

ARTÍCULO MONOGRÁFICO

Linux en router inalámbricos Linksys*

[Linux in wireless router Linksys]

HAROL HEDER GARCÍA-ZAPATA¹
VÍCTOR ALEJANDRO CAICEDO-QUICENO²

RECIBO: 13.03.2010 - AJUSTE: 25.04.2010 - APROBACIÓN: 10.05.2010

Resumen

El crecimiento de firmware en Linux, ha llegado a desarrollar varias herramientas que permitan adaptar equipos inalámbricos a las necesidades de sus compradores. Así mismo la facilidad de acceder a la documentación y soporte que se prestan en Internet con referente a estos sistemas es suficiente, para las personas que tengan poco conocimiento y deseen implementar estas herramientas.

Por lo anterior se inicia con la actividad de consultar en la región, sobre implementaciones de sistemas embebidos en Linux para router inalámbricos, pero los resultados fueron negativos, Eso da paso a que surja una investigación en Internet de sistemas embebidos para Linux y por ende innovar con la instalación del DD-WRT y algunos servicios de red en un dispositivo Linksys WRT54GL.

Con los pasos anteriores, de este artículo, se espera que sea el inicio para que otras personas hagan uso de estas herramientas, que no solo están en el área de las comunicaciones, sino incursionando en los hogares, y que buscan beneficios de tipo: económico, colaborativo, y una adecuada utilización recursos.

Palabras Clave: Linksys, router, Linux, firmware, wireless, wifi

* Modelo para citación:

GARCÍA ZAPATA, Harol Heder y CAICEDO QUICENO, Víctor Alejandro (2010). Linux en router inalámbricos Linksys. En: Ventana Informática. No. 22 (ene-jun., 2010). Manizales (Colombia): Universidad de Manizales. p. 149-171. ISSN: 0123-9678

- 1 Tecnólogo de Sistema. Estudiante Especialización Tecnológica en Redes, Facultad de Ingeniería Universidad de Manizales. Manizales, Caldas, Colombia.
Contratista, Dirección Territorial de Salud de Caldas, Manizales. Correo electrónico: harolmoscatelq@hotmail.com
- 2 Tecnólogo de Sistema. Estudiante Especialización Tecnológica en Redes, Facultad de Ingeniería Universidad de Manizales. Manizales, Caldas, Colombia.
Analista de Sistemas, Caja de Compensación Familiar de Caldas – Confamiliares. Correo electrónico: victorc6@hotmail.com.

Abstract

The growth of firmware in Linux, has come to develop several tools that enable wireless devices to adapt to the needs of their buyers. Also the ease of access to documentation and support that are provided on the internet with regards to these systems is sufficient for people who have some knowledge and want to deploy these tools.

It starts with the previous consultation activity in the region, embedded systems implementations on Linux wireless router, but the results were negative, That leads to the emergence of a research on the Internet for Linux embedded systems and innovate with the installation of DD-WRT and some network services on a device Linksys WRT54GL.

Whit the previous steps in this article, expected for that is the beginning for others to use these tools, which are not only in the area of communications, but making inroads into our homes, and who seek such benefits: economic, collaborative, and appropriate resource utilization It's a text with a longitude between 60 and 300 words, that it guides the reader to identify the basic content and its relevance, because it presents in a clear and brief way the reach of the article, the main discoveries and the conclusions.

Keywords: *Linksys, router, Linux, firmware, wireless, wifi*

Introducción

En la actualidad, encontrar *Wifi*, *Wireless* o *WLAN* (*Wireless Local Area Netwok*) en cafeterías, hospitales, centros educativos, aeropuertos, hogares, etc. ya es muy común, así mismo, la necesidad de movilidad de las empresas para hacer negocios y de las personas para comunicarse, han hecho de estos equipos una solución práctica para que las entidades puedan brindar conexión a sus usuarios.

La seguridad pasa hacer una parte fundamental de las entidades y hogares no sólo para proteger la información sino también para brindar conexión entre equipos de red. Es por ello que la inversión en dinero que hacen las entidades para la compra de equipos (servidores, *firewall*, *software*, etc.) y en la administración de los mismos es cada vez más alta.

Por otro lado, las compañías fabricantes de equipos tratan obtener beneficios económicos vendiendo el hardware ligado a un software propietario o *firmware*, que vienen con unas opciones limitadas para sus compradores.

Los sistemas embebidos³ para *router* inalámbricos, que permiten a los usuarios configurar más servicios de acuerdo a sus necesidades en los *router* inalámbricos, como son el poder asignar direcciones IP a las estaciones de trabajos, dar un nombre a los equipos en la red, permitir el acceso a otras redes, voz IP, ser cliente del servidor *Samba*⁴, etc., sin necesidad de invertir en servidores que cumplan dichas funciones o en una administración especializada.

Como ejercicio práctico para este artículo, se configuró un *router* inalámbrico marca *Linksys* modelo WRT54GL versión 1.1, que cumple con las especificaciones y al cual le fue eliminado el software propietario y se le instaló uno embebido de Linux proporcionado por un proyecto conocido con el nombre DD-WRT que según DD-WRT (s.f.) es un *firmware*⁵ no oficial para *Linksys* WRT54G/GS/GL y otros *routers* 802.11g basados en un diseño de referencia similar o igual al *Broadcom*, hay que aclarar que existen un gran número de proyectos que se asemejan al DD-WRT, pero esto no implica que los otros proyectos no tengan las mismas o mejores ventajas que el DD-WRT.

La instalación y configuración de estos proyectos pueden tener ventajas como la reducción de costos, fácil adquisición, la estandarización de software para la administración de los *router* inalámbricos y la fácil aplicabilidad en Mipymes (Microempresas, Pequeñas y Medianas Empresas), lo cual ha llevado a varios casos en el país, especialmente en la ciudad de Bogotá.

1. Proyectos de Linux para firmware en routers inalámbricos

En el medio existen varios proyectos en Linux, no sólo en equipos de cómputo sino también electrodomésticos, como lo refiere Catrin (2009), cuando señala un hecho poco conocido: televisores de gama alta que utilizan Linux para implementar características avanzadas. Se trata de versiones del sistema operativo especialmente acondicionadas para reproducir, directamente en el televisor, medios digitales disponibles a través de la red o unidades USB, como películas, música y juegos.

3 Son dispositivos usados para controlar equipos, operación de maquinarias o plantas industriales completas. El término *embebido* (también se lo conoce como *incrustado* o *embutido*) está caracterizando que esos circuitos integrados son una parte integral del sistema en que se encuentran.

4 Servidor Samba basado en el protocolo SMB (*Server Message Block*), permite que las máquinas Windows puedan acceder a Redes Linux y compartir recursos entre sí. Siendo un recurso un sistema de archivos o una impresora

5 Es un programa de control instalado en los productos para elevar su eficiencia.

Otros ejemplos de empresas especializadas en el desarrollo de sistemas embebidos basado en Linux: son listados por Gutiérrez (2008):

- Green Hills. Empresa especializada en el desarrollo de sistemas embebidos para electrónica de consumo, compiladores y una serie de herramientas multiplataforma, dispone de los productos *Integrity* y *veLOsity*.
- Wind River. Empresa especializada en el desarrollo de sistemas embebidos para electrónica de consumo como equipos de comunicaciones, televisores, set top boxes, etc., dispone de los productos *VxWorks* y *Wind River Linux*.
- MontaVista. Empresa especializada en el desarrollo de sistemas embebidos basados en Linux como electrónica del automóvil, equipos de comunicaciones, televisores, set top boxes, etc., dispone de los productos *Mobilinux* y *Real Time Linux*.
- Las características que debe considerarse para instalar un *firmware* bajo Linux es que: - brinda libertad, al poder ser configurado totalmente por el usuario, - las fallas de seguridad son reportados por *hackers* al proyecto, - optimiza los recursos de la máquina donde es instalado, existen foros de discusiones para soluciones de problemas y - el bajo costo.

