

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**DIMENSIONAMIENTO DE UN SERVIDOR PARA UNA RED
BASADA EN LA INFRAESTRUCTURA LTSP (LINUX TERMINAL
SERVER PROJECT) CON CLIENTES LIGEROS. APLICACIÓN:
USO DE NTICS EN EDUCACIÓN GENERAL BÁSICA Y
BACHILLERATO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE INFORMACIÓN**

CARRERA IZURIETA IVÁN MARCELO

imci.carrera@gmail.com

RIVADENEIRA FUENTES MARCO DAVID

markdavis88@hotmail.com

DIRECTORA: ING. MAYRITA YOLANDA VALLE AVENDAÑO, MBA.

mayritavalle@gmail.com

Quito, Febrero 2011

DECLARACIÓN

Nosotros, Iván Marcelo Carrera Izurieta y Marco David Rivadeneira Fuentes, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente

Iván Marcelo Carrera Izurieta

Marco David Rivadeneira Fuentes

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Iván Marcelo Carrera Izurieta y Marco David Rivadeneira Fuentes, bajo mi supervisión.

Ing. Mayrita Valle, MBA
DIRECTORA DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Este Proyecto de Titulación representa nuestro trabajo durante los últimos 18 meses: miles de horas frente a un computador, cientos de horas leyendo, mucho cansancio, amanecidas, dolores de cabeza, sustos, sorpresas, éxitos y frustraciones, alegrías y tristezas, una gran cantidad de paciencia y apoyo de parte de mi familia, y que es el símbolo de la culminación de esta etapa universitaria y la consecución de mi gran sueño de graduarme como Ingeniero en Electrónica y Redes en esta hermosa institución la Escuela Politécnica Nacional.

Dedico este trabajo a mi familia, quienes son las personas más importantes en mi vida, la fuente de mi alegría y orgullo, mi refugio en los tiempos difíciles, mi razón de continuar adelante a pesar de las adversidades, y mi razón de nunca dejar de brillar en los proyectos que emprendo. Este trabajo es para ustedes.

Iván Marcelo

DEDICATORIA

Dedico este proyecto y toda mi carrera universitaria a Dios por estar junto a mí en todo momento y por darme las fuerzas necesarias para seguir luchando y no desfallecer.

Este proyecto fue un logro conjunto de las personas que me apoyaron y creyeron en mí desde el principio, sin ellos este trabajo hubiese sido imposible. Lo dedico especialmente a todas las personas que de una u otra manera aportaron su tiempo para darme un consejo, una palabra de aliento y una mano amiga.

Para mis padres Marco y Aurora, por saber ser unos padres excelentes y aunque hemos tenido muchos altos y bajos, siempre han sabido sacarme adelante de la mejor manera. Me han dado todo lo que soy como persona, han compartido sus alegrías y tristezas y siempre me han dado la confianza necesaria para saber tomar mis propias decisiones.

Para mis hermanas Raquel y Heidy, por ser unas niñas únicas y por darme en cada momento de mi vida paz y felicidad.

Para mis tías y tíos, primos y primas, por el apoyo incondicional que me han brindado

Para mis amigos más cercanos y para mi enamorada, por enseñarme la filosofía de la paz, amor, unión y respeto.

A todos ellos,

Muchas gracias de todo corazón.

Marco Rivadeneira

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por permitirme cumplir mis sueños, guiarme en todos los aspectos de mi vida, y hacerme acuerdo que es Él quien toma las decisiones y en quien debo confiar mi vida.

Agradezco a mis padres Manuel y Fabiola por enseñarme con su ejemplo a ser una persona correcta, fiel a Dios y a mis principios, y a tener gratitud con todos quienes me han apoyado, por brindarme sus consejos y auxilio siempre que lo necesito. Dios les pague Papi y Mami.

Doy gracias también a mi hermano Miguel Ángel por el ejemplo que me ha dado, por enseñarme a ser responsable y fiel a mi familia; y a mi ñaña Ceci Paola por acompañarme siempre, por sus palabras de apoyo y por quererme mucho. Gracias Migue, gracias Paolita.

Agradezco también el apoyo y la guía de mi profesora Mayrita Valle, que ha sabido guiarnos y corregirnos durante todo este tiempo. Gracias Inge, sabía que lo íbamos a lograr.

De igual manera agradezco a los profesores de mi querida carrera de Redes, los Ingenieros Soraya, María Soledad, Mayrita, Pablo, Fernando, Xavier, y muchos otros, que han sabido ser verdaderos maestros, enseñándome no solamente fórmulas, teorías y técnicas, sino a ser un ser humano con una formación integral y no quedarme con las máquinas sino interesarme realmente por las personas. Gracias profes, ha sido una bendición conocerles.

Agradezco a mis amigos de la universidad Vero, Daniel y Víctor por estar siempre, desde primer semestre, ahí, juntos, con el acolite presente; a mi compañera en el laboratorio Anita por el apoyo constante que me ha brindado para terminar este proyecto; a mi compañero de tesis Marco por haberme acolitado con esta idea del servidor LTSP por este año y medio.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional por permitirme hacer tantas cosas durante estos 6 años y medio, entre ellas a la AEIE, Alianza RHO y el Club de Redes de Información, y especialmente por la oportunidad de trabajar haciendo lo que más me gusta, la docencia.

A todos ustedes un Dios les pague sincero, siempre estarán conmigo, y en palabras del patrono de la educación católica en el mundo, San Juan Bautista de La Salle: *“Adoro en todo el proceder de Dios para conmigo”*.

Iván Marcelo

AGRADECIMIENTO

Llegar a este punto de mi vida solo pudo haberse logrado gracias al esfuerzo hecho por mis padres Marco y Aurora, que día tras día han estado apoyándome y dándome fuerzas para seguir y afrontar problemas y retos que nunca faltaron.

Desde el principio mi madre me educó con valores y dedicación, enseñándome mediante juegos y con una paciencia que solo una madre puede tener, ahora le agradezco por haber sido tan perseverante, confiar en mí y decirme que esforzarse no es suficiente, sino que hay que dejar todo por lograr las metas que uno se propone.

Mi padre siempre estuvo a mi lado, apoyándome en todo y diciéndome que la satisfacción de lograr un objetivo es personal y que la mejor herencia que me puede dar es el estudio. Le doy las gracias porque jamás me dio la espalda y siempre veló por mis intereses.

Agradezco a mis hermanas Heidi y Raquel por formar parte de mi vida y por haberme apoyado en todos mis planes, sin sus palabras de aliento, este nuevo logro no se hubiese culminado.

Agradezco a mis abuelitos, tíos y primos por demostrarme que siempre están junto a mí en los buenos y malos momentos, por saber darme buenos consejos y por hacerme sentir parte de sus vidas.

Agradezco a mi enamorada Yudely por su apoyo incondicional y por brindarme su tiempo, al igual que le doy las gracias a mis amigos, con los cuales he compartido dolores y tristezas, alegrías y esperanzas, felicidad y buenos deseos.

Finalmente les doy las gracias a todos mis profesores, por el esfuerzo extra que exigen y por su paciencia al impartir conocimientos, gracias a ellos muchos estudiantes logramos afrontar y salir adelante ante cualquier adversidad.

Marco Rivadeneira

CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
RESUMEN.....	XIII
PRESENTACIÓN	XIV
CAPÍTULO 1: ESTUDIO DE LA INFRAESTRUCTURA LTSP E INTRODUCCIÓN A LA EDUCACIÓN COMBINADA.....	1
1.1 INFRAESTRUCTURA LTSP.....	1
1.1.1 INTRODUCCIÓN A LTSP.....	1
1.1.2 HISTORIA	2
1.1.3 FUNCIONAMIENTO	6
1.1.4 APLICACIONES Y USOS.....	8
1.1.5 SERVIDORES	9
1.1.6 CLIENTES LIGEROS	12
1.2 EDUCACIÓN VIRTUAL	15
1.2.1 DEFINICIÓN.....	15
1.2.2 HISTORIA	16
1.2.3 IMPORTANCIA.....	18
1.3 EDUCACIÓN COMBINADA.....	19
1.3.1 DEFINICIÓN.....	19
1.3.2 HISTORIA	20
1.3.3 IMPORTANCIA.....	21
1.4 ESCENARIOS EDUCATIVOS	22
1.4.1 DESCRIPCIÓN.....	22
1.4.2 ESCENARIO EDUCATIVO VIRTUAL.....	25
1.4.3 REQUERIMIENTOS DE UN ESCENARIO EDUCATIVO VIRTUAL	26
CAPÍTULO 2: DIMENSIONAMIENTO DEL SERVIDOR PARA EDUCACIÓN COMBINADA UTILIZANDO LA INFRAESTRUCTURA LTSP.	28
2.1 INTRODUCCIÓN.....	28
2.2 METODOLOGÍA DE DIMENSIONAMIENTO	28
2.2.1 PLANIFICACIÓN	29
2.2.2 CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PRUEBAS PRELIMINARES ...	31
2.2.3 CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DEL SERVIDOR LTSP DE PRUEBAS	33

2.3	PRUEBAS PRELIMINARES	60
2.3.1	PRUEBAS – SERVIDOR.....	60
2.3.2	PRUEBAS – CLIENTE-SERVIDOR.....	63
2.4	DIMENSIONAMIENTO DEL SERVIDOR LTSP	64
2.4.1	DISCO DURO.....	64
2.4.2	MEMORIA RAM	65
2.4.3	MEMORIA SWAP	69
2.4.4	PROCESADOR.....	70
2.4.5	TARJETA DE RED	71
2.5	CARACTERÍSTICAS DEL SERVIDOR LTSP	74
2.6	CONSTRUCCIÓN DEL SERVIDOR DE PRUEBAS	75
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE COSTOS		76
3.1	INTRODUCCIÓN.....	76
3.2	METODOLOGÍA A UTILIZAR.....	77
3.2.1	COSTO TOTAL DE PROPIEDAD o <i>Total Cost of Ownership</i>	78
3.2.2	CONSIDERACIONES DE TCO	80
3.3	ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN LTSP.....	81
3.4	ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN SIN LTSP.....	84
3.5	ANÁLISIS COMPARATIVO	88
CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS		90
4.1	INTRODUCCIÓN.....	90
4.2	PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS	90
4.3	IMPLEMENTACIÓN DEL AMBIENTE DE PRUEBAS.....	90
4.3.1	HARDWARE.....	91
4.3.2	CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE	91
4.3.3	CONEXIÓN DE RED	102
4.3.4	HERRAMIENTAS DE PRUEBAS	103
4.4	TIPOS DE PRUEBAS	108
4.4.1	PRUEBAS DE CARGA.....	109
4.4.2	PRUEBAS DE STRESS	115
4.4.3	PRUEBAS DE USABILIDAD	121
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		123
5.1	CONCLUSIONES.....	123
5.2	RECOMENDACIONES.....	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		129

ANEXOS

- A. Scripts para la instalación y configuración de aplicaciones en el servidor LTSP**
- B. Scripts y ejemplo de resultados de las pruebas de Carga y Stress.**
- C. Cálculo del Costo Total de Propiedad.**
- D. Resultados de la Encuesta Realizada.**
- E. Manual de Instalación**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ambiente Mainframe.....	3
Figura 1-2: Mainframe.....	4
Figura 1-3: Terminal tonto.....	4
Figura 1-4: Ejemplo sencillo de LTSP	6
Figura 1-5: Aula Software Libre I.E.S. Fernando de Mena	8
Figura 1-6: Agenda Nacional de Conectividad	18
Figura 1-7: Ubicación de B-learning entre las modalidades presencial y virtual	20
Figura 1-8: Herramientas para B-learning	21
Figura 1-9: Escenario educativo tradicional	23
Figura 1-10: Entorno Educativo Virtual	24
Figura 2-1: Esquema de Red con Firewall	39
Figura 2-2: Tramas obtenidas con el analizador de Red	41
Figura 2-3: Analizador de tráfico de Red - Wireshark.....	43
Figura 2-4: Análisis de la Red externa – Etherape	44
Figura 2-5: Análisis de la Red interna - Etherape - PROTOCOLO DHCP	44
Figura 2-6: Análisis de la Red interna - Etherape - PROTOCOLO TFTP	45
Figura 2-7: Análisis de la Red interna - Etherape - PROTOCOLOS.....	45
Figura 2-8: Estadísticas de la Red interna - Proceso de booteo de los clientes	46
Figura 2-9: Estadísticas de la Red interna - Proceso de inicio de sesión de los clientes ..	46
Figura 2-10: Procesamiento de paquetes	48
Figura 2-11: Uso del comando grub.....	51

Figura 2-12: Fichero /etc/issue.....	52
Figura 2-13: Fichero /etc/fstab	55
Figura 2-14: Gestor de usuarios	55
Figura 2-15: Creación de un nuevo usuario	56
Figura 2-16: Administrador de máquinas virtuales	57
Figura 2-17: Procesos Servidor – HTOP.....	61
Figura 2-18: Estadísticas Servidor – Monitor del sistema.....	62
Figura 2-19: Procesos Servidor - Monitor del sistema.....	63
Figura 2-20: Particionamiento del Servidor	65
Figura 2-21: Proyección Gráfica de los datos de la Tabla 2-14	67
Figura 2-22: Proyección gráfica de los datos de la Tabla 2-15.....	69
Figura 2-23: Histórico de la red - Proceso inicial	72
Figura 2-24: Histórico de la red.....	72
Figura 2-25: Histórico de la red - Picos	73
Figura 4-1: Plano del Laboratorio de Pruebas.....	91
Figura 4-2: Archivo de configuración lts.conf	93
Figura 4-3: Ejemplo de configuración de la opción SCREEN	93
Figura 4-4: Archivo de configuración dhcpd.conf	95
Figura 4-5: dhcpd.conf - Configuración de las estaciones de trabajo	96
Figura 4-6: FL_TEACHERTOOL.....	99
Figura 4-7: FL_TEACHERTOOL - Vista de los escritorios de los usuarios.....	100
Figura 4-8: FL_TEACHERTOOL - Procesos y programas de los usuarios.....	100
Figura 4-9: Acceso mediante el cliente VNC.....	101
Figura 4-10: Diagrama de Red LTSP	102
Figura 4-11: Interfaz – Etherape	105
Figura 4-12: Etherape- Estadísticas.....	105
Figura 4-13: Wireshark	106
Figura 4-14: Htop.....	107
Figura 4-15: Menú Htop.....	107
Figura 4-16: Monitor del sistema.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Servidor de pruebas preliminares LTSP	31
Tabla 2-2: Computador de Pruebas	32
Tabla 2-3: Cliente Virtual LTSP	32
Tabla 2-4: Primer resultado del análisis del tráfico de la red	42
Tabla 2-5: Segundo resultado del análisis del tráfico de la red interna.....	42
Tabla 2-6: Proceso de creación de una máquina virtual con Xen.....	60
Tabla 2-7: Estadísticas de Pruebas de Clientes.....	64
Tabla 2-8: Particionamiento del disco duro	64
Tabla 2-9: Tabulación de Resultados - Memoria RAM usada por el Servidor	65
Tabla 2-10: Uso de memoria RAM del servidor - Proceso de carga inicial de usuarios....	66
Tabla 2-11: Uso de memoria RAM del servidor – Ejecución de Procesador de Palabras (usuarios).....	66
Tabla 2-12: Uso de memoria RAM - Servidor	66
Tabla 2-13: Proyección de datos de la carga inicial de usuarios - Curva Potencial	67
Tabla 2-14: Proyección de datos del uso de procesador de palabras - Curva Potencial ..	68
Tabla 2-15: Carga Promedio por número de usuarios.....	70
Tabla 2-16: Servidor LTSP de características mínimas.....	74
Tabla 2-17: Características del Servidor LTSP de Pruebas	75
Tabla 3-1: Modelo para calcular el TCO.....	77
Tabla 3-2: Costos Directos e Indirectos	80
Tabla 3-3: Costos Iniciales con LTSP	82
Tabla 3-4: Costos de Administración	82
Tabla 3-5: Costos de Operación con LTSP	83
Tabla 3-6: Costos de Soporte Técnico con LTSP	83
Tabla 3-7: Supuestos utilizados con LTSP.....	84
Tabla 3-8: Resumen de Costos con LTSP	84
Tabla 3-9: Costos Iniciales sin LTSP	85
Tabla 3-10: Costos de Administración sin LTSP	85
Tabla 3-11: Costos de Operación sin LTSP	86
Tabla 3-12: Costos de Soporte Técnico en una solución sin LTSP.....	87
Tabla 3-13: Supuestos Utilizados en una solución sin LTSP.....	87
Tabla 3-14: Resumen de Costos sin LTSP	87

Tabla 4-1: Pruebas de carga desde red local - Inicio de sesión	113
Tabla 4-2: Pruebas de carga desde red local - Inicio de sesión (desde VNC).....	113
Tabla 4-3: Pruebas de carga desde red local - MS Word.....	114
Tabla 4-4: Pruebas de carga desde red local - MS Word (desde VNC)	114
Tabla 4-5: Pruebas de carga desde red local - Navegador Firefox.....	114
Tabla 4-6: Pruebas de carga desde red local - Navegador Firefox (desde VNC)	115
Tabla 4-7: Resultados de Pruebas de Stress para Inicio de sesión desde una red local	118
Tabla 4-8 Resultados de Pruebas de Stress para MS Word desde una red local	118
Tabla 4-9: Resultados de Pruebas de Stress para Firefox desde una red local	119
Tabla 4-10: Resultados de Pruebas de Stress para Inicio de sesión desde un cliente VNC	119
Tabla 4-11: Resultados de Pruebas de Stress para MS Word desde un cliente VNC	120
Tabla 4-12: Resultados de Pruebas de Stress para Firefox desde un cliente VNC	120

RESUMEN

El presente proyecto comprende el Dimensionamiento de un servidor para una red basada en la infraestructura LTSP *Linux Terminal Server Project* y su aplicación dentro del uso de NTICs en la Educación General Básica y el Bachillerato. Este documento consta de cinco capítulos, cuyo contenido se detalla a continuación:

El primer capítulo presenta conceptos sobre la infraestructura LTSP, sus componentes, aplicaciones y usos; las diferentes modalidades de educación y los escenarios educativos en los que se pueden aplicar.

En el segundo capítulo se realiza el dimensionamiento de un servidor de terminales para manejo de clientes ligeros utilizando la infraestructura LTSP para ofrecer educación combinada.

En el tercer capítulo se realiza un análisis de costos basado en la metodología TCO *Total Cost of Ownership*, comparando el costo total de la implementación de una red LTSP que utiliza el servidor dimensionado previamente, con el costo total de la implementación de una red para un escenario educativo tradicional.

El cuarto capítulo comprende la implementación de un servidor LTSP basado en el dimensionamiento realizado en el Capítulo II, se ejecutan pruebas de Carga, de Stress y de Usabilidad con el fin de determinar el rendimiento del servidor LTSP y la percepción de un grupo de usuarios sobre el manejo del mismo.

Finalmente, en el quinto capítulo se presentan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas durante la elaboración del proyecto.

Se incluyen anexos sobre los principales archivos de configuración LTSP, manuales de uso y de instalación del sistema, análisis de la encuesta de percepción del sistema LTSP; se adjunta además un CD-ROM que contiene varios scripts y paquetes de configuración que permiten la instalación del sistema LTSP.

PRESENTACIÓN

En la actualidad, en el país se está mejorando la educación con modernas modalidades apoyadas en las NTICs como la educación combinada o *blended-learning*, y este desarrollo cuenta además con apoyo del estado ecuatoriano, a través de políticas que buscan eliminar el analfabetismo y reducir la brecha tecnológica.

La infraestructura LTSP *Linux Terminal Server Project* permite utilizar equipos de bajas prestaciones o características para aplicaciones de uso general. La implementación de una red LTSP en centros educativos permitirá a los estudiantes tener acceso a una educación a un menor costo.

En el presente proyecto se realiza el Dimensionamiento de un Servidor LTSP para ofrecer *blended-learning* en Educación General Básica y Bachillerato, determinando las características mínimas que debe tener el servidor para satisfacer los requerimientos establecidos.

Se realiza además el cálculo del costo total de implementar y mantener una red con infraestructura LTSP, y se lo compara con una red educativa tradicional; mediante el análisis de costos se determina que la red LTSP tiene un menor costo, dada su naturaleza y rendimiento.

Finalmente se efectúan distintas pruebas sobre el servidor LTSP, dentro de las cuales constan las de carga y las de stress para determinar el cumplimiento de los requisitos establecidos y también se realiza una encuesta a un grupo de usuarios reales para establecer el grado de percepción del rendimiento del servidor LTSP.

CAPÍTULO 1: ESTUDIO DE LA INFRAESTRUCTURA LTSP E INTRODUCCIÓN A LA EDUCACIÓN COMBINADA.

1.1 INFRAESTRUCTURA LTSP

1.1.1 INTRODUCCIÓN A LTSP

LTSP (Linux Terminal Server Project) es un grupo de aplicaciones conformado por varios servicios; viene incluido en la mayoría de los sistemas operativos GNU/Linux modernos, tal es el caso de ALT Linux, Debian, Fedora, Gentoo, OpenSuse, Ubuntu entre los más relevantes. LTSP permite a clientes ligeros ejecutar Linux desde un único servidor.¹ LTSP se distribuye actualmente bajo licencia GNU GPL de software libre.²

Este conjunto de servicios hace posible que computadores de bajas prestaciones como terminales delgados o *thin clients*, o computadores antiguos (generalmente desechados porque no cumplen con los requerimientos actuales de los sistemas operativos) puedan ser utilizados como computadores de escritorio en ambientes educativos y empresariales.

Para ambientes educativos, una implementación de LTSP reduce costos de implementación al utilizar como clientes ligeros hardware antiguo o de bajas prestaciones, y además reduce costos de administración porque se requiere solamente instalar y dar mantenimiento al software en el servidor.

¹ Linux Terminal Server Project Administrator's Reference or, How I Learned to Quit Worrying and Live Without a Hard Drive.

² La licencia GNU GPL declara que el software cubierto es libre y lo protege de intentos de apropiación que restrinjan esas libertades a los usuarios.

Los clientes ligeros realizan un número pequeño de tareas, permitiéndoles utilizar hardware de bajas prestaciones y de bajo costo. Los clientes ligeros no necesitan mantenimiento en sí, y si presentan un mal funcionamiento o dejan de funcionar, no existe pérdida de datos porque no utilizan sus discos duros. Todo el almacenamiento se realiza en el servidor, y por consiguiente si un cliente ligero es sustraído o dado de baja no se corre el riesgo que alguna información caiga en manos indebidas.

Por los motivos mencionados, se plantea a LTSP como una solución para contribuir con el incremento del número de personas con acceso a las NTICs en el país, y además una opción para reutilizar hardware y así contribuir a la conservación del ambiente.

1.1.2 HISTORIA

LTSP se basa en un ambiente cliente-servidor. En un ambiente cliente-servidor, la máquina cliente realiza peticiones hacia el servidor, y éste le responde de acuerdo a la petición. Este ambiente se remonta a los orígenes de la computación, también conocido como el ambiente *mainframe*,³ en este ambiente se tenía un *mainframe* y varios terminales (actualmente son llamados servidor y clientes, respectivamente). Un modelo de implementación de un ambiente *mainframe* se puede ver en la Figura 1-1.

³ Un mainframe es una máquina con alto poder de cómputo, utilizado en entornos centralizados. Inicialmente este servidor tenía instalado alguna versión de UNIX, esto aún se mantiene en LTSP porque Linux sigue siendo un sistema operativo derivado de UNIX.

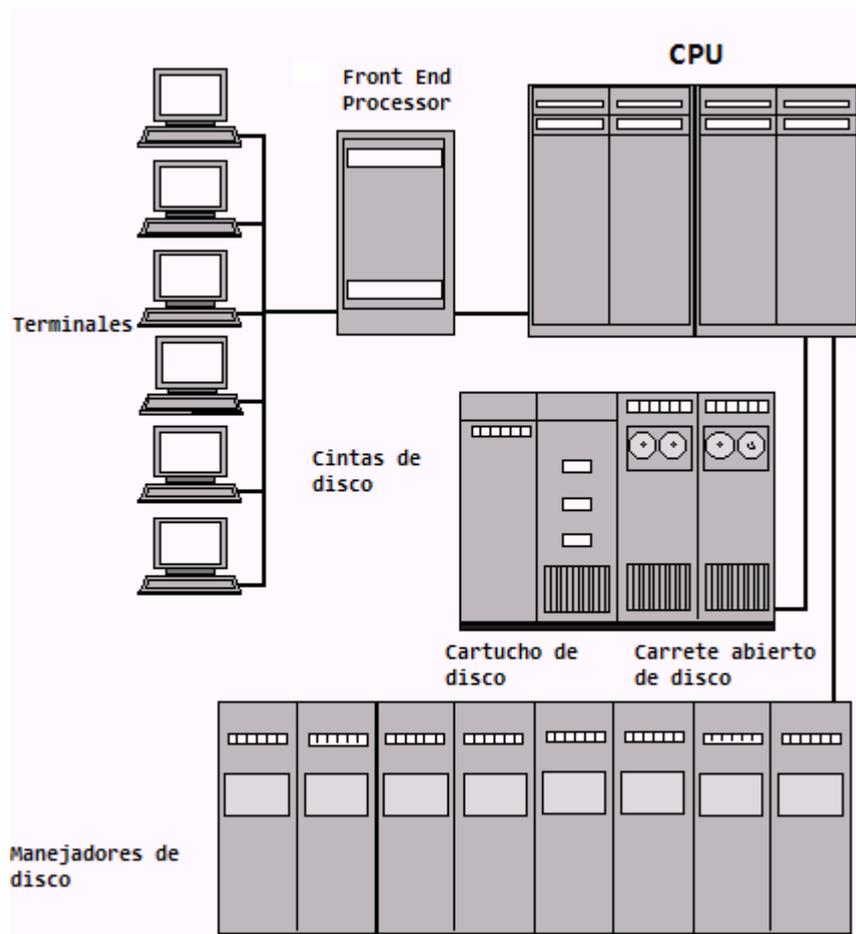


Figura 1-1: Ambiente Mainframe

El ambiente *mainframe* fue implementado por la mayoría de empresas debido a que el costo de tener un computador por cada trabajador era muy elevado, los computadores eran muy caros y ocupaban un gran espacio, como se observa en la Figura 1-2; cada trabajador se conectaba hacia el *mainframe* por medio de un terminal tonto o *dumb client* y una línea serial, que le ofrecían un teclado y un monitor para que pueda trabajar sobre el *mainframe*, mediante una línea de comandos. Un ejemplo de cliente se puede ver en la Figura 1-3.

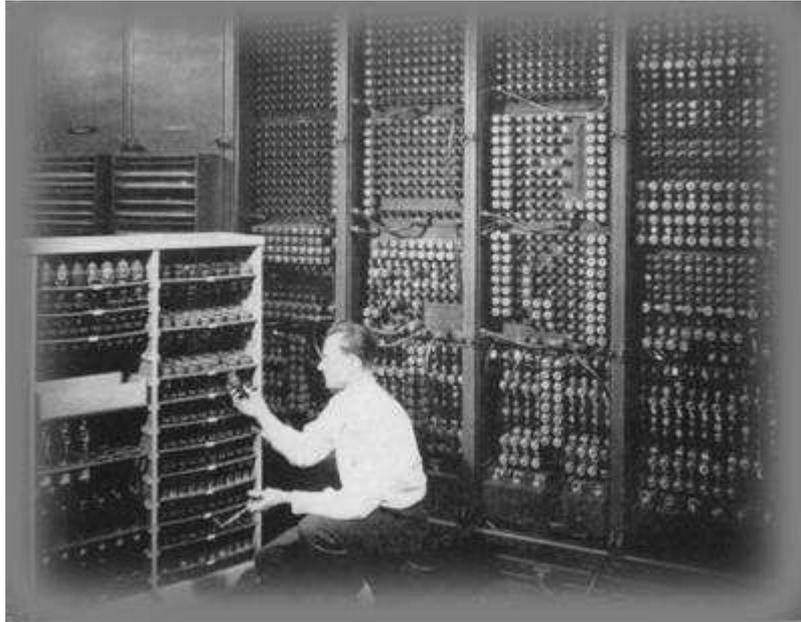


Figura 1-2: Mainframe⁴

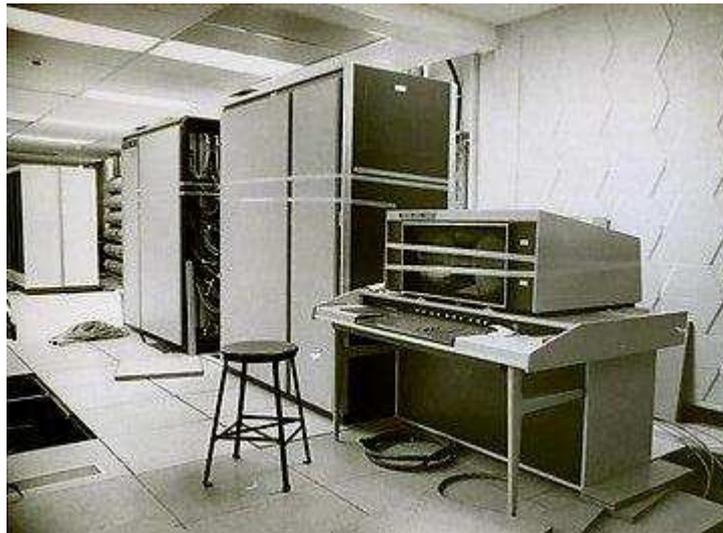


Figura 1-3: Terminal tonto⁵

A medida que los computadores fueron reduciendo su tamaño y costo, dentro de las empresas fue haciéndose más común tener un computador por cada trabajador. Esto permitió que los sistemas operativos y las aplicaciones en general vayan avanzando en recursos de hardware para tener mejores interfaces

⁴ SearchDataCenter.com Editorial Blog.

<http://www.nea.com/UploadedImages/ImageGallery/old%20computer%20image.jpg>

⁵ Mainframes – 50 years of computing at MSU.

http://computing.msu.edu/50years/images/mainframe_6500.jpg

gráficas y aprovechar de mejor manera la capacidad computacional. La evolución tecnológica ha llegado a un punto en la actualidad donde se tiene gran capacidad computacional a bajo costo, que es desperdiciada en computadores personales que corren solamente aplicaciones básicas.

Esta capacidad computacional puede ser aprovechada mediante aplicaciones que permiten a varios computadores actuar como un sistema multiprocesador, o como en el caso de LTSP pueden brindar esta alta capacidad para computadores que por sus características no pueden ejecutar aplicaciones básicas actuales.

El proyecto LTSP empezó en 1999 cuando Jim McQuillan⁶ tenía que resolver el problema de uno de sus clientes que requería 35 terminales que puedan acceder a un par de servidores IBM AS/400 y SCO Unix. Para poder cumplir con el requerimiento, desarrolló un mecanismo para arranque por red basado en netboot.⁷ Este mecanismo fue publicado como el Proyecto de Servidor de Terminales Linux, o LTSP, y en agosto de 1999 se lanzó el sitio oficial de LTSP <http://ltsp.org>. Desde entonces LTSP se ha ido convirtiendo en una popular solución para la implementación de redes en ambientes educativos y empresariales.

Actualmente LTSP se encuentra en su versión 5, conocida como MueKow. Esta versión incluye todos los servicios y paquetes necesarios para implementar un ambiente cliente-servidor bajo infraestructura LTSP. Es considerado por sus desarrolladores como una completa distribución GNU/Linux que corre sobre otra distribución⁸.

En su inicio, en versiones anteriores a LTSP 4, el código consistía en varios binarios tomados de un sistema Red Hat, que eran agrupados en un solo instalador y distribuidos bajo el nombre de LTSP.

⁶ Jim McQuillan es el fundador y líder principal del proyecto LTSP.

⁷ Netboot es el proceso de arranque de un computador desde su tarjeta de red.

⁸ SourceForge.net: Ltsp MueKow - ltsp - http://sourceforge.net/apps/mediawiki/ltsp/index.php?title=Ltsp_MueKow.

Para la versión 4.0, el equipo de desarrolladores construyó todo el código fuente utilizando LBE o *LTSP Build Environment*, para crear prácticamente una distribución GNU/Linux de un servidor de terminales LTSP, donde todos los servidores sean programados con el mismo código; sin embargo la utilización de LBE generó grandes problemas, especialmente los de crear y configurar aplicaciones para correr remotamente; entonces se resolvió desechar la idea de LBE y utilizar el código realizado por los programadores de las distintas distribuciones de GNU/Linux, y concebir a LTSP como un grupo de aplicaciones que se pueden instalar y ejecutar sobre un sistema operativo GNU/Linux de escritorio.

