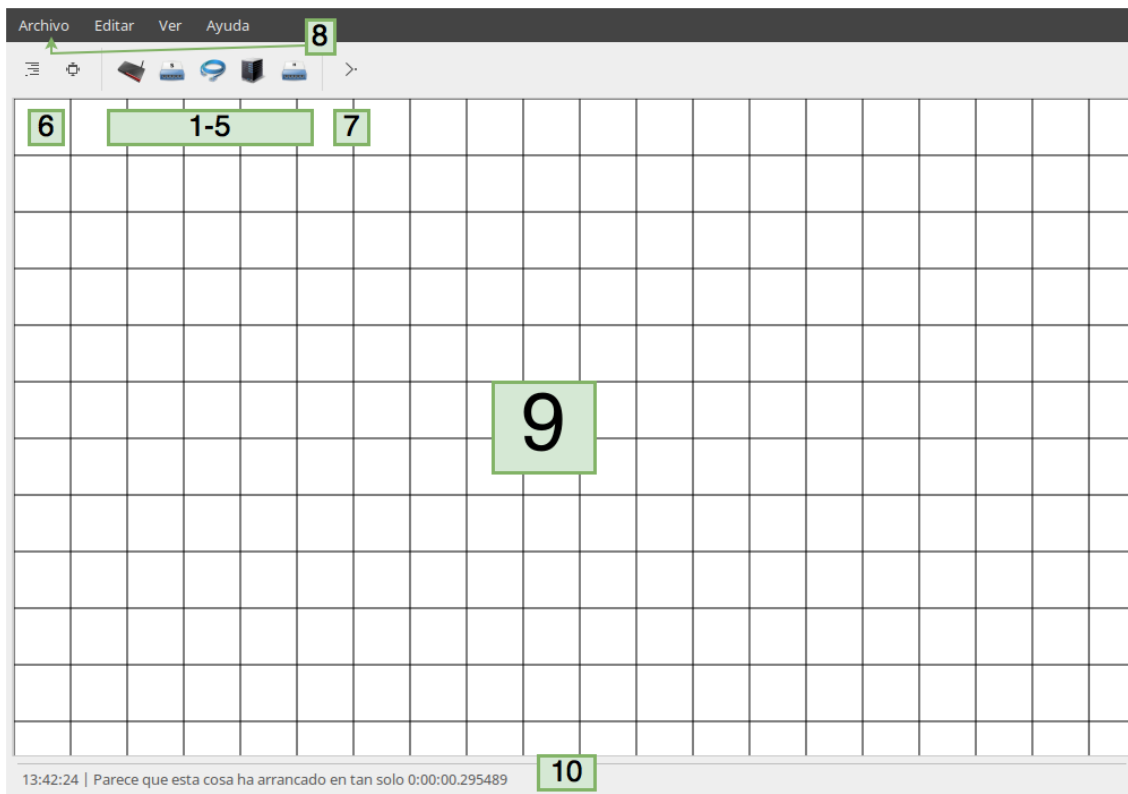


Figura 3.1: Interfaz de InvProy Alpha. Al usar Gtk+, los temas se pueden cambiar, así que la apariencia del programa puede ser distinta dependiendo del tema de escritorio que estés usando.

- 1-5. También se puede activar con las letras Q, W, E, R, T; respectivamente. Los botones, te permiten (de izquierda a derecha): colocar un router, colocar un switch, conectar dos objetos, colocar un ordenador y colocar un hub. Para ello primero haces click en el botón y luego haces click en el lugar donde quieras colocar el objeto. En el caso de los cables debes hacer dos clicks, uno en cada objeto a conectar.
6. Abre el menú de “Información de dispositivos”, que proporciona información como la dirección IP y MAC, el nombre, o los dispositivos a los que está conectado. (Ver figura 3.2)
7. Te permite enviar un ping de un ordenador a otro (El botón funciona a partir de v0.3).
8. Abre el menú de archivo, en el que puedes cargar un archivo, crear uno nuevo, guardarlo, y cerrar el programa.
9. Es la ventana donde puedes colocar los objetos. Puedes moverte a través de ella y en el menú de ‘Ver’ puedes cambiar el que se vea la rejilla de fondo.
10. Aquí se encuentra una barra con información sobre el funcionamiento actual del programa.

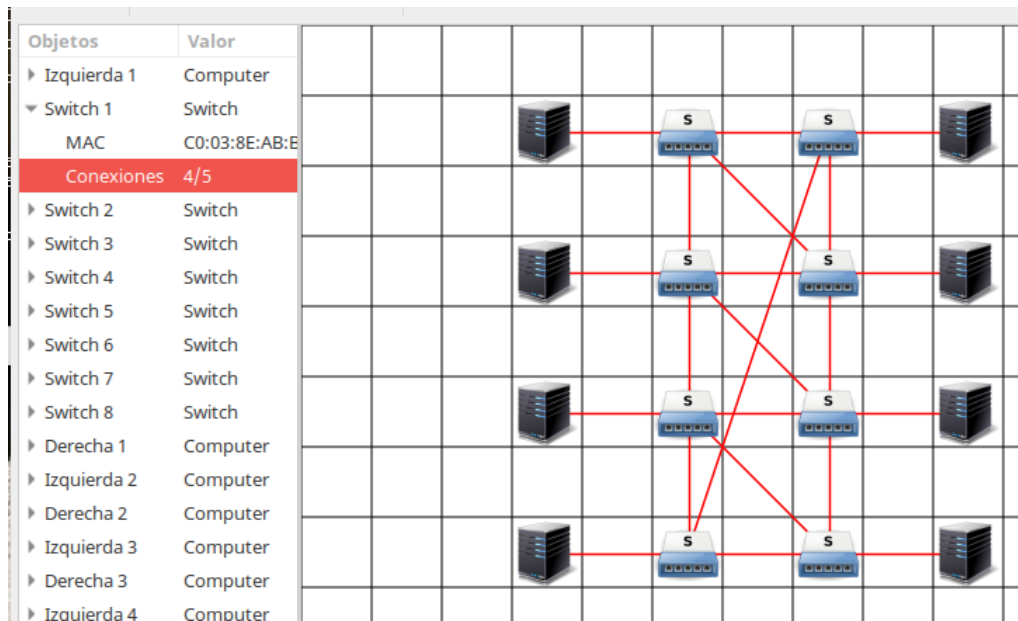


Figura 3.2: Menú de **Información de Dispositivos** junto a una red de topología de malla

Para incluir un objeto en la rejilla, se hace click en el icono del objeto y luego en el lugar donde se quiera poner. Cuando tenemos dos objetos podemos conectarlos si hacemos click primero en el icono del cable, luego en un objeto y después en otro.

Para poder enviar un paquete entre dos Computadores, necesitaremos que estén conectados mediante nodos (Hubs o Switches).

### 3.2.1 Configuración

Al no haber una ventana de configuración del programa, la configuración debe hacerse de forma manual editando el archivo `Config.ini` (Ver ??). Este es un archivo de texto sin formato en el que se le asigna un valor a cada variable.

`wres` y `hres`: El tamaño (en píxeles) del ancho y el alto de la ventana principal.

`viewport-sqres`: El tamaño en píxeles del lado de los cuadrados de la rejilla.

`viewport-wres` y `viewport-hres`: El número de cuadrados que tendrá de alto y de ancho la rejilla.

`cable-color`: Color por defecto de los cables en HTML.

`start-centered`: Al iniciar el programa, iniciar en el centro de la rejilla en lugar de arriba a la izquierda.

`revealer-show-default`: (True o False). Mostrar por defecto la ventana con la información sobre los dispositivos.



respack: Directorio del “Pack de recursos”

routing-ttl: Tiempo de vida en segundos de las entradas en la tabla de redireccionamiento de los switches.

def-max-connections: Conexiones máximas por defecto de un conmutador/concentrador.

### 3.3 Funcionamiento del programa

Un programa funciona haciendo uso de todas las herramientas anteriormente mencionadas.

El programa está basado en distintas clases. Se pueden diferenciar en cuatro tipos: Clases de Interfaz (`MainClase`, `w_changethings...`), Clases de Dispositivos (`ObjetoBase`, `Switch`, `Computador`), Clases de Red (`packet`, `frame`) y clases de apoyo (`MAC`, `IP`, `Port`, `Cable`).

Todas las clases poseen, como mínimo, una función llamada `__init__`, que es la encargada de crear el objeto y establecer las variables más importantes (Coordenadas, variables vacías, dirección MAC...).

#### 3.3.1 Main.py

Es el archivo principal del programa. Contiene las funciones más importantes, además de las clases con los objetos. Primero trata de importar los módulos necesarios, comprobando uno a uno si están instalados, y advirtiendo al usuario en el caso de que no estén instalados. Podemos encontrar bastantes partes curiosas como la función `on_key_press_event` de la clase `MainClase`, que se encarga de hacer distintas funciones cuando el usuario pulsa las distintas teclas.