Por lo anterior, Linux ha sido clave en la elaboración varios proyectos que sirven para la configuración de los *router* inalámbricos, es así como se mencionarán algunos de los proyectos más significativos y que cumplen la función de sistemas embebidos, tales como:

1.1 El inicio en los firmware para routers inalámbricos OpenWRT

Es una distribución de Linux basada en *firmware* usada para sistemas embebidos como *routers* personales; si bien al inicio, como dice Linux-os (2008), el soporte fue limitado originalmente al modelo *Linksys WRT54G*, pero desde su rápida expansión se ha incluido soporte para otros fabricantes y dispositivos, incluidos el *Netgear*, *D-Link*, *Asus* y algunos otros. El *router* más popular sigue siendo el *Linksys WRT54G* y el *Asus WL500G*. Para la configuración del *OpenWRT* se utiliza principalmente un interfaz de línea de comando, pero también dispone de una interfaz Web en constante mejora, su soporte técnico es provisto como en la mayoría de los proyectos *OpenSource*⁶, a través de foros y su canal IRC (*Internet Relay Chat*).

6 Código Abierto. Es un término que empezó a utilizarse en 1998 por algunos usuarios de la comunidad de software libre.

El desarrollo de *OpenWRT*, fue impulsado bajo GPL (*General Public Licence*), ya que por ser de carácter de *software* libre, ayuda a que muchas personas y comunidades del mundo colaboren en su desarrollo y actualizaciones. Este tipo de contribuciones hacen que el *firmware* haya evolucionado; Evolución que no ha pasado con otros proveedores de este tipo de herramientas, tales como QoS (*Quality of Service*), VPN (*Virtual Private Network*).

El crecimiento del *firmware OpenWRT*, lo han llevado a posicionarse como el sistema más potente del mercado al sacar provecho de los equipos, no solo como *router*, sino como servidores de archivo, nodos P2P (Red de Pares), Servidores de *WEBcams*, *firewall* o VPN siendo potente y versátil.

1.2 FreeWRT

FreeWRT como el *OpenWRT* es una distribución de Linux para sistemas embebidos, usada en las marcas Linksys y Asus ó como *FreeWRT* (s.f.), cuya iniciativa es una acción en contra de algunos casos de violación de la GPL por Sveasoft Inc⁷ y su fundador.

Es así que *FreeWRT* es una rama del proyecto *OpenWRT* y por lo tanto no debe ser confundido con otro proyecto con el mismo nombre, *FreeWRT*, copiado por Sveasoft, en el cual el soporte lógico era inalterable queriendo con esto decir que su código no era abierto, agrediendo así los principios de la GPL.

El inicio de este sistema tuvo una estimulación adicional por parte de la comunidad del desarrollo de *OpenWRT* (s.f.) descrita como intransparente por los fundadores de *FreeWTR*, ya que no todas las funciones están disponibles con software de código abierto, por ejemplo el apoyo de *WiFi* en WRT54GL necesita un módulo de núcleo de propiedad wl.o que sólo está disponible para Linux 2.4.

1.3 Freifunk

El *Freifunk firmware* es una evolución en esta gama de sistemas embebidos, puede ser instalado en un enrutador inalámbrico para configurar un típico nodo OLSR⁸(*Optimized Link State Routing*) rápida y fácilmente.

7 Compañía ubicada en *Stockton*, California, dedica en el desarrollo de sistemas embebidos para equipos inalámbricos apoyada en Linux, cuyo fundador es James Huston Ewing.

8 «Is a routing protocol for mobile ad-hoc networks. The protocol is pro-active, table driven and utilizes a technique called multipoint relaying for optimized message flooding. olsrd also implements a popular optional link quality extension» (OLSRD, s.f.).

te. El *firmware* corre en enrutadores como: Linksys WRT54G-V2.0, WRT54G-V2.2, WRT54GS-V2.0, WAP54G-V2.0 (4Mb Flash), WAP54G-V2.0 (2 Mb Flash) y en los dispositivos AllNet 0277 (sólo disponible en Alemania). Varias personas han enviado su aceptación y acogida en el funcionamiento del *firmware* en los enrutadores WRT54G-V1.1 y WRT54GS-V1.1 ampliando así su lista de servicios y soporte en estos tipos de dispositivos inalámbricos.

Básicamente el *firmware* de *Freifunk* es una versión preconfigurada y estable del *OpenWRT*, con una interface web, en donde los usuarios podrán hacer las configuraciones de los servicios de una manera más amable (modo gráfico) y menos traumática (modo consola), en el caso de los consumidores con poca experiencia en la implementación de servicios disponibles para este tipo de sistemas.

1.4 OpenNET firmware

Basado principalmente en *OpenWRT* y partes de *Freikunk*, este *firmware* adoptó muchas de las características de algunos sistemas posteriores, básicamente su funcionamiento y configuración es la fusión de diferentes proyectos Linux *firmware* para *routers* inalámbricos. Debido a la escasa información y actualización de este producto y a la poca distribución de soporte del software en la red, el *OpenNET* es relegado por la gran mayoría de los usuarios de *firmware* en el campo de los desarrollos para *router* inalámbricos específicamente.

1.5 Tomato

Se destaca por ser pequeño, eficiente y simple para dispositivos inalámbricos WRT54G/GL/GS de *Linksys*, *Buffalo* WHR-G54S/WHR-HP-G54 y otros enrutadores basados en Broadcom, en donde se incluye una nueva GUI (Interfaz Gráfica del Usuario) fácil de usar y su meta principal es la estabilidad, velocidad y eficacia.

Como en *firmware* anteriores, *Tomato* cuenta con una interfaz web en donde se puede monitorear bajo gráficas y en tiempo real el uso del canal de internet o intranet para detectar funciones de acceso restringido, QoS, Mayor capacidad para soportar múltiples conexiones desde P2P y soporte para *wireless* a 125 *High Speed Mode* (comercializado por *Linksys* como *SpeedBooster*).

Las funciones principales de *Tomato* son:

- Interfaz gráfica de usuario dinámicamente interactiva utilizando *Ajax* (una técnica para crear páginas web interactivas que se actualizan sin necesidad de refrescar la página), SVG (Gráficos vectoriales

escalables que proporcionan gráficos de calidad en un navegador) y máscaras (*themes*) en esquema de color CSS (que permite cambiar las máscaras de los menús de configuración).