Actualmente la última versión se encuentra disponible para ser descargada en los respectivos repositorios de las distribuciones que soportan al proyecto.

1.1.3 FUNCIONAMIENTO

LTSP es un paquete de aplicaciones que convierten a un computador con GNU/Linux en un servidor de terminales.

Una vez que se ha instalado una distribución de GNU/Linux se deben instalar los paquetes adicionales necesarios para ofrecer el servicio. Un sencillo ejemplo de esto se ve en la Figura 1-4.

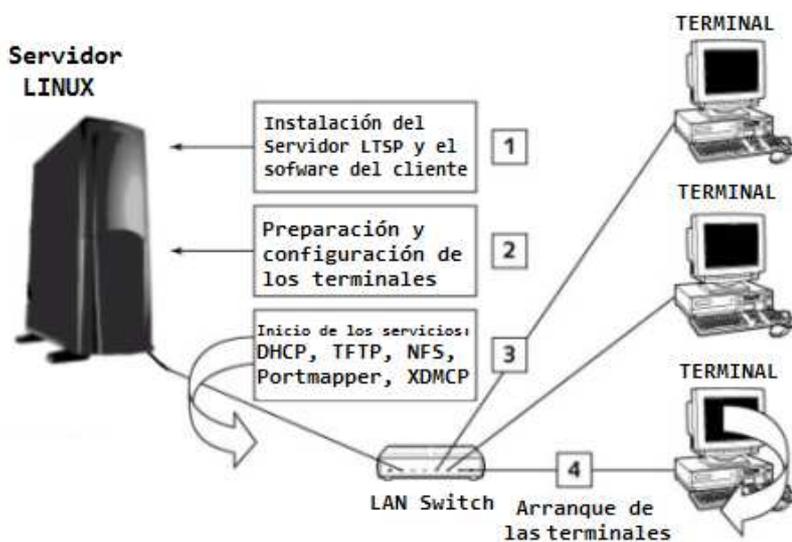


Figura 1-4: Ejemplo sencillo de LTSP

Aunque existen versiones de distribuciones GNU/Linux especializadas en LTSP, se pueden agregar los programas necesarios para configurar un servidor LTSP⁹ sobre una distribución GNU/Linux de escritorio.

Cuando el servidor LTSP está en funcionamiento y un cliente se inicia, ocurre el siguiente procedimiento:

1. El cliente arranca mediante el protocolo PXE, que le permite iniciar desde la tarjeta de red como dispositivo de arranque.
2. El cliente hace un requerimiento para una dirección IP mediante el protocolo DHCP.
3. El servidor DHCP incluido dentro del servidor LTSP responde al requerimiento y le envía su configuración de direccionamiento IP, junto con un parámetro que le indica dónde se encuentra la imagen del sistema operativo dentro del servidor TFTP.
4. El cliente hace una petición hacia el servidor TFTP para obtener la imagen del sistema operativo para iniciar la carga del sistema.
5. El cliente recibe la imagen e inicia el sistema operativo GNU/Linux, detecta el hardware, los dispositivos de almacenamiento y se conecta con el servidor X Window.

Aquí concluye el procesamiento en el lado del cliente, el resto de operaciones son realizadas remotamente en el servidor.

El acceso se realiza mediante el protocolo SSH, y en el lado del cliente se recibe mediante el protocolo X11 únicamente la imagen de la pantalla hacia el monitor.¹⁰

⁹ Se puede trabajar con un servidor LTSP configurado sobre una distribución GNU/Linux de escritorio o utilizar una versión LTSP lista para trabajar de una distribución.

¹⁰ Linux Terminal Server Project Administrator's Reference or, How I Learned to Quit Worrying and Live Without a Hard Drive.

1.1.4 APLICACIONES Y USOS

LTSP puede funcionar en todo ambiente que requiera un manejo centralizado de la información y donde las aplicaciones no supongan una carga elevada de procesamiento. Ejemplos de dichos ambientes son empresas donde se requiera manejar datos de forma centralizada, cibercafés, y centros de cómputo en ambientes educativos (escuelas, colegios y universidades) como se ve en la Figura 1-5. En estos centros es donde el estudiante va realizando su trabajo de acuerdo a la explicación del profesor.



Figura 1-5: Aula Software Libre I.E.S. Fernando de Mena¹¹

El uso más difundido para LTSP es para ambientes educativos como escuelas, colegios y universidades. Esto ha dado origen a varias distribuciones GNU/Linux especializadas en LTSP y educación. Las distribuciones más conocidas son:

- K12LTSP que está basada en Fedora Core.¹²
- Edubuntu, basada en Ubuntu.¹³
- KIWI-LTSP, basada en openSUSE.¹⁴
- Skolelinux, basada en Debian.¹⁵
- Trisquel Edu, basado en Trisquel.¹⁶, entre otras.

¹¹Linux Terminal Server Project en la escuela. <http://ddd.uab.cat/pub/dim/16993748n2a3.pdf>

¹² k12linux. <https://fedorahosted.org/k12linux/>

¹³ Edubuntu. <http://edubuntu.org/>

¹⁴ LTSP – openSUSE - <http://en.opensuse.org/LTSP>

¹⁵ Skolelinux community portal. <http://www.slx.no/>

¹⁶ Trisquel Edu. Trisquel GNU/Linux. <http://trisquel.info/es/node/1361>

El sistema operativo GNU/Linux tiene la capacidad de ser modificado. Esta característica es aprovechada por diversas organizaciones o empresas que crean sus propias distribuciones o lo modifican para poder ejecutar aplicaciones u ofrecer servicios. Por ejemplo existe la distribución BotoSET-Linux, una modificación a la distribución Ubuntu desarrollada en la UFPA *Universidade Federal do Pará* en Brasil para difundir los principios del software libre entre la comunidad educativa. Esta distribución tiene 3 versiones, la primera es una versión para un servidor LTSP, con la que se le puede tener una red con clientes ligeros, también existe la versión para un laboratorio de informática que se utiliza para dictar clases en computadores de escritorio, y finalmente la versión para profesores que incluye software avalado por la SEDUC *Secretaría de Estado de Educação* en el estado de Pará en Brasil, para que el profesor pueda realizar todas las actividades pertinentes al ejercicio de la docencia.¹⁷

1.1.5 SERVIDORES

De forma general un servidor es un computador que, formando parte de una red, puede ofrecer servicios a otros computadores llamados clientes.¹⁸

En LTSP el servidor cumple el papel más importante dentro de la red, es el computador principal, en el que se instala el sistema operativo GNU/Linux y las aplicaciones para configurarlo. Dentro del servidor LTSP deben estar configuradas las diversas cuentas de usuarios para que cada uno de ellos pueda ingresar y tener acceso a sus archivos personales y a sus aplicaciones. El servidor es el único computador donde el disco duro es utilizado, porque en los clientes ligeros no se utiliza.

El servidor LTSP agrupa varios servicios necesarios para poder iniciar y correr un cliente ligero.¹⁹

Los servicios que componen a un servidor LTSP son:

¹⁷ O que é o BotoSET? - *Qué es BotoSET?* - <http://www3.ufpa.br/set/index.php/botosetlinux/6-o-que-e-o-botoset>

¹⁸ Servidor – Wikipedia, la enciclopedia libre. <http://es.wikipedia.org/wiki/Servidor>

¹⁹ En el apartado **1.1.3 FUNCIONAMIENTO** se explicó sobre el proceso de arranque de un cliente ligero. El servidor LTSP debe asistir, prestándoles sus servicios, a cada uno de los clientes para su arranque y utilización.

- DHCP. *Dynamic Host Configuration Protocol*. Un servidor DHCP asigna direcciones IP a los clientes que le realizan peticiones; es decir que cuando un host se conecta a la red y no tiene dirección IP asignada, realiza una petición al servidor DHCP y éste le otorga la configuración de dirección IP por un tiempo determinado.
- TFTP. *Trivial File Transfer Protocol*. Un servidor TFTP envía pequeños archivos a los clientes que le han solicitado. A diferencia del protocolo FTP *File Transfer Protocol*, TFTP usa el protocolo UDP y no utiliza autenticación ni cifrado, ya que se utiliza para transferir archivos que no requieren establecer conexión. En LTSP se emplea para enviar la imagen del kernel de Linux.
- NFS. *Network File System*. Un servidor NFS permite que varios clientes puedan acceder a archivos localizados en su disco duro como si fueran locales. En LTSP esto se ejecuta para que cada cliente pueda tener acceso al sistema de archivos en el servidor, necesario para su arranque.
- X Window. Un servidor X Window o X11²⁰ otorga a los clientes servicios para acceder a la pantalla, pudiendo los clientes encontrarse en computadores diferentes, como es el caso de LTSP.
- SSH *Secure Shell*. Un servidor SSH permite a los clientes acceder de una forma segura a sus recursos. SSH cifra la información a enviar, lo que protege a los usuarios dentro de la red. En LTSP se utiliza para el acceso seguro de los clientes hacia el servidor al momento de iniciar sesión.

Si se dispone de un sistema operativo GNU/Linux de escritorio, para instalar los servicios mencionados se debe ejecutar el comando²¹ **yum install ltsp** en un terminal. Este comando instalará los servicios nombrados anteriormente y una tarjeta de red específica para servir a los clientes LTSP.

Los paquetes instalados son los siguientes:

²⁰ X11 se refiere a la última versión del protocolo X Window.

²¹ El comando está especificado para una distribución GNU/Linux basada en Red Hat como Fedora.

- **ltsp-server 84kB**, este paquete contiene los scripts y servicios necesarios para instalar y correr un servidor de terminales LTSP.

Sus dependencias son:

- **bridge-utils 30kB**, contiene utilitarios para configurar un bridge Ethernet para Linux. El bridge Ethernet de Linux sirve para conectar múltiples tarjetas de red juntas.
- **dhcp 984kB**, proporciona el paquete para correr el servidor DHCP.
- **ldm 9,8kB**, provee al servidor LTSP la capacidad de ofrecer el servicio LDM²² para los clientes.
- **livecd-tools 39kB**, este paquete contiene herramientas para la generación Live CD's para sistemas basados en Red Hat.
- **ltspfs 33kB**, es un paquete que contiene las partes de espacio de usuario para el servidor LTSP. El espacio de usuario es cualquier parte del disco duro que no es parte de su almacenamiento crítico.²³
- **nbd 40kB**, herramientas para el kernel de Linux que permiten usar espacio en disco duro de forma remota.
- **perl-NetAddr-IP 109kB**, provee de una abstracción orientada a objetos para manejo de direcciones y subredes IP.
- **pykickstart 272kB**, una librería de python que permite manipular archivos de kickstart. Un archivo de kickstart contiene todas las entradas que deben indicarse al momento de hacer una instalación de GNU/Linux en instalaciones automatizadas.

²² LTSP Display Manager.

²³ Espacio de Usuario – Wikipedia, la enciclopedia libre. http://es.wikipedia.org/wiki/Espacio_de_usuario

- **python-imgcreate 79kB**, módulos de python usados para crear imágenes de tipo live image. Un live image es una imagen de software tomada de un dispositivo funcional, que puede ser utilizada en el momento, un ejemplo de eso son los livecd.
- **squashfs-tools 93kB**, un sistema de archivos de sólo lectura para Linux.
- **syslinux 1MB**, es un cargador de arranque para el sistema operativo Linux que incluye PXELINUX, un programa para arrancar desde un servidor de red compatible con PXE²⁴.
- **tftp-server 41kB**, este paquete provee del servidor TFTP, que es normalmente utilizado para arranque por red.
- **xinetd 129kB**, xinetd provee administración para las conexiones de internet.

Una vez instalados los paquetes, es necesario configurarlos de acuerdo a las especificaciones de la red con clientes ligeros. Esta configuración será explicada en el apartado 2.2.3 CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DEL SERVIDOR LTSP DE PRUEBAS.

1.1.6 CLIENTES LIGEROS

De forma general un cliente ligero es un computador o un software que depende del servidor para el procesamiento y se orienta en manejar la entrada y salida con cada usuario.²⁵

En LTSP los clientes ligeros son los computadores que utilizan los usuarios de la red para acceder al servidor, estos clientes no necesitan tener disco duro porque todas las aplicaciones se encuentran en el servidor y van a correr sobre éste, y por la misma razón no necesitan tener gran capacidad de cómputo, de ahí el término Cliente *Ligero*.

²⁴ PXE *Preboot eXecution Environment* Entorno para arrancar el sistema operativo a través de la red. PXE – Wikipedia, la enciclopedia libre. http://es.wikipedia.org/wiki/PXE#Servidor_de_arranque

²⁵ Cliente Liviano. Wikipedia, la enciclopedia libre. http://es.wikipedia.org/wiki/Cliente_liviano

Los clientes ligeros pueden ser equipos o *appliances* específicamente contruidos con este fin, es decir, estaciones de trabajo de bajo consumo eléctrico y bajo costo comparado con computadores de escritorio típicos; o también pueden ser computadores heredados²⁶, es decir computadores que han sido desechados o considerados como obsoletos por su baja capacidad computacional, siendo éste el caso más común dentro de los actuales usos de LTSP. Poder reciclar hardware es una de las grandes ventajas que ofrece LTSP, y una de las razones para considerarlo como una alternativa ecológica²⁷ para ser implementada en instituciones educativas.

Los clientes ligeros como appliance resultan generalmente más económicos que los computadores de escritorio, el hardware utilizado no es tan costoso, no tienen partes móviles, y sus procesadores no necesitan ventilación por su bajo procesamiento; todo esto sumado al bajo consumo eléctrico, hace que la utilización de clientes ligeros sea una opción muy recomendable para reducir costos en ambientes centralizados.

Entre los beneficios más importantes relativos al uso de clientes livianos que ofrece LTSP en la educación son:

- Bajos costos de mantenimiento. Siendo los clientes simplemente terminales ligeros, no es necesario que exista un mantenimiento regular como en ambientes de computadores de escritorio típicos, especialmente en el software, ya que los terminales solamente sirven de interfaz a los usuarios. El único mantenimiento al que se puede referir en un cliente ligero es el de hardware, en casos en los que el funcionamiento físico llegara a tener fallas.
- Mayor seguridad para los usuarios. Un cliente ligero puede ser robado, pero al no almacenar datos no representa un problema desde el punto de vista de pérdida de información; de igual manera si por cualquier motivo un cliente ligero deja de funcionar o es reemplazado, no se requiere de ninguna migración de datos o configuración en el nuevo equipo, porque para el usuario

²⁶ Del término inglés: legacy hardware.

²⁷ Porque reduce la emisiones de CO₂ al evitar la necesidad de fabricar nuevo hardware.

es transparente el hecho de utilizar un cliente u otro, simplemente cuando acceda a su cuenta en el servidor, dispondrá de sus archivos.

- Escalabilidad. Es sencillo instalar nuevos terminales clientes cuando se necesita, simplemente se debe configurar en el servidor una cuenta de usuario, conectar el cliente ligero a la red y encenderlo, y de esta manera se tendrá acceso a todas las aplicaciones disponibles en el servidor.
- Fácil Administración. Siendo una infraestructura centralizada, la administración de los archivos, los permisos, las aplicaciones disponibles para cada usuario y demás características deben ser configurados en el servidor, de esta manera se evita efectuar tareas repetitivas de configuración sobre los clientes.

Conforme a lo expuesto, se observa que LTSP es una infraestructura que ofrece grandes beneficios en su aplicación, especialmente para fines educativos.

Adicionalmente, es necesario analizar las desventajas que presenta LTSP como cualquier sistema centralizado:

- Aumento de la vulnerabilidad del sistema. Si el servidor llega a tener un problema, se daña o es hurtado, toda la información de los usuarios se vería comprometida, por lo que es indispensable tomar medidas de seguridad preventiva para evitar este problema.
- En caso de que llegue a existir una falla en el funcionamiento del servidor, ocasionaría que todos los clientes se vean afectados.

En el caso específico de LTSP, las limitaciones que presenta son principalmente que el número de usuarios está limitado por el hardware del servidor porque cada cliente va a utilizar los recursos del servidor para su funcionamiento.

1.2 EDUCACIÓN VIRTUAL

1.2.1 DEFINICIÓN

La educación virtual o *e-learning* es todo proceso enseñanza-aprendizaje mediado por las NTICs²⁸, es decir, educación virtual es toda forma en la que se consigue que un profesor imparta conocimiento a un estudiante, o grupo de estudiantes, haciendo uso de las NTICs.

Esta definición de educación virtual es bastante amplia y engloba a todas las formas en las que, utilizando NTICs se puede impartir o compartir conocimiento, ya sea por medio de correspondencia, radio, televisión, teléfono convencional o móvil, CDs interactivos, email, y ahora en su mayoría mediante Internet.

La educación virtual basada en internet permite a los estudiantes acceder a los recursos de enseñanza a cualquier hora y desde cualquier lugar, así dentro de un mismo curso o programa, se pueden utilizar múltiples recursos de Web 2.0²⁹, como redes sociales, páginas personales, videoconferencia, correo electrónico, portales para acceso a multimedia; que permiten al profesor ofrecer el conocimiento a los estudiantes, tener una realimentación del conocimiento adquirido por el estudiante, y evaluar el proceso de ese aprendizaje. Actualmente la opción más difundida para realizar e-learning basado en internet es utilizar un EVA *Entorno Virtual de Aprendizaje*, donde se agrupa en un mismo sitio web toda la información que el profesor entrega al estudiante, en forma de texto, audio o vídeo, y las actividades de realimentación, compartición de información entre estudiantes, y evaluación al estudiante.

En un EVA se administran todas las actividades que forman parte del proceso enseñanza-aprendizaje. Los EVA están dispuestos en aplicaciones Web

²⁸ Educación Virtual. Campus Virtual de la EPN.

http://virtualepn.edu.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=4

²⁹ Web 2.0 es la forma que adquirió el contenido de Internet, al volverse más interactivo. Los teóricos de la aproximación a la Web 2.0 creen que el uso de la web está orientado a la interacción y redes sociales. Web 2.0 – Wikipedia, la enciclopedia libre. http://es.wikipedia.org/wiki/Web_2.0#Aplicaciones_Educativas.

conocidas como *CMS Course Management System* o Sistemas de Gestión de Cursos, donde se agrupan diversos cursos o aulas virtuales.

No se debe confundir de ninguna manera a la educación virtual con la educación a distancia, porque ambas modalidades de educación vienen de diferente contexto y tienen objetivos diferentes.

1.2.2 HISTORIA

Para entender el origen de la Educación virtual, es necesario conocer la historia y la evolución de la Educación a Distancia. La educación a distancia es una modalidad de educación en la que los estudiantes no necesitan asistir físicamente a ningún aula³⁰. La educación a distancia data de 1728, cuando fue publicado en "The Boston Gazette" un anuncio de Caleb Phillips, un profesor local, que ofrecía un curso semanal por correspondencia de escritura cursiva.

Posteriormente estos cursos fueron haciéndose más populares, hasta que la Universidad de Londres fue la primera en ofrecer cursos a distancia en 1858. Luego se fundó en 1873 en Boston "The Society to Encourage Studies at Home", la *Sociedad para Fomentar los Estudios en Casa*.³¹ Después, en 1969 es fundada la Universidad Abierta, la universidad a distancia más grande del Reino Unido.

Desde los años 1930s se puede hablar de educación apoyada en las TICs, porque desde entonces se disponía de gran cantidad de cursos a distancia haciendo uso de correspondencia, radio, televisión, casetes de audio y vídeo y otros recursos. Sin embargo, no fue sino a partir de 1990 cuando se empezó a utilizar la multimedia para la educación, y empezó el enorme crecimiento de la educación apoyada en las TICs.

Inicialmente se distribuían cursos en diskettes o CDs, donde se incluían textos, archivos de audio y vídeo, algunas presentaciones de tipo tutorial, demos, y

³⁰ Educación a Distancia – Wikipedia, la enciclopedia libre.
http://es.wikipedia.org/wiki/Educaci%C3%B3n_a_distancia

³¹ Distance Education – Wikipedia, the free encyclopedia. http://en.wikipedia.org/wiki/Distance_education

HowTo's³² y aplicaciones de evaluación para controlar el aprendizaje. Con el auge de internet, alrededor de 1995, empezó su incorporación a la vida diaria, y por consiguiente a la educación virtual.

Poco a poco, a medida que fue creciendo internet, se fue introduciendo mayor información, y se fueron incrementando los sitios que integraban contenido multimedia.

Desde el año 2000 empezaron a aparecer en Internet los sitios dinámicos, como blogs y redes sociales, y se popularizó la mensajería instantánea. Se empezó una nueva revolución dentro de Internet, la web 2.0, y este proceso permitió que la educación virtual se vaya tornando más llamativa, más participativa y se pueda formar hasta llegar a lo que conocemos en la actualidad.

La educación se ha valido del desarrollo de las TICs para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje, teniéndose también que realizar cambios en el sistema educativo para aprovechar los nuevos recursos disponibles.

Cuando empezó la educación virtual en Internet, se empezó transcribiendo la información de una clase presencial a una página web. Los sitios de educación virtual eran demasiado extensos, estaban llenos de texto y no resultaban atractivos a los estudiantes, la educación virtual no estaba teniendo el éxito esperado; se tenía un concepto errado, y se entendía a la educación apoyada en las TICs como una réplica de las clases presenciales.

Fue necesario entonces replantear el paradigma de la enseñanza, se debió tomar en cuenta que, los actores del ambiente educativo poseen una gran cantidad de información, debido al uso compartido de conocimientos que existe en internet y a la disponibilidad de los mismos. Los CMS permiten, para el profesor que los sabe utilizar, modificar la forma de sus clases, y aplicar las técnicas didácticas de la enseñanza en línea.

³² Un HowTo es una descripción paso a paso de cómo realizar un proceso. Actualmente se mantienen como páginas web y blogs de entusiastas, e inclusive en documentación oficial.

1.2.3 IMPORTANCIA

La educación virtual se ha convertido en una opción educativa con una gran acogida, por la facilidad que se tiene al utilizarla, porque es más asequible para los estudiantes por su bajo costo, no requiere de infraestructura física, se puede acceder a ella desde cualquier lugar, y porque permite estudiar en horarios flexibles. En la actualidad cumple un papel muy importante ofreciendo capacitación a sectores de la población que no pueden acceder a una educación presencial por diferentes motivos, y se espera que en los próximos años se convierta en una herramienta para el desarrollo del país y vencer las barreras del acceso a la educación y tecnología.

De acuerdo con la Agenda Nacional de Conectividad, desarrollada por la Comisión Nacional de Conectividad del Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL, uno de sus ejes estratégicos es la Teleducación, como se muestra en la Figura 1-6. El Programa Nacional de Teleducación propone un conjunto de iniciativas y proyectos que utilizan las NTICs para complementar y modernizar las metodologías y formas de enseñanza, en la educación formal, en la educación continua, la capacitación y el entrenamiento.³³



Figura 1-6: Agenda Nacional de Conectividad

³³ Agenda Nacional de Conectividad. CONATEL.

http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=38&Itemid=158

La educación virtual es, dentro de este contexto, una vía para modernizar y mejorar la educación e incrementar el porcentaje de personas con acceso a una educación formal, y a la tecnología. Asimismo el Ministerio de Educación en su Plan Decenal de Educación 2006 – 2015, propone dentro de sus políticas la Universalización de la Educación Inicial de 0 a 5 años, la Universalización de la Educación General Básica de primero a décimo años de Educación General Básica, el Incremento de la población estudiantil del Bachillerato hasta alcanzar al menos el 75% de los jóvenes en la edad correspondiente y la Erradicación del analfabetismo y fortalecimiento de la educación de adultos.³⁴

En conclusión, la educación virtual se plantea en el Ecuador como una solución para eliminar la brecha tecnológica, es decir, incrementar el número de personas con acceso a servicios tecnológicos, para democratizar la información, conseguir que todas las personas tengan acceso a información en el momento que ocurre, ampliar el acceso a la educación, erradicar el analfabetismo en adultos, y mejorar el sistema educativo.

1.3 EDUCACIÓN COMBINADA

1.3.1 DEFINICIÓN

La educación combinada o *blended learning* es una modalidad de enseñanza en la cual el profesor combina la enseñanza presencial con actividades de educación virtual.³⁵ El *blended-learning* o *b-learning* toma las ventajas de la educación virtual, y de la educación presencial en una misma formación, que permite a los estudiantes reforzar en un ambiente virtual los conocimientos recibidos en clase presencial, y ofrece la oportunidad de resolver dudas e inquietudes hacia el profesor de manera más directa.

Para elaborar un programa de b-learning es necesario incluir dentro de las actividades del curso tanto actividades presenciales, como virtuales, para que se

³⁴ Plan Decenal de Educación. – Ministerio de Educación
http://www.educacion.gob.ec/_upload/PlanDecenaldeEducacion.pdf

³⁵ B-learning – Wikipedia, la enciclopedia libre. <http://es.wikipedia.org/wiki/B-learning>

pueda tener actividades presenciales más interactivas que permitan aprovechar de mejor manera el tiempo de clase, como se observa en Figura 1-7.

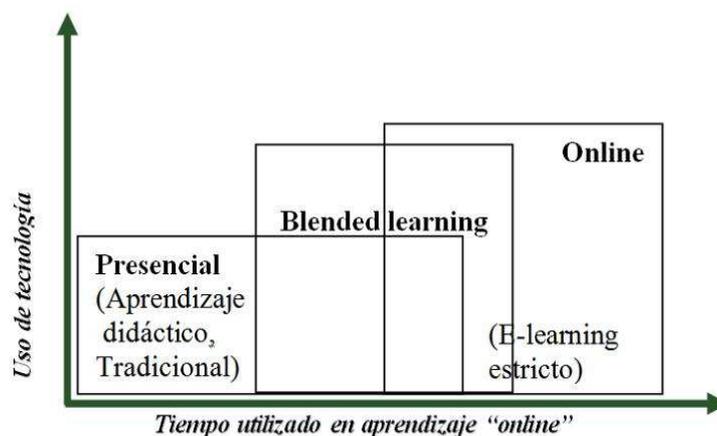


Figura 1-7: Ubicación de B-learning entre las modalidades presencial y virtual

De acuerdo a su definición, b-learning puede ser cualquier forma en la que un profesor pueda combinar dos tipos de educación, pero b-learning fue ideado con el propósito de tener un mayor alcance y poder llegar de mejor manera a la actual generación de estudiantes. Es así como mediante un EVA, o un grupo dentro de una red social, se puede facilitar las fuentes de información a los estudiantes, y luego dentro de la hora de clase se puede directamente discutir sobre la temática.

1.3.2 HISTORIA

El término b-learning aparece en los inicios de la década de 2000, en la conferencia "Reflections on the Use of Blended Learning. Education in a Changing Environment", en la Universidad de Salford, en el Reino Unido.³⁶

En ese momento se habló de que su origen se debía a dos razones muy importantes, la primera era que se mantenía la cultura de presencialidad dentro de la empresa, y la segunda fue el esfuerzo por corregir los procesos de e-learning que no funcionaban como se esperaba, el e-learning no estaba teniendo los resultados esperados, salvo pocas excepciones, y empezaba a mostrarse como una mala opción, por tener programas virtuales mal desarrollados, y por no

³⁶ Reflections on the Use of Blended Learning. Education in a Changing Environment conference proceedings, University of Salford, Salford, Education Development Unit.
http://www.ece.salford.ac.uk/proceedings/papers/ah_04.rtf

La capacidad para tener una realimentación adecuada, un mecanismo de control que permita organizar a los estudiantes, la interacción entre estudiantes, y la seguridad que tiene el estudiante de interactuar personalmente con su profesor son lo que hace que el b-learning sea la llave para nuevas modalidades de enseñanza, como m-learning³⁷, que presentan nuevos retos para el futuro.

El desarrollo, y la masificación de los entornos educativos virtuales ofrecen en un futuro solucionar grandes deficiencias dentro del sistema educativo ecuatoriano, y el b-learning es actualmente la forma más económica que se tiene para iniciar el cambio hacia la modernización de la educación mediante el uso adecuado de las NTICs.

1.4 ESCENARIOS EDUCATIVOS

1.4.1 DESCRIPCIÓN

Un escenario educativo es el contexto específico donde se realiza el proceso enseñanza – aprendizaje. Este contexto está construido también con la participación de los actores de este proceso: los profesores, los estudiantes y los padres.

Además para definir la estructura, la configuración, la disposición y los elementos que acompañan al escenario educativo es imprescindible entender y conocer a fondo hacia quién va dirigido aquel escenario.

Entonces podemos definir que un escenario educativo es todo el contexto en el que se desarrollan las actividades educativas, y cuya configuración depende de los actores de las actividades, la temática a ser impartida y la metodología utilizada para que los estudiantes puedan entender esa temática.

Tradicionalmente los escenarios estaban definidos por las aulas y los implementos necesarios como pupitres, pizarrón, y otros materiales didácticos, como se muestra en la Figura 1-9.

³⁷ M-learning es la metodología de enseñanza y aprendizaje valiéndose del uso de pequeños dispositivos móviles, tales como teléfonos móviles, agendas electrónicas, pocket pc, i-pods y todo dispositivo de mano que tenga alguna forma de conectividad inalámbrica. Aprendizaje electrónico móvil. Wikipedia, la enciclopedia libre. http://es.wikipedia.org/wiki/Aprendizaje_electr%C3%B3nico_m%C3%B3vil



Figura 1-9: Escenario educativo tradicional

Tradicionalmente se puede hablar de seis escenarios educativos:

- Enseñanza parvularia, donde los estudiantes son infantes, los profesores reciben instrucción específica para enseñar a infantes, las aulas son muy llamativas y el lenguaje utilizado es justamente el apropiado para despertar el conocimiento de los niños.
- Enseñanza básica, donde los estudiantes son niños y adolescentes que están formando su personalidad, los profesores llevan en sus clases un enfoque hacia el descubrimiento de nuevos conocimientos y la cimentación de bases necesarias para la educación futura.
- Enseñanza para el bachillerato, donde los estudiantes son jóvenes que empiezan a formar su proyecto de vida, el lenguaje utilizado es más técnico y más maduro, los temas impartidos son más específicos, y se separa en especializaciones a los estudiantes.
- Enseñanza universitaria, donde los estudiantes son adultos preparándose para el mercado laboral, el ambiente en el aula es más competitivo, y los profesores dejan un poco de ser la fuente de conocimiento para sus estudiantes y hacen que ellos busquen el conocimiento por sus propios medios y formen de esta manera la habilidad de aprender por sí solos.

- Ambiente empresarial, es de fundamental importancia para el desarrollo de cualquier empresa, las cuales se caracterizan por tener un amplio sector competitivo y por tener especial interés en los ámbitos externos: socio-cultural y socio-económico. La enseñanza, los conocimientos y los medios son orientados al desarrollo de la empresa y al crecimiento laboral de los actores de este ambiente.
- Y por último, el ambiente profesional, en el que los actores fundamentales son personas que se desarrollan independientemente y requieren ciertos conocimientos específicos dependiendo de la profesión y el área técnica en la que se desenvuelvan.

Como podemos ver, un escenario educativo está definido por diversos factores y, si queremos convertir esos escenarios reales en escenarios virtuales (ver Figura 1-10), y continuar en la masificación de la educación virtual, debemos tomar en consideración los mismos factores para definir nuestros escenarios educativos virtuales.

Un escenario educativo virtual debe cumplir con el mismo objetivo de un escenario educativo tradicional, y lo que se debe tomar en cuenta son los nuevos retos encontrados al momento de diseñar y aplicar un escenario educativo virtual.



Figura 1-10: Entorno Educativo Virtual³⁸

³⁸Instalando un CMS (joomla) en un hosting,

<http://www.aimme.es/documentos/difusion/sourcepyme/paginas/ramoncastro20061112.htm>

Los retos actuales en la aplicación de las NTICs en la educación son para la institución: mayor y mejor infraestructura de computación, mayor y mejor acceso a la red, costo de paquetes de desarrollo, costo de capacitación a facilitadores, replanteo de currículos, redefinición de metodología; para el profesor: desconocimiento en el uso de las herramientas, los instructores tienen conocimiento limitado, el b-learning exige nuevas habilidades, actitud de “sharing knowledge”, adaptación a nuevas metodologías, desarrollo de material didáctico multimedia, impulso de la pedagogía activa; y para el estudiante: cambio de actitud, entender que la enseñanza soportada con NTICs no es “copy + paste”, mayor necesidad de información, formación del criterio de discernimiento de información, evitar la infoxificación, involucramiento en proyectos de desarrollo de materiales multimedia, y adquirir la disciplina necesaria para trabajar colaborativamente en Internet.