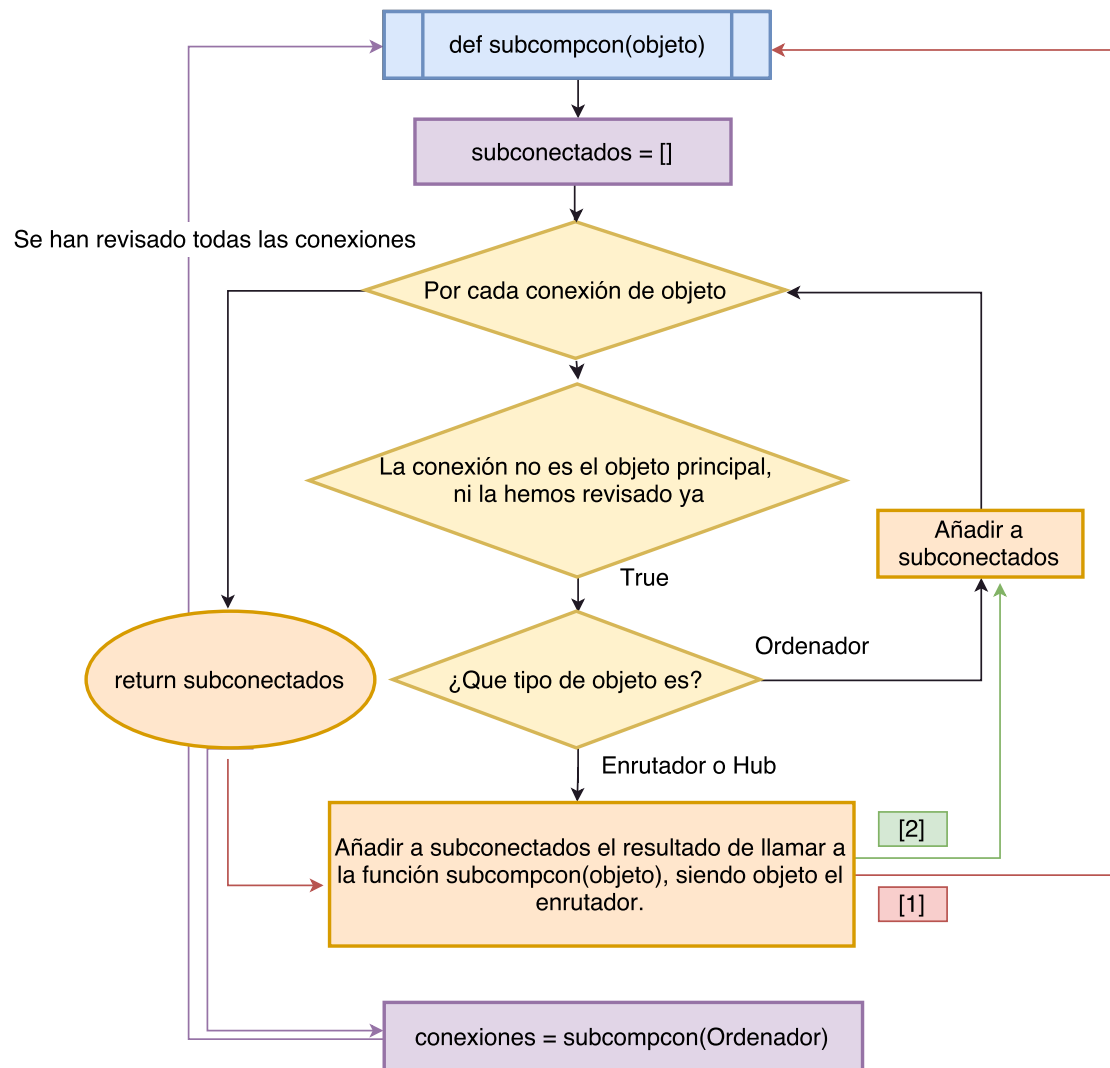
##### 3.3.1.1 ObjetoBase

En Python, existe la herencia de clases. Esto quiere decir que una clase puede heredar las funciones y los atributos de otra, en forma de cascada. La clase principal de la que heredan el resto de dispositivos de red, es esta, `ObjetoBase`. Algunas de sus funciones son estas:

- **compcon**: Es una función que poseen todos los dispositivos de red, que dado un objeto **Computador**, retorna todos los ordenadores que están conectados a la misma red. Se encuentra en 822:864@Main.py<sup>1</sup>. Está formada por una lista que contendrá los ordenadores conectados y una función llamada subcompcon (827:847), que comprueba las conexiones del objeto, añadiendo la conexión a la lista si es un ordenador. En el caso de que sea un conmutador o un concentrador, llama a la función subcompcon con ese objeto como argumento, por lo que comprueba las conexiones de ese objeto y las añade a la lista del primero, entrando en un bucle hasta que ha comprobado toda la red. La función es usada por el programa cuando es necesario comprobar si dos ordenadores están conectados, por ejemplo.
- **load**: 877:896 Al cargar un objeto de un archivo, hay determinadas propiedades del objeto que deben ser establecidas de cero, y determinadas funciones que deben accionarse, para ello existe esta función.
- **update**: Esta función, bastante importante se encarga de actualizar la información del objeto en la interfaz de usuario. Es llamada cada vez que se produce un cambio en el objeto; como al conectarlo, editar el nombre, o desconectarlo de otros objetos.
- **connect**: 898:941 Esta función se encarga de establecer las conexiones entre dos objetos.
- **disconnect**: 942:989. Realiza lo contrario de **connect**, desconecta un objeto de otro. O un objeto de todos a los que está conectado.
- **packet\_received**: Esta es la función por defecto que se ejecuta cuando un dispositivo ha recibido un paquete. Todos los dispositivos de red tienen una función diferente que sobrescribe a esta (pues no es el mismo comportamiento el de un conmutador que el de un ordenador).

---

<sup>1</sup>Notación para describir ubicación del código. Línea inicial:Línea final@Archivo. Si se omite el nombre de archivo, es el anteriormente mencionado.



### 3.3.1.2 mac

Esta clase es la que crea los objetos que serán una dirección MAC. Transcurre de la línea 1024 a la 1059 y contiene varias funciones técnicas, pero la única importante es `genmac`, encargada de generar una dirección MAC aleatoria de 48 bits de longitud.

### 3.3.1.3 Port y w\_switch\_table

`Port` es una clase que usan los conmutadores y concentradores. Simula un puerto de red. Tan sólo posee cuatro funciones: `__init__`, que es la que se usa al crear el objeto; `connect`, para conectar un objeto al puerto; `disconnect`, para desconectarlo y `is_available`, para saber si el puerto está disponible u ocupado. 1080:1099

La clase `w_switch_table` es la encargada de la ventana de visualización de la tabla de enrutamiento del Switch. 1101:1160

### 3.3.1.4 Clases de paquetes de red

Ocupan entre el 25 % y el 30 % del código. Son clases como `packet` (la clase base), `eth` (paquete con *frame* aplicado, `icmp` (paquete con ICMP) y la última clase `Ping`, que hereda de `icmp` y se encarga de crear un paquete de red, bit a bit, dados una dirección IP de destino y de origen. Entre todas estas clases debemos destacar dos funciones:

- `animate` es una función que poseen todos los tipos de paquetes de red y se encarga de poner un paquete de red en la interfaz, y de que este se mueva. Para ello, hace una combinación de dos movimientos, uno en el eje x y otro en el eje y, la longitud que debe de moverse en total la divide entre el número total de fotogramas y así consigue la distancia que debe moverse cada fotograma. Cuenta dentro con una subfunción, `iteration`, que se encarga de poner la imagen cada fotograma en su sitio y eliminar la imagen del fotograma anterior. Esta función ha sido posible gracias a los conocimientos adquiridos durante primero de Bachillerato. 1627:1717
- `create` es una función propiedad de `Ping`, dadas una dirección IP de destino y origen, crea un paquete de red, bit a bit, basado en el modelo real de paquetes de Ping inspeccionado por Wireshark, y confirmado en libros de teoría. Es una función que, aunque parezca sencilla, fueron bastantes horas de trabajo, pues es bastante complejo tratar con bits.

### 3.3.2 save.py

Es un archivo que se encarga de guardar y cargar archivos. Está compuesto por dos funciones: `save` y `load`, encargadas de guardar a un archivo y cargar a un archivo, respectivamente. Para ello, usan una librería nativa de Python llamada `pickle`, que se encarga de la serialización de los objetos, y la posterior deserialización de estos. Este método de serialización debería ser cambiado en una versión posterior, ya que no es retrocompatible, es decir, no te permite cargar archivos creados con una versión anterior del programa.

### 3.3.3 Interface.glade

Este archivo, de otras dos mil líneas, es el encargado de establecer las propiedades de la interfaz. No ha podido ser incluido en el anexo debido a su larga extensión, ya que usa XML, un lenguaje que es bastante redundante, aunque sencillo de usar.

### 3.3.4 Dispositivos

Existen cuatro tipos dispositivos: los Computadores, que tienen la mayor programación; los Switches, que se encargan de manejar los paquetes de red; los Hubs, que son como los Switches, pero reenvían los paquetes por todos sus puertos y los Routers, que tan sólo existen de forma visual, pero no tienen ninguna función de momento. Por lo que sólo vamos a hablar de los Switches y los Ordenadores. Para cambiar los parámetros hay que hacer click derecho en el dispositivo al que se le deseen cambiar los parámetros y luego en la entrada de 'Editar objeto'. A lo que aparecerá una ventana como la de Fig. B.5 en la que se podrán cambiar parámetros como el nombre, la dirección MAC o la dirección IP.

Los ordenadores tienen una función especial que es la de crear y enviar los paquetes de red. Para ello, en el menú emergente que aparece al hacer click derecho en el objeto, hacemos click en la entrada de 'Ping'. Para que el paquete llegue al otro computador, ambos deben tener una dirección IP, y estar conectados a la misma red. Se introduce la dirección IP del dispositivo y se pulsa en el botón de 'Ping!' (Ver Fig. B.2 y Fig. B.3). A continuación veremos el paquete de red buscando su objetivo, la primera vez no irá directamente, ya que los Switches están aún aprendiendo el camino, pero el paquete de vuelta y todos los siguientes paquetes seguirán la misma ruta (Ver Fig. B.6). El ordenador

crea un paquete de red usando los protocolos de Ethernet (IEEE 802.11), TCP, IPv4 e ICMP. Aquí la parte del código que, dadas dos direcciones IP's crea el binario de un Ping.

```

1782 def create(r, sourceip, desti_ip, *n, payload=int( 4.3*10**19 ) << 6 | 42, \
1783 flags=0b010, ttl=32):
1784     self = Ping()
1785     if r == 0:
1786         Type = 8
1787         self.color = "#4CAF50"
1788     if r == 1:
1789         Type = 0
1790         self.color = "#F44336"
1791
1792     self.payload = payload
1793
1794     vihlto = 0b0100010100000000
1795     #20 Ipheader + 8 ICMPHeader + Payload
1796     lenght = int( 20 + 8 + ( int(math.log(payload, 2))+1)/8 ) #In Bytes
1797     frag_off = 0b00000000000000
1798     protocol = 1
1799     checksum = 0 #No es necesario porque no hay cables
1800     sourceip = int(sourceip)
1801     desti_ip = int(desti_ip)
1802     identific = Ping.identifi
1803     Ping.identifi += 1
1804
1805     self.ip_header = (((((((((vihltos << 16 | lenght)<<16 | identific) << 3 | flags) << 13 | frag_off) \
1806 << 8 | ttl) << 8 | protocol) << 16 | checksum) << 32 | sourceip) << 32 | desti_ip)
1807
1808     identifier = 1*2**15 + 42 * 2**8 + 42
1809     Code = 0
1810     icmp_header_checksum = random.getrandbits(16)
1811     self.icmp_header = (((((((((Type << 8 | Code)<< 16) | checksum) << 16) | identifier) << 16) |
1812 <math>\hookrightarrow</math> identific)
1813
1814     self.pck = icmp(self.ip_header, self.icmp_header, self.payload)
1815
1816     self.str = self.pck.str
1817     self.lenght = self.pck.lenght
1818     self.bits = self.pck.bits
1819
1820     return self