- CLI (usando BusyBox⁹) con acceso vía Telnet o ssh¹⁰ (usando *Dropbear*¹¹).
- Servidor DHCP (Protocolo de Configuración de Host Dinámico) (usando *Dnsmasq*) con renovación dinámica o estática de DHCP.
- *Redireccionador* de DNS (Servidor de Nombres de Dominio) (usando *Dnsmasq*) con nombres de máquinas locales, nombres de dominio locales, y almacenamiento de direcciones de Internet.
- *Netfilter*¹²/*iptables* con ajustes personalizados. Filtros IPP2P y I7.
- *Wake-on-LAN* (Despertar un PC desde la LAN). También se puede realizar vía Internet usando *magic packet*.
- QoS¹³ Avanzado: 10 clases de QoS definidas, gráfica de pastel en tiempo real con priorización de tráfico y detalle visible dentro de cada clase.
- QoS por IP/MAC (función modificada por Vitek): Permite fijar las velocidades máximas de subida y bajada por IP+MAC, la prioridad dentro de un grupo de IP+MAC y el número máximo de conexiones en TCP y UDP para cada IP+MAC
- Estadísticas de ancho de banda en: Tiempo real, últimas 24 horas, semanalmente y mensualmente con suma de volumen de datos subidos y bajados.
- Modos *Wireless*: Punto de acceso (AP), Cliente *wireless* (STA), Puente *ethernet wireless* (WET), Sistema de distribución *wireless* (WDS o también llamado puente wireless), AP y WDS simultáneos (también llamados repetidor *wireless*).
- Servicio de DNS dinámicas para varios proveedores de nombres de dominio.
- Archivo de eventos (Syslog) visualizable desde el propio menú de configuración y también exportable a archivo.
- Botón de control de SES (usado para arrancar *scripts* almacenados en el menú de botones y *led's* del *router*).

9 Integra las utilidades *UNIX/Linux* más comunes en un único y pequeño ejecutable por lo que es el compañero predilecto de los móviles que integran dicho sistema operativo.

10 *Secure Shell* Es un software que permite realizar comunicaciones o transferencia de datos de manera segura.

11 Es un cliente y servidor de SSH 2 relativamente pequeño. Se ejecuta en una variedad de plataformas basadas en POSIX. Particularmente útil para sistemas embebidos Linux tales como enrutadores inalámbricos.

12 Corresponde a la infraestructura que posee un sistema GNU/Linux para realizar diferentes operaciones en el manejo y control de tráfico de paquetes.

13 *Quality of Service*, Calidad de Servicio.

- JFFS2 (Almacenamiento de archivos y programas en área de memoria no volátil).
- Cliente CIFS (Almacenamiento de archivos en unidades remotas).
- Ajuste de la potencia de emisión wireless LAN, selección de antena y 14 canales de emisión disponibles.
- Protección de espera de arranque *Boot wait* (incrementa el plazo de tiempo para la carga de firmware a través del cargador de arranque).
- *Port forwarding* avanzado, redireccionamiento, y *triggering* con opción de página UPnP para ver y borrar puertos UPnP redireccionados.
- Restricciones de acceso avanzadas.
- *Scripts* personalizados para correr en el Inicio, Parada, Cortafuegos y Activación de WAN.
- Tiempo de funcionamiento, carga de CPU, frecuencia de la CPU y estado de memoria libre.
- Posibilidad de reiniciar, a pesar que la mayor parte de los ajustes y cambios no precisan el reinicio del equipo.
- Página de visualización de redes *wireless* próximas.
- Fallos en el firmware Broadcom usado oficialmente por Linksys corregidos.

1.6 DD-WRT

Como las exigencias cada vez son más altas por parte de los usuarios de este tipo de sistemas el intrépido BrainSlayer¹⁴, cerebro creador de DD-WRT decidió aumentar el poder de los enrutadores inalámbricos *Linksys WRT54G/GL/GS* el cual ejecuta un pequeño sistema operativo basado en Linux y de código libre. Basado en las anteriores entregas de *Firmware BrainSlayer* y toda la comunidad consumidora de este tipo de sistemas hacen de esta la herramienta la más poderosa y moderna utilizada actualmente por miles de usuarios en el mundo.

Los distribuidores oficiales del *firmware* DDWRT señalan, entre muchas otras, las siguientes características:

- 13 idiomas (Español, entre ellos).
- 802.1x Protocolo de Autentificación Extensible (EAP).
- Restricciones de Acceso.
- Adhoc (*Red Movil Autónoma*).
- Afterburner¹⁵
- Modo de Aislamiento de Cliente

¹⁴ Hacker, miembro de la comunidad WiFi FON y principal desarrollador del DD-WRT.

¹⁵ Es una implementación de alto rendimiento propia de Broadcom que aumenta el rendimiento de los productos inalámbricos compatibles con IEEE 802.11g.

- Modo Cliente (soporta múltiples conexiones de clientes)
- DHCP Forwarder (udhcp)
- Servidor DHCP (udhcp o Dnsmasq)
- DNS Forwarder (Dnsmasq)
- DMZ
- Dynamic DNS (DynDNS, easyDNS, FreeDNS, No-IP, TZO, ZoneEdit, y otros)
- Hotspot Portal (Portal cautivo).
- IPv6
- JFFS2 (Sistema de Ficheros *Flash* con soporte a Transacciones).
- MMC/SD Card Support (*Multi Media Card/Secure Digital*)
- NTP (*Network Time Protocol*).
- *Ntop Remote Statistic*
- *[[Glossary#OpenVPN| OpenVPN (Cliente y Servidor)]* (solo en la distribución -vpn del firmware).
- Port Triggering (Mapeador de puertos dinámico)
- Port Forwarding (Mapeador de reenvío de puertos).
- VPN Server (Servidor de Redes Virtudes Privadas).

2. Generalidades del DD-WRT

Según Gutiérrez (2008), los sistemas embebidos están cobrando cada vez más importancia debido al crecimiento exponencial de número de dispositivos de electrónica de consumo, que cuentan con una cierta capacidad de procesamiento. Este es el caso de teléfonos móviles, PDA (Asistente Personal Digital), televisores, STB (*Set Top Boxes*¹⁶) y muchos otros aparatos que forman parte de la vida diaria.

Cada uno de los proyectos de sistemas embebidos, requieren que los dispositivos cumplan unas características específicas como son: la marca, el modelo y la *memory flash*¹⁷ que varía entre 2 hasta 32 megas. El DD-WRT, como mencionó anteriormente, es un proyecto que utiliza un *firmware*, diseñado especialmente para 73 marcas de *router* que deben cumplir con las especificaciones, y que pueden ser consultadas en la página de internet de <http://www.dd-wrt.com>, en el caso práctico

16 Dispositivo que se encarga de recibir la señal de televisión, ya sea analógica o digital, y de transmitirla al aparato de televisión. Se trata de un decodificador.

17 *Chip* de memoria que mantiene su contenido sin energía, pero que debe borrarse en bloques fijos, en lugar de bytes solos. Los tamaños de los bloques por lo general van de 512 bytes hasta 256KB. El término fue acuñado por Toshiba, por su capacidad para borrarse "en un flash" (instante).

se utilizó un *router* Linksys WRT54GL¹⁸, cuyas especificaciones se enseña en la tabla 1.

Tabla 1. Supported Devices (DD-WRT, 2010)

Model	Hardware revision	Hardware type	CPU Type	CPU speed	RAM [MB]	Flash Memory [MB]	Ethernet* port count
WRT54GL	V1.1	Broadcom	Bcm5352	200 MHz	16	4	4 LAN/1 WAN?

* Es un estándar de transmisión de datos para redes de área local que se basa en el siguiente principio: Todos los equipos en una red están conectados a la misma línea de comunicación compuesta por cables cilíndricos.