1.4.2 ESCENARIO EDUCATIVO VIRTUAL

La infraestructura espacial de un entorno educativo virtual es muy distinta a la de un entorno educativo natural tradicional. La modificación de la actividad educativa es profunda debido a la serie de cambios físicos y pedagógicos que sufren los estudiantes a pasar del entorno natural al entorno real.

Los implementos básicos dentro del entorno natural tienen una nueva expresión en la virtualidad, se cambia el pizarrón y el pupitre, por el computador y sus periféricos, teniendo muy en cuenta ahora su ubicación; puede ser un computador portátil o una PC de escritorio conectados a la red interna de la escuela o que puede ser accedido desde cualquier otro lugar, de manera que siempre se encuentre disponible.

Otro factor muy importante a tener en cuenta en este escenario, es la actividad académica, que ya no va a estar vinculada con un horario rígido de clases sino que, ahora va a estar todo el tiempo a disposición. En un escenario educativo virtual el aspecto más notable es que ya no existen barreras físicas, convirtiéndose en redes en las que se desarrollan actividades educativas.³⁹

³⁹ EDUCACIÓN VIRTUAL, <http://www.educar.org/articulos/educacionvirtual.asp>

Es así como podemos ver que la implementación de un escenario educativo virtual, o la migración de los escenarios educativos hacia nuevos escenarios virtuales, exigen una nueva concepción de la educación, y una reforma al comportamiento de los actores del proceso educativo.

1.4.3 REQUERIMIENTOS DE UN ESCENARIO EDUCATIVO VIRTUAL

Implementar un escenario educativo virtual en un medio en el que se mantiene la educación presencial tradicional exige un cambio en la metodología de enseñanza y una disposición de recursos tecnológicos que sirvan de apoyo para el desarrollo del aprendizaje.

Dentro de los requerimientos técnicos necesarios para implementar un escenario educativo virtual tenemos requerimientos de hardware y requerimientos de software.

Requerimientos de hardware:

- Un computador personal con sus periféricos. Es el equipo mediante el cual se va a acceder a las aplicaciones educativas. Se había mencionado anteriormente que, cuando se implementa una infraestructura LTSP en la educación, éste puede ser un terminal o un PC reutilizado de bajas prestaciones.
- Acceso a la red⁴⁰. El conjunto de equipos que sirven para tener acceso a la red interna, o a Internet.
- Un servidor web. Es el equipo que permite a los usuarios tener acceso a contenido web. Este servidor puede ser implementado en un PC independiente o incluido en otro computador.
- Un servidor de aplicaciones educativas. Es el equipo en el que corren aplicaciones que son accedidas por los estudiantes y administradas por el profesor.

⁴⁰ Esta red puede ser una red interna del plantel educativo o Internet.

- Un servidor de terminales. En una infraestructura LTSP es el equipo en cual van a correr todos los servicios necesarios para que los terminales ligeros tengan acceso a sus aplicaciones y archivos.

Dependiendo del escenario educativo, se van a necesitar o no los requerimientos de hardware mencionados.

Requerimientos de Software:

- Navegador Web. Los CMS se ponen a disposición como aplicaciones Web que son accedidas mediante un navegador web o *browser*.
- Aplicaciones Educativas. Mediante software educativo específico se puede realizar demostraciones y explicaciones del profesor hacia los estudiantes.

Al igual que los requerimientos de hardware, los de software deberán ser especificados de acuerdo al escenario educativo en el que se van a implementar.

CAPÍTULO 2: DIMENSIONAMIENTO DEL SERVIDOR PARA EDUCACIÓN COMBINADA UTILIZANDO LA INFRAESTRUCTURA LTSP.

2.1 INTRODUCCIÓN

A medida que el número de usuarios, y sus requerimientos van incrementándose, se torna mucho más complicado definir una metodología de dimensionamiento a seguir.

En un ambiente cliente servidor es difícil determinar con exactitud el número de usuarios que el servidor puede soportar. Para esta determinación se deben considerar los diferentes tipos de clientes, las actividades que cada usuario va a realizar, la capacidad del subsistema de almacenamiento y la forma en la que está configurado el uso de los recursos del servidor.

El dimensionamiento del servidor en un ambiente LTSP es más arte que ciencia.⁴¹ No se puede tener una regla específica para dimensionar al servidor que tome en cuenta únicamente al número de usuarios, sino que, se deben tener en cuenta parámetros adicionales como son: aplicaciones utilizadas por los usuarios, procesos del sistema y requerimiento de almacenamiento en disco duro de cada usuario.

2.2 METODOLOGÍA DE DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento del servidor LTSP comenzará con el establecimiento de los requerimientos de los usuarios y del sistema, la definición de métricas para evaluar los parámetros a ser dimensionados en el servidor, y la configuración preliminar de los equipos de pruebas.

⁴¹ Linux Terminal Server Project Administrator's Reference or, How I Learned to Quit Worrying and Live Without a Hard Drive.

2.2.1 PLANIFICACIÓN

La planificación del dimensionamiento debe definir los objetivos del proyecto y establecer los procedimientos necesarios para alcanzarlos. Los procedimientos seguirán una metodología determinada, a fin de satisfacer las necesidades de los clientes indicadas en los objetivos.

Durante esta etapa es imprescindible el apoyo del factor humano, que deberá desarrollar roles específicos en el área de desarrollo y evaluación del sistema.

2.2.1.1 Requisitos

Los requisitos que debe cumplir el servidor, propuestos para el presente proyecto son:

- Servir a 30 usuarios simultáneamente
- Cada usuario debe tener conexión a internet
- Cada usuario debe manejar por separado sus procesos, programas, archivos y disposición de almacenamiento.

En general, cuando se trabaja en ambientes cliente-servidor, es necesario definir perfiles para cada uno de los usuarios del sistema. Para el presente proyecto se deberán tener cuatro perfiles de usuario para realizar sus respectivas tareas:

- Superusuario⁴²
 - Configurar el Sistema Operativo
 - Cargar los módulos para LTSP
 - Instalar y configurar:
 - El software a utilizar por los estudiantes
 - La consola de administración
 - Manejar los perfiles de usuario a implementar
 - Instalar el LMS o *Learning Management System*

⁴² Los sistemas UNIX definen un usuario con todos los privilegios llamado *root*, pero por cuestiones de seguridad, se debe crear un usuario con un nombre distinto, y asignarle los permisos indicados.

- Establecer políticas para el firewall
- Configurar el software para realizar backups
- Administrador del servidor LTSP.
 - Configurar el LMS
 - Crear cuentas de usuario
 - Administrar la red
 - Verificar que se encuentren ejecutando todos los servicios necesarios para LTSP
- Profesor
 - Acceder al software de administración del curso
 - Acceder y gestionar el LMS
- Estudiantes
 - Acceder a sus archivos personales
 - Ejecutar programas educativos

Una vez que se hayan cumplido con los requisitos indicados, se podrá declarar que el dimensionamiento fue realizado correctamente.

2.2.1.2 Métricas

Para evaluar el rendimiento del presente proyecto se establecen los parámetros a ser considerados, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Desde el punto de vista del usuario.

Se deben tomar en cuenta los tiempos de respuesta de las aplicaciones utilizadas, y la rapidez con la que se percibe que se ejecutan las aplicaciones y se acceden a los archivos personales.

- Desde el punto de vista del servidor.

Cuando se evalúa desde el punto de vista del servidor las medidas son objetivas y se refieren al porcentaje de utilización del CPU, el número de procesos en cola de ejecución, la cantidad de memoria libre, la utilización de memoria virtual y la utilización de los discos duros. Es decir, los parámetros que nos permitan

determinar el consumo de recursos y los posibles cuellos de botella que pudieran ocurrir.

- De acuerdo a la carga específica.

Cuando se toma en cuenta la carga específica hay que relacionar los puntos de vista del usuario y del servidor, debido a la relación que existe entre ellos. La actividad de carga específica que existe en el servidor depende de la actividad de los usuarios y el uso y disponibilidad de recursos.

2.2.2 CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PRUEBAS PRELIMINARES

Para el desarrollo de las pruebas preliminares se utilizarán 2 computadores, uno para ser usado como servidor, y el otro para la creación de maquinas virtuales que serán los clientes:

- Utilización de un servidor de prueba preliminares LTSP (está definido por los parámetros técnicos de la Tabla 2-1)

SERVIDOR DE PRUEBAS PRELIMINARES LTSP (HP Pavilion dv4)		
Nombre	Valor	Modelo
Procesador	2,1 Ghz	AMD Turion(X2)
Memoria RAM instalada	4 GB (3,25 Utilizable)	
Tipo de sistema	Fedora Core 10 de 32 bits	ACPI x64-based PC.
Tarjeta Gráfica	256 MB	ATI Radeon HD 3200 Graphics
Tarjeta de Red	10/100/1000 Mbps	NIC de Fast Ethernet PCI-E de la familia Realtek RTL8102E/RTL8103E (NDIS 6.20)
Unidad Óptica	24x	PIONEER DVD/RW – TD 08HB ATA Device.
Disco Duro	50GB	MK5055GSX ATA Device

Tabla 2-1: Servidor de pruebas preliminares LTSP

- Utilización de un “Computador de pruebas preliminares” (está definido por los parámetros técnicos de la Tabla 2-2)

COMPUTADOR DE PRUEBAS PRELIMINARES (HP pavilion dv2415)		
Nombre	Valor	Modelo
Procesador	1,8 Ghz	AMD Turion 64x2
Memoria RAM instalada	2 GB	
Tipo de sistema	CentOS 5.3 de 64 bits	ACPI x64-based PC.
Tarjeta Gráfica	256 MB	NVIDIA GeForce Go 6150
Tarjeta de Red	10/100/1000 Mbps	NVIDIA nForce
Unidad Óptica	24x	PIONEER DVD/RW – TD 08HB ATA Device.
Disco Duro	50GB	MK5055GSX ATA Device

Tabla 2-2: Computador de Pruebas

- Creación de las máquinas virtuales utilizadas como clientes ligeros LTSP, las que se denominarán “Cliente N” y están definidas por los parámetros técnicos de la Tabla 2-3.

CLIENTE VIRTUAL LTSP	
Capacidad de Almacenamiento (Disco Duro Virtual)	100 Megabytes
Memoria Asignada (Memoria RAM)	256 Megabytes
Acceso a la Red (Tarjeta de Red Virtual)	Va estar vinculada a un switch virtual, que va a formar parte de la red LTSP, con una velocidad de 100Mbps

Tabla 2-3: Cliente Virtual LTSP

La creación de los clientes virtuales se la realizará a través de XEN⁴³, que se encuentra instalada bajo una distribución CentOS 5.3 en el computador de pruebas.

⁴³ Xen es un software que crea un entorno virtual entre la plataforma de la computadora y el usuario final. Xen – Wikipedia, la enciclopedia libre. <http://es.wikipedia.org/wiki/Xen>

2.2.3 CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DEL SERVIDOR LTSP DE PRUEBAS

Como fue explicado en el apartado 1.1.4, existen varias distribuciones de Linux que incorporan paquetes y servicios LTSP, cuyas aplicaciones pueden ser usadas una vez instalado el sistema operativo. Y también existen otras distribuciones de Linux que no contienen los paquetes y servicios LTSP, pero que se pueden incorporar sobre una instalación de escritorio.

Como parte de este proyecto, se realizaron pruebas en máquinas virtuales bajo las distribuciones: Edubuntu, Ubuntu, KIWI-LTSP, openSUSE, K12-LTSP, Fedora Core y Molinux.

Edubuntu, es la versión LTSP de la distribución Ubuntu, para ambientes educativos; está orientada específicamente para estudiantes e incorpora aplicaciones educativas haciendo uso de GNOME⁴⁴. Para el ambiente de pruebas fueron usadas las siguientes versiones: Ubuntu 8.04 Hardy Heron, Ubuntu 8.10 Intrepid Ibex, Ubuntu 9.04 Jaunty Jackalope y Ubuntu 9.10 Karmic Koala.

KIWI-LTSP, es la versión lista para LTSP de la distribución openSUSE, desarrollada para ambientes educativos, que incorpora una gran cantidad de aplicaciones y un software de administración.

K12-LTSP, es la versión de LTSP para Fedora que incorpora todos los paquetes LTSP, y software educativo, por defecto no ofrece ninguna aplicación de administración.

Las distribuciones de escritorio Ubuntu, openSUSE y Fedora, permiten adicionar los paquetes y servicios LTSP, software educacional y aplicaciones administrativas, mediante interfaz gráfica o consola de comandos.

Para empezar con la instalación del servidor de prueba LTSP se definió primero la distribución sobre la cual se va a trabajar. Para este servidor se escogió la distribución Fedora, debido a la familiaridad con el sistema operativo y su facilidad de administración.

⁴⁴ GNOME es un entorno de escritorio para sistemas operativos UNIX

Se comenzaron a realizar las pruebas y la revisión del cumplimiento de los requisitos bajo la distribución *FEDORA CORE 12 de 64bits*. A continuación se realizó la configuración del Sistema Operativo, se cargaron los módulos para LTSP, además de los clientes en 32 y 64 bits, con un correcto funcionamiento.

Posteriormente se completó la instalación del software a utilizar por los estudiantes. Entre las aplicaciones se intentó utilizar el software Microsoft Office, mediante el paquete WINE⁴⁵.

La instalación del paquete WINE no resultó, y se determinó cambiar a la versión *FEDORA CORE 11 de 64bits*.

De la misma manera que en la versión *fc12 de 64 bits*, no se produjo ningún inconveniente en la instalación y configuración de los servicios y clientes LTSP. Las aplicaciones referentes al software de los estudiantes no fueron defectuosas, la utilización de los programas bajo WINE resultó con éxito.

A continuación se realizó la instalación de una consola de administración denominada FL_TEACHERTOOL; al momento de su utilización existieron inconvenientes con los paquetes necesarios para su ejecución, por un conflicto de compatibilidad entre los paquetes instalados en el sistema operativo de 64 bits y los clientes de 32 bits.

Seguidamente, se determinó trabajar con la versión *fc10 de 64 bits*, que de la misma manera que en *fc11*, presentó problemas con la instalación y utilización de la consola de administración.

Uno de los principales factores a tener en cuenta para el uso de un sistema operativo de 64 bits es que se debe tener un procesador de 64 bits y una placa base que pueda admitirlo de forma nativa. La ventaja primordial de un sistema operativo de 64 bits es que tiene la capacidad de soportar mayor tamaño en memoria RAM y memoria virtual. Para el caso de LTSP, la arquitectura del procesador dependerá principalmente del número de clientes con el cual se va a

⁴⁵ Wine, Permite la instalación y ejecución de programas para MS-DOS y Windows.

trabajar, es decir que, si se determina que la memoria RAM a utilizar por el servidor es mayor que 4GB se determina usar un procesador de 64 bits.

A nivel de clientes, no existe gran diferencia si se utiliza un procesador de 32 o 64 bits, porque los clientes solamente van a utilizar la imagen del Sistema Operativo que les entrega el servidor LTSP.

A nivel de servidor existe una diferencia clave en el uso del sistema operativo, debido a que un servidor LTSP que trabaje con un S.O de 32 bits, estará limitado a crear únicamente imágenes para clientes de 32 bits, mientras que un servidor LTSP bajo una arquitectura de 64 bits tiene la capacidad de crear imágenes para clientes de 32 y 64 bits.

Para el presente proyecto se usan únicamente como terminales, computadores con procesador y placa base de 32 bits, por lo tanto no es necesario tener las imágenes para bootear⁴⁶ clientes de 64 bits.

De acuerdo al objetivo primordial del proyecto LTSP, del uso de clientes ligeros y reutilización de hardware, es poco probable que existan terminales que usen un procesador de 64 bits. En el caso de que existan este tipo de clientes y no se encuentre creada la imagen del S.O de 64 bits en el servidor, no existiría ningún problema al momento de cargar la imagen, porque dentro del funcionamiento de LTSP, se permite también a un cliente con un procesador de 64 bits cargar una imagen de un S.O de 32 bits.

Otro factor importante a considerar respecto al uso de un S.O. de 32 bits en el servidor, es la compatibilidad entre la arquitectura que usa el servidor y los paquetes, herramientas, y servicios necesarios para poder ejecutar el software de administración. El software de administración para el presente proyecto es FL_TEACHERTOOL⁴⁷. Un inconveniente encontrado al utilizar este software es la incompatibilidad entre las arquitecturas de los programas de los que depende. Es

⁴⁶ Bootear, es el proceso inicial en un computador donde se carga la configuración de hardware y BIOS, y se busca un S.O, y puede ser desde el disco duro, la red, dispositivos usb o mediante unidades ópticas. Definición de boot. <http://www.alegsa.com.ar/Dic/boot.php>

⁴⁷ Fl_teacherTool, es un software de administración que utiliza los beneficios de una red de un servidor de terminales Linux.

decir, cuando se utiliza un servidor de 64 bits, junto a clientes de 64 bits, funciona muy bien.; de igual manera cuando se trabaja con arquitecturas de 32 bits en cliente y servidor; pero cuando se utilizan diferentes arquitecturas entre cliente y servidor no es posible utilizar el software. Los paquetes que presentan problemas en la instalación son el x11vnc⁴⁸ y el openssh-server u *OpenBSD Secure Shell*⁴⁹, debido a una serie de conflictos de dependencias con el resto de aplicaciones y librerías que se encuentran ya instaladas en el cliente.

Considerando todas las incompatibilidades y los cambios necesarios para la ejecución del servidor, se determinó utilizar la distribución Fedora Core 10 en arquitectura de 32 bits.

Una vez instalado el sistema operativo en la máquina de pruebas, se procede a la instalación de los servicios, paquetes y aplicaciones LTSP incluyendo sus dependencias, dentro de los que constan:

Paquetes de instalación

1. **Ltsp-server.-** Es el paquete que contiene todo el software necesario para el funcionamiento de un servidor de terminales Linux.
2. **Ltsp-vmclient.-** Este paquete es opcional, se lo puede instalar si se desea que exista un cliente virtual para verificar el correcto funcionamiento del servidor LTSP.

Comandos y aplicaciones

1. **Ltsp-build-client.-** Es el comando que se encarga de la creación de los clientes LTSP, Puede ir acompañado de la opción --arch para identificar la arquitectura del cliente que vamos a crear.

⁴⁸ X11vnc, es un servidor que ofrece la capacidad de controlar a un computador remotamente

⁴⁹ Openssh-server, es un servidor que permite la autenticación utilizando protocolo ssh.

2. **Ltspfs.-** Es un programa que monta el espacio de usuario a utilizar por el cliente basado en el sistema de archivos que fueron exportados por ltspfsd⁵⁰.
3. **Ltspfsmounter.-** Monta archivos creados a partir del ltspfs.
4. **Ltsp-localapps.-** Inicia una aplicación local sobre el cliente LTSP.
5. **Ltsp-prepare-kernel.-** Sirve para preparar el kernel que se encuentra en el entorno chroot
6. **Ltsp-update-kernel.-** Copia el kernel del entorno chroot en el directorio tftpboot y actualiza el del cliente LTSP.
7. **Ltsp-update-sshkeys⁵¹.**- Permite realizar la actualización de las llaves utilizadas en el protocolo ssh.
8. **Ltsp-vmclient.-** Corre una máquina virtual del tipo qemu-kvm como cliente PXE.

Servicios y dependencias

1. **Rpcbind.-** Es un servidor que convierte los números de programas RPC en direcciones globales. Puede ejecutarse sobre un computador cliente que será capaz de hacer llamadas RPC al servidor.
2. **Nbdrootd.-** Servirá a las imágenes LTSP creadas con ltsp-update-image, las cuales son imágenes del sistema de archivos y comprimidas con mksquashfs⁵². El programa nbdrootd es un simple Shell script anidado por el servidor nbd y usualmente se ejecuta como instancia de inetd.

⁵⁰ Ltspfsd, es un programa que proporciona acceso a los dispositivos locales sobre la red de un cliente ltspfs

⁵¹ Se debe ejecutar este comando seguido del comando ltsp-update-image, cuando se hayan realizado cambios en el servidor.

⁵² Mksquashfs. Es un sistema de archivos comprimidos en uno de solo lectura, usado para crear nuevos sistemas de archivos comprimidos o adicionar información a archivos ya creados.

<http://manpages.ubuntu.com/manpages/dapper/en/man8/mksquashfs.8.html>

3. Nbdswapd.- Crea automáticamente archivos swap cuando recibe una petición de conexión de un cliente LTSP.

Los servicios xinetd, ltsp-dhcpd, nfs, sshd, ladminfod, tftp están especificados en el apartado 1.1.5.

La instalación del servidor LTSP, implica también la configuración de las tarjetas de red. Para el caso del servidor de prueba, como únicamente posee una tarjeta de red, su uso estará limitado a servir en la red interna y su configuración viene por defecto al momento de instalar los paquetes y servicios LTSP. La dirección IP que se le asigna es 172.31.100.254 con una máscara de red 255.255.255.0. De la misma manera, la configuración del servicio dhcp para ltsp y los demás servicios vienen configurados por defecto. El servidor dhcp viene configurado para trabajar sobre la red 172.31.100.0/24 con un rango de direcciones desde la 172.31.100.100 hasta la 172.31.100.253.

Una vez finalizada la instalación de los servicios y paquetes LTSP, se debe configurar adecuadamente las políticas del firewall⁵³ para evitar bloqueos en el tráfico LTSP y para mantener protegido al servidor. Para ello se debe realizar un análisis del tráfico a circular en la red interna, analizando los paquetes y verificando los protocolos, los puertos y las direcciones IP usadas.

Un firewall puede ser un dispositivo físico o un software sobre un sistema operativo⁵⁴ como se observa en la Figura 2-1, en cual se establecen políticas de filtrado de paquetes y políticas de seguridad a nivel de comunicaciones en la red, aceptando o rechazando conexiones, modificando conexiones, etc. Realiza el filtrado a nivel de paquetes TCP/UDP/ICMP/./IP y decide si un paquete pasa, se modifica, se convierte o se descarta.

⁵³ Firewall o cortafuegos, es una parte de un sistema o una red que está diseñada para bloquear el acceso no autorizado, permitiendo al mismo tiempo comunicaciones autorizadas. Cortafuegos - Wikipedia, La enciclopedia libre - [http://es.wikipedia.org/wiki/Cortafuegos_\(inform%C3%A1tica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Cortafuegos_(inform%C3%A1tica)).

⁵⁴ IPTABLES (MANUAL PRÁCTICO) - <http://www.pello.info/filez/firewall/iptables.html>

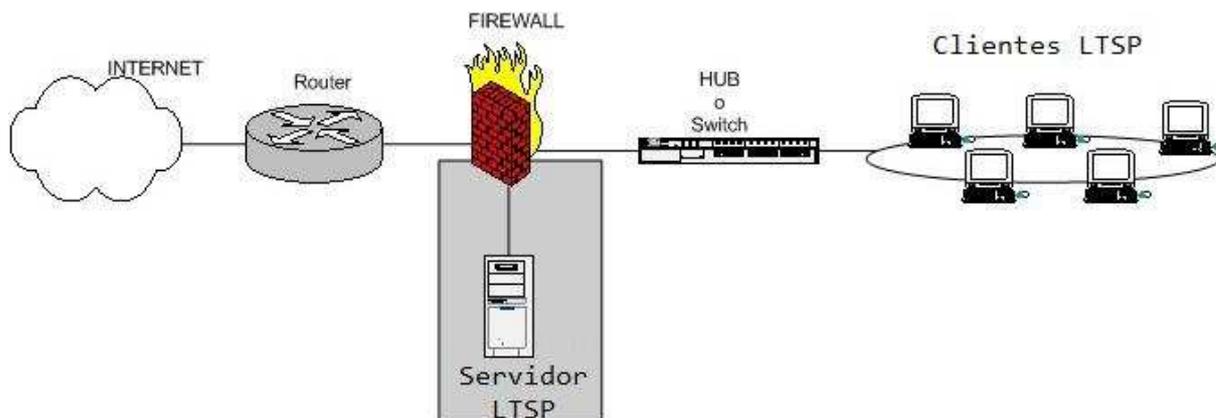


Figura 2-1: Esquema de Red con Firewall ⁵⁴

Los firewalls se los pueden usar en cualquier tipo de red, ya sea para proteger tráfico externo o tráfico interno, es decir, para proteger las peticiones desde internet hacia nuestro servidor o desde los clientes hacia el servidor.

El firewall trabaja a nivel de paquetes del protocolo TCP/IP analizando el origen y el destino de los paquetes. La manera de trabajar es la siguiente:

- Habilita el acceso a puertos de administración a determinadas IPs privilegiadas.
- Enmascara el tráfico de la red local hacia el exterior (NAT, una petición de un PC de la LAN sale al exterior con la IP pública), para poder salir a internet.
- Deniega el acceso desde el exterior a puertos de administración y a todo lo que este entre 1 y 1024⁵⁴.

Existen dos maneras de establecer las políticas de un firewall, una política por defecto, ACEPTAR: en principio todo lo que entra y sale por el firewall se acepta y solo se denegará lo que se diga explícitamente y la segunda política por defecto, DENEGAR: todo está denegado, y sólo se permitirá pasar por el firewall aquello que se permita explícitamente.

El orden en que se establecen las reglas es determinante. Cuando un paquete es analizado se va comparando con las reglas de firewall una a una hasta que encuentre la regla que le afecte y se decida entonces que hacer con el paquete,

luego de esto no se continúan analizando el resto de reglas para el mismo paquete.

El filtrado de paquetes está basado en:

- Interfaz de red
- Protocolo (UDP, TCP, ICMP...)
- Dirección IP origen y/o destino
- Puerto UDP o TCP origen y/o destino
- Dirección de la configuración de conexión TCP
- Existencia de conexión TCP
- Tipo de paquete ICMP
- Dirección MAC
- User ID del proceso que envía o recibe

Dentro de las posibles acciones están ACCEPT y DROP, para permitir un paquete, o para denegar un paquete, respectivamente.

Existe una gran cantidad de herramientas comerciales o gratuitas, que permiten realizar el análisis del tráfico y paquetes en una red, dentro de las cuales están: Ethereal, wireshark, etherape, netstat, netflow, PRTG entre los más conocidos.

Para este proyecto se decidió trabajar con wireshark y etherape, para el análisis de paquetes que circulan en la red interna, ver Figura 2-2, es decir únicamente paquetes utilizados por el servidor LTSP y los clientes ligeros. La instalación de las aplicaciones wireshark y etherape se la puede realizar a través de consola usando los comandos `yum install wireshark` y `yum install etherape` respectivamente, o través del software de instalación propio de la distribución, escogiendo estos paquetes.

PROTOCOLO DHCP	
Internet Protocol, Src: 0.0.0.0 (0.0.0.0), Dst: 255.255.255.255 (255.255.255.255)	
User Datagram Protocol, Src Port: bootpc (68), Dst Port: bootps (67)	
PROTOCOLO ARP	
Ethernet II, Src: Wistron_9f:7e:1c (00:16:d3:9f:7e:1c), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)	
Address Resolution Protocol (request)	
PROTOCOLO TFTP	
Internet Protocol, Src: 172.31.100.102 (172.31.100.102), Dst: 172.31.100.254 (172.31.100.254)	
User Datagram Protocol, Src Port: ah-esp-encap (2070), Dst Port: tftp (69)	
PROTOCOLO TCP	
Internet Protocol, Src: 172.31.100.102 (172.31.100.102), Dst: 172.31.100.254 (172.31.100.254)	
Transmission Control Protocol, Src Port: 48889 (48889), Dst Port: sunrpc (111), Seq: 0, Len: 0	
PROTOCOLO PORTMAP	
Internet Protocol, Src: 172.31.100.102 (172.31.100.102), Dst: 172.31.100.254 (172.31.100.254)	
Transmission Control Protocol, Src Port: 48889 (48889), Dst Port: sunrpc (111), Seq: 1, Ack: 1, Len: 44	
Remote Procedure Call, Type:Call XID:0x56ad7b43	
Portmap	
PROTOCOLO MOUNT	
Internet Protocol, Src: 172.31.100.102 (172.31.100.102), Dst: 172.31.100.254 (172.31.100.254)	
User Datagram Protocol, Src Port: syslog-conn (601), Dst Port: 57577 (57577)	
PROTOCOLO NFS	
Internet Protocol, Src: 172.31.100.102 (172.31.100.102), Dst: 172.31.100.254 (172.31.100.254)	
User Datagram Protocol, Src Port: 967 (967), Dst Port: nfs (2049)	

Figura 2-2: Tramas obtenidas con el analizador de Red

A través del análisis de paquetes con Wireshark, se obtuvieron los resultados, de la Figura 2-3, tomando en cuenta desde el proceso de booteo de los clientes hasta el proceso de inicio de sesión, donde se obtuvo una media total de 70.000 paquetes, y los resultados mostrados en la Tabla 2-4.

PROTOCOLO	Dirección IP		Puerto	
	Origen	Destino	Origen	Destino
DHCP	0.0.0.0	255.255.255.255	68	67
	172.31.100.254	172.31.100.100-172.31.100.253		
ARP ⁵⁵	172.31.100.254	Any/0	-	-

⁵⁵ ARP, Protocolo de resolución de dirección o *Address resolution Protocol*, se encarga de encontrar la dirección de hardware de una determinada dirección IP. ARP - <http://es.wikipedia.org/wiki/ARP>

TFTP	Any/0	172.31.100.254	> 1024	69
	Any/0	172.31.100.254	> 1024	> 1024
	172.31.100.254	Any/0	69	> 1024
	172.31.100.254	Any/0	> 1024	> 1024
RPC- PORTMAP⁵⁶	Any/0	172.31.100.254	> 1024	111
	172.31.100.254	Any/0	111	> 1024
RPC-MOUNT	Any/0	172.31.100.254	601	> 1024
	172.31.100.254	Any/0	> 1024	601
NFS	Any/0	172.31.100.254	< 1023	> 1024
	172.31.100.254	Any/0	> 1024	< 1023

Tabla 2-4: Primer resultado del análisis del tráfico de la red

A continuación se realizó el análisis a partir del inicio de sesión, obteniéndose los resultados indicados en la Tabla 2-5.