```

Los Switches se encargan de redireccionar los paquetes de red. La primera vez que les llega un paquete, al no saber la ubicación física del destino, siguen este algoritmo:

```

1268 #Si macd en conn, enviarle el paquete
1269 #Si existe una tabla de enrutamiento que contiene una ruta para macd, enviar por ahi
1270 #Si no, enviar al siguiente, y así
1271 print(">MAAAC:",int(macd,2), "DIIC:")
1272 if int(macd,2) in dic and ttl > 0:
1273     pck.animate(self, dic[int(macd,2)])
1274
1275 elif int(macd,2) in [x[0] for x in self.table] and ttl >= 0:
1276     for x in self.table:
1277         if x[0] == int(macd,2):
1278             pck.animate(self, self.pdic[x[1]])
1279
1280 elif "Switch" in [x.objecttype for x in self.connections] and ttl >= 0:
1281     print("Ahora lo enviamos al siguiente router")
1282     print(int(macd,2), dic)
1283     tmplt = self.connections[:] #Crea una nueva copia de la lista
1284     print(tmplt)
1285     for i in tmplt:
1286         if int(macs,2) == int(i.macdir):
1287             print("REMOVING", i)

```

```

1288         tplst.remove(i)
1289     try:
1290         tplst.remove(*[x for x in tplst if x.objecttype == "Computer"])
1291     except TypeError:
1292         pass
1293     print("Tplst:", tplst)
1294     obj = choice(tplst)
1295     print("Sending to:", obj)
1296     pck.animate(self, obj)

```

Este algoritmo esta basado en el que usan los conmutadores reales y, traducido a lenguaje mortal, vendría a ser:

Si la dirección MAC de destino del paquete recibido se encuentra directamente conectado al Switch y el TTL del paquete es mayor que cero:

Enviar el paquete a ese dispositivo.

Al no cumplirse la condición anterior, si el paquete se encuentra en mi tabla de enrutamiento y el TTL del paquete es mayor que cero:

Enviamos el paquete por el puerto al que está asignada la dirección MAC en la tabla.

Al no cumplirse las condiciones anteriores, si hay un Switch en mis conexiones y el TTL del paquete es mayor a 0:

Enviar el paquete a uno de los Switches de forma aleatoria.

Cuando recibe un paquete, también añade a la *Routing Table* o tabla de enrutación una entrada con la dirección MAC del remitente del paquete y el puerto por el que ha llegado, así cuando le llegue un paquete el router conocerá el puerto por el que enviarlo.

```

1231     for tab in self.table:
1232         if tab[2] <= time.time():
1233             print("Ha llegado tu hora")
1234             self.table.remove(tab)
1235             self.wtable.remove(tab)
1236         if tab[0] == int(macd,2):
1237             print("TAB[0] == mcd")
1238             tab[2] = int(time.time()+self.timeout)
1239             for row in self.wtable.store:
1240                 print(row[0], tab[0])
1241                 if int(row[0].replace(":", ""),16) == tab[0]:
1242                     row[3] = int(time.time()+self.timeout)
1243             if int(macs,2) not in [x[0] for x in self.table]:
1244                 tmp = [int(macs,2), port, int(time.time()+self.timeout)]
1245                 self.table.append(tmp)
1246                 tmp = [readmac, port, int(time.time()+self.timeout)]
1247                 self.wtable.append(tmp)

```

Este es el código que cumple esta función. Cada elemento en la tabla tiene un tiempo establecido en el que caduca la entrada. Lo que hace esta parte del código es comprobar

si este tiempo ha caducado, actualizar la fecha de caducidad si la dirección MAC ya está en la tabla o añadirlo de nuevo en la tabla si la dirección no está.

### 3.3.5 Ejemplo: Envío de Ping entre dos dispositivos

Lo primero que vamos a hacer, es colocar un Switch al que poder conectar los ordenadores. Después colocamos y conectamos hasta 5 ordenadores (es el máximo de conexiones por defecto) al Switch. Después, para cada ordenador, hacemos click derecho y en el menú emergente pulsamos “Editar Objeto”, con lo que se abrirá una ventana como la de la Figura B.5. Aquí podemos asignar una dirección IP al ordenador. Tras asignar 5 direcciones IP diferentes a los ordenadores, en cualquiera de ellos hacemos click derecho y clickamos en “Ping”, haciendo que aparezca una ventana con un cuadro de texto como en Fig. B.3. En este cuadro introducimos la dirección IP del dispositivo al que queremos enviar el Ping y pulsamos la tecla Intro, así el ordenador enviará un paquete Ping Request a la IP especificada. Cuando el paquete llega al equipo con esa dirección IP, este responderá con un paquete parecido, pero en este caso será un ping de respuesta (simbolizado en rojo), por lo que el destino será el primer ordenador. En el caso de que se produzcan cambios en la red mientras el paquete viaja por esta, el paquete dispone de un tiempo de vida, por lo que cuando llega a 0 se destruye.

## 3.4 Versión actual del programa (0.2.3-alpha)

En la versión 0.1 se introdujo toda la interfaz, las conexiones, los dispositivos... Pero aún no se podían enviar ni recibir paquetes de red. En la versión 0.2 se introdujo esta posibilidad, junto a otras cosas como el enrutamiento de paquetes. El programa es considerado una versión *alpha*, ya que aún está en desarrollo y no es un programa terminado.

El programa te permite, por el momento, hacer una simulación de red simple. Se podría decir que es una base sobre la que se pueden ir añadiendo más funcionalidades, como el soporte para otros protocolos, o un modo ‘explicatorio’ que enseñe a los alumnos lo que está pasando en la red. En la versión 0.2.3-alpha del programa sólo se ha introducido el “Ping”, es decir, la posibilidad de enviar un paquete de prueba a otro dispositivo de la misma red. También se han introducido algunos cambios en la interfaz, uno de ellos, bastante útil para el aprendizaje: los cuadros de texto en los que se introducen direcciones IP, cambian de color entre rojo, naranja o verde, dependiendo si la IP introducida no es válida, está incompleta o es válida, respectivamente.



### 3.5 Desarrollo del proyecto

En cuanto al código, a pesar de la gran extensión del programa, han sido escritas muchas más líneas, que han sido en algún momento eliminadas o reemplazadas. El desarrollo del proyecto puede dividirse en 4 fase, una por trimestre, aproximadamente.

En la primera fase, de Noviembre a Febrero/Marzo he ido aprendiendo sobre todo de Gtk+, la librería para la interfaz del programa. Al empezar el proyecto mis conocimientos sobre esta librería eran nulos; y sobre Python, el lenguaje de programación, eran demasiado básicos. También aprendí bastante sobre redes informáticas.

En la segunda fase, se fue desarrollando la “base” del programa, transcurre de Febrero-Marzo a finales de curso. La interfaz, las ideas, las conexiones de los cables... Se construye la versión 0.1, como menciono en 3.4. El programa contaba con unas 700 líneas en Main.py

En la tercera fase se desarrolla la gran parte del programa, aquí es cuando llega a las 2000 líneas, sin mencionar los pequeños módulos y otros archivos. Transcurre en verano, entre Junio y mediados de Agosto. Con una media de 200-300 líneas semanales y picos de hasta mil líneas entre el 7 y el 14 de Agosto, ha sido posible cumplir el objetivo de crear un pequeño simulador de redes. Es el desarrollo de la versión 0.2-alpha, ya que el programa sigue en desarrollo de posteriores versiones.

La cuarta fase transcurre solapada con la tercera, comienza en Julio y acaba el día 22 de septiembre de 2016, con la entrega de la memoria del proyecto. Es la fase en la que se desarrolla esta memoria.

He notado bastante la adquisición de experiencia, ya que tardé prácticamente 5-6 meses en hacer las primeras 500 líneas; pero en verano, conforme iba programando más, conseguí llegar a hacer más de 1000 líneas en una semana.

#### 3.5.1 Obstáculos en el desarrollo del proyecto

Durante el desarrollo del proyecto han surgido bastantes trabas y contratiempos, que he conseguido solucionar. Muchos de ellos surgen por la falta del gran conocimiento técnico necesario para la creación de un software tan específico, han sido muchas horas de mirar la documentación de las librerías [6], y pedir ayuda por foros para intentar solucionar dudas y bugs.

En algunas ocasiones no han sido errores, sino falta de conocimiento para el desarrollo de determinadas funciones lo que ha creado pausas de hasta dos semanas en la acción de escribir el programa.

### 3.6 Conclusión

Lo más difícil fue empezar. El tratar de aprender tanta información de golpe de forma autodidacta... Aunque ya supiese un poco sobre programación en Python, no tenía casi experiencia, aprender a usar la librería de Gtk+, aprender sobre redes, aprender sobre un uso más extenso de GNU/Linux, aprender sobre  $\text{\LaTeX}$ , etc. fue bastante cansado. pero eso es lo mejor, todo lo que he aprendido y, sobre todo, la experiencia que he adquirido en el campo de la programación.

A la hora de programar, al principio el ritmo era muy lento, de unas 200 líneas al mes, con pausas de semanas para solucionar problemas y errores. Poco a poco se fue acelerando hasta llegar a finales de Julio, donde hacía más de 100 líneas diarias.

Pese a que es verdad que falta incluir más protocolos y algunas funcionalidades bastante básicas (como mover objetos), estoy bastante satisfecho con la versión actual del programa, que se ha realizado con bastante poco tiempo, ya que tiene las bases, y creo que añadir un nuevo protocolo, o una nueva funcionalidad no serían más que unas horas delante de la pantalla y el teclado del ordenador.