Teniendo en cuenta la configuración de la tabla 1 del dispositivo WRT-54GL, a esta se le suma la tabla 2, donde se destacan las funcionalidades u otras herramientas o servicios que se pueden instalar de acuerdo a su *flash memory*.

Tabla 2. List of features in all versions (DD-WRT, 2010)

Services	Micro (2 MB)	Mini	Nokaid	Standard	VOIP	VPN	MEGA (8MB)
Access Restrictions	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
AnchorFree	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Bandwidth Monitoring	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Chillispot			Yes	Yes			Yes
Dynamic DNS	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
HTTPS Support for Web Management			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
IPv6			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
JFFS2		Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes
XLink Kai (kaid)				Yes			Yes
MMC/ SD Card Support			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
NoCat			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
OpenVPN						Yes	Yes
PPTP/PPTP Client		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Quality of Service	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
IPv6 Router Advertisement Daemon (radvd)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		Yes
Linking Routers/Repeater/ mBSSID	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
RFlow (Traffic Information)			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Samba/CIFS client			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Milfish SIP Router					Yes		Yes
SNMP			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

¹⁸ El *router* de banda ancha *Wireless-G Linux* basado en Linux está concebido para aficionados y amantes de la tecnología inalámbrica.

Services	Micro (2 MB)	Mini	Nokaid	Standard	VOIP	VPN	MEGA (8MB)
SPI Firewall/IPtables	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
SSHd		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Telnetd	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Transmit (Tx) power adjust	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
UPnP	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Wake On LAN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
WPA/WPA2 Personal/ Enterprise	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Wviz		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Si bien en el Eje Cafetero no se han encontrado casos exitosos de implementaciones hechas con DD-WRT, en internet se encuentra mucha documentación como: Caposiello (2009). Actualmente en colaboración con el canal de TV comunitaria señal3lavictoria (<http://canal3lavictoria.cl/>) en *Hackademia* trabajan en la implementación con herramientas libres (Linux /DD-WRT) de una red *Wifi* comunitaria en la población La Victoria¹⁹. Este proyecto es parte de un programa de trabajo, iniciado en 2008, e incluso antes en el *hacklab*²⁰ *hackreta*, orientado a dar soporte y capacitación en herramientas de software libre a organizaciones colectivas o como en Bogotá (Tabla 3).

Tabla 3. Nodos Actuales (el-directorio, 2008)

Barrio	Admin	Status	Coordenadas	Firmware	Información	Expectativas
Chapinero	Javal	Habilitado/ Con enlace	Calle 59 con Cra 3	DD-WRT Meraki*	Acceso a Internet. Cuenta con 4 nodos interconectados - Mesh	Montar un servidor para el proyecto
Javeriana	Cmart	Habilitado/ Sin enlace	Cra 3a con 47	DD-WRT	Acceso a internet	
Castilla	Ernesto Parra	Habilitado/ Sin enlace	Calle 6d No. 79a-56	DD-WRT	Nodo Habilitado	migrando, construyendo antenas

* Se inició como un proyecto de investigación de doctorado en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) para proveer Internet inalámbrica gratuita a los estudiantes de post-grado de aquella universidad. Actualmente, es respaldada en parte por Google y Sequoia Capital y se ha propuesto la misión de brindar acceso a Internet a un costo razonable, a por lo menos, mil millones de personas a nivel mundial.

19 Una población de Santiago de Chile de escasos recursos que tiene una larga historia de organización social, durante la dictadura fue uno de los principales focos de resistencia al régimen.

20 Viene de la fusión entre las palabras *hacker* y laboratorio. Se trata de un espacio físico donde se reúne un grupo de gente para investigar, debatir y difundir temas relacionados con Internet, las nuevas tecnologías y los derechos civiles en esos ámbitos, desde un punto de vista social.

Lo anterior lleva a considerar que el montaje a realizarse será innovador para el Eje Cafetero, y quedará documentado para futuras pruebas, investigaciones o implementaciones.

3. Instalación y configuración

Para el caso del equipo *Linksys WRT54GL* versión 1.1, se comprobó previamente el cumplimiento de los requerimientos DD-WRT y se consultó los servicios que se pueden instalar y configurar en él. La instalación del software trae la liberación el *firmware* original de la máquina y se dejará abierto para ser configurado a la medida de las organizaciones o uso personal.

Iniciar con esta instalación del sistema embebido requiere ejecutar los siguientes pasos:

3.1 Configuración de estación de trabajo para acceso al *router*

El primer paso es la conexión del *router Linksys WRT54GS2* al puerto de la tarjeta de red del computador y al puerto uno de la LAN del *router*, así mismo realizar un cambio en la configuración de la tarjeta de red del computador, asignándole estáticamente la dirección IP²¹ (*Internet Protocol*) 192.168.1.2 con máscara de red 255.255.255.0 y puede ingresar opcionalmente como puerta de enlace 192.168.1.1 que es la dirección IP de *router Linksys WRT54GS2*.

Con lo anterior, los puntos claves que se deben tener en cuenta son: la dirección IP que se le asigne a la tarjeta de red debe ser estática, para hacer la conexión del computador al *router* se debe usar cable de red y es opcional la puerta de enlace (Figura 1).

3.2 Bajar software e instalar en DD-WRT

Para esta actividad es necesario ejecutar los siguientes pasos:

- **Paso 1:** Se baja un archivo desde la página <http://dd-wrt.com/site/support/router-database> y en el campo con el nombre *Router Database* se escribe el modelo del *router*, en este caso WRT54GL, seguido se ubica con el *mouse* la línea de la parte inferior, que inicia con el nombre del *Manufacture Linksys* y da un clic sobre ella (figura 2).

21 Número que identifica de manera lógica y jerárquica a una interfaz de un dispositivo (habitualmente una computadora) dentro de una red que utilice el protocolo IP (*Internet Protocol*), que corresponde al nivel de red o nivel 3 del modelo de referencia OSI.

```

C:\Users\victorc>ipconfig

Configuración IP de Windows

Adaptador LAN inalámbrico Conexión de red inalámbrica:
    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de Ethernet Conexión de área local:
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
    Dirección IPv4. . . . . : 192.168.1.2
    Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
    Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.1.1
C:\Users\victorc>

```

Figura 1. Comando Ipconfig de Windows para verificar configuración de red

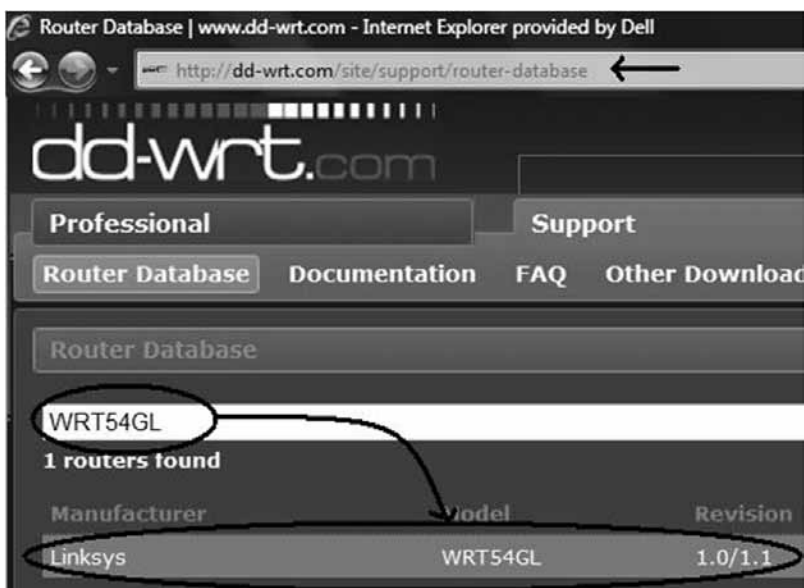


Figura 2. Método para buscar archivo de instalación

Por último, se ubica en la descripción *Mini-Build required for initial flashing via WEB* y se descarga el archivo con el nombre dd-wrt.v24_mini_generic.bin, que contiene el aplicativo DD-WRT.