PROTOCOLO	Dirección IP		Puerto	
	Origen	Destino	Origen	Destino
NFS	Any/0	172.31.100.254	< 1023	> 1024
	172.31.100.254	Any/0	> 1024	< 1023
ARP	172.31.100.254	Any/0	-	-
SSH	Any/0	172.31.100.254	> 1024	22
	172.31.100.254	Any/0	22	> 1024
X11	Any/0	172.31.100.254	> 1024 (6001)	> 1024
	172.31.100.254	Any/0	> 1024	> 1024 (6001)

Tabla 2-5: Segundo resultado del análisis del tráfico de la red interna

⁵⁶ RPC-PORTMAP, Llamada *Remote procedure Call*

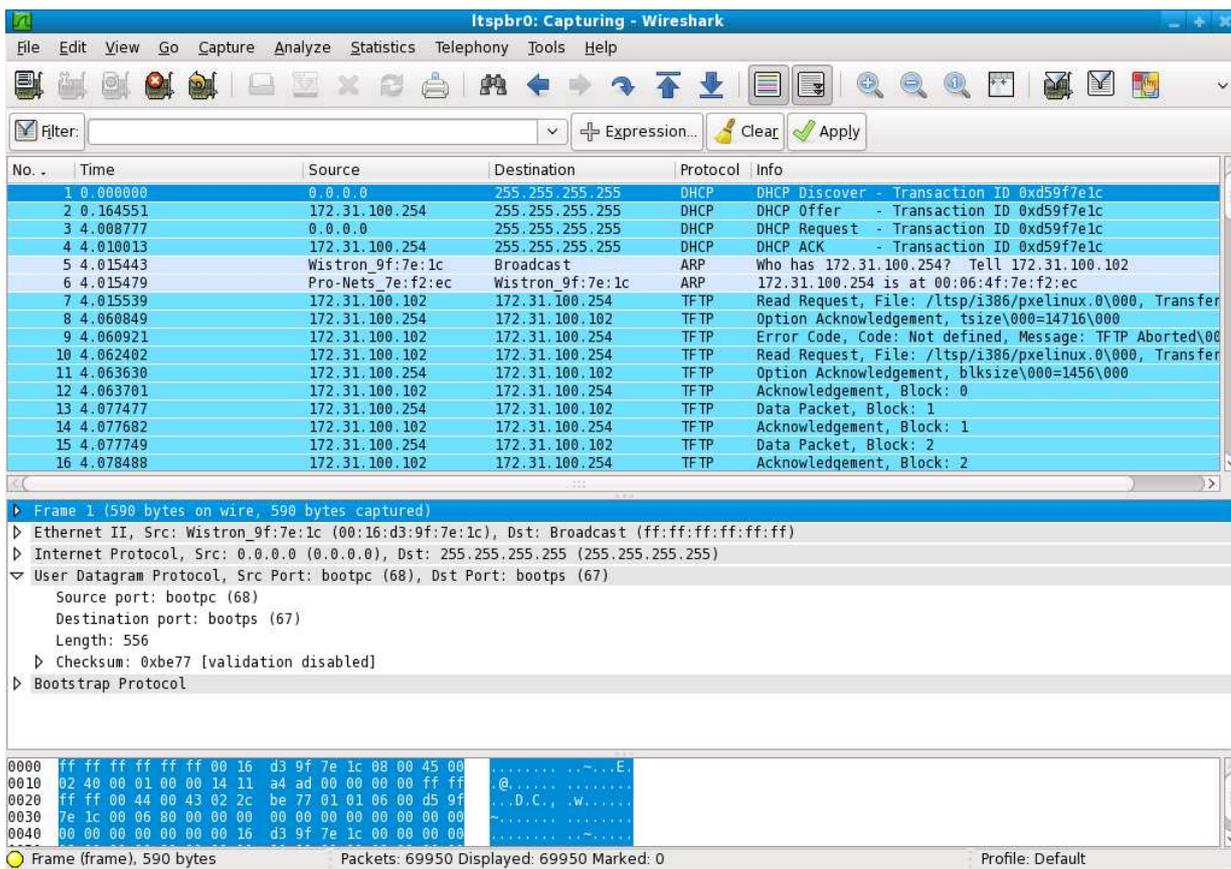


Figura 2-3: Analizador de tráfico de Red - Wireshark

Con la herramienta etherape, se puede distinguir el gráfico del tráfico de red y las estadísticas de la red basadas en protocolos. Para estas pruebas se analizó el tráfico de la red interna (Figura 2-5, Figura 2-6 y Figura 2-7) y de la red externa (Figura 2-4). Además se tomaron estadísticas de los protocolos usados en la conexión con información detallada como el tráfico instantáneo⁵⁷, el tráfico acumulado⁵⁸, el tiempo del último paquete⁵⁹ y el número de paquetes usados en cada conexión (Figura 2-8 y Figura 2-9).

⁵⁷ El tráfico instantáneo hace referencia a la velocidad con la que viajan las tramas en cada transmisión.

⁵⁸ El tráfico acumulado se refiere al número total de paquetes intercambiado por los clientes y el servidor.

⁵⁹ El tiempo del último paquete, determina en segundos, el tiempo transcurrido desde que el último paquete que llegó fue analizado.

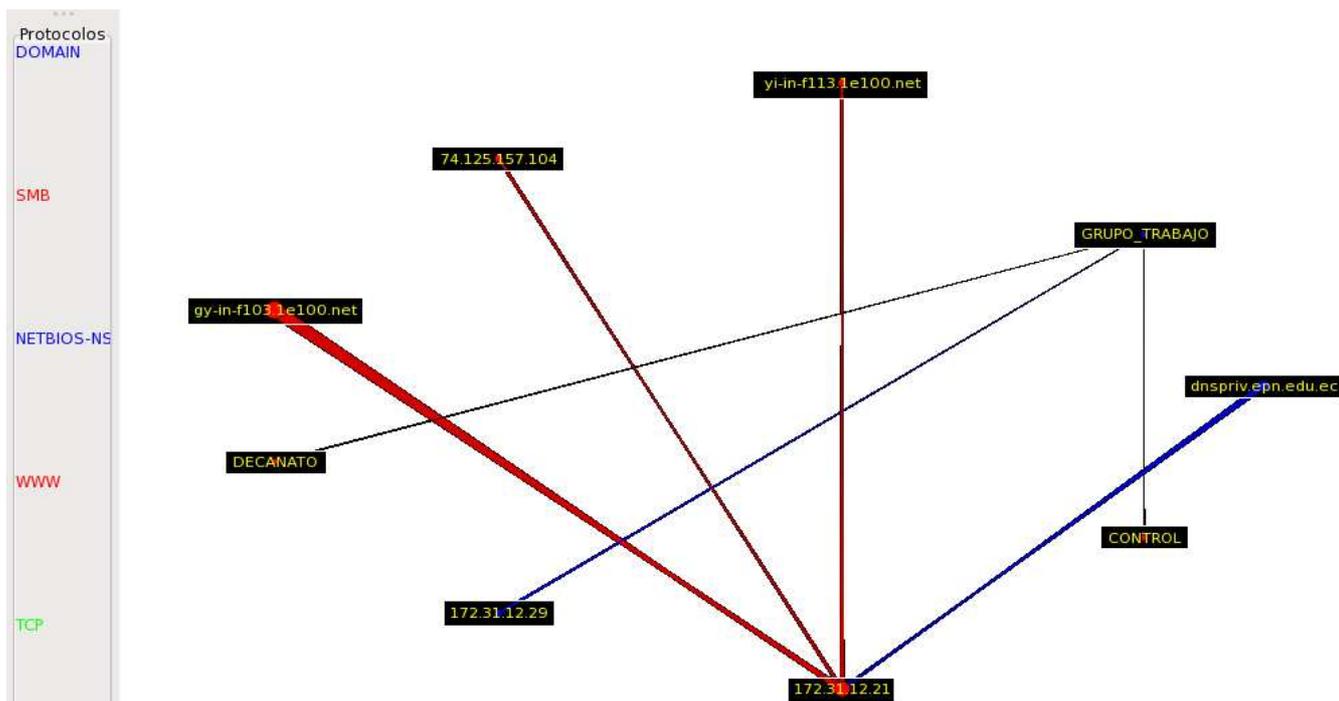


Figura 2-4: Análisis de la Red externa – Etherape

Los gráficos de las estadísticas de red presentados con la herramienta Etherape, muestran la actividad de la red en la que se está trabajando; es decir, se muestran las direcciones IP de los terminales que se están comunicando, y se distingue el tipo de protocolo que emplean para su comunicación, mediante diferentes colores; el grosor de la línea entre etiquetas varía dependiendo de la cantidad de datos que intercambian.



Figura 2-5: Análisis de la Red interna - Etherape - PROTOCOLO DHCP

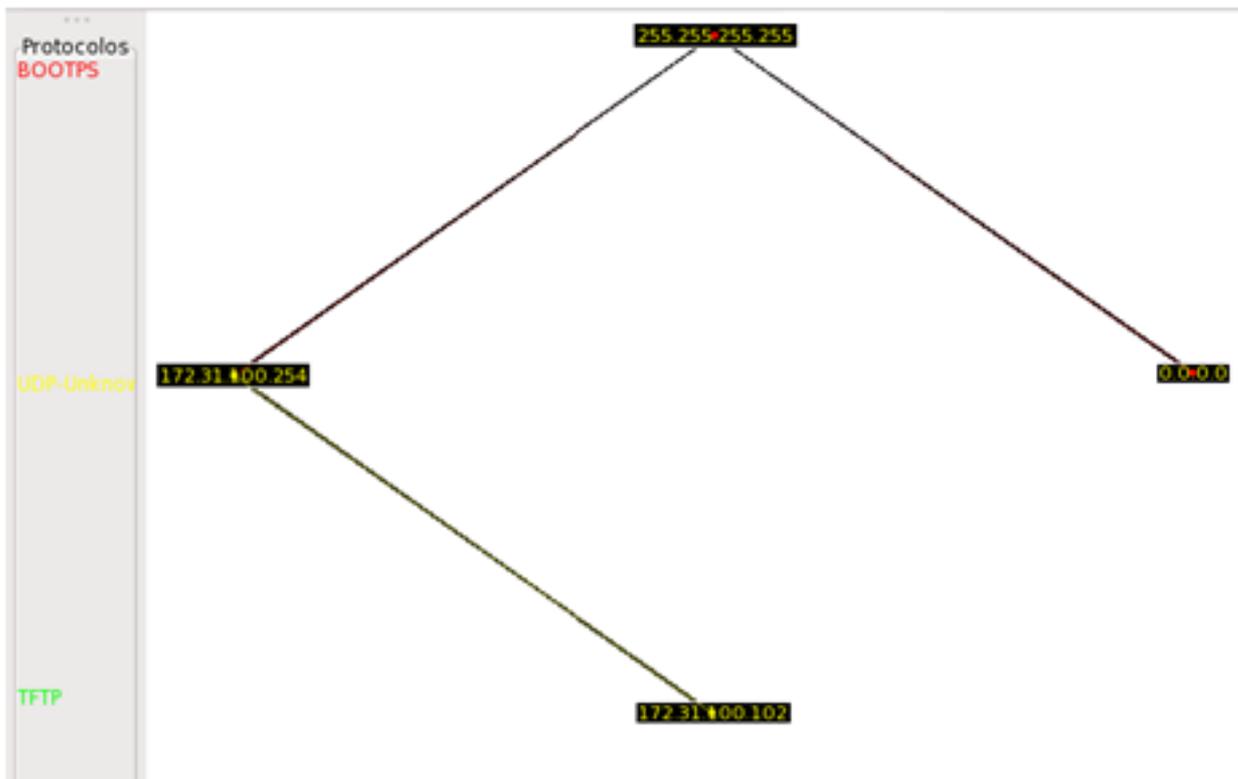


Figura 2-6: Análisis de la Red interna - Etherape - PROTOCOLO TFTP

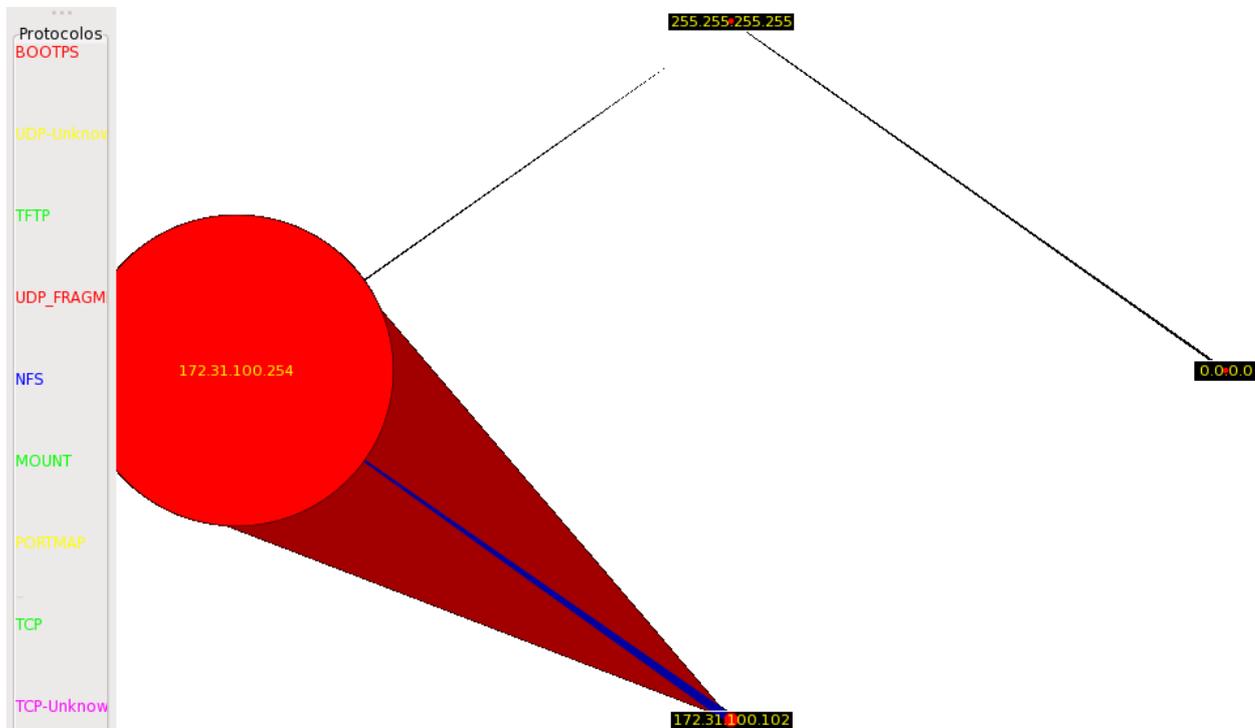


Figura 2-7: Análisis de la Red interna - Etherape - PROTOCOLOS

The screenshot shows the 'EtherApe: Protocolos' window with a table of network statistics. The table has five columns: Protocol, Inst Traffic, Accum Traffic, Last Heard, and Packets. The data is as follows:

Protocol	Inst Traffic	Accum Traffic	Last Heard	Packets
BOOTPS	0 bps	3,211 Kbytes	hace 1'7"	8
MOUNT	0 bps	244 bytes	hace 1'4"	2
NFS	0 bps	4,567 Mbytes	hace 18"	18997
PORTMAP	0 bps	976 bytes	hace 1'4"	4
TCP	0 bps	3,676 Kbytes	hace 51"	56
TCP-Unknown	0 bps	94,295 Kbytes	hace 51"	78
TFTP	0 bps	1,474 Kbytes	hace 1'19"	15
UDP-Unknown	0 bps	2,210 Mbytes	hace 53"	4152
UDP_FRAGMENT	0 bps	18,754 Mbytes	hace 47"	13678

Figura 2-8: Estadísticas de la Red interna - Proceso de booteo de los clientes

The screenshot shows the 'EtherApe: Protocolos' window with a table of network statistics. The table has five columns: Protocol, Inst Traffic, Accum Traffic, Last Heard, and Packets. The data is as follows:

Protocol	Inst Traffic	Accum Traffic	Last Heard	Packets
NFS	0 bps	813,008 Kbytes	hace 53"	4672
SSH	0 bps	20,779 Kbytes	hace 1'2"	118
TCP	0 bps	139,613 Kbytes	hace 7"	2158
TCP-Unknown	0 bps	3,990 Kbytes	hace 53"	34
UDP_FRAGMENT	0 bps	518,012 Kbytes	hace 1'2"	374
X11-1	0 bps	2,183 Mbytes	hace 7"	5389

Figura 2-9: Estadísticas de la Red interna - Proceso de inicio de sesión de los clientes

Definidas las direcciones IP con las cuales se trabaja en la red interna y descubiertos los protocolos y puertos utilizados, se procede a establecer las políticas de firewall que serán utilizadas en el servidor.

Para definir las políticas de firewall se utilizó el servicio y herramienta iptables⁶⁰, que permite instaurar reglas que asocien las direcciones IP, los protocolos y los puertos vinculados en el tráfico LTSP interno. Además se debe definir políticas para el uso de la red externa, es decir para el tráfico que circula hacia internet, bloqueando puertos no usados, tráfico proveniente de direcciones falsificadas, etc.

IPTABLES es un sistema de red cuyo firewall está vinculado al kernel del sistema operativo, está integrado con el kernel y es parte del sistema operativo. Es un simple script de Shell que ejecuta un conjunto de reglas de firewall o cadenas⁶¹, las cuales se pueden añadir, borrar o crear.

Con la herramienta IPTABLES, es posible aplicar reglas de NAT o *Network Address Translation*: éstas se pueden usar para hacer redirecciones de puertos o cambios en las IPs de origen y destino. Además existen tres tipos de reglas de filtrado; si se trabaja con el tráfico interno, es decir con paquetes o datagramas cuyo destino u origen es la máquina servidor se aplican las reglas INPUT y OUTPUT, y si el tráfico es destinado a la red externa se aplica las reglas de FORWARD. Sus opciones son:

- Source NAT (SNAT): Cambia la dirección IP origen
 - Enmascaramiento IP
- Destination NAT (DNAT): Cambia la dirección IP de Destino
 - Port Forwarding
 - Proxy transparente
- Packet Mangling: Cambiar opciones TCP/IP
 - Prioridad
 - TTL

⁶⁰ Iptables, es una herramienta de usuario para configurar reglas de filtrado en el kernel.

⁶¹ Cadena, es un conjunto de reglas de firewall chequeadas para un paquete

Adicionalmente para las opciones de NAT se tienen cadenas de PREROUTING y POSTROUTING para DNAT y SNAT, respectivamente.

El procesamiento de los paquetes se da mediante el análisis de los mismos usando las cadenas definidas en el firewall, como se indica en la Figura 2-10. Cuando un paquete llega al kernel este es analizado y si existen reglas de NAT se las aplica, la primera regla que debe revisar es la de PREROUTING cambiando la dirección destino al paquete, luego analiza la dirección destino, si esta es local, únicamente el procesamiento es local, usando las cadenas definidas en el firewall y luego realiza el POSTROUTING en el caso de que estén definidas las reglas para SNAT; en el caso de que la dirección destino no sea igual a la local, debe hacer el análisis de reenvío de IP, si se encuentra en ON aplica las reglas de FORWARD y luego POSTROUTING, caso contrario, descarta el paquete.

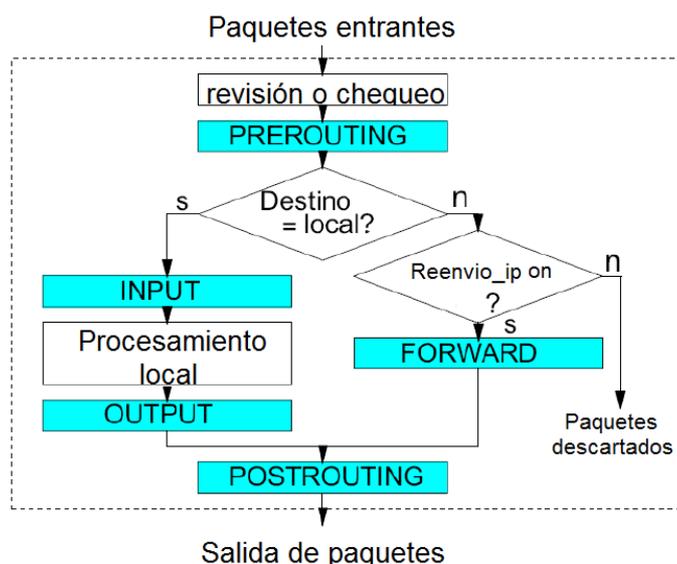


Figura 2-10: Procesamiento de paquetes⁶²

Para desarrollar las políticas de firewall con IPTABLES se puede definir un script con el siguiente esquema:

- Información general (echo)
- Borrado de las reglas aplicadas actualmente (flush)
- Aplicación de políticas por defecto para INPUT, OUPUT, FORWARD
- Listado de reglas iptables.

⁶² PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO LINUX-LPIC, MÓDULO IV, LINUX ADMINISTRACIÓN de RED II

IPTABLES tiene diferentes modos de operación:

- Hacer flush⁶³ de todas las reglas
- Configurar la acción por defecto para una cadena
- Agregar, Insertar, Reemplazar, Borrar reglas
- Mostrar reglas
- Mostrar, resetear estadísticas
- Chequear un paquete contra una cadena

CONFIGURACIÓN INICIAL DE IPTABLES

- Borrar todas las cadenas definidas de usuario.
- Hacer flush de todas las reglas.
- Configurar la política por defecto para cada cadena.
- Habilitar todo el tráfico sobre las interfaces de loopback y Ethernet
- Denegar todo el tráfico no destinado hacia u originado desde las direcciones IP de las interfaces externas.

Protección contra Direcciones IP falsificadas (Spoofed)

- No aceptar o enviar paquetes en la interfaz externa que **pretendan** provenir y/o ir hacia:
 - La red interna
 - El firewall
 - Cualquier dirección IP reservada
 - La interfaz de loopback
 - Direcciones universales de broadcast

Configuración de conexiones TCP/UDP salientes

- Permitir conexiones TCP y UDP salientes:
 - Puerto origen > 1024, puerto de destino <=1023

Para cada regla configurada, un contador cuenta el número de concordancias para esa regla.

⁶³ Flush se refieren a la eliminación de todas las reglas establecidas con anterioridad.

- Para recuperar los contadores, usar **iptables -v -L [cadena]**
 - Usar la opción **-x** para imprimir números.
- Para resetear los contadores, usar **iptables -Z [cadena]**

Adicional a las políticas de firewall se debe tener consideraciones extras en cuanto a la seguridad del servidor, como son:

1. Consideraciones de BIOS⁶⁴
2. Contraseña de Boot Loader⁶⁵
3. Consideraciones de cuentas de usuario
4. Deshabilitar servicios innecesarios
5. Deshabilitar Ctrl-Alt-Del
6. Cambiar /etc/issue y /etc/issue.net
7. Cambiar /etc/motd
8. Setear \$TMOU
9. Recompilar el kernel
10. Reforzar el filesystem

1. Consideraciones de BIOS

- Es necesario que el servidor este configurado para permitir el arranque únicamente desde el disco duro, además si el servidor soporta se puede activar la protección contra virus de BIOS.
- Deshabilitar APM⁶⁶.
- Configurar un password de BIOS. Se debe tener en cuenta que las contraseñas de BIOS pueden ser crackeadas acortando la batería CMOS o través de un programa crack de BIOS.

⁶⁴ BIOS, Sistema Básico de Entrada/Salida o *Basic Input-Output System*, es un código de software que localiza y reconoce todos los dispositivos necesarios para cargar el sistema operativo en la RAM. BIOS – Wikipedia, la enciclopedia libre, <http://es.wikipedia.org/wiki/BIOS>.

⁶⁵ Boot Loader, es un programa diseñado para preparar todos los requerimientos del sistema operativo para su correcto funcionamiento.

⁶⁶ APM, es un demonio administrador de energía avanzado, que trabaja en conjunto con el APM BIOS en el kernel.

2. Contraseña de Boot Loader

LILO⁶⁷ y GRUB⁶⁸ son gestores de arranque que permiten asignar una contraseña al bootloader. Es posible tener arranques regulares en los que no se requiere de una contraseña o arranques no regulares que los que si la requieren. Es posible encriptar la contraseña a través del comando grub como se observa en la Figura 2-11.

```
# grub
grub> md5crypt
Password: secret
Encrypted: $1$24QV1/$ecUahVmWxCDBU3k5Mzmjy/
grub> quit

# vi /boot/grub/menu.lst
default=0
timeout=10
password=$1$24QV1/$ecUahVmWxCDBU3k5Mzmjy/
...
# chmod 600 /boot/grub/menu.lst
```

Figura 2-11: Uso del comando grub⁶²

3. Consideraciones de cuentas de usuario

Las cuentas de usuario son una vulnerabilidad potencial en la seguridad, debido a que se las consideran puertas abiertas a nuestro sistema, por ello es recomendable:

- a) Usar tan pocas cuentas como sea posible
- b) Considerar borrar todas las cuentas de usuario creadas por defecto
- c) Deshabilitar/borrar cuentas no usadas tan pronto como sea posible
- d) Cuentas de usuario para cada administrador, hacer **su** como root

⁶⁷LILO o *Linux Loader*, es un gestor de arranque de Linux que permite elegir e iniciar varias plataformas en un mismo computador.

⁶⁸GRUB o *GRand Unified Bootloader*, es un gestor de arranque que el igual que LILO permite el arranque de varios plataformas.

4. Deshabilitar servicios innecesarios

Los servicios pueden iniciar o arrancar directamente en la carga del sistema o se pueden ejecutar al momento de requerirlos. Una parte fundamental de la administración de Linux es controlar el uso de los servicios y para ello se debe definir qué servicios son indispensables y cuáles son prescindibles.

Existen servicios directos e iniciados a través de xinetd, los servicios directos son ejecutados usualmente con un script de `/etc/rc.d/init.d`, los contenidos de `/etc/rc.d/rc<runlevel>.d` determinan que servicios son iniciados en ese runlevel⁶⁹, para deshabilitarlos se debe digitar el comando **chkconfig <service> off**. Los servicios iniciados a través de xinetd se los puede deshabilitar en el archivo `/etc/xinetd.conf` o `/etc/xinetd.d/servicio` y a continuación **service xinetd restart**.

Para verificar los servicios que se encuentran ejecutando se puede digitar el comando **ps aux**⁷⁰ o el comando **service --status-all**.

5. Deshabilitar Ctrl-Alt-Del

Es importante deshabilitar esta opción porque todos los usuarios tendrán acceso a la consola y a través de ésta podrían reiniciar los computadores. Para deshabilitarla es necesario comentar la línea `kill -HUP 1` en el archivo `/etc/inittab`.

6. Cambiar `/etc/issue` y `/etc/issue.net`

Borra toda la información que pueda servir a un atacante (ver Figura 2-12), se puede agregar una política de uso. Algunas distribuciones sobrescriben `/etc/issue` y `/etc/issue.net` en el reinicio. Los ficheros `/etc/issue` y `/etc/issue.net` son los que contienen el texto que aparece en cada petición de inicio de sesión.

```
# cat /etc/issue

This system is for authorized users only. If you are not an
authorized user, disconnect now.
```

Figura 2-12: Fichero `/etc/issue`⁶²

⁶⁹ Runlevel o nivel de ejecución, se refiere al modo de operación en los sistemas operativos. Las características de los runlevel especifican las unidades de disco con las que trabajan, y qué servicios de red son iniciados.

⁷⁰ `ps aux`, muestra todos los procesos que se están ejecutando.

7. Recompilar el kernel

Se pueden cambiar las opciones de configuración por defecto en el filesystem virtual /proc. La configuración se modifica en el fichero /etc/sysctl.conf mediante la línea **net.ipv4.ip_forward = 1**

a. OPCIONES DE CONFIGURACIÓN DE KERNEL – ICMP

- Ignorar los ICMP echo requests dirigidos hacia direcciones de broadcast mediante la opción:
net.ipv4.icpm_echo_ignore_broadcasts = 1
- Limitar el envío de paquetes ICMP en número por centésima de segundo a través de las opciones:
net.ipv4.icmp_ratelimit = 100
net.ipv4.icmp_ratemask⁷¹ = <mask>

b. OPCIONES DE CONFIGURACIÓN DE KERNEL - IP

- Asignar un TTL por defecto, mediante la opción:
net.ipv4.ip_default_ttl = 255
- Definir un rango de puertos locales para conexiones UDP y TCP, mediante la opción:
net.ipv4.ip_local_port_range = 1024 32000
- Establecer el no descubrimiento del path MTU, con la opción:
net.ipv4.ip_no_pmtu_disc = 1
- Configurar los límites y timeouts de fragmentación de memoria IP, usando las opciones:
net.ipv4.ipfrag_hihg_threst = 262144
net.ipv4.ipfrag_low_threst = 196608
net.ipv4.ipfrag_hihg_time = 30

⁷¹ Icmp_ratemask determina a que paquetes ICMP la opción icmp_ratelimit aplica.

c. OPCIONES DE CONFIGURACIÓN DE KERNEL – TCP

- Detectar conexiones perdidas de manera temprana, usando las opciones:

net.ipv4.tcp_keepalive_probes = 5

net.ipv4.tcp_keepalive_times = 600

- Protección contra ataques SYN, usando la opción:

net.ipv4.tcp_syncookies = 1

- Protección contra ataques nunca finalizados, a través de la opción:

net.ipv4.tcp_retries1 = 3

d. OPCIONES DE CONFIGURACION DEL KERNEL – INTERFAZ

Las opciones definidas para cada interfaz se encuentran en el fichero `/proc/sys/net/conf/<interfaz>`.

- No aceptar paquetes source routed, a través de la opción:

net.ipv4.conf.default.accept_source_route = 0

- Hacer login de los paquetes con direcciones origen sin ruta conocida, mediante la opción:

net.ipv4.conf.default.log_martians = 1

- Validar dirección origen, con la opción:

net.ipv4.conf.default.rp_filter = 1

8. Reforzar el Filesystem

De ser posible se debe montar el filesystem con las siguientes opciones:

- **noexec**: no permitir la ejecución de programas.
- **nosuid**: no permitir que los bits suid/sgid tengan efecto.
- **nodev**: no permitir acceso a dispositivos.
- **ro**: montar los dispositivos como solo lectura.

La Figura 2-13, muestra un ejemplo de configuración del filesystem.

/dev/hda1	/boot	ext2	defaults,noexec,nosuid,nodev	2 2
/dev/hda5	/	ext2	defaults	1 1
/dev/hda6	/usr	ext2	defaults,ro,nodev	2 2
/dev/hda11	/usr/local	ext2	defaults,ro,nodev	2 2
/dev/hda7	/tmp	ext2	defaults,nosuid,nodev	2 2
/dev/hda8	/home	ext2	defaults,nosuid,nodev	2 2
/dev/hda9	/var	ext2	defaults,noexec,nosuid,nodev	2 2
/dev/hda10	swap	swap	defaults	0 0
/dev/hdc	/mnt/cdrom	iso9660	noauto,owner,nosuid,noexec,nodev	0 0
/dev/fd0	/mnt/floppy	auto	noauto,owner,nosuid,noexec,nodev	0 0

Figura 2-13: Fichero /etc/fstab

Luego de la configuración de las políticas de firewall, se deben crear las cuentas de usuarios en el servidor. Se las puede crear usando la consola de Linux mediante los comandos **adduser** o **useradd** para crearlo y **passwd** para asignarle una contraseña de acceso, o se los puede añadir mediante el administrador de grupos y usuarios de Linux (Figura 2-14). Para crear un nuevo usuario se debe dar clic sobre el botón añadir usuario, y posteriormente se nos desplegará una ventana en la que se ingresa el nombre de usuario y la contraseña, pero también presenta la opción de escoger el Shell de conexión, y la opción de ingresar manualmente el ID de usuario y el ID de grupo como se observa en la Figura 2-15.

Nombre de Usuario	ID de usuario	Grupo Principal	Nombre Completo	Shell de conexión	Directorio principal
Administrador	500	Administrador	ltsp-admin	/bin/bash	/home/Administrador
useruno	1001	users		/bin/bash	/home/useruno
userdos	1002	users		/bin/bash	/home/userdos
usertres	1003	users		/bin/bash	/home/usertres
usercuatro	1004	users		/bin/bash	/home/usercuatro
usercinco	1005	users		/bin/bash	/home/usercinco
userseis	1006	users		/bin/bash	/home/userseis
usersiete	1007	users		/bin/bash	/home/usersiete
userocho	1008	users		/bin/bash	/home/userocho

Figura 2-14: Gestor de usuarios

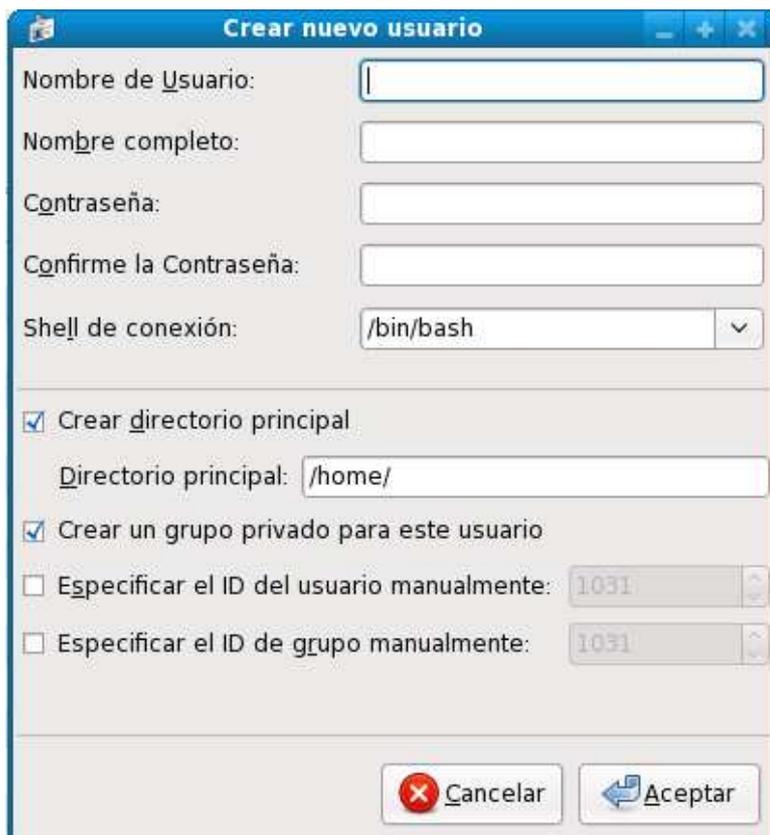


Figura 2-15: Creación de un nuevo usuario

La instalación y configuración del software a utilizar se encuentra desarrollada en el Anexo A.