# Bibliografía

- [1] Cisco. (2015). Cisco visual networking index: Forecast and methodology, dirección: [https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/ip-ngn-ip-next-generation-network/white\\_paper\\_c11-481360.html](https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/ip-ngn-ip-next-generation-network/white_paper_c11-481360.html).
- [2] Free Software Foundation. (2013). Filosofía del proyecto GNU, dirección: <https://www.gnu.org/philosophy/philosophy.html>.
- [3] R. Stallman. (2014). Charla: Free software, free society: R. Stallman at TEDxGeneva, dirección: [https://www.youtube.com/watch?v=Ag1AKI1\\_2GM](https://www.youtube.com/watch?v=Ag1AKI1_2GM).
- [4] —, (2013). Conferencia sobre software libre en la universidad de Jaume I, dirección: [https://www.youtube.com/watch?v=5t\\_EcPTEzh4](https://www.youtube.com/watch?v=5t_EcPTEzh4).
- [5] BICSI, *Network Design Basics for Cabling Professionals*. 2002.
- [6] C. Reiter (lazka en GitHub). (2016). Python GObject Introspection API Reference, dirección: <https://lazka.github.io/pgi-docs/>.
- [7] Python Software Foundation. (2016). What is Python? executive summary, dirección: <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>.
- [8] Real Academia Española, *Diccionario de la lengua española*, ed. XXIII. 2014.
- [9] R. Braden, *Request for Comments 1122*, 1989.
- [10] Alumnado de la asignatura de Software Libre del Máster en Sistemas Telemáticos e Informáticos de la Universidad Rey Juan Carlos. (2013). Traducción de la licencia GPLv3 al español, dirección: [https://lslspanish.github.io/translation\\_GPLv3\\_to\\_spanish/](https://lslspanish.github.io/translation_GPLv3_to_spanish/).
- [11] University of Cambridge Computer Laboratory. (2001). A brief informal history of the computer laboratory, dirección: <https://www.cl.cam.ac.uk/events/EDSAC99/history.html>.
- [12] Microsoft Developer Network. (2015). Serialización, dirección: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms233843.aspx?f=255&MSPPErrors=-2147217396>.
- [13] Wikipedia. (2016). Local area network: History, dirección: [https://en.wikipedia.org/wiki/Local\\_area\\_network#History](https://en.wikipedia.org/wiki/Local_area_network#History).
- [14] All About Circuits. (2016). Introduction to boolean algebra, dirección: <http://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-7/introduction-boolean-algebra/>.

# Glosario y acrónimos

<b>ADSL</b> <i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i> , Línea de Abonado Digital Asimétrica	<b>Dependencia</b> De un programa, otro tipo de software necesario para que éste funcione
<b>Bit</b> <i>Binary digit</i> , o <i>dígito binario</i> . Cada dígito del sistema de numeración binario	<b>FSF</b> <i>Free Software Foundation</i> , Fundación del Software Libre
<b>Botnet</b> Grupo de ordenadores coordinados conectados a un maestro mediante un virus. Gracias a este virus se pueden realizar tareas masivas como el envío de SPAM o ataques DDoS	<b>FTTH</b> <i>Fiber To The Home</i> [Fibra hasta el hogar]
<b>Bug</b> Cualquier tipo de error en el código de un programa informático. Por ejemplo, que un botón no realice la acción que debería de hacer.	<b>FTTx</b> <i>Fiber to the X</i>
<b>Caché</b> Almacenamiento temporal de datos con el objetivo de reducir el retardo, la carga de los servidores y el ancho de banda consumido	<b>GNU</b> <i>GNU's Not Unix</i> , GNU no es Unix
<b>Capas de abstracción</b> Método de ocultar detalles de implementación de un set de funcionalidades	<b>GUI</b> Interfaz Gráfica de Usuario, ( <i>Graphic User Interface</i> )
<b>Conmutación de paquetes</b> Método para enviar datos por una red de computadoras. Se divide el paquete en dos partes, una con información de control que leen los nodos para enviar el paquete a su destino y los datos a enviar	<b>Hardware</b> Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen un sistema informático.
<b>Datos</b> Secuencia binaria de unos y ceros que contiene información codificada	<b>IDE</b> Entorno de Desarrollo Integrado, ( <i>Integrated Development Enviroment</i> )
	<b>IEEE</b> Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
	<b>International Organization for Standardization</b> Organización Internacional de Normalización. Compuesta de varias organizaciones nacionales se encarga de la creación de estándares internacionales desde 1947.
	<b>ISO</b> <i>International Organization for Standardization</i>
	<b>LAN</b> <i>Local Area Network</i> [Red de Área Local]

**Librería** En informática, una librería o biblioteca es un conjunto de recursos y funciones diseñadas para ser usadas por otros programas. Incluyen plantillas, funciones y clases, subrutinas, código escrito, variables predefinidas...

**MAC** *Media Access Control*, Control de Acceso al Medio

**OSI** *Open Systems Interconnection* (Interconexión de Sistemas Abiertos)

**Ping** Es un programa que envía o responde un paquete ICMP. Sirve para determinar si dos dispositivos están conectados en una red y, por lo tanto, comprobar la conexión.

**POP3** *Post Office Protocol*, Protocolo de Oficina Postal

**Programación imperativa** Las órdenes del programa cambian el estado de este mismo. Por ejemplo, una variable no tiene por que ser declarada con antelación y su valor es modificable. Es la que usa el código

máquina de los ordenadores

**Repositorio** Servidor donde se alojan ficheros o archivos para su descarga

**Serialización** La serialización es el proceso de convertir un objeto en una secuencia de bytes para almacenar el objeto o transmitirlo a memoria, una base de datos, o en un archivo. Su propósito principal es guardar el estado de un objeto para poder crearlo de nuevo cuando se necesita. El proceso inverso se denomina deserialización. [12]

**Topología** “Rama de las matemáticas que trata especialmente de la continuidad y de otros conceptos más generales originados de ella, como las propiedades de las figuras con independencia de su tamaño o forma.” [8][Topología]

**Topología de red** Configuración espacial o física de la red. (Ver 2.2 pág.11)

**URL** *Uniform Resource Identifier*, Identificador de Recursos Uniforme

## Apéndice A

# Unidades de transferencia de datos

Cantidad de datos transferidos por unidad de tiempo. La unidad de tiempo es el segundo y la cantidad de datos puede ser medida en *bits* (bitrate), caracteres/símbolos (*baudrate*) o bytes (8 bits), en ocasiones también se utilizan *nibbles* (4 bits). Para expresar esta velocidad, se suelen usar múltiplos, que pueden ser en base binaria (Sistema del IEEE) o decimal (Sistema Internacional).

Se usa la “b” para designar los bits, y “B” para los Bytes. Después, se usan los prefijos del sistema internacional cuando es en base decimal, y los prefijos del SI cambiando la segunda sílaba por “bi” (e.g: kilobit / kibibit, kbit/s / Kibit/s) cuando se trata de múltiplos binarios.

## Tabla de múltiplos

Unidad	Símbolo	Equivalencia
Kilobit/s	kbit/s o kb/s	1000 bit/s
Megabit/s	Mbit/s o Mb/s	$10^6$ bit/s o $10^3$ kbit/s
Gigabit/s	Gbit/s o Gb/s	$10^9$ bit/s o $10^3$ Mb/s
Terabit/s	Tbit/s o TB/s	$10^{12}$ bit/s o $10^3$ Gb/s
Kibibit/s	Kibit/s	$2^{10}$ bit/s o 1024 bit/s
Mebibit/s	Mibit/s	$2^{20}$ bit/s o 1024 Kibit/s
Gibibit/s	Gibit/s	$2^{30}$ bit/s o 1024 Mibit/s
Tebibit/s	Tibit/s	$2^{40}$ bit/s o 1024 Gibit/s
Byte/s	Byte/s	8 bit/s
Kilobyte/s	kB/s	1000 Byte/s o 8000 bits/s
Megabyte/s	MB/s	$10^6$ Byte/s o 1000 kB/s
Gigabyte/s	GB/s	$10^9$ Byte/s o 1000 MB/s
Terabyte/s	TB/s	$10^{12}$ Byte/s o 1000 GB/s
Kibibyte/s	KiB/s	1024 Byte/s
Mebibyte/s	MiB/s	$2^{20}$ Byte/s
Gibibyte/s	GiB/s	$2^{30}$ Byte/s
Tebibyte/s	TiB/s	$2^{40}$ Byte/s

# Apéndice B

## Capturas de pantalla del programa

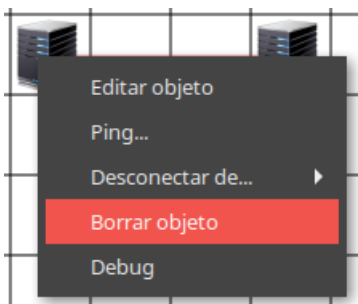


Figura B.1: Captura: Click derecho en un computador

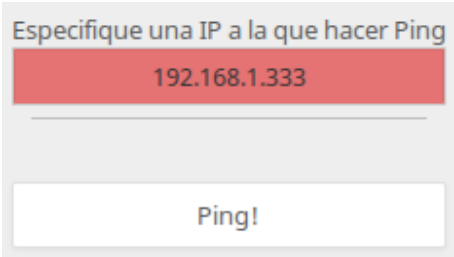


Figura B.2: Captura: Ventana para enviar ping. Está en rojo porque la IP introducida no es válida.

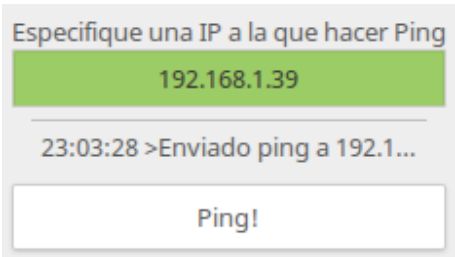


Figura B.3: Captura: Igual que B.2, pero con una IP válida.

MAC	Puerto	TTL (s)
EA:6F:0B:4F:F0:EE	2	284
EE:99:CC:0C:4A:4B	3	241
E4:F2:B9:A2:8C:F9	3	272
ED:9F:48:97:54:FE	1	274
D5:15:5C:02:DD:04	3	277
F9:FC:E6:21:E9:6F	3	280
C2:70:AA:11:08:CF	3	281

 Cerrar

Figura B.4: Captura: Ventana con la tabla que posee el Switch.



Figura B.5: Captura: Ventana de edición de propiedades de objeto.