- **Paso 2:** Desde un navegador²² de internet (firefox, opera, internet explorer, etc.) se ingresa mediante *http* al router con la dirección 192.168.1.1 como se muestra en la figura 3.

²² Herramienta que permite a los usuarios de Internet visitar sus sitios Web favoritos. Es un tipo de software con una interfaz gráfica que incluye botones de navegación, una barra de direcciones y una barra de estado (en general debajo de la ventana).

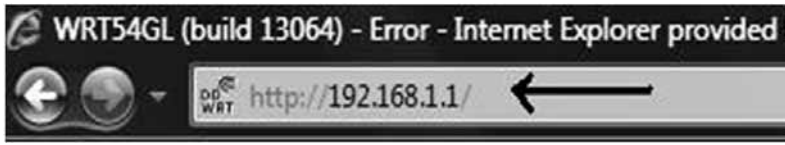


Figura 3. Dirección IP para ingresar al servidor por un browser

- **Paso 3.** El *firmware* original del *router* Linksys, trae por defecto como nombre de usuario *admin* y como contraseña *admin*, estos dos datos son necesario para continuar con la configuración del aplicativo.

- **Paso 4.** Ahora se ubica la opción *Administration > Firmware Upgrade > Examinar*, se localiza el archivo *dd-wrt.v24_mini_generic.bin*, que se descarga en el primer paso y se adjunta, luego se oprime la opción *upgrade* e inmediatamente el sistema inicia el proceso de instalación del DD-WRT, como se enseña en la figura 4.

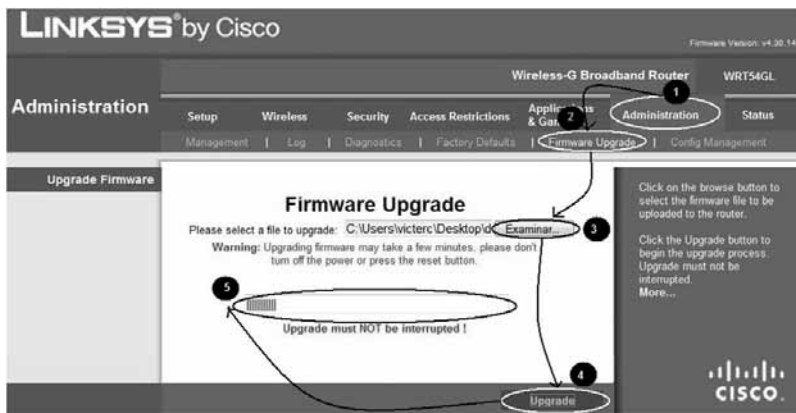


Figura 4. Pasos para la instalación del DD-WRT

Es importante aclarar que mientras se actualiza el nuevo *firmware*, es necesario no manipular el equipo, ya que se pueden causar daños y terminar anómalamente esta actividad.

Al finalizar satisfactoriamente todos los pasos anteriores, se encuentra instalado el nuevo *firmware* de DD-WRT en el equipo Linksys y fue reemplazado el original, como se muestra en la figura 5.

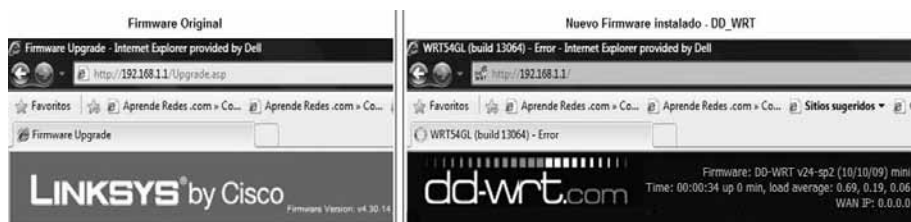


Figura 5. Presentación del firmware antes y después de la instalación

3.3 Configuración de servicios de red

El proceso de la configuración de los servicios de red inicia antes de la compra, ya que es necesario saber cuáles servicios de red se van a instalar, y así tener claro el modelo de equipo que se debe adquirir. Como práctica se instalan dos servicios básicos de red, usando este aplicativo resulta fácil y menos costoso, ya que estas actividades se pueden hacer sin tener un servidor a la mano.

- Paso 1: Para ingresar al software de administrador del *router*, se ingresa en un navegador y se escribe la dirección *192.168.1.1*, luego se debe ingresar como usuario *root* y como contraseña *admin*.
- Paso 2: Configurar el servicio *ssh* resulta tan fácil como hacer un clic y para ello se debe ubicar la opción de *services*, se va al campo con el nombre *SSHd* y se habilita dando clic en *enable*, y para que los cambios se hagan efectivos, se oprime el botón *save*. Ya por medio de un cliente para acceso a terminales remotas como el *Putty*²³ ya se puede ingresar al sistema del equipo *Linksys*,

Este servicio permite en transferir archivos, administrar el *router* mediante consola y ejecutar comandos de Linux, que pueden hacer las mismas actividades que se hace vía *WEB*.

- Paso 3: Para continuar con la instalación, se configuran los servicios DNS (Servidor de Nombres de Dominio) y DHCP que, similar al anterior punto, es muy sencillo de configurar y se elabora ubicando la opción *services*, seguidamente se ingresan las *MAC Address*, *Host name* y la *IP Address*, pertenecientes a los equipos que harán parte de la red, y por último se oprime la el botón salvar (figura 6).

²³ Un cliente para conexiones remotas por medio de una red a otra computadora, este utiliza los protocolos: *SSH*, *Telnet*, *rLogin* y *TCP raw*.

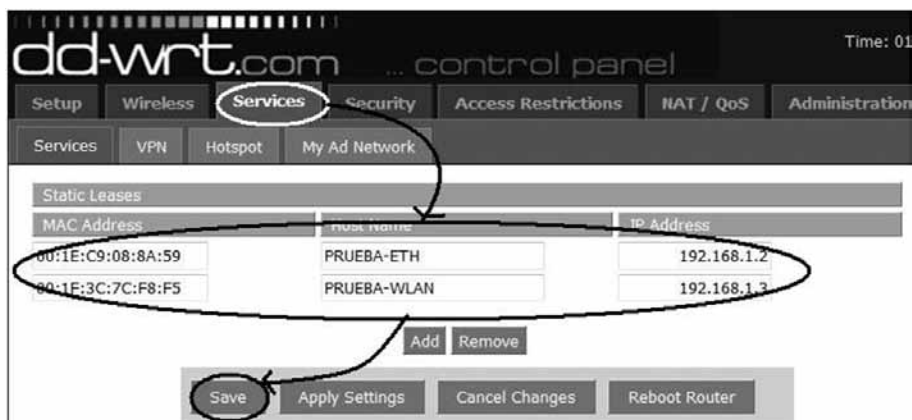


Figura 6. Pasos para la configuración de DHCP con opción estática y DNS

De esta forma queda configurado un DHCP con opción estática y un DNS, con el fin de que se le asignen nombres y direcciones a los equipos cada vez que se ingrese a la red; pero con la diferencia que las direcciones IP siempre será la misma para un equipo.