2.2.3.1 Configuración e Instalación de los Clientes Ligeros Con XEN

XEN es un hypervisor⁷², que permite que varios sistemas operativos puedan operar simultáneamente bajo un mismo computador, y es capaz de trabajar bajo arquitecturas de 32bits, 64bits, itanium y ppc.

Xen emplea una técnica llamada paravirtualización⁷³ para alcanzar altas tasas de rendimiento. Para utilizar la paravirtualización es necesario realizar ciertas modificaciones a los sistemas operativos que se van a emplear en la máquinas virtuales.

⁷² Hypervisor, monitor de máquina virtual.

⁷³ Paravirtualización, es virtualización de sistemas operativos por software.

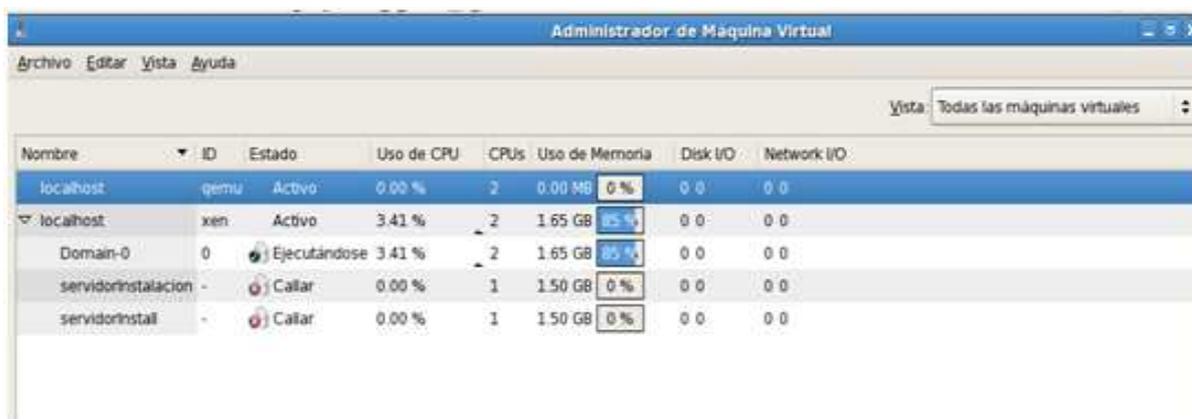
Existen procesadores como Intel VT y AMD-V, en los que sus fabricantes han realizado modificaciones para soportar la virtualización en su hardware, es decir con estos procesadores podremos tener una virtualización completa o *full virtualization*, sin necesidad de modificar los sistemas operativos para su trabajo con Xen.

En vista de que el computador de pruebas utilizado para el presente proyecto, posee un procesador AMD con soporte para virtualización, se podrá trabajar con virtualización completa en XEN.

Para utilizar el hypervisor XEN dentro del software administrador de máquinas virtuales, es necesario instalarlo mediante la herramienta Añadir/Quitar Software. Al finalizar este proceso se dispondrá de un kernel específico para trabajar con el hypervisor XEN, y crear las máquinas virtuales.

Creación de los clientes virtuales

Se debe ingresar al administrador de máquina virtuales (Figura 2-16), ya sea a través del menú > sistema > administración o digitando el comando *virt-manager*. Posteriormente se debe escoger un hypervisor para trabajar con la nueva máquina virtual, puede ser XEN o QEMU, a continuación se debe dar clic derecho sobre el hypervisor elegido y escoger la opción para crear nueva máquina virtual, que desplegará una serie de ventanas (Tabla 2-6) para poder establecer los parámetros de creación de la nueva máquina virtual.

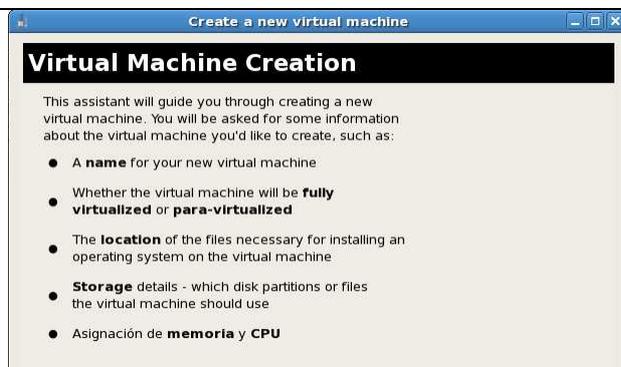


The screenshot shows the 'Administrador de Máquina Virtual' window. It features a menu bar with 'Archivo', 'Editar', 'Vista', and 'Ayuda'. Below the menu bar is a 'Vista:' dropdown menu set to 'Todas las máquinas virtuales'. The main area contains a table with the following columns: 'Nombre', 'ID', 'Estado', 'Uso de CPU', 'CPUs', 'Uso de Memoria', 'Disk I/O', and 'Network I/O'. The table lists several virtual machines:

Nombre	ID	Estado	Uso de CPU	CPUs	Uso de Memoria	Disk I/O	Network I/O
localhost	qemu	Activo	0.00 %	2	0.00 MB	0 %	0 0
localhost	xen	Activo	3.41 %	2	1.65 GB	85 %	0 0
Domain-0	0	Ejecutándose	3.41 %	2	1.65 GB	85 %	0 0
servidorinstalacion	-	Callar	0.00 %	1	1.50 GB	0 %	0 0
servidorinstall	-	Callar	0.00 %	1	1.50 GB	0 %	0 0

Figura 2-16: Administrador de máquinas virtuales

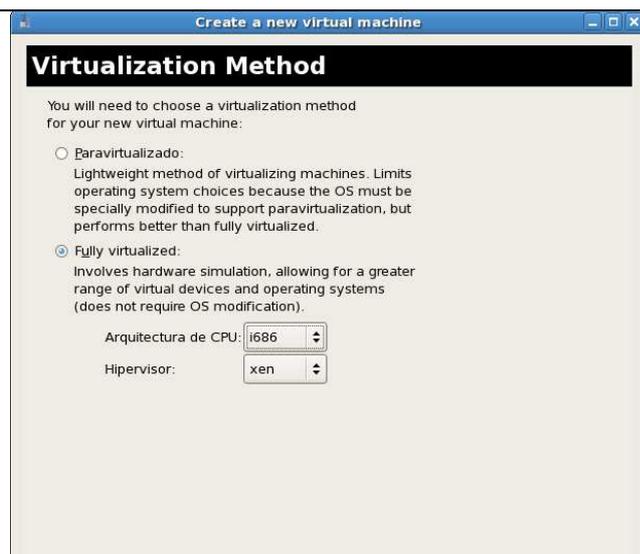
1. Ventana de inicio del administrador de creación de nueva máquina virtual.



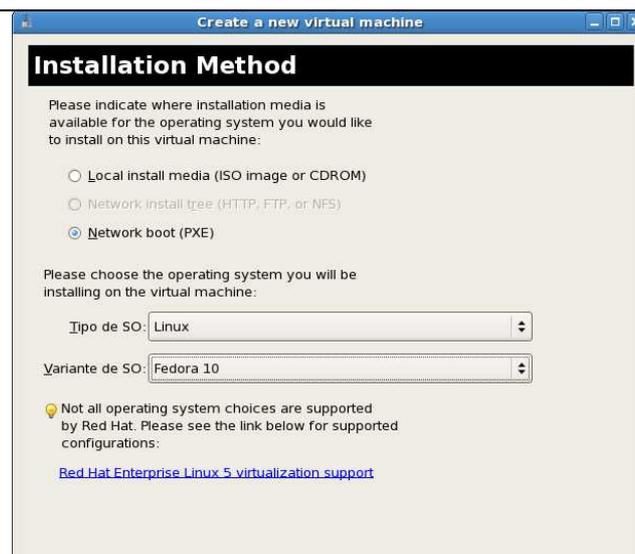
2. Es necesario ingresar un nombre para la máquina virtual.



3. Selección de la opción del tipo de virtualización, la arquitectura de CPU y el hypervisor.

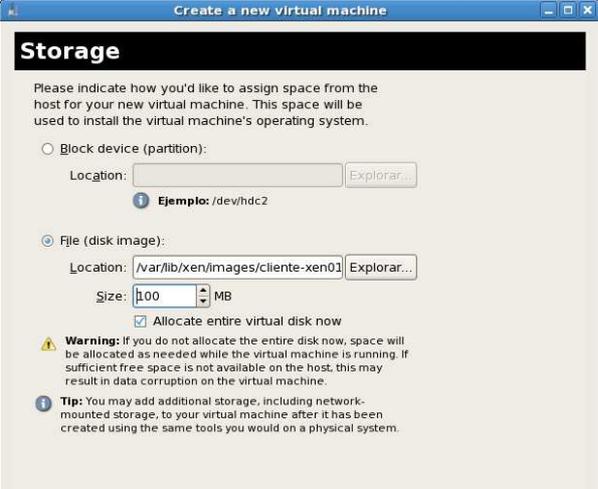
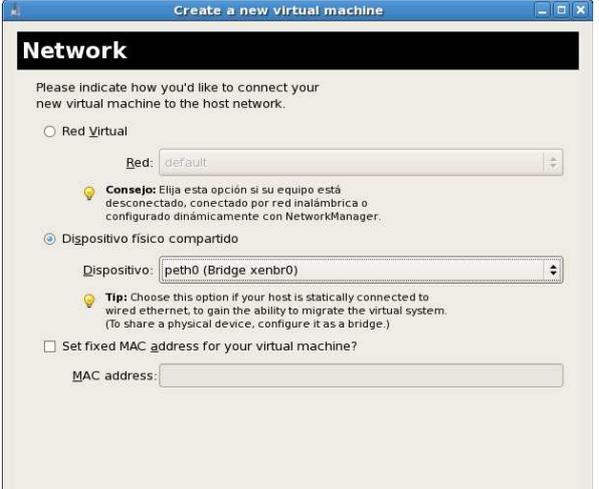
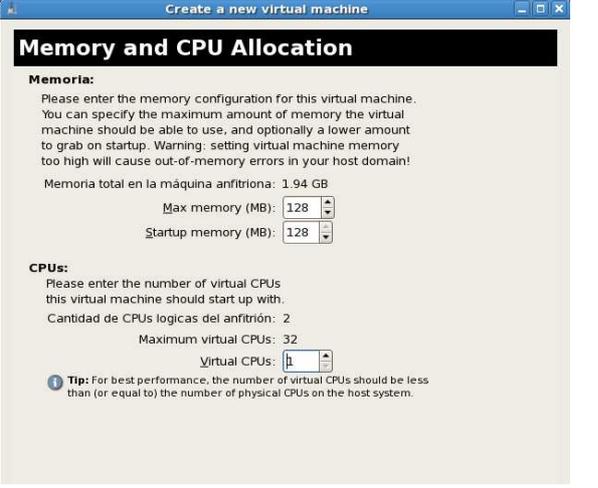
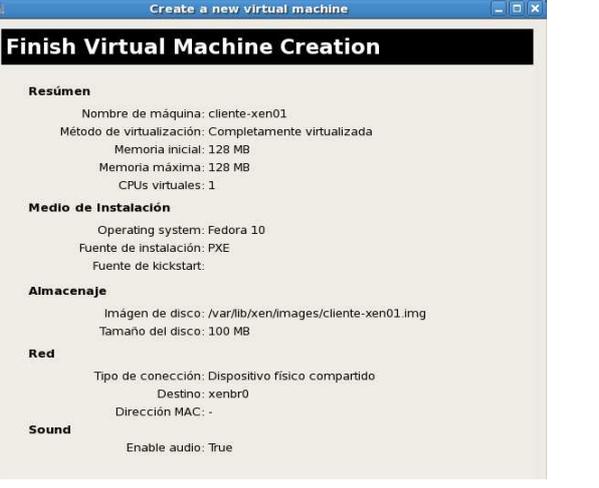


4. Permite elegir la opción de arranque de la máquina virtual y el tipo de sistema operativo con sus variantes.



5. Permite asignar el espacio en disco a ser usado.

6. Configuración de la red de la nueva máquina virtual.

 <p>Storage</p> <p>Please indicate how you'd like to assign space from the host for your new virtual machine. This space will be used to install the virtual machine's operating system.</p> <p><input type="radio"/> Block device (partition):</p> <p>Location: <input type="text" value=""/> Explorar...</p> <p>Ejemplo: /dev/hdc2</p> <p><input checked="" type="radio"/> File (disk image):</p> <p>Location: <input type="text" value="/var/lib/xen/images/cliente-xen01"/> Explorar...</p> <p>Size: <input type="text" value="100"/> MB</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Allocate entire virtual disk now</p> <p>Warning: If you do not allocate the entire disk now, space will be allocated as needed while the virtual machine is running. If sufficient free space is not available on the host, this may result in data corruption on the virtual machine.</p> <p>Tip: You may add additional storage, including network-mounted storage, to your virtual machine after it has been created using the same tools you would on a physical system.</p>	 <p>Network</p> <p>Please indicate how you'd like to connect your new virtual machine to the host network.</p> <p><input type="radio"/> Red <u>V</u>irtual</p> <p>Red: <input type="text" value="default"/></p> <p>Consejo: Elija esta opción si su equipo está desconectado, conectado por red inalámbrica o configurado dinámicamente con NetworkManager.</p> <p><input checked="" type="radio"/> Dispositivo físico compartido</p> <p>Dispositivo: <input type="text" value="peth0 (Bridge xenbr0)"/></p> <p>Tip: Choose this option if your host is statically connected to wired ethernet, to gain the ability to migrate the virtual system. (To share a physical device, configure it as a bridge.)</p> <p><input type="checkbox"/> Set fixed MAC address for your virtual machine?</p> <p>MAC address: <input type="text"/></p>
<p>7. Se define la memoria RAM que va a utilizar el cliente virtual.</p>	<p>8. Muestra en resumen todas las opciones configuradas previamente.</p>
 <p>Memory and CPU Allocation</p> <p>Memoria:</p> <p>Please enter the memory configuration for this virtual machine. You can specify the maximum amount of memory the virtual machine should be able to use, and optionally a lower amount to grab on startup. Warning: setting virtual machine memory too high will cause out-of-memory errors in your host domain!</p> <p>Memoria total en la máquina anfitriona: 1.94 GB</p> <p>Max memory (MB): <input type="text" value="128"/></p> <p>Startup memory (MB): <input type="text" value="128"/></p> <p>CPUs:</p> <p>Please enter the number of virtual CPUs this virtual machine should start up with.</p> <p>Cantidad de CPUs logicas del anfitrión: 2</p> <p>Maximum virtual CPUs: 32</p> <p>Virtual CPUs: <input type="text" value="1"/></p> <p>Tip: For best performance, the number of virtual CPUs should be less than (or equal to) the number of physical CPUs on the host system.</p>	 <p>Finish Virtual Machine Creation</p> <p>Resúmen</p> <p>Nombre de máquina: cliente-xen01</p> <p>Método de virtualización: Completamente virtualizada</p> <p>Memoria inicial: 128 MB</p> <p>Memoria máxima: 128 MB</p> <p>CPUs virtuales: 1</p> <p>Medio de Instalación</p> <p>Operating system: Fedora 10</p> <p>Fuente de instalación: PXE</p> <p>Fuente de kickstart:</p> <p>Almacenaje</p> <p>Imágen de disco: /var/lib/xen/images/cliente-xen01.img</p> <p>Tamaño del disco: 100 MB</p> <p>Red</p> <p>Tipo de conexión: Dispositivo físico compartido</p> <p>Destino: xenbr0</p> <p>Dirección MAC: -</p> <p>Sound</p> <p>Enable audio: True</p>
<p>9. Gestor de máquina virtual, que permite realizar diferentes tipos de acciones y configuraciones sobre esta.</p>	<p>10. Configuración de hardware de la máquina virtual, en la cual se puede cambiar los parámetros previamente establecidos.</p>

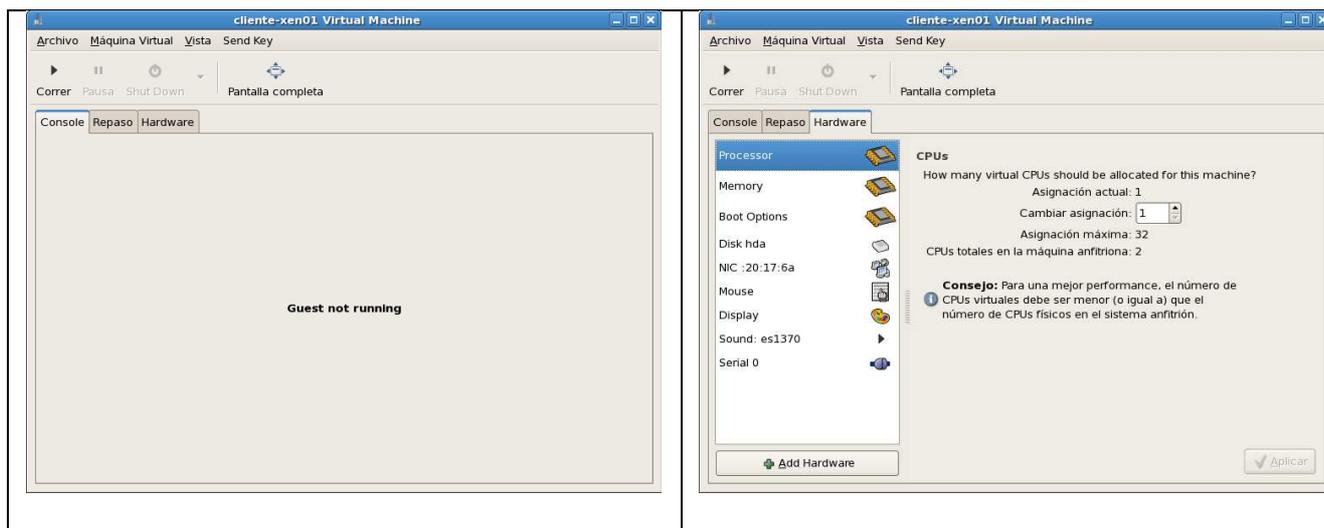


Tabla 2-6: Proceso de creación de una máquina virtual con Xen

Las máquinas virtuales para realizar las pruebas preliminares poseen las características indicadas en la Tabla 2-3.

Finalizada la creación de la nueva máquina virtual (cliente de prueba), se deben realizar las conexiones entre el servidor y el cliente para la recolección de datos en las pruebas preliminares.

2.3 PRUEBAS PRELIMINARES

Las herramientas utilizadas para el análisis de los datos y resultados están especificadas en el apartado 4.3.4.

2.3.1 PRUEBAS – SERVIDOR

En esta instancia de pruebas únicamente se deben tomar los datos estadísticos de uso de CPU, memoria RAM y memoria SWAP, que utilizan los procesos y aplicaciones propias del servidor.

A través de este método podemos determinar el uso de recursos del servidor únicamente corriendo como un computador particular, para posteriormente tomar datos referentes al uso de los recursos por parte de los clientes.

Se especificarán los datos estadísticos, porcentajes de uso de hardware, procesos y servicios mediante las herramientas del sistema como `htop`, `monitor del sistema`, comandos como `ps -aux`, `service --status-all`, etc.

2.3.1.1 Htop

En la Figura 2-17, se muestran los datos tomados con la herramienta HTOP.

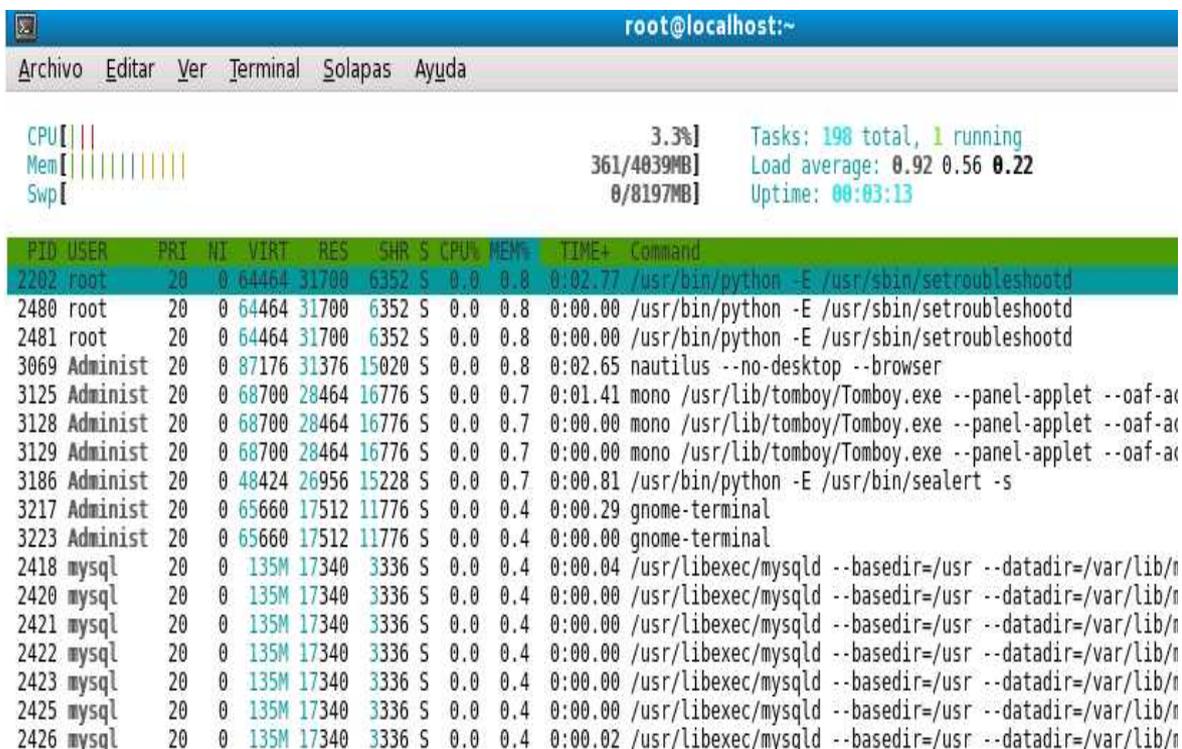


Figura 2-17: Procesos Servidor – Htop

Estos datos fueron tomados mientras el servidor estaba en reposo luego del inicio de sesión del administrador LTSP; determinando que el de uso de la memoria RAM únicamente es de 361 MB de 4039 MB distribuidos entre procesos, servicios y programas propios del servidor LTSP, equivalentes a 8.937% del total. En cuanto al uso del CPU se puede observar que es de 3.3%, debido a que prácticamente ninguna actividad está en ejecución.

2.3.1.2 Monitor del sistema

Con el uso de esta herramienta se obtuvieron los resultados de la Figura 2-18.

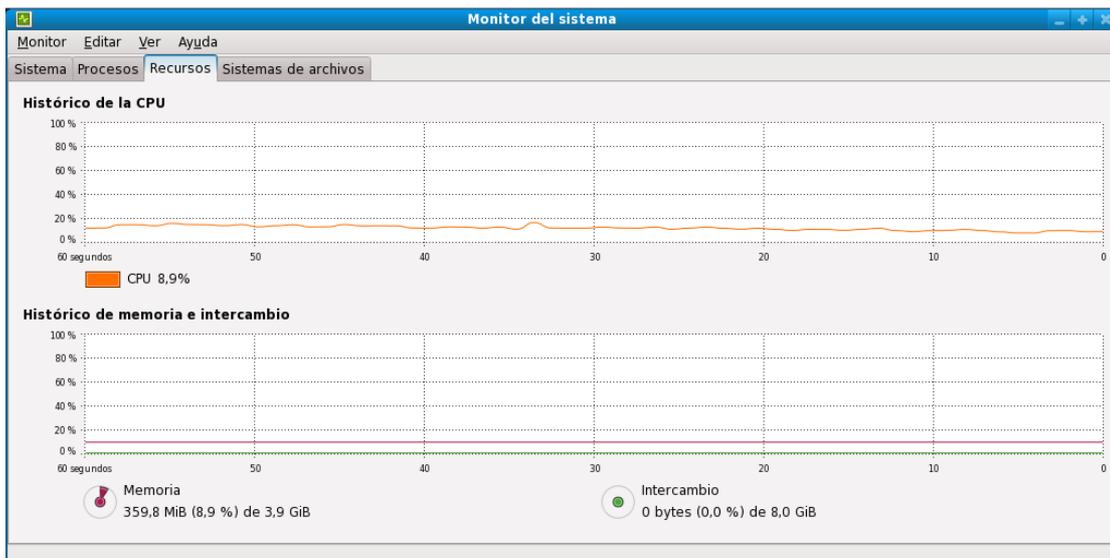


Figura 2-18: Estadísticas Servidor – Monitor del sistema

En la figura anterior, se observa que el uso de la memoria por parte del servidor es de 359.8MB. Existe una diferencia con respecto a los datos tomados con la herramienta HTOP, debido a que los datos tomados por el monitor del sistema son instantáneos, es decir el monitor del sistema está configurado para graficar los datos y mostrarlos cada determinado tiempo (para este ejemplo fue usado un tiempo de un segundo), entonces los datos varían en relación al tiempo configurado. Además se debe considerar que el uso de los recursos por parte de las herramientas HTOP y Monitor de sistema es diferente y este será otro motivo para que exista una variación en el uso de la memoria RAM.

De la misma manera que con la memoria RAM y por los mismos motivos, existe una diferencia con el porcentaje de uso de CPU entre las dos herramientas. El porcentaje de uso de CPU con HTOP es 3.3%, mientras que con el Monitor del sistema es 8.9%.

Con la herramienta Monitor del sistema además de observar los gráficos estadísticos del uso de los recursos, se pueden ver los procesos iniciados por cada usuario en el servidor LTSP (Figura 2-19).

Monitor del sistema

Monitor Editar Ver Ayuda

Sistema Procesos Recursos Sistemas de archivos

Carga media para los últimos 1, 5 y 15 minutos: 0,65, 0,53, 0,23

Nombre del proceso	Usuario	Estado	Memoria virtual	Memoria residente	Memoria escribible	Memoria compartida	Memc
/usr/bin/sealer	Administrador	Durmiendo	47,3 MiB	26,3 MiB	11,4 MiB	14,9 MiB	
notification-daemon	Administrador	Durmiendo	20,9 MiB	6,3 MiB	932,0 KiB	5,4 MiB	
imsettings-applet	Administrador	Durmiendo	20,2 MiB	6,7 MiB	1,2 MiB	5,4 MiB	
nm-applet	Administrador	Durmiendo	49,4 MiB	11,5 MiB	1,9 MiB	9,6 MiB	
gpk-update-icon	Administrador	Durmiendo	36,0 MiB	10,3 MiB	N/D	8,4 MiB	
python	Administrador	Durmiendo	30,3 MiB	14,0 MiB	5,5 MiB	8,4 MiB	
bluetooth-applet	Administrador	Durmiendo	19,3 MiB	6,7 MiB	1,0 MiB	5,6 MiB	
kerneloops-applet	Administrador	Durmiendo	18,6 MiB	5,9 MiB	848,0 KiB	5,1 MiB	
gnome-power-manager	Administrador	Durmiendo	29,2 MiB	11,3 MiB	2,1 MiB	9,2 MiB	
tombboy	Administrador	Durmiendo	67,1 MiB	27,9 MiB	11,4 MiB	16,5 MiB	
notification-area-applet	Administrador	Durmiendo	26,6 MiB	8,9 MiB	1,3 MiB	7,6 MiB	
gdm-user-switch-applet	Administrador	Durmiendo	42,4 MiB	13,6 MiB	3,9 MiB	9,7 MiB	

Figura 2-19: Procesos Servidor - Monitor del sistema

2.3.1.3 Service --status-all

Comando que permite visualizar todos los servicios en ejecución y su árbol de procesos, además permite verificar su PID y si el proceso está en ejecución o está detenido.

2.3.2 PRUEBAS – CLIENTE-SERVIDOR

Tomados los datos del porcentaje de uso de recursos por parte de los programas y procesos propios del servidor LTSP, se debe analizar cuál será la carga adicional en CPU, memoria RAM y memoria SWAP al momento de incorporarlo a un ambiente cliente- servidor. Cada cliente accederá al servidor LTSP y se deberá tomar medidas de los recursos del sistema para poder establecer el correcto dimensionamiento del servidor.

En el Capítulo 4 se detallan las pruebas mediante las que se obtuvieron los valores de carga por cada cliente en ejecución (Tabla 2-7)

Número de Usuarios	Proceso de Carga Inicial de usuarios		Ejecución de Procesador de Palabras (usuarios)	
	Memoria (MB)		Memoria (MB)	
	RAM	SWAP	RAM	SWAP
2			665	0
10	1289	0	1819	0
15	1726	0	2349	0
20	2034	0	2917	140
25	2452	0	N/A	N/A
30	2733	208	N/A	N/A

Tabla 2-7: Estadísticas de Pruebas de Clientes

2.4 DIMENSIONAMIENTO DEL SERVIDOR LTSP

2.4.1 DISCO DURO

Se determinó que, para facilitar la administración y la independencia de los datos entre los usuarios, se debe configurar la tabla de particiones del disco duro del servidor⁷⁴ según la Tabla 2-8.

Dispositivo	Directorio	Tipo	Tamaño (GB)
sda5	/	Ext3	25.0
sda10	/backups	Ext3	38.4
sda1	/boot	Ext3	0.106
sda2	/home	Ext3	115.4
sda6	/opt	Ext3	14.4
sda9	/tmp	Ext3	1
sda7	/usr	Ext3	14.4
sda3	/var	Ext3	76.9

Tabla 2-8: Particionamiento del disco duro

Nota: El tamaño en disco duro usado para el presente proyecto es de 320GB.

Dimensionado el servidor e instalado el sistema operativo, se observa mediante la herramienta Monitor del sistema, el Particionamiento del disco duro (Figura 2-20),

⁷⁴ El tamaño en disco duro varía dependiendo de las actividades, número de usuarios y aplicaciones con las cuales va a trabajar el servidor LTSP.

además de información extra referente al espacio libre, el espacio disponible, el espacio usado y además el porcentaje de uso de cada partición.

Dispositivo	Directorio	Tipo	Total	Libre	Disponible	Usada	Porcentaje
/dev/sda5	/	ext3	25,0 GiB	24,1 GiB	22,8 GiB	966,3 MiB	3%
/dev/sda10	/bakups	ext3	38,4 GiB	30,8 GiB	28,9 GiB	7,5 GiB	20%
/dev/sda1	/boot	ext3	106,3 MiB	86,9 MiB	81,4 MiB	19,4 MiB	18%
/dev/sda2	/home	ext3	115,4 GiB	114,5 GiB	108,6 GiB	920,8 MiB	0%
/dev/sda6	/opt	ext3	14,4 GiB	13,7 GiB	13,0 GiB	756,0 MiB	5%
/dev/sda9	/tmp	ext3	949,7 MiB	932,4 MiB	884,2 MiB	17,3 MiB	1%
/dev/sda7	/usr	ext3	14,4 GiB	9,9 GiB	9,2 GiB	4,5 GiB	31%
/dev/sda3	/var	ext3	76,9 GiB	75,9 GiB	72,0 GiB	1016,6 MiB	1%

Figura 2-20: Particionamiento del Servidor

2.4.2 MEMORIA RAM

Para el dimensionamiento de la memoria RAM, se debe partir de los datos revisados en el apartado 2.3.1.1, donde se obtuvieron los resultados representados en la Tabla 2-9, con respecto al uso de memoria del servidor.

Hardware Analizado	Herramienta utilizada		
	HTOP	Monitor del Sistema	Promedio
Servidor	361 MB	359,8 MB	360,4 MB

Tabla 2-9: Tabulación de Resultados - Memoria RAM usada por el Servidor

Para la Tabla 2-10 y la Tabla 2-11, se tomaron los datos de utilización de memoria del servidor después de haber realizado diferentes pruebas con usuarios; es decir, los usuarios ingresaban al servidor, utilizaban aplicaciones, finalmente se desconectaban, y en ese momento se tomaban los datos de uso de memoria.

Memoria Servidor (MB)		
Toma 1	Toma 2	Promedio
364	377	371
378	379	379
387	389	388
389	395	392
392		392
	PROMEDIO	384

Tabla 2-10: Uso de memoria RAM del servidor - Proceso de carga inicial de usuarios

Memoria Servidor (MB)		
Toma 1	Toma 2	Promedio
364	377	371
378	379	379
387	389	388
	PROMEDIO	379

Tabla 2-11: Uso de memoria RAM del servidor – Ejecución de Procesador de Palabras (usuarios)

Uso de la Memoria del servidor (MB)			
Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio
360,4	384	379	374,5

Tabla 2-12: Uso de memoria RAM - Servidor

En la Tabla 2-12 se promedian las mediciones realizadas para la utilización de memoria del servidor (Tabla 2-9, Tabla 2-10, y Tabla 2-11) en 374,5 MB.