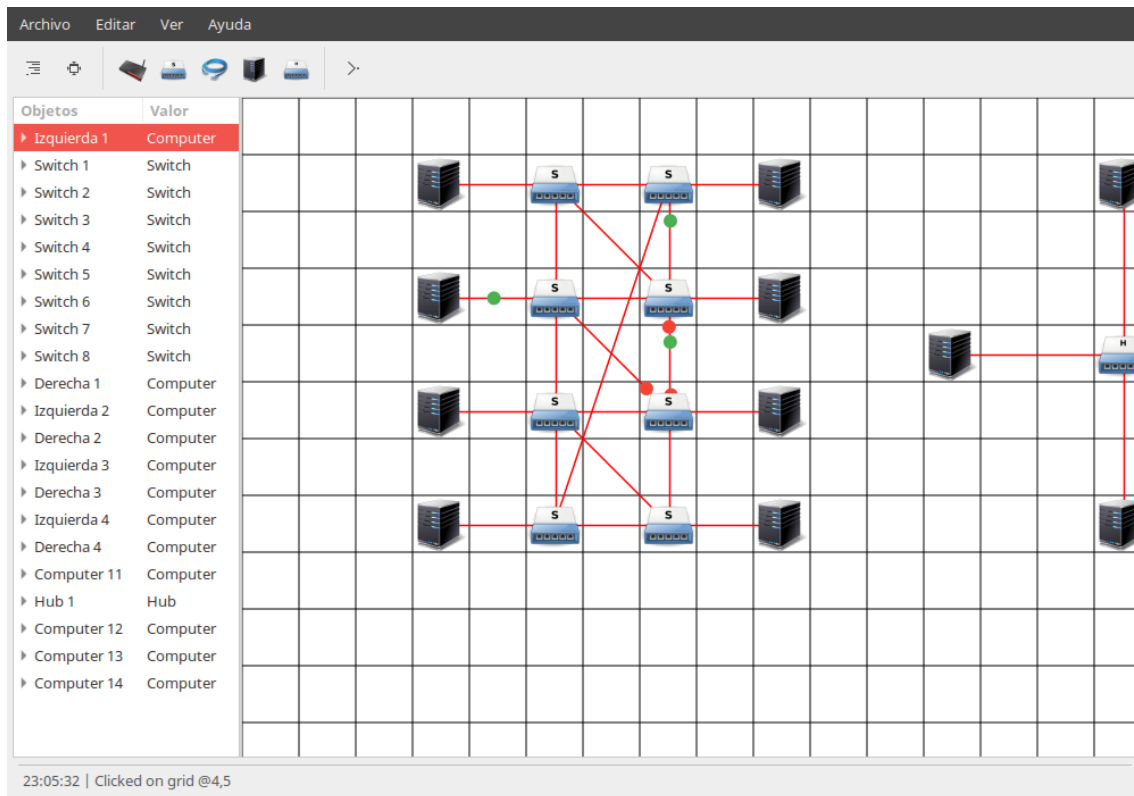


Figura B.6: Captura: Paquetes viajando por una red de ejemplo.

## Apéndice C

# Licencia GNU General Public License

Es la licencia más usada en el desarrollo de software. Permite las cuatro libertades del software libre y fue creada por la Free Software Foundation. La versión más reciente, la GPLv3, ha sido publicada el 29 de junio de 2007. Al distribuir el programa, debe distribuirse también una copia de la licencia que usa.

InvProy usa la licencia GPLv3, aquí una traducción no oficial[10]:

```
1 ***** LICENCIA PÚBLICA GENERAL DE GNU *****
2 ***** Versión 3, 29 de junio de 2007 *****
3 Esta es una traducción no oficial al español de la GNU General Public License.
4 No ha sido publicada por la Free Software Foundation, y no establece legalmente
5 las condiciones de distribución para el software que usa la GNU GPL estas
6 condiciones se establecen solamente por el texto original, en inglés, de la GNU
7 GPL. Sin embargo, esperamos que esta traducción ayude a los hispanohablantes a
8 entender mejor la GNU GPL.
9
10 This is an unofficial translation of the GNU General Public License into
11 Spanish. It was not published by the Free Software Foundation, and does not
12 legally state the distribution terms for software that uses the GNU GPL only
13 the original English text of the GNU GPL does that. However, we hope that this
14 translation will help Spanish speakers understand the GNU GPL better.
15
16 Copyright © 2007 Free Software Foundation, Inc. http://fsf.org/
17
18
19 Se permite la copia y distribución de copias literales de este documento, pero
20 no se permite su modificación.
21
22   Preámbulo: La Licencia Pública General de GNU es una licencia libre,
23   bajo “copyleft”, para software y otro tipo de obras.
24   Las licencias para la mayoría del software y otras obras de carácter
25   práctico están diseñadas para privarle de la libertad de compartir y
26   modificar las obras. Por el contrario, la Licencia Pública General de
27   GNU pretende garantizar su libertad de compartir y modificar todas
28   las versiones de un programa para cerciorar que permanece como
29   software libre para todos sus usuarios. Nosotros, la Free Software
30   Foundation, usamos la Licencia Pública General de GNU para la mayoría
31   de nuestro software; la cual se aplica también a cualquier otra obra
32   publicada de esta forma por parte de sus autores. Usted también puede
33   aplicarla a sus programas.
34   Cuando hablamos de software libre (free software), nos referimos a
35   libertad, no a precio. Nuestras Licencias Públicas Generales están
36   diseñadas para garantizar su libertad de distribuir copias de
37   software libre (y cobrar por ellas si lo desea), recibir el código
38   fuente o poder obtenerlo si quiere, modificar el software o usar
39   fragmentos de él en sus nuevos programas, y que sepa que puede hacer
40   esas cosas.
41   Para proteger sus derechos, necesitamos impedir que otros le
42   denieguen esos derechos o que le pidan que renuncie a ellos. Por
43   ello, tiene ciertas responsabilidades si distribuye copias del
44   software, o si lo modifica: la responsabilidad de respetar la
45   libertad de otros.
```

45 Por ejemplo, si distribuye copias de un programa, bien sea gratis o  
46 por una tasa, debe transferirles a los que lo reciban las mismas  
47 libertades que usted recibió. Debe asegurarse que ellos, también,  
48 reciben o pueden obtener el código fuente. Y debe mostrarles estos  
49 términos para que ellos puedan conocer sus derechos.  
50 Los desarrolladores que usan la GNU GPL protegen tus derechos con dos  
51 pasos: (1) haciendo valer el derecho de propiedad intelectual en el  
52 software, y (2) ofreciéndole esta Licencia que le da el permiso legal  
53 para copiarlo, distribuirlo y/o modificarlo.  
54 Para la protección de autores y desarrolladores, la GPL explica  
55 claramente que no hay garantía para este software libre. Por el bien  
56 tanto de usuarios como de autores, la GPL requiere que las versiones  
57 modificadas sean marcadas como con cambios, de forma que sus  
58 problemas no puedan ser atribuidos de forma errónea a autores de  
59 versiones previas.  
60 Algunos dispositivos están diseñados para denegar a los usuarios el  
61 acceso para instalar o ejecutar versiones modificadas del software en  
62 su interior, a pesar de que el fabricante puede hacerlo. Esto es  
63 fundamentalmente incompatible con el objetivo de proteger la libertad  
64 de los usuarios de modificar el software. El modelo sistemático de  
65 este abuso ocurre en el ámbito de los productos de uso personal, lo  
66 cual es precisamente donde es más inaceptable. Por consiguiente,  
67 hemos diseñado esta versión de la GPL para prohibir la práctica de  
68 estos productos. Si estos problemas surgen de forma substancial en  
69 otros dominios, estamos preparados para extender esta disposición a  
70 esos dominios en futuras versiones de la GPL, así como sea necesario  
71 para proteger la libertad de los usuarios.  
72 Por último, todo programa es amenazado constantemente por las  
73 patentes de software. Los Estados no deberían permitir patentes que  
74 restringen el desarrollo y el uso de software en ordenadores de  
75 propósito general, pero en aquellos que lo hacen, deseamos evitar el  
76 peligro particular de que las patentes aplicadas a un programa libre  
77 podrían convertirlo de forma efectiva en propietario. Para prevenir  
78 esto, la GPL garantiza que las patentes no pueden ser utilizadas para  
79 hacer que el programa no sea libre.  
80 Los términos exactos y las condiciones para la copia, distribución y  
81 modificación se exponen a continuación.  
82 **Términos y Condiciones**  
83 1. Definiciones.  
84 “Esta Licencia” se refiere a la versión 3 de la Licencia Pública General  
85 de GNU.  
86 “Derechos de Autor (“Copyright”)” también incluye a las leyes similares a  
87 la de derechos de autor (“copyright”) que se apliquen a otro tipo de  
88 obras, tales como las máscaras usadas en la fabricación de  
89 semiconductores.  
90 “El Programa” se refiere a cualquier obra con derechos de autor  
91 (“copyright”) bajo esta Licencia. Cada licenciataria es tratado como  
92 “usted”. Los “Licenciatarios” y los “destinatarios” pueden ser individuos  
93 u organizaciones.  
94 “Modificar” una obra quiere decir copiar de ella o adaptar parte o la  
95 totalidad de la obra de una forma que se requieran permisos de derechos  
96 de autor (“copyright”), distintos de los de hacer una copia exacta. La  
97 obra resultante es llamada “versión modificada” de la obra previa o una  
98 obra “basada en” la obra previa.  
99 Una “obra amparada” significa o el Programa sin modificar o una obra  
100 basada en el Programa.  
101 “Difundir” una obra significa hacer cualquier cosa con ella que, sin  
102 permiso, le haría responsable de forma directa o indirecta de infringir  
103 la ley correspondiente de derechos de autor (“copyright”), excepto  
104 ejecutarla en un ordenador o modificar una copia privada. La difusión  
105 incluye copiar, la distribución (con o sin modificación), hacerla  
106 disponible para el público, y en algunos países también otras  
107 actividades.  
108 “Transmitir” una obra quiere decir cualquier tipo de difusión que permita  
109 a otras partes hacer o recibir copias. La mera interacción con un usuario  
110 a través de una red informática, sin la transferencia de una copia, no es  
111 transmitir.  
112 Una interfaz interactiva de usuario muestra “Avisos Legales Apropiados”  
113 en la medida que incluye una característica visible práctica y destacable  
114 que (1) muestra un aviso apropiado de derechos de autor (“copyright”), e

(2) informa al usuario de que no hay garantía para la obra (excepto las garantías proporcionadas), que los licenciarios pueden transmitir la obra bajo esta Licencia, y cómo ver una copia de esta Licencia. Si la interfaz presenta una lista de comandos de usuario u opciones, como un menú, un elemento destacado en la lista satisface este criterio.

2. Código Fuente.

El “código fuente” de una obra significa la forma preferida de trabajo para hacerle modificaciones. “Código objeto” es cualquier forma no-fuente de una obra.

Una “Interfaz Estándar” significa una interfaz que es un estándar oficial definido por un cuerpo de estándares reconocido o, en el caso de interfaces especificadas para un lenguaje de programación en particular, una que es extensamente utilizada entre los desarrolladores que trabajan en ese lenguaje.

Las “Bibliotecas del Sistema” de una obra ejecutable incluyen cualquier cosa, diferente de la obra como un todo, que (a) están incluidas en la forma normal de paquetizado de un Componente Importante, y (b) sirve solo para habilitar el uso de la obra con ese Componente Importante, o para implementar una Interfaz Estándar para la cual la implementación está disponible para el público en forma de código fuente. Un “Componente Importante”, en este contexto, significa un componente esencial importante (kernel, sistema de ventanas, etcétera) del sistema operativo en concreto (si hubiese) en el cual el ejecutable funciona, o un compilador utilizado para producir la obra, o un intérprete de código objeto utilizado para hacerlo funcionar.