4. Otra aplicaciones de los router inalámbricos

Fuera de las aplicaciones básicas que se pueden instalar en el *router con DD-WRT*, como se mostraron en la tabla 2, o que se pueden consultar por Internet, se pueden hacer otra clase de implementaciones en otros sistemas embebidos tales como:

- Instalar aplicaciones directamente en el *router* como lo expresa Phylevn (2008), y alojar ahí una aplicación para generar cotizaciones en línea automáticamente.
- Instalar openVPN, que es donde se puede dar su mayor potencial y ahorro de costos en la compra de equipos.
- Configurar un Firewall SPI (*Stateful Packet Inspection*) mediante *Iptables*²⁴, para hacer filtros de seguridad, bloqueos de páginas .
- Configurar una DMZ (Zona Desmilitarizada²⁵),

²⁴ Aplicación en línea de comandos que gestiona el filtrado de paquetes en sistemas Linux (kernels 2.4.x), en base a las reglas que se hayan definido.

²⁵ Red local que se ubica entre la red interna de una organización y una red externa, generalmente Internet.

- *Configurar un cliente de RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Server)* él permitirá la autenticación en una red vía *Wifi*.
- Configurar un cliente de samba.
- Instalar y configurar *Asterisk*²⁶, para ver llamadas, desvío de llamadas, etc.

Lo anterior se logra gracias a que estas herramientas como el DD-WRT, el *OpenWRT*, *FreeWRT*, son *OpenSource*, que traen consigo muchos beneficios, desde lo económico, hasta los constantes desarrollos y mejoras tecnológicas de los proyectos gracias a la contribución de muchas personas y comunidades en el entorno mundial.

La personalización de estas herramientas, van a lograr que los *firmware* tomen más auge, ya que se van acoplando a lo cotidiano, a que el mundo cerrado del software deje de serlo, a que se creen estándares de configuración y a sacar el máximo provecho a los dispositivos que se compran; esto sin contar, casos de personas que disfrutan de la tecnología y logran satisfacción personal cada vez que configuran un dispositivo con este tipo de sistemas.

5. ¿Por qué cambiar el firmware original a Linux?

Existen varias razones para hacer un cambio de *firmware* original a Linux. Una de las más válidas es por su código abierto, que permite ser: adaptable a las necesidades ó, como dice Diari (2008), las ventajas de código abierto son incontables, pero también sus peligros. El saber exactamente cómo actúa un programa da la opción de modificarlo, potenciarlo, en definitiva mejorarlo por parte de aquél que tenga los conocimientos necesarios, que cada día son más, aunque también conocer sus puntos débiles y poder explotarlos más profundamente.

Ahora bien la reducción en los costos en la parte de soporte con software de código abierto es significativa, como lo expresa Lemus (2008). Cabe hacer notar que en el citado presupuesto del 2007 se superan los 12 mil millones de pesos (aproximadamente US\$6.3 millones), no en compras de equipos computacionales o hardware, sino en el pago de patentes y licencias de software. Debido a este fuerte gravamen, países como Bra-

²⁶ Es una IP-PBX completa diseñada en software libre (Open Source), que funciona sobre un sistema operativo en Linux (preferentemente en la distribución CentOS) y proporciona todas las características que se esperan de una PBX al trabajar con voz sobre IP (VoIP- grupo de recursos que van a ser posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP).

sil han permitido su utilización, también lo ha hecho la Universidad del Biobío (Chile), y cada día lo hacen más instituciones, cuando descubren las ventajas de contar con esta plataforma informática que permite modificar/adecuar los programas, con lo que se evitan pagos innecesarios.

Al referirse a seguridad, se pueden encontrar grandes contrariedades como por ejemplo el estudio hecho por *Forrester Research*²⁷ y mostrado por Cabanillas (2009) El 58% de las grandes compañías sondeadas por *Forrester Research* para esta investigación manifiesta desconfiar sobre la seguridad de las soluciones de código abierto. En el caso de las organizaciones de pequeño y mediano tamaño, el porcentaje aumenta hasta algo más de un 66%.

Del conjunto de compañías que se reconocen preocupadas al respecto, un 9% se manifiestan muy preocupadas cuando se trata de grandes empresas, frente al 45% de las Pymes. Más de la mitad (57%) de estas últimas también cree que el software de código abierto puede llegar a resultar complejo y difícil de adoptar, pero sólo el 32% de las grandes organizaciones comparte esta opinión. Además, el 68% de las Pymes citan la disponibilidad de servicio y soporte del código abierto como una preocupación, frente al 47% de las organizaciones de mayor tamaño; o el estudio publicado por Casas (2008), donde indica que *Coverity* ha tenido en cuenta más de 55 millones de líneas de código, donde encontró una media de 0,25 *bugs* o errores por cada 1000 líneas de código, frente a los 0,3 errores de media marcados en años anteriores. Esto viene a indicar que el número de vulnerabilidades de seguridad descendió un 16% en los últimos dos años, pero continúa siendo superior al encontrado en código propietario. El estudio sobre cerca de 250 proyectos de código abierto desveló un total de 23.068 defectos individuales, según explica el informe, siendo los errores más habituales los relacionados con la diferenciación de indicador nulo (*null pointer*) y la utilización de recursos de escape.

Aunque también se expresa que seguridad en código abierto es seguridad, no vulnerabilidad, como en el ejemplo: *OpenBSD*; mientras más ojos vean el código más correcciones se harán... Siempre hay alguien que dirige los esfuerzos, no es anárquico.

Aunque las encuestas muestren que las herramientas en código abierto poseen problemas de seguridad, queda una gran interrogante con respecto a este inconveniente si se toma como referencia que, según

²⁷ It's an independent research company that provides pragmatic and forward-thinking advice to global leaders in business and technology.

Espacial (2004), el Columbia tendrá tecnología *NUMAlink*²⁸ y sistema operacional *ProPack*²⁹ Linux para conectar los 512 *nodes* de procesador, cada uno con más de 1.000 GB de memoria, y la nota publicada por Noticiastech (2008), sobre el sistema operativo elegido para el aterrizaje del Phoenix Lander en Marte: una variación del Linux bajo un CPU especialmente fortalecido y una placa base producida por IBM.

En cuanto a costos de hardware, tomando como ejemplo la implementación de un aplicativo como *Asterisk* o el *OpenVPN* en una Mipymes sin *router*, requieren un PC que puede tener un costo de US\$900 y una persona que administre este servidor. Ahora, si se piensa en la misma empresa, mismos aplicativos con un sistema embebido, solo requiere un equipo que puede tener un costo de US\$100 y los manuales de instalación y configuración pueden ser consultados en internet.