Partiendo de los datos obtenidos en la Tabla 2-7, se calcularon las fórmulas que originan los datos (Ecuación 2-1 y Ecuación 2-2), en función del número de usuarios, obteniéndose los siguientes resultados:

- a) Proyecciones y gráficos para el proceso inicial de carga de usuarios (Tabla 2-13 y Figura 2-21), tomados a partir de los datos reales especificados en la Tabla 2-7.

Potencial 143,9*(POTENCIA(N ⁷⁵ ;-0,18))		
Usuarios	Memoria por c/u (MB)	Memoria total (MB)
6	104,23	1009,58
10	95,07	1334,94
12	92,00	1488,25
16	87,36	1781,98
20	83,92	2062,64
22	82,49	2199,08
26	80,05	2465,52
30	78,02	2724,65
32	77,11	2851,85
36	75,50	3102,07
40	74,08	3347,33
42	73,43	3468,28
46	72,24	3707,14
50	71,16	3942,28

Tabla 2-13: Proyección de datos de la carga inicial de usuarios - Curva Potencial⁷⁶

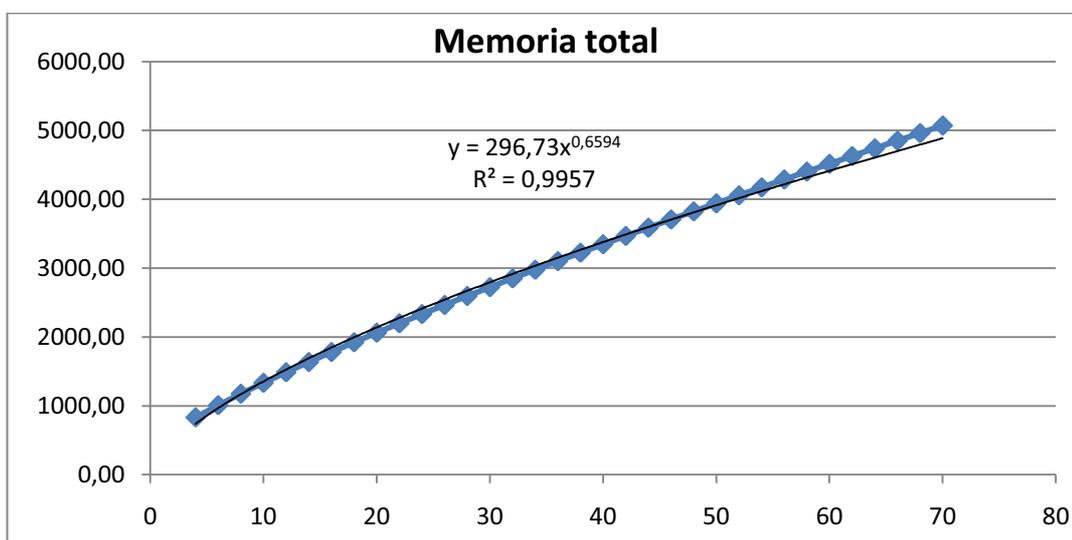


Figura 2-21: Proyección Gráfica de los datos de la Tabla 2-14

⁷⁵ N es el número de usuarios.

⁷⁶ Curva potencial se refiere a la curva que sigue la forma de la función $y = a(x)^b$, con a y b como valores constantes.

$$y = 296,73x^{0,6594}$$

Ecuación 2-1: Consumo de memoria en el servidor en función del número de usuarios al momento de iniciar sesión

- b) Proyecciones y gráficos para el uso del Procesador de Palabras por parte de los usuarios (Tabla 2-14 y Figura 2-22), tomados a partir de los datos reales especificados en la Tabla 2-9.

Potencial = 227,6*(POTENCIA(N;-0,19))		
Usuarios	Memoria por c/u (MB)	Memoria total (MB)
6	161,93	1350,57
10	146,95	1848,51
12	141,95	2082,37
16	134,40	2529,35
20	128,82	2955,36
22	126,51	3162,14
26	122,55	3565,40
30	119,27	3957,00
32	117,81	4149,02
36	115,21	4526,41
40	112,92	4895,90
42	111,88	5077,99
46	109,96	5437,32
50	108,24	5790,75

Tabla 2-14: Proyección de datos del uso de procesador de palabras - Curva Potencial

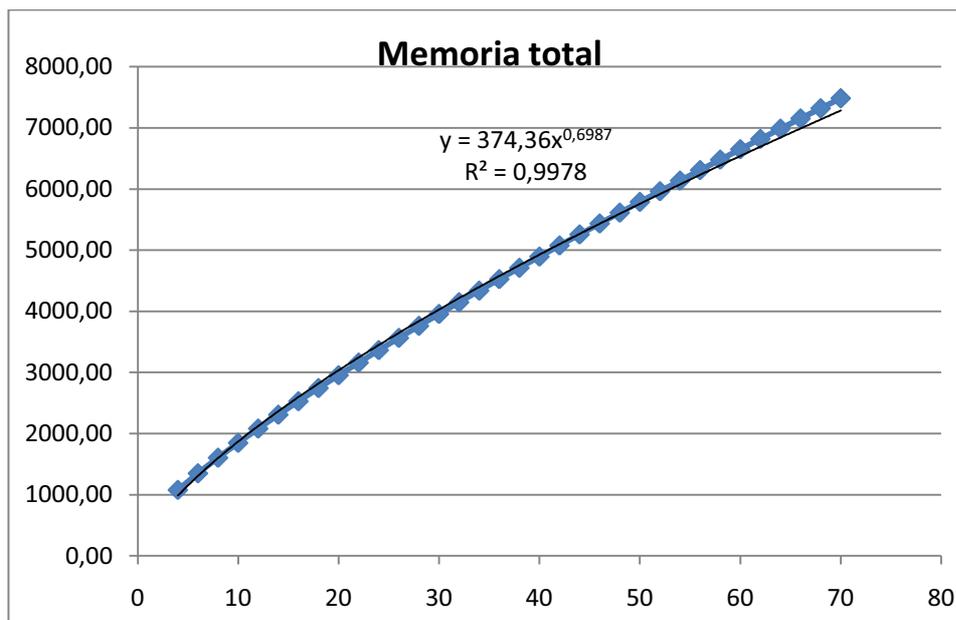


Figura 2-22: Proyección gráfica de los datos de la Tabla 2-15

$$y = 374,36x^{0,6987}$$

Ecuación 2-2: Consumo de memoria en el servidor en función del número de usuarios que usan el procesador de palabras

Partiendo de las proyecciones expresadas en la Figura 2-21 y la Figura 2-22, se puede determinar que el uso de la memoria RAM para 30 usuarios es de 2724,65MB (2,75GB) en el momento de inicio de sesión y 3957MB (4GB), cuando se utiliza el procesador de texto.

Para el presente proyecto va a dimensionarse 8GB para la memoria principal del servidor, para dejar cierta holgura para procesos que pueden llegar a utilizar mayor cantidad de memoria RAM.

2.4.3 MEMORIA SWAP

La memoria swap o memoria de intercambio, también conocida como memoria virtual, se encuentra definida por un espacio en el disco que es usado para almacenar las imágenes de los procesos que no han podido ser ejecutados por la memoria RAM.

Esta memoria se utiliza para disminuir la carga de la memoria RAM cuando se encuentra saturada. La desventaja del uso de memoria SWAP es que el tiempo de acceso es mucho mayor que el de la memoria principal, porque se accede al disco duro, y esto reduce el rendimiento. El espacio a usarse para la memoria SWAP depende de la carga de trabajo del servidor y el criterio y necesidades de los usuarios, como regla general es recomendable usar el doble de la memoria RAM, aunque como mínimo se puede disponer de una cantidad de memoria SWAP igual a la cantidad de memoria RAM.

Para el dimensionamiento del servidor de prestaciones mínimas se establece el tamaño de memoria SWAP igual al de la memoria RAM, es decir 8 GB.

Incrementar el espacio SWAP no hará más efectivo el trabajo del servidor, sino que provee un mayor margen para realizar tareas sin que el servidor llegue a bloquearse.

2.4.4 PROCESADOR

Para medir la carga promedio aplicada al procesador utilizado en el servidor LTSP, se tomaron medidas sobre el servidor de pruebas preliminares indicado en la Tabla 2-1, utilizando 5, 10 y 15 clientes virtuales simultáneamente; se obtuvieron los siguientes resultados:

Número de Usuarios	Carga Promedio
5	0,08
10	7,38
15	11,70

Tabla 2-15: Carga Promedio por número de usuarios

La herramienta utilizada para medir la carga promedio de CPU⁷⁷ es el comando *uptime*.

⁷⁷ Carga promedio es el número de procesos que se encuentran en estado activo o en espera de ser atendidos por el CPU.

Se toma como referencia el valor de carga promedio de 11,7 obtenido con 15 usuarios virtuales conectados al servidor y con un procesador de 2 núcleos y 2,1 GHz de velocidad; para realizar el dimensionamiento del procesador cumpliendo los requisitos indicados en el Apartado 2.2.1.1 y tener una carga promedio con un valor cercano a 11,7 con 30 usuarios simultáneos es necesario disponer de un procesador con una capacidad equivalente al doble⁷⁸ de la utilizada, es decir, con una velocidad 2,1 GHz y 4 núcleos o una velocidad de 4,2 GHz y 2 núcleos.

La elección del procesador para implementar un servidor LTSP varía dependiendo de los modelos disponibles en el mercado.

2.4.5 TARJETA DE RED

Para obtener el dimensionamiento de la tarjeta de Red, se consideró el análisis del tráfico y las estadísticas de la red (ver apartado 2.2.3), y se procedió a realizar el cálculo del porcentaje de ancho de banda usado por los clientes al momento de realizar las peticiones y recibir las respuestas por parte del servidor LTSP.

La herramienta del monitor del sistema, es un paquete propio de cada distribución de Linux y su instalación viene configurada por defecto al momento de la instalación del sistema operativo en un computador.

Mediante el uso de la herramienta Monitor del sistema de fedora, se puede observar los gráficos de ocupación de toda la red LTSP⁷⁹, desde el proceso de booteo de los clientes cuya actividad es casi nula como se observa en la Figura 2-23, siguiendo con los procesos de carga de sistema e inicio de sesión de los usuarios (Figura 2-24).

⁷⁸ Se indica que se debe dimensionar un procesador con una capacidad equivalente al doble de la disponible en las pruebas preliminares, porque el número de usuarios planteado para el dimensionamiento es el doble del utilizado para las pruebas preliminares.

⁷⁹ Red LTSP, se refiere a la red interna en la cual se encuentran los clientes y servidor LTSP.

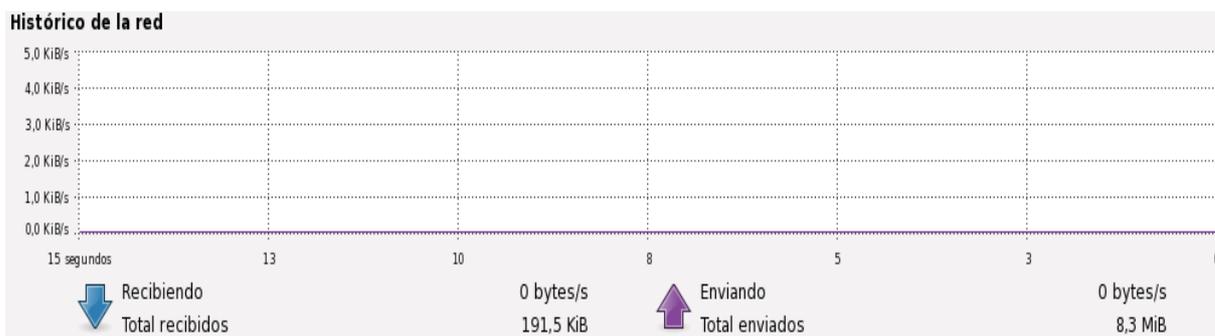


Figura 2-23: Histórico de la red - Proceso inicial

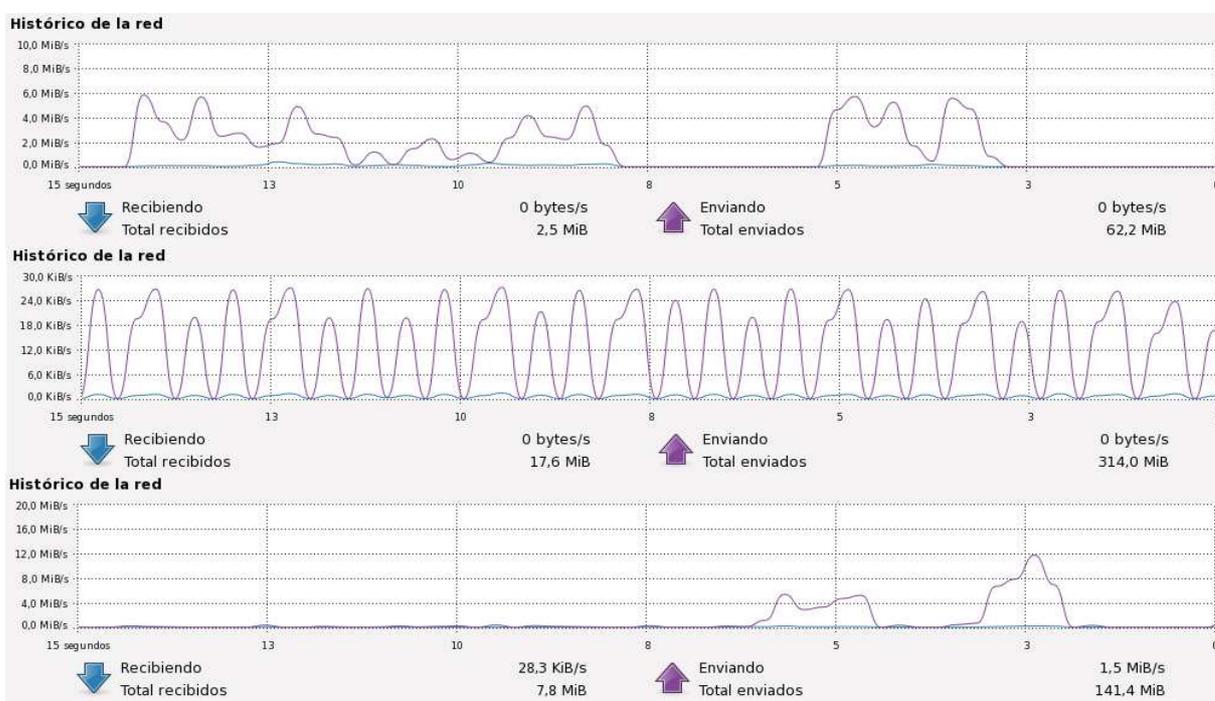


Figura 2-24: Histórico de la red

Tomando en cuenta las estadísticas y los gráficos de la actividad de la red se puede observar que existen gráficos de red con picos de actividad que rodean los 12 MB/s (Figura 2-25) por cada estación de trabajo, con una frecuencia promedio de 3 a 5 minutos y con una duración aproximada de 1 segundo.

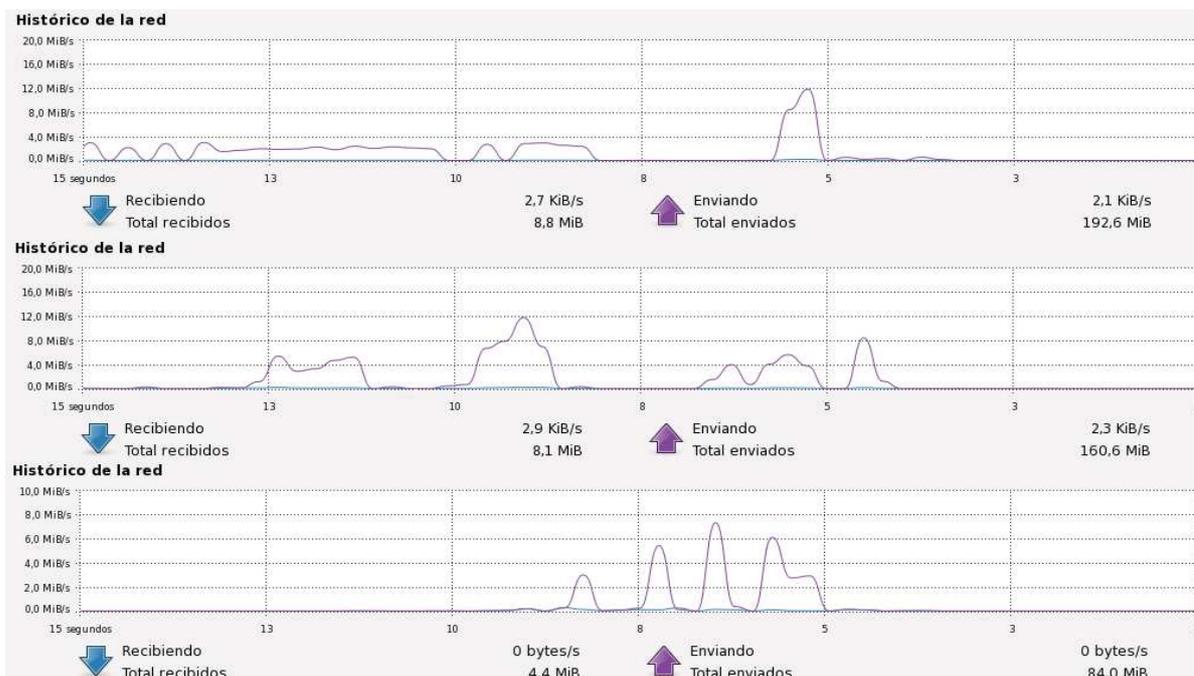


Figura 2-25: Histórico de la red - Picos

Se determinó que para cada terminal es necesario enlaces de 12MB/s, este valor se tomó del análisis de las gráficas del histórico de la red (Figura 2-23, Figura 2-24 y Figura 2-25), éste es un valor que se lo observa cada cierto intervalo de tiempo.

Para la interconexión de los equipos (terminales y el servidor), se recomienda utilizar enlaces de 100Mbps, para que no existan inconvenientes en el envío y recepción de datos desde y hacia el servidor.

En el caso del servidor se necesita que estén instaladas dos tarjetas de red, una para la red interna LTSP y otra para la conexión a internet; cuyas características serán:

- Tarjeta de red para acceso a internet = 1000 Mbps
- Tarjeta de red para la red LTSP = 100Mbps (rendimiento normal) o 1000Mbps (rendimiento óptimo)

Si se utiliza una tarjeta de 100Mbps para la red LTSP, el rendimiento estará compensado por la capacidad de almacenamiento en el buffer del switch.

2.5 CARACTERÍSTICAS DEL SERVIDOR LTSP

En base a los resultados del dimensionamiento del servidor LTSP para cumplir los requisitos indicados en el Apartado 2.2.1.1 se determina que el servidor LTSP debe tener las características mínimas indicadas en la Tabla 2-16:

SERVIDOR LTSP	
Nombre	Valor
Procesador	2,1 GHz x 4 núcleos ó 4,2 GHz x 2 núcleos
Memoria RAM	8 GB
Memoria SWAP	8 GB
Sistema Operativo	Fedora Core 10
Tarjeta de Red para LTSP	10/100 Mbps
Tarjeta de Red para acceso a Internet	10/100/1000 Mbps
Unidad Óptica	DVD-ROM 22x
Disco Duro	320GB

Tabla 2-16: Servidor LTSP de características mínimas

2.6 CONSTRUCCIÓN DEL SERVIDOR DE PRUEBAS

Dimensionado el servidor y teniendo en cuenta los resultados y datos obtenidos en el apartado 2.4, se establecen los siguientes dispositivos y marcas para la construcción de un servidor con capacidad para 15 clientes, al que llamaremos servidor de Pruebas (Tabla 2-17), y sobre el que se realizarán las pruebas indicadas en el Capítulo 4.

SERVIDOR DE PRUEBAS LTSP		
Nombre	Valor	Modelo
Procesador	2,2 Ghz	INTEL CORE 2 DUO
Memoria instalada (RAM)	4 GB	MARKV DDR2 2GB PC800 x 2
Tipo de sistema	Fedora Core 10 de 32 bits	
Tarjeta de Red Integrada	10/100/1000 Mbps	REALTEK RTL8111-GR
Tarjeta de Red	10/100/1000 Mbps	ADVANTEK PCI GIGA
Unidad Óptica	22x	DVD RWWITER SATA
Disco Duro	320GB	Samsung SERIAL ATA 7200RPM
PLACA BASE		MBO Intel DG31PR
CASE		BITRON ATX SC-710 COMBO

Tabla 2-17: Características del Servidor LTSP de Pruebas

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE COSTOS

El propósito del desarrollo de este capítulo es mostrar la relación costo-beneficio que existe en la implementación, construcción y manejo de una red basada en infraestructura LTSP, frente a la implementación de una red LAN tradicional con fines educativos.

3.1 INTRODUCCIÓN

El análisis de costos es parte fundamental para la toma de decisiones sobre la viabilidad de un proyecto. Para empezar con el análisis de costos, es necesario partir del concepto de que los Costos Totales de un proyecto se clasifican en Costos Fijos y Variables, según su comportamiento dentro de la puesta en marcha del proyecto⁸⁰.

Entre los beneficios que ofrece el análisis de los costos están⁸¹:

- Calcula el precio adecuado de los productos y servicios.
- Permite conocer qué bienes o servicios producen utilidades o pérdidas, y en qué magnitud.
- Sirve para controlar los costos reales en comparación con los costos predeterminados, es decir, se puede realizar una comparación entre el costo presupuestado y el costo realmente generado.
- Permite comparar costos entre diferentes proyectos.
- Localiza puntos débiles de un proyecto, desde el punto de vista financiero.
- Determina la parte de un proyecto en la que más urgentemente se debe realizar medidas de racionalización.
- Controla el impacto de las medidas de racionalización realizadas.

⁸⁰ Análisis de costos fijos y costos variables para saber cómo ganar dinero
<http://lanuevaeconomia.com/analisis-de-costos-fijos-y-costos-variables-para-saber-como-ganar-dinero.html>

⁸¹ Costos - <http://www.infomipyme.com/Docs/GT/Offline/Empresarios/costos.htm>

- Elegir entre proveedores alternativos.
- Estructurar unos procesos eficientes y eficaces de distribución y servicios para los segmentos objetivos de mercado y de clientes.

3.2 METODOLOGÍA A UTILIZAR

Para el análisis de costos del presente proyecto se empleará el modelo TCO *Total Cost of Ownership*. Este modelo permite evaluar todos los costos que involucra un proyecto, a lo largo del tiempo de ejecución del mismo.

Debido a que uno de los objetivos primordiales de LTSP es la reducción de costos en su implementación y uso, se vuelve muy importante el presente análisis, y se define el siguiente procedimiento:

1. Definir el modelo TCO, para determinar la estimación inicial del sistema.
2. Dentro de la contabilidad del proyecto, se debe incluir la medición de costos del sistema de información durante toda su ejecución.
3. Comparar los costos del TCO con los registrados en la Contabilidad correspondientes a cada una de las etapas del tiempo de ejecución del proyecto (Tabla 3-1.⁸²)

		Etapas en la ejecución del proyecto		
		Adquisición	Operación	Administración
R E C U R S O S	Hardware			
	Software			
	Personal			
	Redes y comunicaciones			
	Instalaciones			

Tabla 3-1: Modelo para calcular el TCO

⁸² Costo Total de Propiedad (TCO) y Administración del Ciclo de Vida (LCM) - <http://msaffirio.wordpress.com/2006/04/08/costo-total-de-propiedad-tco-y-administracion-del-ciclo-de-vida-lcm/>

3.2.1 COSTO TOTAL DE PROPIEDAD o *Total Cost of Ownership*

TCO ofrece una ayuda significativa en el mundo de las Tecnologías de Información desde 1987, cuando Hill Kirwin de Gartner Group Inc., desarrolló el modelo para los PC o equipos de escritorio; y, desde aquella época el modelo se ha extendido a las LAN, a los sistemas cliente/servidor, a los sistemas de computación distribuida, de telecomunicaciones, a los centros de procesamiento de datos, y recientemente para los sistemas portátiles.

TCO considera para su análisis: los costos directos e indirectos (Tabla 3-2) y los costos recurrentes. El modelo TCO vincula el análisis de todos los costos y beneficios relacionados con la adquisición, desarrollo y uso de componentes de Tecnologías de Información.

El principio de TCO radica en que los precios de un bien no solo tienen que ver con su valor inicial, que incluyen los costos iniciales de hardware y software o los costos recurrentes, sino que incluyen componentes adicionales que son necesarios para su correcto funcionamiento⁸³, como son los costos de personal, los de soporte técnico y mantenimiento.

- Costos de Capital:
 - o Software:
 - Sistema Operativo de Red
 - Herramientas de administración de Red
 - Sistemas Operativos de las estaciones de trabajo
 - Software de aplicaciones
 - o Hardware (Infraestructura):
 - Servidores
 - Estaciones de trabajo
 - Equipos de red
 - Cableado estructurado
 - Periféricos

⁸³ GESTIÓN DEL COSTO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN: COSTO TOTAL DE PROPIEDAD - <http://eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/SanLuis2006/area3d.pdf>

- Costos Recurrentes:
 - o Suministros (toner, CDs, etc.)
 - o Línea telefónica
 - o Conexión a Internet
- Costos de Personal:
 - o Administradores de Red
 - o Administradores de Software
 - o Técnicos
- Costos de Soporte y Mantenimiento:
 - o Contratos de mantenimiento de hardware y software
 - o Repuestos
 - o Consultoría

De acuerdo con el modelo de TCO propuesto por Gartner Group, los costos directos e indirectos incluyen los indicados por la Tabla 3-2.

Costos Directos	
Hardware	Inversiones en activos fijos y cuotas de leasing ⁸⁴ Estaciones de trabajo, redes, teléfonos y otras infraestructuras.
Software	Inversiones en activos fijos y cuotas de leasing.
Administración de Sistemas	Gastos por el personal propio y pagos de servicios externos para la administración de la infraestructura IT
Soporte	Gastos por el personal propio y pago por los servicios externos para soportar a los usuarios.
Desarrollo	Gastos de mano de obra para diseño, pruebas, documentación y mantención.
Comunicaciones	Gastos mensuales por arriendo de líneas, servicios de

⁸⁴ Leasing se refiere a un contrato, mediante el cual, el arrendador traspasa el derecho a usar un bien a cambio del pago de rentas de arrendamiento durante un plazo determinado al término del cual el arrendatario tiene la opción de comprar el bien arrendado pagando un precio determinado, devolverlo ó renovar el contrato.

	acceso remoto, web, WAN, etc.
Costos Indirectos	
Costos de Usuarios	Costos no presupuestados por auto-soporte de los usuarios, capacitación informal de los usuarios.
Downtime ⁸⁵	Pérdidas de productividad por tiempos planificados o no-planificados de downtime
Costos de Oportunidad	Otros beneficios no realizados como resultado de esta inversión.

Tabla 3-2: Costos Directos e Indirectos

3.2.2 CONSIDERACIONES DE TCO

- **De acuerdo al nivel de servicio.** El costo total de propiedad se encuentra relacionado directamente con el bien que se produce, o el servicio que se ofrece; la calidad del producto o servicio posee un particular costo de propiedad. La tecnología y las capacidades se deben considerar junto con requerimientos de funcionalidad y eficiencia del negocio.
- **Centralización de la arquitectura.** Una arquitectura centralizada logra un ahorro que no puede ser alcanzada por una arquitectura distribuida, es decir, a mayor centralización menor costo.
- **Estandarización de la estaciones de trabajo.** Existe una evidente relación entre el crecimiento de la tecnología y el incremento de los precios. Es necesario entonces, si se desea un ahorro en la economía de una empresa, reducir la complejidad de hardware y software, estandarizar la plataforma, las configuraciones del sistema, y los procesos de administración; partiendo del uso que se les da y el fin que persiguen.
- **Aplicaciones de administración de sistemas estandarizadas.** La optimización de aplicaciones particulares resulta muy costosa, debido al tiempo y a la serie de recursos usados para este fin.

⁸⁵ Downtime es un periodo de tiempo durante el cual, algún sistema no es operativo, especialmente como resultado de fallas en su funcionamiento

- **Cuantificar las ventajas de los gastos o ahorros.** Cuando nos disponemos a adquirir una nueva tecnología es necesario administrar de manera permanente los requerimientos y necesidades de la empresa, y tener presente cuáles son las ventajas y desventajas de las diferentes soluciones.
- **Tomar perspectivas a largo plazo.** Se debe establecer un correcto uso de TCO en la planeación de la futura economía del proyecto; esto se puede lograr siguiendo las mejores prácticas del Costo Total de Propiedad que incluyen: implementación de estándares para hardware, interfaces de usuarios, aplicaciones, infraestructura y procesos.

3.3 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN LTSP

A continuación se detallan los costos involucrados en el presente proyecto con su respectiva categorización:

- Costo Inicial:
 - Hardware: Servidor, terminales, monitores, mueblería, cableado estructurado
 - Software: Sistema Operativo, software para LTSP, software de aplicaciones
 - Instalación: Instalación del cableado estructurado
 - Configuración: Configuración e instalación de los equipos
- Costos de Administración:
 - Costo por profesionales de planta para administración de la solución
- Costos de Operación:
 - Costos por solución de incidentes, realizado por profesionales de planta
- Costos de Soporte:
 - Costos por soporte técnico, solución de incidentes.}

Tabla de costos iniciales del proyecto con LTSP	
Costos del Hardware	\$ 5.862,58
Costos del Software	\$ 154,00
Costos de Instalación	\$ 92,21
Costos de Configuración	\$ 1.500,00
Total costos iniciales	\$ 7.608,79

Tabla 3-3: Costos Iniciales con LTSP

En la Tabla 3-3 se observa el costo inicial de implementar una red basada en la infraestructura LTSP de acuerdo a los requerimientos especificados en el apartado 2.2.1.1.

Costos de Administración con LTSP	
Costo promedio anual de un ingeniero	\$ 12.362,40
Número de Ingenieros	1
Porcentaje del tiempo dedicado a la administración de la solución	75%
Costo Promedio Por Año	\$ 9.271,80
Número de años de la solución	4
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	\$ 37.087,20

Tabla 3-4: Costos de Administración

Los costos de Administración indicados en la Tabla 3-4 indican todos los costos que implica tener una red como la del presente proyecto en funcionamiento, durante 4 años⁸⁶. El costo promedio anual de un ingeniero se calcula en base al Acuerdo Ministerial MRL-2010-22, del 4 de febrero de 2010⁸⁷, estableciendo el valor de \$1.030,20 mensuales, correspondientes a un trabajador en la categoría de Servidor Público 4. El costo promedio anual se obtiene de multiplicar el número de ingenieros por su costo anual y por el porcentaje de tiempo dedicado a la administración.

⁸⁶ Se toma como referencia un tiempo de ejecución del proyecto de 4 años, de acuerdo al tiempo de vida recomendado por los fabricantes.

⁸⁷ Acuerdo Ministerial MRL-2010-22.

http://www.mintrab.gov.ec/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=150

El costo estimado se calcula multiplicando el costo anual por el número de años de la solución.

Costos de Operación con LTSP	
Costo promedio por hora de un ingeniero de planta	\$ 5,85
Número de incidentes promedio al año	50
Tiempo aproximado para resolver la falla (en horas)	2,00
Costo Promedio Por Año	\$ 585,34
Número de años de la solución	4
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	\$ 2.341,36

Tabla 3-5: Costos de Operación con LTSP

Los costos de operación indicados en la Tabla 3-5 se refieren al costo que representa dar mantenimiento a la red, es decir, resolver los incidentes que se pueden presentar durante el funcionamiento. El costo promedio por hora de un ingeniero de planta se calcula dividiendo el sueldo mensual para el número de horas laborables que tiene un mes. El costo promedio anual indica el valor que tendrá el atender los incidentes que en promedio se suscitarán durante un año.

Costos de Soporte Técnico con LTSP	
Costo promedio por hora de un ingeniero de soporte	\$ 56,00
Número de incidentes promedio al año	10
Tiempo aproximado para dar soporte técnico por incidente (en horas)	2
Costo Promedio Por Año	\$ 1.120,00
Número de años de la solución	4
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	\$ 4.480,00

Tabla 3-6: Costos de Soporte Técnico con LTSP

Los costos de soporte incluidos en la Tabla 3-6 toman en cuenta el costo que se tendrá al dar soporte técnico por parte de un profesional externo a la institución que implementa una red como la indicada en el presente proyecto.