La “Fuente Correspondiente” de una obra en forma de código objeto significa todo el código fuente necesario para generar, instalar, y (para una obra ejecutable) hacer funcionar el código objeto y modificar la obra, incluyendo scripts para controlar dichas actividades. Sin embargo, ello no incluye la obra de las Bibliotecas del Sistema, o herramientas de propósito general o programas de libre disponibilidad general los cuales son usados sin modificaciones para la realización de dichas actividades, pero que no son parte de la obra. Por ejemplo, la Fuente Correspondiente incluye ficheros de definición de interfaces asociados a los ficheros fuente para la obra, y el código fuente para bibliotecas compartidas y subprogramas enlazados dinámicamente para los que la obra está específicamente diseñado para requerir, tales como comunicación de datos intrínseca o flujo de control entre aquellos subprogramas y otras partes de la obra.

La Fuente Correspondiente es necesario que no incluya nada que los usuarios puedan regenerar automáticamente desde otras partes de la Fuente Correspondiente.

La Fuente Correspondiente de una obra en forma de código fuente es la obra en sí.

3. Permisos básicos.

Todos los derechos concedidos bajo esta Licencia se conceden durante la duración de los derechos de autor (“copyright”) del Programa, y son irrevocables siempre que se cumplan las condiciones establecidas. Esta Licencia afirma explícitamente su ilimitado permiso para ejecutar el Programa sin modificar. La salida de la ejecución de una obra amparada está amparada por esta Licencia solo si la salida, dado su contenido, constituye una obra amparada. Esta Licencia reconoce sus derechos de uso razonable u otro equivalente, según lo establecido por la ley de derechos de autor (“copyright”).

Usted podrá realizar, ejecutar y difundir obras amparadas que usted no transmita, sin condición alguna, siempre y cuando no tenga otra licencia vigente. Podrá distribuir obras amparadas a terceros con el único propósito de que ellos hagan modificaciones exclusivamente para usted, o proporcionarle ayuda para ejecutar estas obras, siempre y cuando cumpla con los términos de esta Licencia en la transmisión de todo el material del cual usted no controle los derechos de autor (“copyright”). Aquellos que realicen o ejecuten las obras amparadas por usted, deben hacerlo exclusivamente en su nombre, bajo su dirección y control, en los términos que le prohíban realizar ninguna copia de su trabajo con derechos de autor (“copyright”) fuera de su relación con usted.

La transmisión bajo otras circunstancias se permite únicamente bajo las condiciones expuestas a continuación. No está permitido sublicenciar, la sección 10 hace que sea innecesario.

4. Protección de los Derechos Legales de los Usuarios frente a la Ley Antievasión.

185 Ninguna obra amparada debe considerarse parte de una medida tecnológica  
 186 efectiva, a tenor de lo establecido en cualquier ley aplicable que cumpla  
 187 las obligaciones expresas en el artículo 11 del tratado de derechos de  
 188 autor (“copyright”) de WIPO adoptado el 20 de diciembre de 1996, o leyes  
 189 similares que prohíban o restrinjan la evasión de tales medidas.  
 190 Cuando transmita una obra amparada, renuncia a cualquier poder legal para  
 191 prohibir la evasión de medidas tecnológicas mientras tales evasiones se  
 192 realicen en ejercicio de derechos amparados por esta Licencia respecto a  
 193 la obra amparada; además, usted renunciará a cualquier intención de  
 194 limitar el uso o modificación del trabajo con el objetivo de imponer,  
 195 contra el trabajo de los usuarios, sus derechos legales o los de terceros  
 196 para prohibir la evasión de medidas tecnológicas.

197 5. Transmisión de copias literales.

198 Usted podrá distribuir copias literales del código fuente del Programa  
 199 tal cual lo ha recibido, por cualquier medio, siempre que publique  
 200 visible y apropiadamente en cada copia el correspondiente aviso de  
 201 derechos de autor (“copyright”); mantenga intactos todos los avisos que  
 202 establezcan que esta Licencia y cualquier cláusula no-permisiva añadida  
 203 acorde con la cláusula 7 son aplicables al código; mantenga intactos  
 204 todos los avisos de ausencia de garantía; y proporcione a todos los  
 205 destinatarios una copia de esta Licencia junto con el Programa.  
 206 Usted podrá cobrar cualquier importe o no cobrar nada por cada copia que  
 207 distribuya, y podrá ofrecer soporte o protección de garantía mediante un  
 208 pago.

209 6. Transmisión de Versiones Modificadas de la Fuente.

210 Usted puede transmitir una obra basada en el Programa, o las  
 211 modificaciones para generarla a partir del Programa, en la forma de  
 212 código fuente bajo los términos de la sección 4, suponiendo que además  
 213 cumpla las siguientes condiciones:

214 a. La obra debe incluir avisos destacados indicando que usted la ha  
 215 modificado y dando una fecha pertinente.

216 b. La obra debe incluir avisos destacados indicando que está liberada  
 217 bajo esta Licencia y cualquier otra condición añadida bajo la  
 218 sección 7. Este requerimiento modifica los requerimientos de la  
 219 sección 4 de “mantener intactos todos los avisos”.

220 c. Usted debe licenciar la obra entera, como una unidad, bajo esta  
 221 Licencia para cualquier persona que esté en posesión de una copia.  
 222 Esta Licencia se aplicará por consiguiente, junto con cualquier  
 223 término aplicable adicional de la sección 7, a la totalidad de la  
 224 obra, y a todos sus componentes, independientemente de como estén  
 225 empaquetados. Esta Licencia no da permiso para licenciar la obra de  
 226 otra forma, pero no invalida esos permisos si usted los ha recibido  
 227 de forma separada.

228 d. Si la obra tiene interfaces de usuario interactivas, cada una debe  
 229 mostrar los Avisos Legales Apropiados; sin embargo, si el Programa  
 230 tiene interfaces interactivas que no muestren los Avisos Legales  
 231 Apropiados, tampoco es necesario que su obra lo haga.

232 Una recopilación de una obra amparada con otras obras separadas e  
 233 independientes, que no son por su naturaleza extensiones de la obra  
 234 amparada, y que no se combinan con ella con el fin de formar un programa  
 235 más grande, en o sobre un volumen de un medio de almacenamiento o  
 236 distribución, es llamado un “agregado” si la recopilación y su resultante  
 237 derechos de autor (“copyright”) no son usados para limitar el acceso o  
 238 los derechos legales de los usuarios de la recopilación más allá de lo  
 239 que las obras individuales permitan. La inclusión de una obra amparada en  
 240 un agregado no provoca que esta Licencia se aplique a los otros  
 241 componentes del agregado.

242 7. Transmisión en Forma de No-Fuente.

243 Usted puede transmitir una obra amparada en forma de código objeto bajo  
 244 los términos de las secciones 4 y 5, siempre que también transmita la  
 245 Fuente Correspondiente legible por una máquina bajo los términos de esta  
 246 Licencia, de una de las siguientes formas:

247 a. Transmitir el código objeto en, o embebido en, un producto físico  
 248 (incluyendo medios de distribución físicos), acompañado de la  
 249 Fuente Correspondiente en un medio físico duradero habitual para el  
 250 intercambio de software.

251 b. Transmitir el código objeto en, o embebido en, un producto físico  
 252 (incluyendo medios de distribución físicos), acompañado de un  
 253 ofrecimiento escrito, válido durante al menos tres años y válido  
 254 mientras usted ofrezca recambios o soporte para ese modelo de

255 producto, de dar a cualquiera que posea el código objeto o (1) una  
 256 copia de la Fuente Correspondiente de todo el software en el  
 257 producto amparado por esta Licencia, en un medio físico duradero  
 258 habitual para el intercambio de software, por un precio no más  
 259 elevado que el coste razonable de la realización física de la  
 260 transmisión de la fuente, o (2) acceso para copiar la Fuente  
 261 Correspondiente de un servidor de red sin costo alguno.  
 262 c. Transmitir copias individuales del código objeto con una copia del  
 263 ofrecimiento escrito de proveer la Fuente Correspondiente. Esta  
 264 alternativa está permitida solo ocasionalmente sin fines  
 265 comerciales, y solo si usted ha recibido el código objeto con ese  
 266 ofrecimiento, de acuerdo con la subsección 6b.  
 267 d. Transmitir el código objeto ofreciendo acceso desde un lugar  
 268 determinado (gratuitamente o mediante pago), y ofrecer acceso  
 269 equivalente a la Fuente Correspondiente de la misma manera en el  
 270 mismo lugar sin cargo adicional. No es necesario exigir a los  
 271 destinatarios que copien la Fuente Correspondiente junto con el  
 272 código objeto. Si el lugar para copiar el código objeto es un  
 273 servidor de red, la Fuente Correspondiente puede estar en un  
 274 servidor diferente (gestionado por usted o un tercero) que soporte  
 275 facilidades de copia equivalentes, siempre que mantenga  
 276 instrucciones claras junto al código objeto especificando dónde  
 277 encontrar la Fuente Correspondiente. Independientemente de qué  
 278 servidor albergue la Fuente Correspondiente, usted seguirá estando  
 279 obligado a asegurar que está disponible durante el tiempo que sea  
 280 necesario para satisfacer estos requisitos.  
 281 e. Transmitir el código objeto usando una transmisión peer-to-peer,  
 282 siempre que informe a los otros usuarios donde se ofrece el código  
 283 objeto y la Fuente Correspondiente de la obra al público general de  
 284 forma gratuita bajo la subsección 6d.  
 285 Una porción separable del código objeto, cuyo código fuente está excluido  
 286 de la Fuente Correspondiente, como una Biblioteca del Sistema, no  
 287 necesita ser incluida en la distribución del código objeto de la obra.  
 288 Un "Producto de Usuario" es o (1) un "producto de consumo", lo que  
 289 significa cualquier propiedad tangible personal que es usada  
 290 habitualmente con fines personales, familiares o domésticos, o (2)  
 291 cualquier cosa diseñada o vendida para ser incorporada en una vivienda. A  
 292 la hora de determinar cuando un producto es un producto de consumo, los  
 293 casos dudosos serán resueltos en favor de la cobertura. Para un producto  
 294 concreto recibido por un usuario concreto, "uso habitual" se refiere a un  
 295 uso típico y común de esa clase de producto, sin tener en cuenta el  
 296 estado del usuario concreto o la forma en la que el usuario concreto  
 297 realmente use, o espera o se espera que use, el producto. Un producto es  
 298 un producto de consumo independientemente de si el producto tiene usos  
 299 esencialmente comerciales, industriales o no comerciales, a menos que  
 300 dicho uso constituya el único modo de uso significativo del producto.  
 301 La "Información de Instalación" de un Producto de Usuario quiere decir  
 302 cualquier método, procedimiento, clave de autorización, u otra  
 303 información requerida para instalar y ejecutar versiones modificadas de  
 304 la obra amparada en ese Producto de Usuario a partir de una versión  
 305 modificada de su Fuente Correspondiente. La información debe ser  
 306 suficiente para garantizar que el funcionamiento continuado del código  
 307 fuente modificado no se prevenido o interferido por el simple hecho de  
 308 que ha sido modificado.  
 309 Si usted transmite una obra en código objeto bajo esta sección en, o con,  
 310 o específicamente para usar en, un Producto de Usuario, y la transmisión  
 311 tiene lugar como parte de una transacción en la cual el derecho de  
 312 posesión y uso de un Producto de Usuario es transferido a un destinatario  
 313 en perpetuidad o por un periodo establecido (independientemente de cómo  
 314 se caracterice la operación), la Fuente Correspondiente transmitida bajo  
 315 esta sección debe estar acompañada de la Información de Instalación. Pero  
 316 este requisito no se aplica si ni usted ni ningún tercero tiene la  
 317 capacidad de instalar código objeto modificado en el Producto de Usuario  
 318 (por ejemplo, la obra ha sido instalada en la ROM).  
 319 El requisito de proveer de la Información de Instalación no incluye el  
 320 requisito de continuar proporcionando asistencia, garantía, o  
 321 actualizaciones para una obra que ha sido modificada o instalada por el  
 322 destinatario, o para un Producto de Usuario en el cual ha sido modificada  
 323 o instalada. El acceso a una red puede ser denegado cuando la  
 324 modificación en sí afecta materialmente y adversamente el funcionamiento