6. Conclusiones

- La instalación y documentación de un sistema embebido con el *router Linksys*, trajo innovación y optimización de recursos para la empresa donde se implementó el dispositivo, ya que se redujo un servidor Linux, que conectaba a 20 estaciones de trabajo a una sede central mediante una VPN.
- Los *firmware* basados en Linux reduce los costos de una empresa ya que son implementaciones hechas con software libre y sus licencias no tienen costo, así mismo el soporte y la documentación se encuentra libre en internet.
- Para una implementación de *router* inalámbricos, existen una gran variedad de sistemas embebidos como el *OpenWRT*, *FreeWrt*, etc., y cada uno de ellos cumplen las mismas funciones.
- Uno de los grandes valores agregados de un cambio de *firmware* se da en el momento que se adapte a las necesidades básicas o avanzadas de una Mipymes.
- Cada vez más Linux se introduce en el mercado y en los hogares. Es fácil hoy en día encontrar esta herramienta en celulares como el *Motorola A1200*, *Lenovo i807*, *Samsung SGH-i858*, entre otros y en los electrodomésticos como televisores, Pero la falta de conocimien-

28 It's a valuable tool for exchanging patient studies between nuclear medicine computer systems or nuclear medicine and PACS. Available in a number of configurations, this system supports all types of patient studies, including those acquired from normally incompatible sources.

29 It's to provide World Class Logistics Service in Warehousing, Fulfillment, Freight Forwarding, and Inventory Management.

to y el temor por parte de las personas, hace lento incorporar este software en el medio.

- La instalación del DD-WRT resulto ser rápida y estable, ya que no se presentaron problemas en su implementación. La demora se presenta en la primera fase de investigación para saber qué tipo de servicios van a instalar y que dispositivo van a comprar.
- Una buena investigación y documentación, hace que se tome la mejor decisión en la compra de un dispositivo. Ya que saber cuáles son las necesidades que se tienen ó van a tener en el futuro en una empresa, será el éxito de la implementación.
- La implementación de este tipo de sistemas, amplía considerablemente las capacidades de diferentes *routers* inalámbricos comparados con su software original.
- Para usuarios inexpertos o principiantes no es recomendable instalar este tipo de sistemas, debido al gran numero de aplicaciones que estos manejan, así se minimiza el riesgo de una configuración defectuosa, ya que las posibilidades de encontrar este tipo de problemas son grandes.
- Linux es el sistemas operativo número uno en el mercado de los sistemas embebidos para *routers* inalámbricos, esto gracias a su filosofía de código libre y abierto.
- La evolución permanente de los sistemas y equipos que ofrece el mundo actual, hace indispensable que todos los días se deba actualizar el conocimiento para encontrar diferentes desarrollos y soluciones a la gran demanda de servicios que las países, ciudades, empresas y organizaciones requieran.
- En una sociedad donde los dispositivos móviles se encuentran en cualquier bolsillo o maleta de una gran mayoría de personas y en donde estos comparten y envían información de un lugar a otro, la implementación de estos *firmware* entran a ser parte de la seguridad de la información que por medio de accesos inalámbricos puedan transmitirse.
- Los *firmware* basados en Linux, son una alternativa de control, calidad de servicio, confidencialidad y seguridad en una red inalámbrica configurada con este tipo de sistemas, en donde hoy en día estas características son muy vulnerables para este tipo de redes.
- Los administradores de redes podrán contar con estas herramientas innovadoras y seguras, en donde seguramente la implementación de los sistemas embebidos tales como el *OpenWRT* y *DDWRT* serán la gran solución a muchos problemas.

Bibliografía

- ALTAVOZ. (2006). ¿Qué es el Open Source?. [en línea]. Santiago (Chile): AltaVoz S.A.. (04/03/2006). <http://www.altavoz.net/prontus_altavoz/site/artic/20060304/pags/20060304151415.html> [Consulta: 03/03/2010].
- ALTINYURT, Erdem U. (s.f.). SamyGO. [en línea]. Mountain View: SamyGo, <<http://samygo.sourceforge.net/>> [Consulta: 20/02/2010].
- BALLÓN, Sofía. (2008). Red inalámbrica gratuita para todos. [en línea]. Los Ángeles: Le Monde diplomatique, <<http://www.eldiplo.com.pe/red-inalambrica-gratuita-para-todos>> [21/02/2010].
- BARONA, Ricardo. (2008). Asterisk®, telefonía IP en software libre. [en línea]. México: Enterate en línea. <<http://www.enterate.unam.mx/artic/2008/abril/art3.html>> [Consulta: 06/03/2010].
- CABANILLAS, Marta. (2009). Las empresas, preocupadas por la seguridad del código abierto. [en línea]. Madrid: IDG Communications, S. A. U. <<http://www.idg.es/dealerworld/Las-empresas,-preocupadas-por-la-seguridad-del-codigo-abierto/seccion-mercado/noticia-81665>> [Consulta: 11/03/2010].
- CASAS, Alfonso. (2008). El número de vulnerabilidades en el código abierto descende un 16 % en los últimos dos años. [en línea], Madrid: IDG Communications, S.A.U. <http://www.idg.es/pcworldtech/El_numero_de_vulnerabilidades_en_el_codigo_abierto/doc68096-seguridad.htm> [Consulta: 11/03/2010].
- CATRIN, Franco. (2009). Televisores con firmware Linux actualizables gracias a SamyGo. [en línea]. Houston: Betazeta Networks S.A. <<http://www.fayerwayer.com/2009/11/televisores-con-firmware-linux-actualizables-gracias-a-samygo/>> [Consulta: 20/02/2010].
- COLLETTI, Daniel (2003). ¿Qué es iptables?. [en línea]. San Diego: www.xtech.com.ar. Fecha de Publicación: 27 de Junio de 2007. <<http://www.xtech.com.ar/Documentos/Tech/Iptables/iptables/node5.html>> [Consulta: 12/03/2010].
- DD-WRT. (2009a). ¿Qué es "DD-WRT"? [en línea]. Frankfurt Am Main: dd-wrt. <http://www.dd-wrt.com/wiki/index.php/%C2%BFQu%C3%A9_es_%22DD-WRT%22%3F> [Consulta: 19/02/2009].
- DD-WRT. (2009b). Supported Devices. [en línea]. Frankfurt Am Main: dd-wrt. <http://www.dd-wrt.com/wiki/index.php/Supported_Devices> [Consulta: 20/02/2010].
- DD-WRT. (2010). File Versions. [en línea]. Frankfurt Am Main: dd-wrt. <http://www.dd-wrt.com/wiki/index.php/What_is_%22DD-WRT%22%3F> [Consulta: 06/03/2010].
- DD-WRT. (s.f.). Router Database. [en línea]. Frankfurt Am Main: dd-wrt. <<http://dd-wrt.com/site/support/router-database>> [Consulta: 06/03/2010].
- DE LA NUÑEZ, Víctor. (2009). NETGEAR lanza su nuevo *router* inalámbrico G para desarrolladores de Linux y amantes de código abierto. [en línea]. Roubaix: Sincables.net <<http://www.sincables.net/article.php/router-WGR614L-open-source-linux-netgear>> [Consulta: 10/03/2010].
- DELGADO, Antonio. (2009). Set-top boxes. [en línea]. Madrid: Consumer Eroski. <<http://www.consumer.es/web/es/tecnologia/internet/2009/05/19/185115.php>> [Consulta: 19/02/2010].
- DELL SUPPORT (s.f.). AfterBurner. [en línea]. Roundrock, Texas: www.support.dell.com. <http://support.dell.com/support/edocs/network/p70008/sp/props.htm#toc_65> [Consulta: 12/03/2010].
- DELTA ASESORES (s.f.). Direccionamiento IP. [en línea]. Scottsdale: Delta. <<http://www.deltaaesores.com/terminos/d-g/2469-direccion-ip>> [Consulta: 21/02/2009].
- DIARI DE TARRAGONA. (2008). Microsoft muestra sus entrañas. [en línea], Chicago: Noslan. <<http://noslan.com/page/73/>> [Consulta: 21/02/2010].
- EL PAÍS. (s.f.). Omnidireccional. [en línea]. Madrid: Ediciones el País, SL <<http://www.elpais.com/diccionarios/castellano/omnidireccional>> [Consulta: 20/02/2010].
- ELSALVADOR LIBRE (s.f.). Beneficios de Software Libre. [en línea]. Englewood: El Salvador Libre. <http://www.elsalvadorlibre.com/index.php?option=com_content&view=article&id=56&Itemid=78> [Consulta: 09/03/2010].
- ESPACIAL. (2004). La nueva supercomputadora de la NASA tendrá Linux. [en línea]. Dallas: La Flecha tu diario de ciencia y tecnología. <<http://www.laflecha.net/canales/softlibre/noticias/200408033>> [Consulta: 11/03/2010].