Tabla de Supuestos utilizados en diversas categorías con LTSP	
Costo promedio anual de un ingeniero de planta	\$ 12.362,40
Costo promedio por hora de un ingeniero de planta	\$ 5,85
Costo promedio por hora de un ingeniero de soporte ⁸⁸	\$ 56,00
Número de años estimados de funcionamiento de la solución	4

Tabla 3-7: Supuestos utilizados con LTSP

La Tabla 3-7 se refiere a los costos supuestos, establecidos al inicio del proyecto, con los que se realizarán los demás cálculos.

Resumen de Costos de la Solución con LTSP	
Costo Inicial de la Solución	\$ 7.608,79
Costo de Administración	\$ 37.087,20
Costo de Operación	\$ 2.341,36
Costo de Soporte	\$ 4.480,00
Total de la Solución	\$ 51.517,35

Tabla 3-8: Resumen de Costos con LTSP

En la Tabla 3-8 se resumen los costos que implica implementar y mantener una red como la propuesta por este proyecto, durante un período de 4 años.

3.4 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN SIN LTSP

Para estimar los costos de una solución con la misma finalidad que la anterior, pero sin implementar LTSP, se sigue la misma metodología TCO, a fin de mostrar las diferencias entre una red para educación básica y media que implemente LTSP y una tradicional.

⁸⁸ Precios de soporte técnico en Linux de Eequalinux.

Costos Iniciales del proyecto sin LTSP	
Costos del Hardware	\$ 18.331,62
Costos del Software	\$ 14.190,00
Costos de Instalación	\$ 92,21
Costos de Configuración	\$ 1.500,00
Total costos iniciales	\$ 34.113,83

Tabla 3-9: Costos Iniciales sin LTSP

En la Tabla 3-9, se indican los costos de implementar una red que cumpla con los requisitos indicados en el apartado 2.2.1.1 sin implementar la infraestructura LTSP.

Los costos de hardware son mayores que para la solución LTSP, porque considera que para cada usuario se utilizará un PC. Los costos de software también son mayores que para la solución LTSP, porque toman en cuenta la adquisición de software licenciado. Como referencia se consideran licencias para Windows 7 y Microsoft Office 2003. Los costos de instalación y configuración son los mismos que para una solución LTSP, porque se habla de instalaciones similares, para la misma cantidad de usuarios.

Costos de Administración sin LTSP	
Costo promedio anual de un ingeniero	\$ 9.300,00
Número de Ingenieros	1
Porcentaje del tiempo dedicado a la administración de la solución	75%
Costo Promedio Por Año	\$ 6.975,00
Número de años de la solución	4
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	\$ 27.900,00

Tabla 3-10: Costos de Administración sin LTSP

Los costos indicados en la Tabla 3-10 se refieren a la administración de una red sin implementar la infraestructura LTSP. El costo promedio anual de un ingeniero se calcula en base al Acuerdo Ministerial MRL-2010-22, del 4 de febrero de 2010⁸⁹, estableciendo el valor de \$775 mensuales, correspondientes a un trabajador en la categoría de Servidor Público 1. El costo promedio anual se obtiene de multiplicar el número de ingenieros por su costo anual y por el porcentaje de tiempo dedicado a la administración. El costo estimado se calcula multiplicando el costo anual por el número de años de la solución.

Costos de Operación sin LTSP	
Costo promedio por hora de un ingeniero de planta	\$ 4,40
Número de incidentes promedio al año	750
Tiempo aproximado para resolver la falla (en horas)	2,00
Costo Promedio Por Año	\$ 6.605,11
Número de años de la solución	4
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	\$ 26.420,45

Tabla 3-11: Costos de Operación sin LTSP

Los costos indicados en la Tabla 3-11 muestran cuánto costaría resolver los incidentes dentro de la red durante el tiempo de ejecución del proyecto.

Costos de Soporte Técnico sin LTSP	
Costo promedio por hora de un ingeniero de soporte	\$ 28,00
Número de incidentes promedio al año	45
Tiempo aproximado para dar soporte técnico por incidente (en horas)	2
Costo Promedio Por Año	\$ 2.520,00

⁸⁹ Acuerdo Ministerial MRL-2010-22.

http://www.mintrab.gov.ec/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=150

Número de años de la solución	4
Costo estimado en el tiempo de vida de la solución	\$ 10.080,00

Tabla 3-12: Costos de Soporte Técnico en una solución sin LTSP

La Tabla 3-12 se refiere a los costos que se tendrá al contratar un profesional externo para realizar soporte técnico durante el tiempo del proyecto.

Tabla de Supuestos utilizados en diversas categorías sin LTSP	
Costo promedio anual de un ingeniero de planta	\$ 9.300,00
Costo promedio por hora de un ingeniero de planta	\$ 4,40
Costo promedio por hora de un ingeniero de soporte	\$ 28,00
Número de años estimados de funcionamiento de la solución	4

Tabla 3-13: Supuestos Utilizados en una solución sin LTSP

En la Tabla 3-13 se indican los supuestos que vamos a utilizar para calcular los costos en una solución que no implementa la infraestructura LTSP.

Resumen de Costos de la Solución sin LTSP	
Costo Inicial de la Solución	\$ 34.113,83
Costo de Administración	\$ 27.900,00
Costo de Operación	\$ 26.420,45
Costo de Soporte	\$ 10.080,00
Total de la Solución	\$ 98.514,28

Tabla 3-14: Resumen de Costos sin LTSP

La Tabla 3-14 indica en resumen los costos que implicaría la implementación de una red para educación que no implementa la infraestructura LTSP.

3.5 ANÁLISIS COMPARATIVO

Resumen de Costos de la Solución con LTSP	
Costo Inicial de la Solución	\$ 7.608,79
Costo de Administración	\$ 37.087,20
Costo de Operación	\$ 2.341,36
Costo de Soporte	\$ 4.480,00
Total de la Solución	\$ 51.517,35

Tabla 3-8: Resumen de Costos con LTSP

Resumen de Costos de la Solución sin LTSP	
Costo Inicial de la Solución	\$ 34.113,83
Costo de Administración	\$ 27.900,00
Costo de Operación	\$ 26.420,45
Costo de Soporte	\$ 10.080,00
Total de la Solución	\$ 98.514,28

Tabla 3-14: Resumen de Costos sin LTSP

Partiendo de los resúmenes de costos de soluciones para redes educativas, enunciados en la Tabla 3-8 y Tabla 3-14 podemos hacer el siguiente análisis:

- Se puede ver que la solución que implementa la infraestructura LTSP tiene un costo total más bajo que una solución tradicional.

Al analizar, cuál es el ahorro y el costo relativo entre soluciones, se tendrá:

$$\text{Costo Relativo} = \frac{\text{Costo de la Solución LTSP}}{\text{Costo de la Solución sin LTSP}} = \frac{51.517,35}{98.514,28} = 0,52$$

Es decir, que el costo total de una solución LTSP equivale al 52% del costo total de una solución que no implemente LTSP.

- Se aprecia un ahorro en los costos iniciales, esto se debe a que los terminales utilizados por los usuarios son generalmente más económicos que utilizar computadoras personales PC por cada usuario.

El costo referencial de un PC para una red educativa tradicional es de: \$543,76, mientras que el costo de un terminal para LTSP es de: \$165,00⁹⁰. Es decir que un terminal cuesta el 30% de un PC.

- Los costos administrativos son mayores para una solución que implementa LTSP porque el personal requerido para administrar una red que utiliza GNU/Linux puede recibir una remuneración más alta.

⁹⁰ En el Anexo C se indican con detalle todos los costos del proyecto.

- Los costos operativos y de soporte son notablemente más bajos en una solución LTSP porque los terminales no son puntos de falla de la red y no deben tener un mantenimiento tan frecuente como un conjunto de PCs. En una solución LTSP, el mantenimiento y el soporte se deben hacer al cableado estructurado y al servidor, lo que, como se puede observar, resulta más económico.

Podemos entonces concluir que, una red para fines educativos, que implemente la infraestructura LTSP ofrece un servicio similar al de una red educativa tradicional, pero se plantea como una alternativa más económica.

CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

4.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo comprende la implementación y pruebas del funcionamiento de un sistema, se verifica el cumplimiento de los requisitos establecidos para este proyecto; la funcionalidad de todos los componentes, se simulan fallas para detectar el comportamiento del sistema y para identificar posibles mejoras.

4.2 PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS

En el presente proyecto se aplicará, el siguiente procedimiento para las pruebas:

- Determinar el objetivo de cada una de las pruebas.
- Definir las necesidades ambientales.
- Aplicar las pruebas.
- Elaborar una lista con los resultados de las pruebas.
- Indicar las conclusiones obtenidas después de las pruebas.

4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL AMBIENTE DE PRUEBAS

Para cualquier sistema en desarrollo, es necesario implementar un ambiente de pruebas antes de pasar a un entorno de producción; el ambiente de pruebas debe poseer los mismos objetivos, requisitos, características y condiciones del entorno de producción.

El ambiente de pruebas de este proyecto se ubicó en la asociación de estudiantes de Ingeniería Química y en el Laboratorio de Redes 2 de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional.

En la Figura 4-1, se detalla el plano de la disposición de los elementos y equipos de red, que conforman el sistema:

- Servidor de pruebas LTSP con una conexión a internet para realizar las pruebas de uso del navegador de internet.

- 20 computadores de escritorio trabajando como terminales ligeras, las demás terminales se simula a través de máquinas virtuales en el computador de pruebas.
- Rack (con todos sus elementos), y puntos de red.

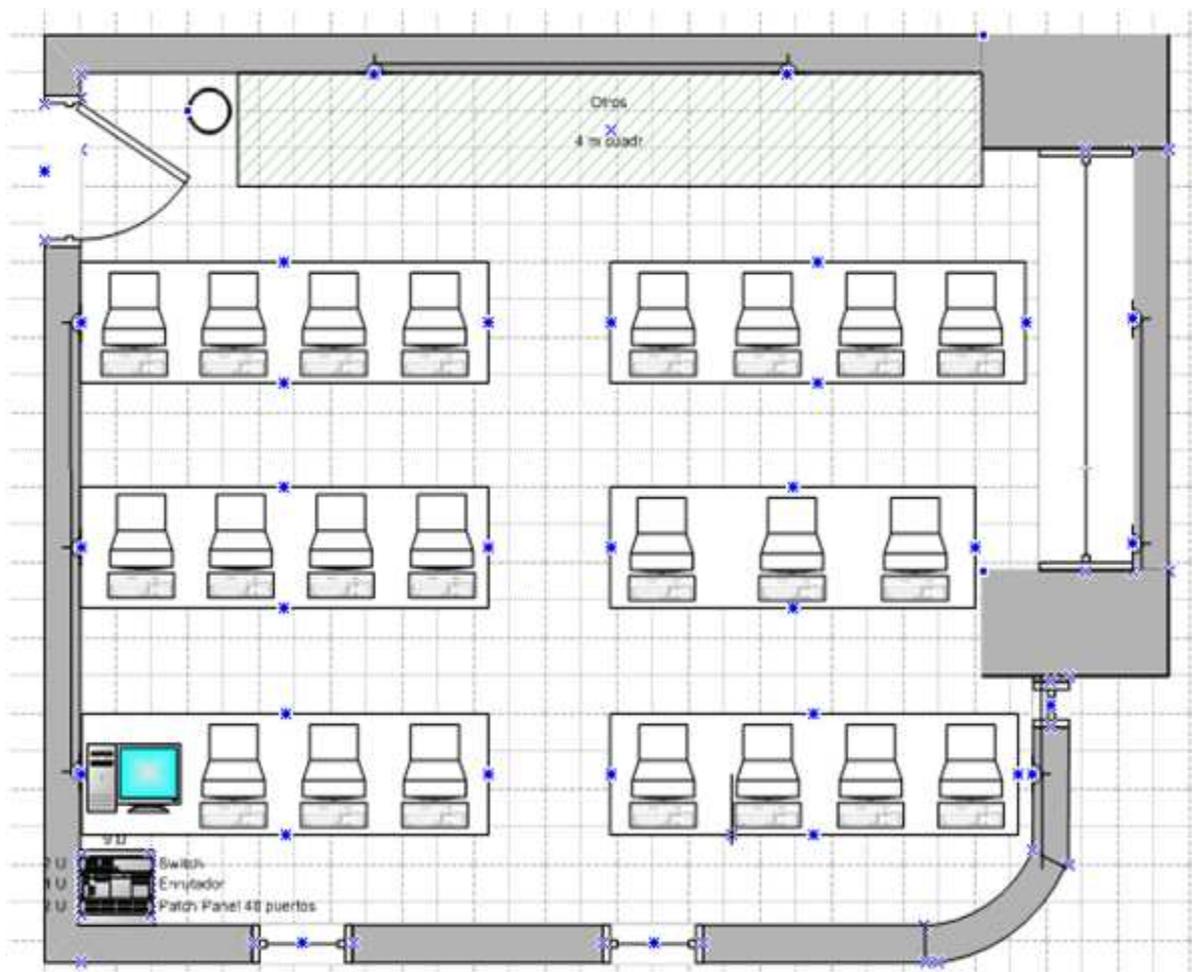


Figura 4-1: Plano del Laboratorio de Pruebas

4.3.1 HARDWARE

Para realizar las pruebas se utilizó el servidor dimensionado en el apartado 2.6. Además se utilizaron equipos y dispositivos de red como son: un switch, un enrutador, rack, patch panel, puntos de red, etc.

4.3.2 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE

En este apartado se indicará cuál es la configuración utilizada para el servidor de pruebas LTSP.

4.3.2.1 CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DE LTSP

LTSP utiliza varios archivos de configuración, que son llamados a través de programas y servicios que permiten el proceso de LTSP.

Entre los archivos de configuración más importantes están:

4.3.2.1.1 *lts.conf*

/var/lib/tftpboot/lts/i386/lts.conf es el archivo de configuración al cual harán referencia los clientes al momento de bootear a través de la red, sirve para configurar las diferentes variables de hardware de los clientes; se lo puede configurar por defecto para todos los clientes o definiendo clientes específicos.

Posee parámetros de configuración para el uso de memoria, dispositivos periféricos (teclado, mouse, pantallas táctiles, etc), aplicaciones, etc. Estos parámetros de configuración se los puede ver en la Figura 4-2. Este archivo contiene los parámetros generales para la configuración del servidor LTSP. Entre los parámetros más importantes tenemos:

- **LTSP_BASEDIR.** Especifica la ubicación del sistema de archivos raíz de LTSP. El valor por defecto es `/opt/lts`.
- **SERVER.** Es la dirección del servidor, que es usado por `XDM_SERVER`, `TELNET_HOST`, `XFS_SERVER` y `SYSLOG_HOST`. Si se tiene una única máquina usada como servidor, se pueden omitir estos parámetros. Si no se asigna una dirección, se utiliza la dirección `192.168.0.254` por defecto.
- **SYSLOG_HOST.** Sirve para definir la dirección de un servidor de notificaciones.
- **NFS_SERVER.** Especifica la dirección IP del servidor NFS, usado cuando el sistema de archivos `/home` es montado.

- **USE_NFS_SWAP.** Sirve para habilitar o deshabilitar la opción de la NFS SWAP⁹¹.
- **SWAPFILE_SIZE.** Para especificar el tamaño de memoria SWAP que se desea asignar a cada cliente. El valor por defecto es de 64MB.

```
[Default]
    SERVER                = 192.168.0.254
    X_MOUSE_PROTOCOL      = "PS/2"
    X_MOUSE_DEVICE        = "/dev/psaux"
    X_MOUSE_RESOLUTION    = 400
    X_MOUSE_BUTTONS       = 3
    USE_XFS                = N
    SCREEN_01             = startx

[ws001]
    XSERVER                = auto
    X_MOUSE_PROTOCOL      = "Microsoft"
X_MOUSE_DEVICE          = "/dev/ttyS1"
X_MOUSE_RESOLUTION     = 50
    X_MOUSE_BUTTONS       = 3
    X_MOUSE_BAUD          = 1200

[ws002]
    XSERVER                = XF86_Mach64

[ws003]
SCREEN_01                = shell
```

Figura 4-2: Archivo de configuración lts.conf

- **SCREEN_01 a SCREEN_12.** Especifica el tipo de sesión de acceso que se muestra en cada terminal. Se puede tener hasta 12 sesiones diferentes en cada estación (Figura 4-3), y se las puede acceder usando las combinaciones Ctrl-Alt-F1 hasta Ctrl-Alt-F12.

```
SCREEN_01    = startx
SCREEN_02    = Shell
SCREEN_03    = ldm
SCREEN_04    = telnet
SCREEN_05    = rdesktop
```

Figura 4-3: Ejemplo de configuración de la opción SCREEN

⁹¹ Se refiere a espacio de intercambio SWAP, utilizando el protocolo NFS.

4.3.2.1.2 *dhcpd.conf*

El archivo ***/etc/ltsp/dhcpd.conf*** es usado por los clientes de manera automática para bootear a través de la red. En el archivo de configuración de la Figura 4-4 se muestra un ejemplo de configuración.

```
#Características del servicio DHCP

default-lease-time          21600;
max-lease-time              21600;
ddns-update-style none;
allow booting;
allow bootp;

option subnet-mask          255.255.255.0;
option broadcast-address    172.31.100.255;
option routers              172.31.100.254;
option domain-name-servers 172.31.100.254;
next-server                 172.31.100.254;
option domain-name          "ltsp";
option option-128 code 128 = string;
option option-129 code 129 = text;
option option-221 code 221 = text;

#En esta sección se especifica el rango de direcciones IP
#asignado para los Clientes

shared-network WORKSTATIONS {
    subnet 172.31.100.0 netmask 255.255.255.0 {
        range dynamic-bootp 172.31.100.100 172.31.100.253;
        use-host-decl-names    on;
    }
    option log-servers        172.31.100.254;

#La opción vendor-class-identifier indica el tipo de
hardware
#del cliente, y el kernel que debe cargar según su hardware

if substring (option vendor-class-identifier, 0, 9) =
"AAPLBSDPC"
{
    filename          "yaboot";
    option vendor-class-identifier "AAPLBSDPC";
option vendor-encapsulated-options
01:01:02:08:04:01:00:00:01:82;
}
}
```

```

#La mayoría de clientes son de tipo PXE y se les aplica las
#siguientes condiciones

elsif substring (option vendor-class-identifier, 0, 9) =
"PXEClient"
{
    # NOTE: kernels are specified in
    /tftpboot/ltsp/i386/pxelinux.cfg/
    filename      "/ltsp/i386/pxelinux.0";
}

#Opción por defecto
# if all else fails (likely BOOTP), default to an NBI image
else
{
    filename      "/ltsp/i386/wraplinux-nbi.ltsp";
}

{
    option root-path "172.31.100.254:/opt/ltsp/ppc";
    #option root-path
    "nbd:172.31.100.254:2001:squashfs:ro";
} else {
    option root-path "172.31.100.254:/opt/ltsp/i386";
    #option root-path
    "nbd:172.31.100.254:2000:squashfs:ro";
}
}
}
}

```

Figura 4-4: Archivo de configuración dhcpd.conf

Además de las opciones indicadas, en este archivo se puede configurar opciones de las estaciones de trabajo distinguiéndolas por la dirección MAC (Figura 4-5). Se puede especificar el kernel o una dirección IP específica. El archivo "filename" es el archivo que permite cargar el kernel.

```

#group      {
#   use-host-decl-names      on;
#   option log-servers       172.31.100.254;
#
#   host ws001 {
#       hardware ethernet    00:E0:06:E8:00:84;
#       fixed-address         172.31.100.1;
#       filename               "/ltsp/vmlinuz.ltsp";
#       option option-128     e4:45:74:68:00:00;
#       option option-129     "NIC=3c509";
#   }
#   host ws002 {
#       hardware ethernet    00:D0:09:30:6A:1C;
#       fixed-address         172.31.100.2;
#       filename               "/ltsp/vmlinuz.ltsp";
#       option option-128     e4:45:74:68:00:00;
#       option option-129     "NIC=ne" ;
#   }
# }

```

Figura 4-5: dhcpd.conf - Configuración de las estaciones de trabajo

4.3.2.1.3 ltsp-build-client.conf

El archivo **/etc/ltsp/ltsp-build-client.conf** contiene la configuración del script **/usr/sbin/ltsp-build-client**. En este archivo se indican las opciones para mantener un cache local al momento de instalar los paquetes LTSP, y para especificar la arquitectura del cliente a ser instalada.

4.3.2.1.4 /etc/exports

El fichero **/etc/exports** contiene solamente la siguiente línea de configuración:

```
/opt/ltsp *(ro,async,no_root_squash)
```

La opción **ro** indica que el montaje sea de sólo lectura (read-only). La opción **async** permite al servidor NFS, violar el protocolo NFS y responder a peticiones antes que se produzcan los cambios indicados por la petición. La opción **root_squash** indica que no está permitido permiso de escritura al usuario root en el directorio indicado.

4.3.2.2 INSTALACIÓN DE LTSP

1. *yum install ltsp-server*

Instala todos los paquetes que requiere un servidor LTSP y sus dependencias.

2. *yum install ltsp-vmclient (opcional)*

Instala en el servidor un emulador de máquina virtual que sirve para verificar el correcto funcionamiento del servidor. Se debe eliminar el comentario de la línea **option_cache_value** en el archivo **/etc/ltsp/ltsp-build-client.conf** para utilizar este cliente virtual. Para comprobar el correcto funcionamiento del cliente virtual no es necesario que la red se encuentre configurada, únicamente se lo puede realizar luego de haber instalado todos los paquetes necesarios, digitando el comando `ltsp-vmclient`.

3. *echo "/opt/ltsp *(ro,async,no_root_squash)" >> /etc/exports*

Escribe `"/opt/ltsp *(ro,async,no_root_squash)"` en el archivo `/etc/exports`

4. *ifup ltspbr0*

Activa la interfaz para LTSP. Para este punto de la instalación es necesario configurar la red para que pueda existir un puente, o bridge,⁹² entre la interfaz `ltspbr0` y una interfaz física del servidor.

Es necesario que el servicio `iptables` se encuentre detenido en este paso, o que se lo configure para que permita el paso de los paquetes necesarios para el funcionamiento de LTSP.

5. *for service in xinetd ltsp-dhcpd rpc bind nfs sshd; do chkconfig \$service on; service \$service restart; done*

6. *for server in ldminfod nbdrootd nbdswapped tftp; do chkconfig \$server on; done*

Estos comandos definen los servicios que van a ser activados automáticamente cuando se encienda el servidor. Estos servicios están especificados en el apartado 1.1.5 SERVIDORES

7. *ltsp-build-client*

Este comando crea las imágenes de los clientes. Por defecto se encuentra configurado para crear una imagen para un cliente de 32 bits; si se quiere definir una arquitectura diferente únicamente debemos editar en el archivo

⁹²Se realiza esto para que la interfaz virtual `ltspbr0` sea utilizada a través de la interfaz física `eth1`.

/etc/ltsp/ltsp-build-client con la arquitectura que deseemos, o especificando la opción de arquitectura en el comando.

4.3.2.3 WINE

WINE es una aplicación que permite ejecutar programas de Windows en sistemas operativos Unix. Para su ejecución únicamente se debe digitar el comando *wine*, o acceder mediante su ubicación en el menú aplicaciones.

El objetivo de instalar WINE es poder utilizar Microsoft Office. La versión utilizada para la instalación fue Microsoft Office 2003. Se instaló: Microsoft Word 2003, Microsoft Excel 2003 y Microsoft PowerPoint 2003.

4.3.2.4 SOFTWARE DE ADMINISTRACIÓN FL_TEACHER TOOL

FL_TEACHER TOOL es un software que permite gestionar y administrar usuarios que se encuentran trabajando bajo modalidad de servidor de terminales Linux, a modo de un aula de clases; como se observa en la Figura 4-6.

Entre sus características encontramos:

- Control de acceso a internet
- Filtrado de grupos y cursos
- Inicio de sesión de los computadores de los usuarios del sistema
- Soporte de múltiples clases⁹³
- Ejecuta programas y comandos en los estudiantes
- Permite descubrir usuarios que se encuentren ejecutando programas en particular
- Permite monitorear estudiantes, a través de vistas de sus pantallas como se puede observar en la Figura 4-7
- Presenta una lista de los programas y procesos que están ejecutando los usuarios, como se muestra en la Figura 4-8
- Permite difundir en broadcast una ventana con el propósito de mostrar un proceso en particular

⁹³Las clases representan Cursos, y deben ser configurados como agrupaciones de usuarios.

- Distribuye archivos a los directorios /home/ de los usuarios
- Envía mensajes cortos a los usuarios
- Cierra sesión a los usuarios
- Permite terminar un programa específico para todos los usuarios o para alguno en particular⁹⁴

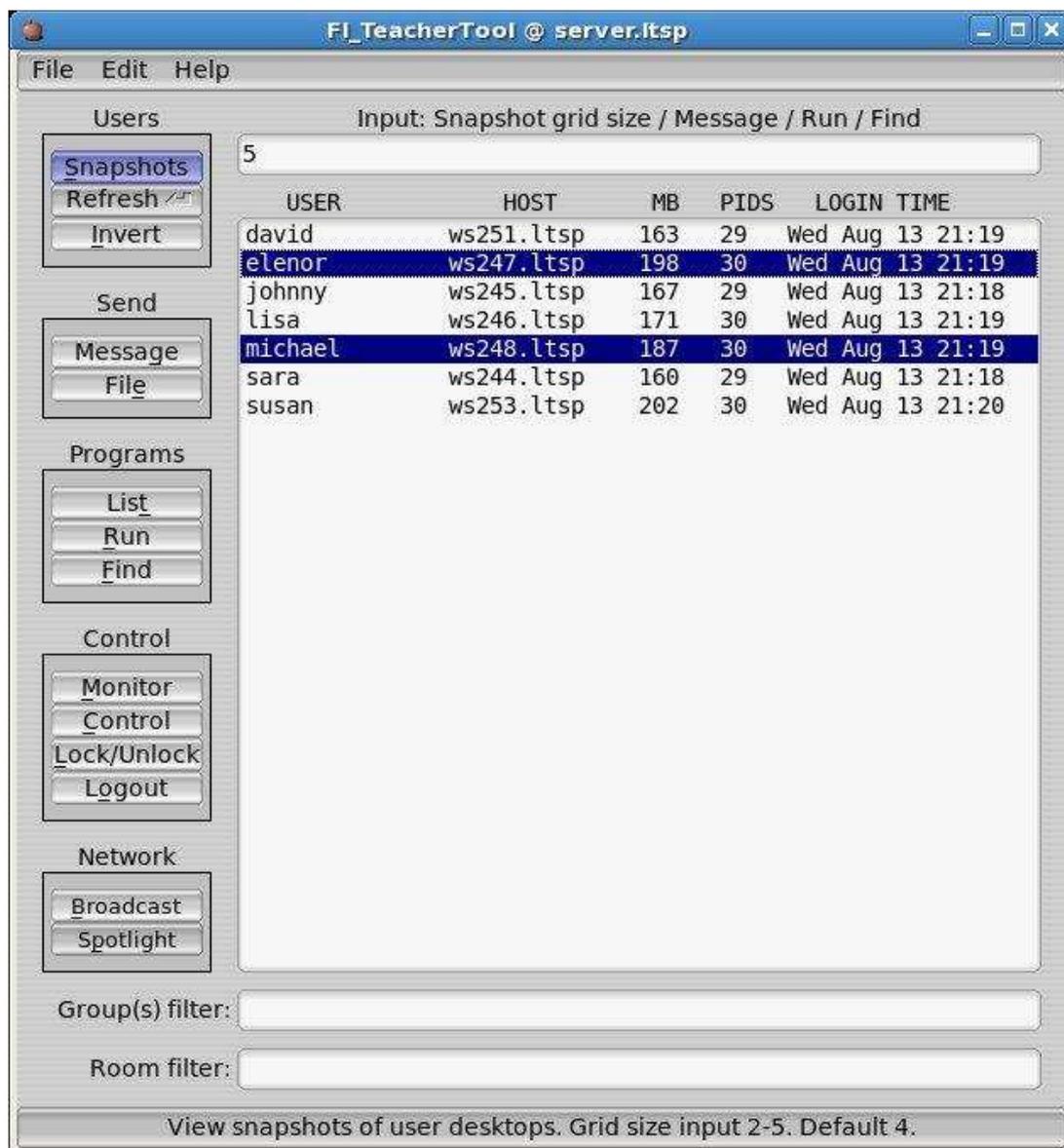


Figura 4-6: FL_TEACHERTOOL

⁹⁴Documentación de FL_TEACHERTOOL - http://www3.telus.net/public/robark/FL_TeacherTool/

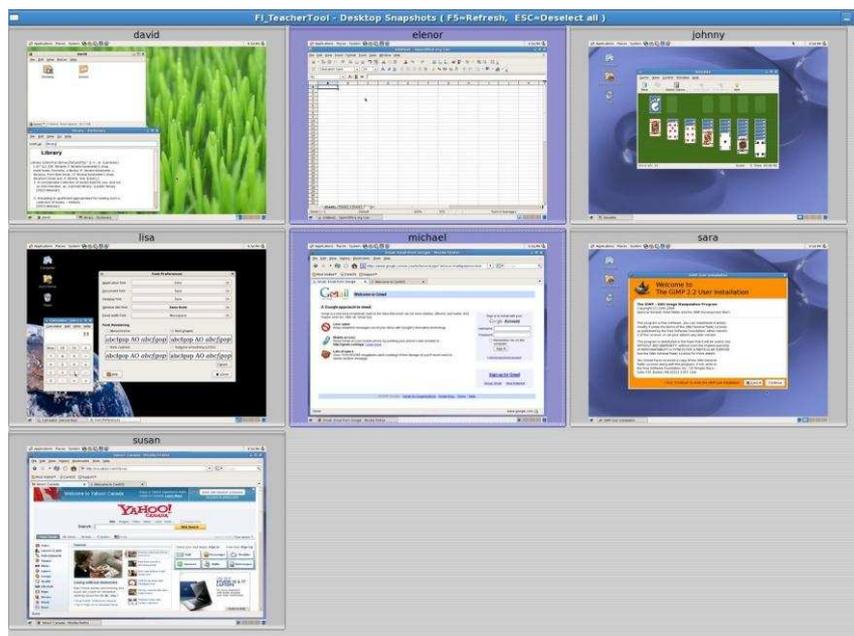


Figura 4-7: FL_TEACHERTOOL - Vista de los escritorios de los usuarios

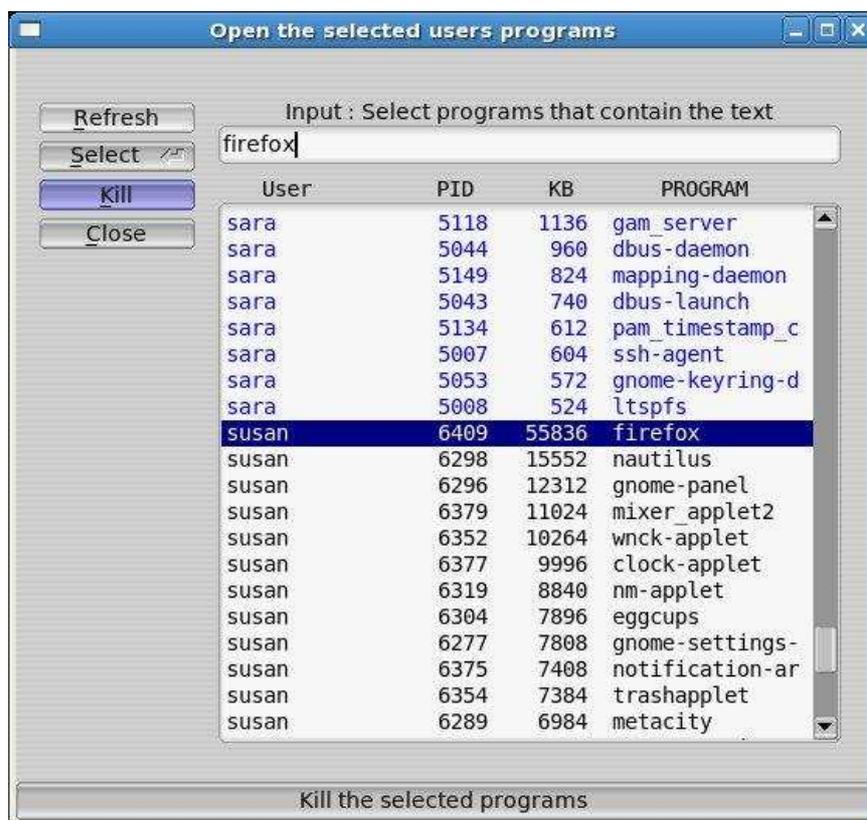


Figura 4-8: FL_TEACHERTOOL - Procesos y programas de los usuarios

4.3.2.5 CLIENTE VNC

La infraestructura LTSP no permite acceder al servidor mediante un terminal de manera remota. Los protocolos encargados de bootear utilizando la tarjeta de red, y de cargar la imagen del sistema operativo en la memoria del terminal e iniciar sesión en el servidor no pueden trabajar en internet, sino solamente en una red local.