de la red o viola las reglas y protocolos de comunicación de la red.  
La Fuente Correspondiente transmitida, y la Información de Instalación proporcionada, de acuerdo con esta sección debe estar en un formato que sea documentado públicamente (y con una implementación disponible para el público en formato de código fuente), y no deben necesitar contraseñas o claves particulares para la extracción, lectura o copia.

#### 8. Términos adicionales.

Los “Permisos adicionales” son términos que se añaden a los términos de esta Licencia haciendo excepciones de una o más de una de sus condiciones. Los permisos adicionales que son aplicables al Programa entero deberán ser tratados como si estuvieran incluidos en esta Licencia, en la medida bajo la ley aplicable. Si los permisos adicionales solo son aplicables a parte del Programa, esa parte debe ser usada separadamente bajo esos permisos, pero el Programa completo queda bajo la autoridad de esta Licencia sin considerar los permisos adicionales.

Cuando se transmite una copia de una obra derivada, se puede opcionalmente quitar cualesquiera permisos adicionales de esa copia, o de cualquier parte de ella. Los permisos adicionales pueden ser escritos para requerir su propia eliminación bajo ciertos casos cuando se modifica la obra. Se pueden colocar permisos adicionales en material, añadidos a una obra derivada, para los cuales se establecen o se pueden establecer los permisos de derechos de autor (“copyright”) apropiados.

No obstante cualquier otra disposición de esta Licencia, para el material que se añade a una obra derivada, se puede (si está autorizado por los titulares de los derechos de autor (“copyright”) del material) añadir los términos de esta Licencia con los siguientes términos:

- a. Ausencia de garantía o limitación de responsabilidad diferente de los términos de las secciones 15 y 16 de esta Licencia; o
- b. Exigir la preservación de determinados avisos legales razonables o atribuciones de autor en ese material o en los Avisos Legales Apropriados mostrados por los obras que lo contengan; o
- c. Prohibir la tergiversación del origen de ese material, o requerir que las versiones modificadas del material se marquen de maneras razonables como diferentes de la versión original; o
- d. Limitar el uso con fines publicitarios de los nombres de los licenciantes o autores del material; o
- e. Negarse a ofrecer derechos concedidos por leyes de registro para el uso de alguno nombres comerciales, marcas registradas o marcas de servicio; o
- f. Exigir la compensación de los licenciantes y autores de ese material por cualquiera que distribuya el material (o versiones modificadas del mismo) estableciendo obligaciones contractuales de responsabilidad sobre el destinatario, por cualquier responsabilidad que estas obligaciones contractuales impongan directamente sobre los licenciantes y autores.

Todos los demás términos adicionales no permisivos son consideradas “restricciones extra” en el sentido de la sección 10. Si el Programa, tal cual se recibió, o cualquier parte del mismo, contiene un aviso indicando que se encuentra cubierto por esta Licencia junto con un término que es otra restricción, se puede quitar ese término. Si un documento de licencia contiene una restricción adicional, pero permite relicenciar o redistribuir bajo esta Licencia, se puede añadir a un material de la obra derivada bajo los términos de ese documento de licencia, a condición de que dicha restricción no sobreviva el relicenciamiento o redistribución. Si se añaden términos a una obra derivada de acuerdo con esta sección, se debe colocar, en los archivos fuente involucrados, una declaración de los términos adicionales aplicables a esos archivos, o un aviso indicando donde encontrar los términos aplicables.

Los términos adicionales, permisivos o no permisivos, pueden aparecer en forma de una licencia escrita por separado, o figurar como excepciones; los requisitos anteriores son aplicables en cualquier forma.

#### 9. Conclusiones.

Usted no podrá propagar o modificar una obra amparada salvo lo expresamente permitido por esta Licencia. Cualquier intento diferente de propagación o modificación será considerado nulo y automáticamente se anularán sus derechos bajo esta Licencia (incluyendo las licencias de patentes concedidas bajo el tercer párrafo de la sección 11).

Sin embargo, si usted deja de violar esta Licencia, entonces su licencia de un titular de los derechos de autor (“copyright”) correspondiente será restituida (a) provisionalmente, a menos que y hasta que el titular de

los derechos de autor (“copyright”) explícita y finalmente termine su licencia, y (b) permanentemente, si el titular del copyright no le ha notificado su violación por algún medio razonable antes de los 60 días siguientes a la cesación.

Además, su licencia de un titular de los derechos de autor (“copyright”) correspondiente será restituida permanentemente si el titular de los derechos de autor (“copyright”) le notifica la violación por algún medio razonable, siendo ésta la primera vez que recibe la notificación de violación de esta Licencia (para cualquier obra) de ese titular de los derechos de autor (“copyright”), y usted subsana la violación antes de 30 días después de la recepción de la notificación.

La cancelación de sus derechos bajo esta sección no da por canceladas las licencias de terceros que hayan recibido copias o derechos de usted bajo esta Licencia. Si sus derechos han sido cancelados y no fueran renovados de manera permanente, usted no cumple los requisitos para recibir nuevas licencias para el mismo material bajo la sección 10.

10. Aceptación No Obligatoria por Tenencia de Copias.

Usted no está obligado a aceptar esta Licencia por recibir o ejecutar una copia del Programa. La propagación adicional de una obra amparada surgida únicamente como consecuencia de usar una transmisión peer-to-peer para recibir una copia tampoco requiere aceptación. Sin embargo, esta Licencia solo le otorga permiso para propagar o modificar cualquier obra amparada. Estas acciones infringen los derechos de autor (“copyright”) si usted no acepta esta Licencia. Por lo tanto, al modificar o distribuir una obra amparada, usted indica que acepta esta Licencia para poder hacerlo.

11. Herencia Automática de Licencia para Destinatarios.

Cada vez que transmita una obra amparada, el destinatario recibirá automáticamente una licencia de los licenciadores originales, para ejecutar, modificar y distribuir esa obra, sujeto a esa Licencia. Usted no será responsable de asegurar el cumplimiento de esta Licencia por terceros.

Una “transacción de entidad” es una transacción que transfiere el control de una organización, o sustancialmente todos los bienes de una, o subdivide una organización, o fusiona organizaciones. Si la propagación de una obra amparada surge de una transacción de entidad, cada parte en esa transacción que reciba una copia de la obra también recibe todas las licencias de la obra que la parte interesada tuviese o pudiese ofrecer según el párrafo anterior, además del derecho a tomar posesión de las Fuentes Correspondientes de la obra a través del predecesor interesado, si el predecesor tiene o puede conseguirla con un esfuerzo razonable. Usted no podrá imponer ninguna restricción posterior en el ejercicio de los derechos otorgados o concedidos bajo esta Licencia. Por ejemplo, usted no puede imponer un pago por licencia, derechos u otros cargos por el ejercicio de los derechos otorgados bajo esta Licencia, y no puede iniciar litigios (incluyendo demandas o contrademandas en pleitos) alegando cualquier reclamación de violación de patentes por cambiar, usar, vender, ofrecer en venta o importar el Programa o alguna parte del mismo.

12. Patentes.

Un “colaborador” es un titular de los derechos de autor (“copyright”) que autoriza, bajo los términos de la presente Licencia, el uso del Programa o una obra en la que se base el Programa. La obra así licenciada se denomina “versión en colaboración” del colaborador.

Las “demandas de patente esenciales” del colaborador son todas las reivindicaciones de patentes poseídas o controladas por el colaborador, ya se encuentren adquiridas o hayan sido adquiridas con posterioridad, que sean infringidas de alguna manera, permitidas por esta Licencia, al hacer, usar o vender la versión en colaboración, pero sin incluir demandas que solo sean infringidas como consecuencia de modificaciones posteriores de la versión en colaboración. Para los propósitos de esta definición, “control” incluye el derecho de conceder sublicencias de patente de forma consistente con los requisitos establecidos en la presente Licencia.

Cada colaborador le concede una licencia de la patente no-exclusiva, global y libre de regalías bajo las demandas de patente esenciales del colaborador, para hacer, usar, modificar, vender, ofrecer para venta, importar y otras formas de ejecución, modificación y difusión del contenido de la versión en colaboración.

En los siguientes tres párrafos, una “licencia de patente” se define como cualquier acuerdo o compromiso expreso, cualquiera que sea su



denominación, que no imponga una patente (como el permiso expreso para ejecutar una patente o acuerdos para no imponer demandas por infracción de patente). “Conceder” una licencias de patente de este tipo a un tercero significa hacer tal tipo de acuerdo o compromiso que no imponga una patente al tercero.