- FREEWRT. (s.f.). Welcome to FreeWRT. [en línea]. s.l.: FreeWRT <<http://www.freewrt.org/trac/wiki>> [Consulta: 02/03/2010].
- FREIFUNK (2010). Was ist Freifunk?. [en línea]. Berlín: <http://start.freifunk.net/> Fecha Publicación: 11/01/2010 <<http://wiki.freifunk.net/Kategorie:Espanol>> [Consulta: 04/03/2010].
- GONZÁLEZ, César. (2002). Iptables en 5 minutos. Cantabria (España): LINUCA - Asociación de Usuarios GNU/Linux en Cantabria. <<http://www.linuca.org/body.phtml?nIdNoticia=99>> [Consulta: 11/03/2010].
- GUTIÉRREZ, Juan J. (2008). Linux y la Electrónica de Consumo. [en línea]. Madrid: La Cofa Observatorio Tecnológico. <<http://www.lacofa.es/index.php/tag/sistemas-embebidos>> [Consulta: 20/02/2010].
- KELETE. (s.f.). ¿Qué Significa Open Source?. [en línea]. Madrid: Factoría de Internet, Proyectos Imaginativos en Internet S.L.. <<http://www.webtaller.com/maletin/articulos/que-significa-open-source.php>> [Consulta: 06/03/2010].
- KIOSKEA. (2008a). Ethernet. [en línea]. Cambridge: Kioskea Network. <<http://es.kioskea.net/contents/technologies/ethernet.php3>> [Consulta: 21/02/2010].
- KIOSKEA. (2008b). Web – El navegador. [en línea]. Cambridge: Kioskea Network. <<http://es.kioskea.net/contents/www/navigateur.php3>> [Consulta: 08/02/2010].
- LEICHTERNSTERN, Thomas (2009). Hackeo de router domésticos con OpenWRT Toma de Control. En: Linux Magazine. No. 45. (2009). [en línea]. Munich: Esa Quimera. <<http://www.linux-magazine.es/issue/45/053-056OpenWrtLM45.pdf>> [Consulta: 04/03/2010].
- LEMUS, Mario F. (2008). Soporte del Código Abierto. [en línea]. Santiago (Chile): Novagestión Consultores de Empresas. <<http://www.novagestion.cl/cms/content/soporte-del-c%C3%B3digo-abierto-0>> [Consultas: 08/03/2010].
- LINKSYS. (s.f.). Router de banda ancha Wireless-G Linux. [en línea]. Irvine: Cisco. <<http://www.linksysbycisco.com/EU/es/products/WRT54GL>> [Consulta: 19/02/2010].
- LINUX-OS. (2008). ¿Qué es OPEN-WRT?. [en línea]. Rosario: Linux-Os. (23/06/2008). <<http://www.linux-os.com.ar/linuxos/que-es-openwrt/>> [Consulta: 03/03/2010].
- LIZARAZO, Camilo A. (2008). Nodos Actuales. [en línea]. Medellín: El Directorio. <<http://el-directorio.org/inalambricad/nodos>> [Consulta: 20/02/2010].
- MASTERMAGAZINE. (2004). Definición de Sistemas embebidos. [en línea]. Dallas: SAMSUNG Electronics Co. <<http://www.mastermagazine.info/termino/6694.php>> [Consulta: 19/02/2010].
- MEJÍA MESA, Aurelio. (1996). Diccionario Enciclopédico. Medellín: Gabriel Jaime Mejía M. 748 p. ISBN: 958-45655-2-2
- NETSECURITY. (s.f.). Servidor de Red y/o Controlador de Dominio. [en línea]. Bogotá: Net Security Solutions Ltda <http://www.netsecuritysolutionsltda.com/spanish/index.php?option=com_content&task=view&id=40&Itemid=55> [Consulta: 19/02/2010].
- NOTICIASTECH. (2008). Linux en Marte. [en línea]. Culver city: NoticiasTech. <<http://noticiastech.com/wordpress/?p=23940>> [Consulta: 08/03/2010].
- OLSR. (s.f.). In detail. [en línea]. Vienna: OLSR. <<http://www.olsr.org/?q=about>> [Consulta: 13/03/2010].
- OPENWRT. (s.f.). Getting Support. [en línea]. Islas Caimán: OpenWRT. <<http://www.openwrt.org/support.html>> [Consulta: 02/03/2010].
- PHILMUG (2007). The Linksys WRT-54G series wireless routers thread (hacks and alternative firmware). [en línea]. Kansas City: Philippine Mac Users Group <<http://www.philmug.ph/forum/archive/index.php/t-21395.html>> [Consulta: 01/03/2010].
- PHYLEVN. /2008). Instalando DD-WRT Linux en Access Point Airlink 430w. [en línea]. Dallas: Phylevn <http://phylevn.mexrom.net/index.php/blog/show/Hackeando_Access_Point_Airlink_431.html> [Consulta: 05/03/2010].
- POLARCLOUD. (2006). Tomato Firmware. [en línea]. Orlando, FL: <http://www.polarcloud.com>. <<http://www.polarcloud.com/tomato>> [Consulta: 04/03/2010].
- RUIZ, Alberto. (2008). Máscaras de red. [en línea]. Madrid: Instituto de Tecnologías Educativas. <<http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&id=455>> [Consulta: 20/02/2010].
- SAAVEDRA, Karina. (2003). ¿Que es SSH?. [en línea]. México: Microasist. <<http://microasist.com.mx/noticias/en/ksoen270203.shtml>> [Consulta: 10/03/2010].

- SAMSUNG. (s.f.). ¿Qué es Firmware?. [en línea]. Seoul: Samsung Electronics Co. <<http://www.samsungodd.com/spa/firmware/faq/faq.asp>> [Consulta: 19/02/2010].
- VIVERO, Luis E. (2005). Firewall en Linux. [en línea]. En: 6to Encuentro Nacional Linux, (20-22/10/2005). Iquique (Chile): Grupo de Usuarios de Linux de Iquique (GULIQQ) y Universidad Arturo Prat. <http://2005.encuentrolinux.cl/web/archivos/presentaciones/elinux6_p39.pdf> [Consulta: 12/03/2010].
- X-WRT. (2010). About X-Wrt. [en línea]. Budapest: X-Wrt project. <<http://x-wrt.org/>> [Consulta: 11/03/2010].