Si usted transmite una obra amparada, conociendo que está amparada por una licencia de patente, y las Fuentes Correspondientes no se encuentran disponibles de forma pública para su copia, sin cargo alguno y bajo los términos de esta Licencia, ya sea a través de un servidor público o mediante cualquier otro medio, entonces usted deberá (1) hacer que las Fuentes Correspondientes sean públicas, o (2) tratar de eliminar los beneficios de la licencia de patente para esta obra en particular, o (3) tratar de extender, de manera compatible con los requisitos de esta Licencia, la licencia de patente a terceros. “Conocer que está afectado” significa que usted tiene conocimiento real de que, para la licencia de patente, la distribución de la obra amparada en un país, o el uso de la obra amparada por sus destinatarios en un país, infringiría una o más patentes existentes en ese país que usted considera válidas por algún motivo.

Si en virtud de o en conexión con alguna transacción o acuerdo, usted transmite, o difunde con fines de distribución, una obra amparada, y concede una licencia de patente para algún tercero que reciba la obra amparada, y les autorice a usar, transmitir, modificar o difundir una copia específica de la obra amparada, entonces la licencia de patente que usted otorgue se extiende automáticamente a todos los receptores de la obra amparada y cualquier obra basada en ella.

Una licencia de patente es “discriminatoria” si no incluye dentro de su ámbito de cobertura, prohíbe el ejercicio de, o está condicionada a no ejercitar uno o más de los derechos que están específicamente otorgados por esta Licencia. Usted no debe transmitir una obra amparada si está implicado en un acuerdo con terceros que esté relacionado con el negocio de la distribución de software, en el que usted haga pagos a terceros relacionados con su actividad de distribución de la obra, bajo el que terceros conceden, a cualquier receptor de la obra amparada, una licencia de patente discriminatoria (a) en relación con las copias de la obra amparada transmitidas por usted (o copias hechas a partir de estas), o (b) principalmente para y en relación con productos específicos o compilaciones que contengan la obra amparada, a menos que usted forme parte del acuerdo, o que esa licencia de patente fuese concedida antes del 28 de marzo de 2007.

Ninguna cláusula de esta Licencia debe ser considerada como excluyente o limitante de cualquier otra licencia implicada u otras defensas legales a que pudiera tener derecho bajo la ley de propiedad intelectual vigente.

13. No Abandonar la Libertad de Otros.

Si se le imponen condiciones (bien sea por orden judicial, acuerdo o de otra manera) que contradicen las condiciones de esta Licencia, estas no le eximen de las condiciones de esta Licencia. Si usted no puede transmitir una obra amparada de forma que pueda satisfacer simultáneamente sus obligaciones bajo esta Licencia y cualesquiera otras obligaciones pertinentes, entonces, como consecuencia, usted no puede transmitirla. Por ejemplo, si usted está de acuerdo con los términos que le obligan a cobrar una regalía por la transmisión a aquellos a los que transmite el Programa, la única forma en la que usted podría satisfacer tanto esos términos como esta Licencia sería abstenerse completamente de transmitir el Programa.

14. Utilización con la Licencia Pública General Affero de GNU.

A pesar de cualquier otra disposición de esta Licencia, usted tiene permiso para enlazar o combinar cualquier obra amparada con una obra licenciada bajo la Licencia Pública General Affero de GNU en una única obra combinada, y para transmitir la obra resultante. Los términos de esta Licencia continuarán aplicándose a la parte que es la obra amparada, pero los requisitos particulares de la Licencia Pública General Affero de GNU, sección 13, concernientes a la interacción a través de una red se aplicarán a la combinación como tal.

15. Versiones Revisadas de esta Licencia.

La Free Software Foundation puede publicar versiones revisadas y/o nuevas de la Licencia General Pública de GNU de vez en cuando. Cada nueva versión será similar en espíritu a la versión actual, pero puede diferir en detalles para abordar nuevos problemas o preocupaciones. Cada versión recibe un número de versión distintivo. Si el Programa

especifica que cierta versión numerada de la Licencia General Pública de GNU “o cualquier versión posterior” se aplica a él, usted tiene la opción de seguir los términos y condiciones de esa versión numerada o de cualquier versión posterior publicada por la Free Software Foundation. Si el Programa no especifica un número de versión de la Licencia General Pública de GNU, usted puede escoger cualquier versión publicada por la Free Software Foundation.

Si el Programa especifica que un representante puede decidir que versiones futuras de la Licencia General Pública de GNU pueden ser utilizadas, la declaración pública del representante de aceptar una versión permanentemente le autoriza a usted a elegir esa versión para el Programa.

Las versiones posteriores de la licencia pueden darle permisos adicionales o diferentes. No obstante, no se impone a ningún autor o titular de los derechos de autor obligaciones adicionales como resultado de su elección de seguir una versión posterior.

#### 16. Descargo de Responsabilidad de Garantía.

NO HAY GARANTÍA PARA EL PROGRAMA, PARA LA EXTENSIÓN PERMITIDA POR LA LEY APLICABLE. EXCEPTO CUANDO SE INDIQUE LO CONTRARIO POR ESCRITO, LOS TITULARES DE LOS DERECHOS DE AUTOR (“COPYRIGHT”) Y/O TERCEROS PROPORCIONAN EL PROGRAMA “TAL CUAL” SIN GARANTÍAS DE NINGÚN TIPO, BIEN SEAN EXPLÍCITAS O IMPLÍCITAS, INCLUYENDO, PERO NO LIMITADO A, LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIALIZACIÓN Y APTITUD PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR. EL RIESGO TOTAL EN CUANTO A CALIDAD Y RENDIMIENTO DEL PROGRAMA ES CON USTED. SI EL PROGRAMA PRESENTA ALGÚN DEFECTO, USTED ASUME EL COSTO DE TODAS LAS REVISIONES NECESARIAS, REPARACIONES O CORRECCIONES.

#### 17. Limitación de la responsabilidad.

EN NINGÚN CASO A MENOS QUE SEA REQUERIDO POR UNA LEY APLICABLE O ACUERDO ESCRITO NINGÚN TITULAR DE LOS DERECHOS DE AUTOR (“COPYRIGHT”), O NINGÚN TERCERO QUE MODIFIQUE Y/O TRANSMITA EL PROGRAMA COMO SE PERMITE ANTERIORMENTE, SERÁ RESPONSABLE ANTE USTED POR DAÑOS, INCLUYENDO CUALESQUIERA DAÑOS GENERALES, PARTICULARES, IMPREVISTOS O DERIVADOS DEL USO O IMPOSIBILIDAD DE USO DEL PROGRAMA (INCLUYENDO, PERO NO LIMITADO A, LA PÉRDIDA DE DATOS, DATOS GENERADOS INCORRECTOS, PÉRDIDAS SUFRIDAS POR USTED O POR TERCERAS PERSONAS, O LOS FALLOS DEL PROGRAMA PARA OPERAR CON OTROS PROGRAMAS), INCLUSO SI DICHO TITULAR O UN TERCERO HA SIDO ADVERTIDO DE LA POSIBILIDAD DE TALES DAÑOS.

#### 18. Interpretación de las Secciones 15 y 16.

Si el descargo de responsabilidad de garantía y el límite de responsabilidad proporcionado anteriormente no tiene efectos legales de acuerdo a sus términos, los juzgados deberán aplicar la ley local que más se asemeje a una renuncia absoluta de la responsabilidad civil concerniente al Programa, a menos que una garantía o una asunción de responsabilidad acompañe a la copia del Programa como resultado del pago de una tasa.

Fin de los términos y condiciones

581  
582

#### Cómo Aplicar Estos Términos a Sus Nuevos Programas

Si desarrolla un nuevo programa, y quiere que sea lo más usado posible por el público, la mejor manera de conseguirlo es hacerlo software libre para que cualquiera pueda redistribuirlo y modificarlo bajo estos términos.

Para ello, añada la siguiente nota al programa. Lo más seguro es añadirla al principio de cada fichero fuente para declarar más efectivamente la exclusión de garantía; y cada fichero debe tener al menos la línea de “derechos de autor (“copyright”)” y un puntero a donde se pueda encontrar la anotación completa.

<una línea para dar el nombre del programa y una breve idea de lo que hace>

Copyright (C) <año> <nombre del autor>

595  
596

Este programa es software libre: puede redistribuirlo y/o modificarlo bajo los términos de la Licencia General Pública de GNU publicada por la Free Software Foundation, ya sea la versión 3 de la Licencia, o (a su elección) cualquier versión posterior.

601

Este programa se distribuye con la esperanza de que sea útil pero SIN NINGUNA GARANTÍA; incluso sin la garantía implícita de MERCANTIBILIDAD o CALIFICADA PARA UN PROPÓSITO EN PARTICULAR. Vea la Licencia General

602  
603  
604

605       Pública de GNU para más detalles.  
606  
607       Usted ha debido de recibir una copia de la Licencia General Pública  
608       de GNU junto con este programa. Si no, vea <<http://www.gnu.org/licenses/>>.  
609  
610       También añade información sobre cómo contactarle por correo electrónico u  
611       ordinario.  
612       Si el programa es interactivo, haga que muestre un breve aviso como el  
613       siguiente cuando se inicie en modo interactivo:  
614       <programa> Copyright (C) <año> <nombre del autor>  
615       Este programa se ofrece SIN GARANTÍA ALGUNA; escriba `show w' para  
616       consultar los detalles. Este programa es software libre, y usted puede  
617       redistribuirlo bajo ciertas condiciones; escriba `show c' para más  
618       información.  
619       Los hipotéticos comandos show w y show w deberán mostrar las partes  
620       correspondientes de la Licencia General Pública. Por supuesto, los  
621       comandos en su programa pueden ser diferentes; para una interfaz gráfica  
622       de usuario, puede usar un mensaje del tipo “Acerca de”.  
623       También debería conseguir que su empresa (si trabaja como programador) o  
624       escuela, en su caso, firme una “renuncia de derechos de autor  
625       (“copyright”)” sobre el programa, si fuese necesario. Para más  
626       información a este respecto, y saber cómo aplicar y cumplir la licencia  
627       GNU GPL, consulte <http://www.gnu.org/licenses/>.  
628       La Licencia General Pública de GNU no permite incorporar sus programas  
629       como parte de programas propietarios. Si su programa es una subrutina en  
630       una biblioteca, podría considerar mucho más útil permitir el enlace de  
631       aplicaciones propietarias con la biblioteca. Si esto es lo que quiere  
632       hacer, utilice la GNU Lesser General Public License en vez de esta  
633       Licencia. Pero primero, por favor consulte  
634       <http://www.gnu.org/philosophy/why-not-lgpl.html>.

This work is licensed under a Creative Commons «Attribution-ShareAlike 4.0 International» license.