El objetivo del presente proyecto es ofrecer educación combinada. Para lograr esto se necesita tener acceso al servidor de manera remota. La educación combinada ofrece la posibilidad de aprendizaje y seguimiento a los estudiantes, tanto en línea como de manera presencial. Para poder acceder al servidor de una manera remota se utilizará una aplicación de cliente VNC⁹⁵.

Para el presente proyecto, cuando se desee acceder al servidor desde internet se deberá, en primer lugar, disponer de una dirección IP pública para la interfaz eth1, y posteriormente se podrá ejecutar una aplicación como VNC-viewer desde cualquier computador que cuente con una conexión a internet⁹⁶.

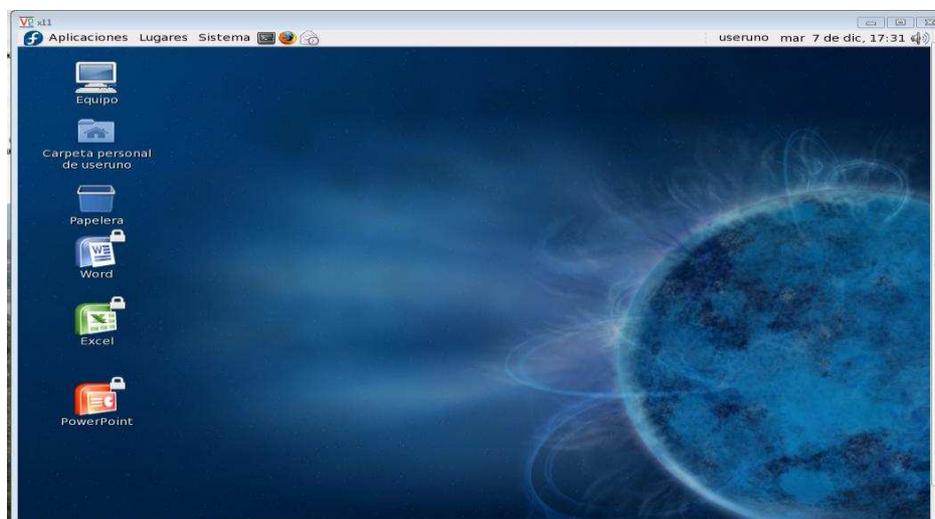


Figura 4-9: Acceso mediante el cliente VNC

Se puede observar en la Figura 4-9 un acceso al servidor utilizando VNC-viewer.

⁹⁵VNC o *Virtual Network Computing* es un software que permite a un cliente acceder remotamente a las aplicaciones y archivos de un servidor

VNC – Wikipedia, la encyclopedia libre.<http://es.wikipedia.org/wiki/VNC>

⁹⁶ Se puede descargar una version gratuita de VNC-viewer desde su sitio en internet

<http://www.realvnc.com/products/free/4.1/index.html>

4.3.2.6 MOODLE

Moodle es un Sistema de Gestión de Cursos de Código Abierto (Open Source Course Management System), conocido también como Sistema de Gestión del Aprendizaje (Learning Management System, LMS). Es una aplicación web gratuita para crear sitios de aprendizaje efectivo en línea.⁹⁷

Para el presente proyecto se utilizará Moodle para gestionar todas las actividades de aprendizaje fuera del aula.

4.3.3 CONEXIÓN DE RED

El diagrama de red utilizado para el presente proyecto, es el de la Figura 4-10. Existe una conexión directa desde internet a través de un router, que luego se conecta al servidor LTSP y posteriormente a un switch en el cual se encuentran dispuestas todas las terminales ligeras, que utilizarán este dispositivo para bootear a través de red al servidor LTSP.

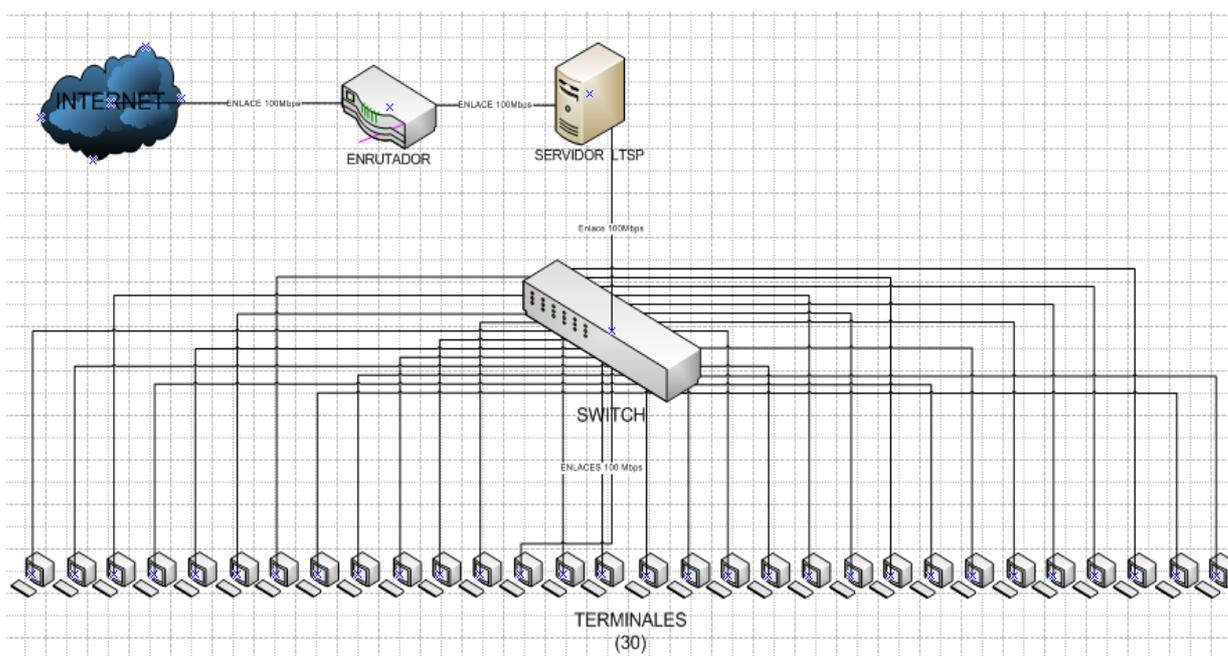


Figura 4-10: Diagrama de Red LTSP

⁹⁷ Moodle.org: open-source community-based tools for learning.
<http://moodle.org/?lang=es>

4.3.3.1 CONFIGURACIÓN DE LAS INTERFACES PARA DAR EL SERVICIO LTSP

Es necesario configurar cada una de las interfaces del servidor, definiendo la interfaz que va a usarse como interfaz LTSP y la interfaz que va a estar conectada a la red externa, generalmente una conexión a internet.

El servidor de pruebas del presente proyecto posee dos interfaces de red. Se decidió que la interfaz eth0 sea la que se conecte a internet, mientras que la interfaz eth1 estará conectada a la red LTSP, para este proceso se debe realizar un puente con la interfaz virtual `ltspr0`⁹⁸ a través de comando `brctladdif ltspr0 eth1`⁹⁹

A continuación se debe editar el archivo `/etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth1`, y adicionar `BRIDGE=ltspr0` y `NM_CONTROLLED=no`, que especifica que la interfaz física eth1 se utilizará como puente para la interfaz virtual `ltspr0` y que no estará administrada por NetworkManager¹⁰⁰.

4.3.4 HERRAMIENTAS DE PRUEBAS

4.3.4.1 stress

Es una herramienta usada para simular carga en un sistema hasta llegar a causar un colapso del mismo.

Su funcionamiento depende de los parámetros de configuración, puede simular la ejecución de varios procesos a la vez con distinto uso de memoria del sistema.

⁹⁸ Es la interfaz virtual creada luego de la instalación de LTSP.

⁹⁹ ethX, identifica el nombre de la interfaz de red con la cuál vamos a trabajar, para el caso de la máquina de pruebas solo se posee una interfaz la eth0.

¹⁰⁰ NetworkManager es la aplicación de Fedora que administra las conexiones de red.

Para manejarlo, presenta las opciones:

- v, --version** Muestra la versión de la herramienta.
- q, --quiet** Programa en descanso.
- t, --timeout-N** Interrupción luego de un intervalo de N segundos.
- backoff N** Espera N microsegundos, antes de que empiece a trabajar.
- c, --cpu N** Los procesos creados por stress realizarán operaciones con la función `sqrt()` para agregar carga al procesador.
- i, --io** Los procesos creados por stress realizarán la llamada al sistema `sync()` sobre el disco duro. La llamada `sync()` se utiliza para realizar lectura y escritura en disco duro referente a los buffers del sistema de archivos del kernel.
- m, --vm N** Los procesos creados por stress realizarán operaciones de `malloc()/free()` para crear carga sobre la memoria principal. Las llamadas `malloc()` reservan memoria, y las llamadas `free()` liberan espacio en memoria. N indica el número de procesos que realizarán las operaciones.
- vm-bytes B** Esta opción indica la cantidad de bytes que serán reservados y liberados por los N procesos indicados por la opción **-m**.

4.3.4.2 Etherape

Es un monitor gráfico de red diseñado para UNIX. Muestra la actividad de red de manera gráfica como se observa en la Figura 4-11; presenta los host y los enlaces de red que existen entre ellos, diferenciándolos con colores y tamaños dependiendo del tipo de protocolo que utilizan y la cantidad de información intercambiada.

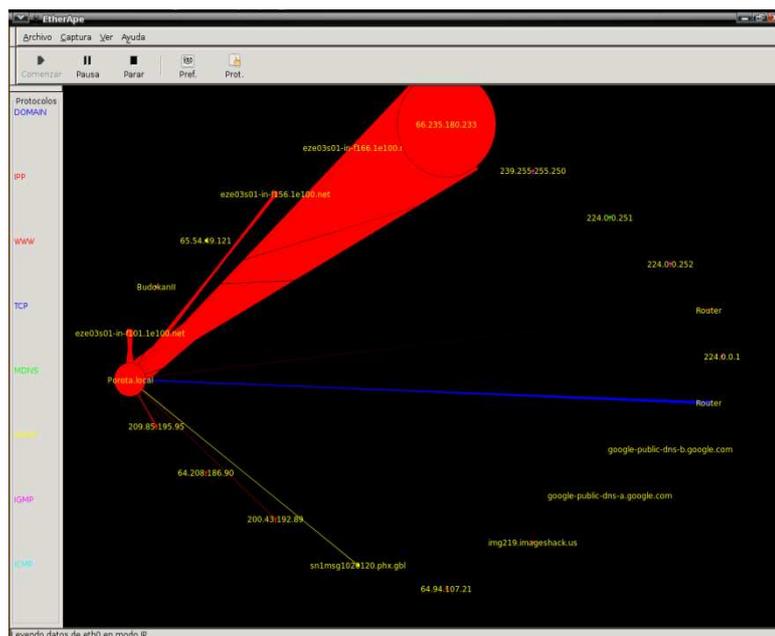


Figura 4-11: Interfaz – Etherape

Su instalación se la puede realizar desde el gestor de instalación de software o desde la consola de Linux.

Etherape permite elegir la interfaz a la que se desea monitorear. Además permite mostrar los datos recopilados de manera estadística como se puede ver en la Figura 4-12.

EtherApe: Protocolos				
Columnas				
Protocol	Inst Traffic	Accum Traffic	Last Heard	Packets
BOOTPS	0 bps	3,211 Kbytes	hace 1'7"	8
MOUNT	0 bps	244 bytes	hace 1'4"	2
NFS	0 bps	4,567 Mbytes	hace 18"	18997
PORTMAP	0 bps	976 bytes	hace 1'4"	4
TCP	0 bps	3,676 Kbytes	hace 51"	56
TCP-Unknown	0 bps	94,295 Kbytes	hace 51"	78
TFTP	0 bps	1,474 Kbytes	hace 1'19"	15
UDP-Unknown	0 bps	2,210 Mbytes	hace 53"	4152
UDP_FRAGMENT	0 bps	18,754 Mbytes	hace 47"	13678

Figura 4-12: Etherape- Estadísticas

4.3.4.3 Wireshark

Es un analizador de tráfico de red. Permite capturar paquetes que circulan a través de una interfaz previamente definida en el mismo programa.

Posee una interfaz gráfica, como se puede observar en la Figura 4-13, se lo puede ejecutar también utilizando la consola mediante la línea de comandos.

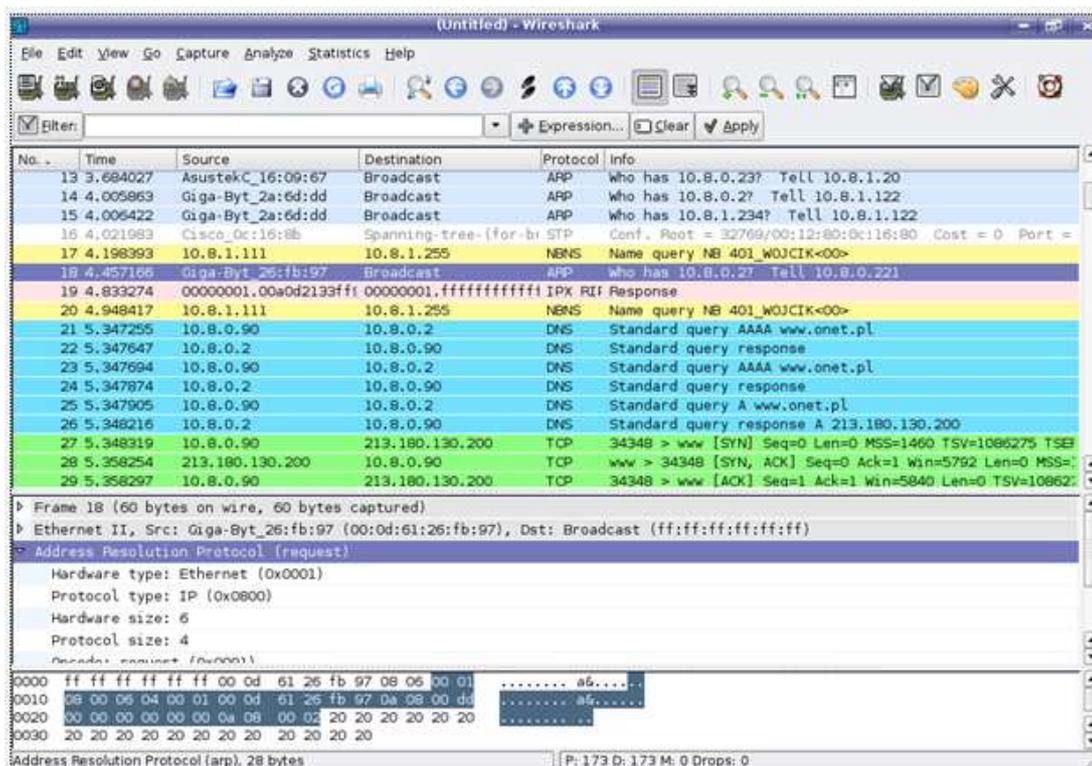


Figura 4-13: Wireshark

Al momento de iniciar el programa, se debe seleccionar la interfaz con la que se va a trabajar. Wireshark muestra una lista de la interfaces disponibles en el sistema para empezar a monitorear.

4.3.4.4 Htop

Para la recolección de datos se utilizará la herramienta htop (Figura 4-14), que es un visor de procesos interactivo para Linux, ejecuta una aplicación en texto plano para consola o terminales x-windows.

Su instalación se la puede realizar a través de consola o mediante el gestor de instalación de software.

PID	USER	PRI	NI	VRT	RES	SHR	S	CPU%	MEM%	TIME+	Command
8343	root	15	0	2392	1232	916	R	0.0	0.1	0:00.11	htop
1	root	15	0	1944	644	552	S	0.0	0.0	0:05.73	init [2]
1453	root	16	-4	2176	600	340	S	0.0	0.0	0:00.08	udevd --daemon
2627	root	18	0	1628	640	512	S	0.0	0.0	0:23.51	/sbin/syslogd
2633	root	15	0	1580	384	308	S	0.0	0.0	0:00.00	/sbin/klogd -x
2846	root	15	0	1576	564	480	S	0.0	0.0	0:00.00	/usr/sbin/acpid -c /etc/acpi/event
2933	root	24	0	1752	400	320	S	0.0	0.0	0:00.00	/usr/sbin/courierlogger -pid=/var/
2934	root	18	0	1908	592	476	S	0.0	0.0	0:00.00	/usr/lib/courier/courier-authlib/a
2943	root	18	0	1752	400	320	S	0.0	0.0	0:01.04	/usr/sbin/courierlogger -pid=/var/
2944	root	16	0	1856	584	496	S	0.0	0.0	0:01.24	/usr/sbin/couriertcpd -address=0 -
2946	root	18	0	2116	668	504	S	0.0	0.0	0:00.58	/usr/lib/courier/courier-authlib/a
2947	root	18	0	2116	668	504	S	0.0	0.0	0:00.69	/usr/lib/courier/courier-authlib/a
2948	root	18	0	2116	668	504	S	0.0	0.0	0:00.66	/usr/lib/courier/courier-authlib/a
2949	root	18	0	2116	668	504	S	0.0	0.0	0:00.69	/usr/lib/courier/courier-authlib/a

Figura 4-14: Htop

Htop consta de tres secciones, observándola de arriba hacia abajo, la primera muestra datos resumidos del uso de memoria RAM, memoria de intercambio (swap) y CPU. En la parte superior derecha se encontrarán breves estadísticas del sistema y sus procesos.

La segunda sección especifica todos los procesos que están corriendo en el sistema, para el presente proyecto nos centraremos en el comando, el tiempo de ejecución, el porcentaje de uso de memoria, el porcentaje de uso de CPU y el usuario.

La tercera sección se refiere a un menú que incluye opciones para realizar búsquedas, enviar señales a los procesos, desplegar la lista en forma de árbol y la opción de salida, entre otros, como se observa en la Figura 4-15.



Figura 4-15: Menú Htop

4.3.4.5 Monitor del Sistema

Es una herramienta propia del sistema operativo que se utiliza para monitorear de manera gráfica los recursos del sistema. Entre los recursos que se pueden monitorear con esta herramienta, están los recursos de red, de memoria RAM, de memoria SWAP y de CPU. Ver Figura 4-16.

Además se puede verificar las características del sistema, observar todos los procesos que el sistema está ejecutando y verificar el sistema de archivos; sin

embargo no presenta cómo está distribuido el sistema de archivos en el disco duro.

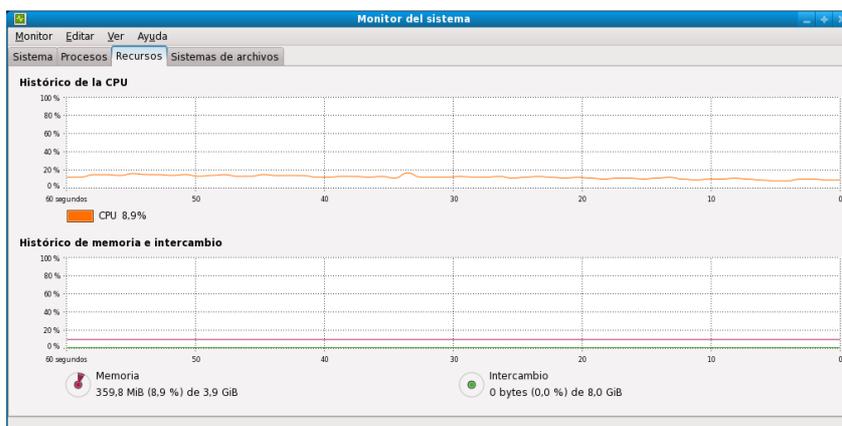


Figura 4-16: Monitor del sistema

4.3.4.6 Comando free

El comando free muestra la información de la memoria física y de memoria swap libre y usada de un sistema, así como los buffers y cache consumido por el kernel.

Sus opciones son:

- b, --bytes** Despliega la información en bytes.
- k, --kb** Despliega la información en kilobytes.
- m, --mb** Despliega la información en megabytes.
- g, --gb** Despliega la información en gigabytes.
- t, --total** Despliega un resumen total de la memoria física y el espacio de la memoria swap.

4.4 TIPOS DE PRUEBAS

En el presente proyecto se realizaron 3 tipos de pruebas. Pruebas de Carga, Pruebas de Stress y Pruebas de Usabilidad. Para cada una de las pruebas se seguirán los pasos indicados en el apartado 4.2.

4.4.1 PRUEBAS DE CARGA

Las pruebas de carga buscan medir el comportamiento del sistema ante una carga determinada. En el presente proyecto, la carga sobre el servidor está especificada por el número de usuarios que acceden a él.

4.4.1.1 Objetivo

El objetivo de las pruebas de carga, en el presente proyecto, es el de determinar si el uso de recursos del servidor se encuentra dentro de los valores estimados dentro del dimensionamiento.

4.4.1.2 Necesidades Ambientales

Para realizar estas pruebas se necesita simular, mediante un software, la carga que se aplicaría al servidor, de acuerdo a un número de usuarios indicado. Estas pruebas pueden ser realizadas únicamente sobre el servidor, no fue necesario conectar los clientes a él.

4.4.1.3 Aplicación de las pruebas

Para el presente proyecto, el tipo de carga específica varía entre el número de usuarios que acceden al sistema y el número de procesos y aplicaciones que ejecutan.

Para simular la carga sobre el servidor se utiliza la herramienta *stress*. Se utilizaron scripts para aplicar carga por cada usuario que se desea simular.

Se consideraron dos escenarios, el primero es accediendo al servidor desde una red local, y el segundo, es accediendo al servidor desde internet mediante un cliente VNC.

A continuación se detallan los scripts que aplican la carga sobre el servidor:

- Para inicio de sesión sin utilizar aplicaciones, desde una red local:

```
#!/bin/bash
#script memoria
#uso: sh memoria #usuarios #segundosDuracion
echo "-----" >>
```

```

resultados
echo `uptime` >> resultados
echo "Simulación:" $1 "usuarios. Duración:" $2 "segundos" >> resultados
a="stress -m $(expr $1 \* 1) --vm-bytes 33M --timeout $2s"
b="stress -m $(expr $1 \* 4) --vm-bytes 13M --timeout $2s"
c="stress -m $(expr $1 \* 5) --vm-bytes 9M --timeout $2s"
d="stress -m $(expr $1 \* 4) --vm-bytes 5M --timeout $2s"
e="stress -m $(expr $1 \* 16) --vm-bytes 3M --timeout $2s"
f="stress -m $(expr $1 \* 11) --vm-bytes 1M --timeout $2s"
time $a | $b | $c | $d | $e | $f | sh medidas
sh promedio
sh promedio >> resultados

```

- Para inicio de sesión sin utilizar aplicaciones, desde un cliente VNC:

```

#!/bin/bash
#script memoria
#uso: sh memoria #usuarios #segundosDuracion
echo "-----" >>
resultados
echo `uptime` >> resultados
echo "Simulación:" $1 "usuarios. Duración:" $2 "segundos" >> resultados
a="stress -m $(expr $1 \* 1) --vm-bytes 36M --timeout $2s"
b="stress -m $(expr $1 \* 1) --vm-bytes 28M --timeout $2s"
c="stress -m $(expr $1 \* 4) --vm-bytes 16M --timeout $2s"
d="stress -m $(expr $1 \* 4) --vm-bytes 12M --timeout $2s"
e="stress -m $(expr $1 \* 10) --vm-bytes 8M --timeout $2s"
f="stress -m $(expr $1 \* 17) --vm-bytes 4M --timeout $2s"
time $a | $b | $c | $d | $e | $f | sh medidas
sh promedio
sh promedio >> resultados

```

- Para uso de MS Word¹⁰¹, desde una red local:

```

#!/bin/bash
#script memoria
#uso: sh memoria #usuarios #segundosDuracion
echo "-----" >>
resultados
echo `uptime` >> resultados
echo "Simulación:" $1 "usuarios. Duración:" $2 "segundos" >> resultados
a="stress -m $(expr $1 \* 2) --vm-bytes 45M --timeout $2s"
b="stress -m $(expr $1 \* 1) --vm-bytes 25M --timeout $2s"
c="stress -m $(expr $1 \* 8) --vm-bytes 13M --timeout $2s"

```

¹⁰¹ Para este caso se realizaron las pruebas simulando la memoria utilizada por el programa MS Word, pero se puede extender de manera general para cualquier aplicación que genere una carga similar a la indicada.

```
d="stress -m $(expr $1 \* 8) --vm-bytes 9M --timeout $2s"
e="stress -m $(expr $1 \* 8) --vm-bytes 5M --timeout $2s"
f="stress -m $(expr $1 \* 17) --vm-bytes 3M --timeout $2s"
time $a | $b | $c | $d | $e | $f | sh medidas
sh promedio
sh promedio >> resultados
```

- Para uso de MS Word, desde un cliente VNC:

```
#!/bin/bash
#script memoria
#uso: sh memoria #usuarios #segundosDuracion
echo "-----" >>
resultados
echo `uptime` >> resultados
echo "Simulación:" $1 "usuarios. Duración:" $2 "segundos" >> resultados
a="stress -m $(expr $1 \* 2) --vm-bytes 40M --timeout $2s"
b="stress -m $(expr $1 \* 1) --vm-bytes 28M --timeout $2s"
c="stress -m $(expr $1 \* 4) --vm-bytes 16M --timeout $2s"
d="stress -m $(expr $1 \* 6) --vm-bytes 12M --timeout $2s"
e="stress -m $(expr $1 \* 9) --vm-bytes 8M --timeout $2s"
f="stress -m $(expr $1 \* 36) --vm-bytes 4M --timeout $2s"
time $a | $b | $c | $d | $e | $f | sh medidas
sh promedio
sh promedio >> resultados
```

- Para uso del Navegador Firefox, desde una red local:

```
#!/bin/bash
#script memoria
#uso: sh memoria #usuarios #segundosDuracion
echo "-----" >>
resultados
echo `uptime` >> resultados
echo "Simulación:" $1 "usuarios. Duración:" $2 "segundos" >> resultados
a="stress -m $(expr $1 \* 8) --vm-bytes 74M --timeout $2s"
b="stress -m $(expr $1 \* 1) --vm-bytes 33M --timeout $2s"
c="stress -m $(expr $1 \* 1) --vm-bytes 25M --timeout $2s"
d="stress -m $(expr $1 \* 5) --vm-bytes 13M --timeout $2s"
e="stress -m $(expr $1 \* 6) --vm-bytes 9M --timeout $2s"
f="stress -m $(expr $1 \* 7) --vm-bytes 5M --timeout $2s"
g="stress -m $(expr $1 \* 17) --vm-bytes 3M --timeout $2s"
h="stress -m $(expr $1 \* 13) --vm-bytes 1M --timeout $2s"
time $a | $b | $c | $d | $e | $f | $g | $h | sh medidas
sh promedio
sh promedio >> resultados
```

- Para uso de Firefox, desde un cliente VNC:

```
#!/bin/bash
#script memoria
#uso: sh memoria #usuarios #segundosDuracion
echo "-----" >>
resultados
echo `uptime` >> resultados
echo "Simulación:" $1 "usuarios. Duración:" $2 "segundos" >> resultados
a="stress -m $(expr $1 \* 9) --vm-bytes 40M --timeout $2s"
b="stress -m $(expr $1 \* 1) --vm-bytes 36M --timeout $2s"
c="stress -m $(expr $1 \* 5) --vm-bytes 16M --timeout $2s"
d="stress -m $(expr $1 \* 5) --vm-bytes 12M --timeout $2s"
e="stress -m $(expr $1 \* 8) --vm-bytes 8M --timeout $2s"
f="stress -m $(expr $1 \* 17) --vm-bytes 4M --timeout $2s"
time $a | $b | $c | $d | $e | $f | $g | $h | sh medidas
sh promedio
sh promedio >> resultados
```

Con otro script se aplicará la carga equivalente a 10 y 15 usuarios que acceden al servidor durante un intervalo de tiempo, simulando login en primer lugar y el uso de MS Word en segundo lugar. Estos resultados son almacenados en un archivo de texto.

```
#!/bin/bash
#script pruebas
#uso: sh pruebas
sh memoria 10 2400
sh memoria 10 2400
sh memoria 15 2400
sh memoria 15 2400
echo `uptime` >> resultados
echo "Adiós" >> resultados
shutdown -h now
```

Para las pruebas de carga de uso del Navegador Firefox se simulará desde 10 hasta 15 usuarios durante un intervalo de tiempo, de manera similar al anterior script. En las pruebas preliminares se observó que Firefox es una aplicación que utiliza una gran cantidad de recursos del servidor, por este motivo se decidió hacer pruebas de carga variando en pasos de 1 la cantidad de usuarios.

```
#!/bin/bash
#script pruebas
#uso: sh pruebas
sh memoria 10 3600
sh memoria 10 3600
sh memoria 11 3600
sh memoria 11 3600
sh memoria 12 3600
sh memoria 12 3600
sh memoria 13 3600
sh memoria 13 3600
sh memoria 14 3600
sh memoria 14 3600
sh memoria 15 3600
sh memoria 15 3600
echo `uptime` >> resultados
echo "Adiós" >> resultados
shutdown -h now
```

4.4.1.4 Resultados

Para las pruebas de carga se obtuvieron los siguientes resultados, que se muestran de acuerdo a los dos escenarios indicados para estas pruebas:

- Para inicio de sesión sin utilizar aplicaciones, desde una red local: Tabla 4-1.

Número de Usuarios	Cantidad de Memoria RAM (MB)			Cantidad de Memoria SWAP (MB)		
	Prueba 1	Prueba2	Promedio	Prueba 1	Prueba2	Promedio
10	1283	1342	1313	0	0	0
15	1695	1814	1755	0	0	0

Tabla 4-1: Pruebas de carga desde red local - Inicio de sesión

- Para inicio de sesión sin utilizar aplicaciones, desde un cliente VNC: Tabla 4-2

Número de Usuarios	Cantidad de Memoria RAM (MB)			Cantidad de Memoria SWAP (MB)		
	Toma 1	Toma 2	Promedio	Toma 1	Toma 2	Promedio
10	1868	1891	1880	0	0	0
15	2596	2578	2587	0	0	0

Tabla 4-2: Pruebas de carga desde red local - Inicio de sesión (desde VNC)

- Para uso de MS Word, desde una red local: Tabla 4-3.

Número de Usuarios	Cantidad de Memoria RAM (MB)			Cantidad de Memoria SWAP (MB)		
	Prueba1	Prueba 2	Promedio	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
10	1770	1810	1790	0	0	0
15	2562	2426	2494	0	0	0

Tabla 4-3: Pruebas de carga desde red local - MS Word

- Para uso de MS Word, desde un cliente VNC: Tabla 4-4.

Número de Usuarios	Cantidad de Memoria RAM (MB)			Cantidad de Memoria SWAP (MB)		
	Toma 1	Toma 2	Promedio	Toma 1	Toma 2	Promedio
10	2172	2178	2175	0	0	0
15	2770	2854	2812	4	120	62

Tabla 4-4: Pruebas de carga desde red local - MS Word (desde VNC)

- Para uso del Navegador Firefox, desde una red local: Tabla 4-5.

Número de Usuarios	Cantidad de Memoria RAM (MB)			Cantidad de Memoria SWAP (MB)		
	Toma 1	Toma 2	Promedio	Toma 1	Toma 2	Promedio
10	1940	1145	1543	199	183	191
11	1161	1238	1200	191	195	193
12	1670	1670	1670	195	193	194
13	3369	1474	2422	193	195	194
14	2481	2480	2481	195	191	193
15	3552	3552	3552	271	8166	4219

Tabla 4-5: Pruebas de carga desde red local - Navegador Firefox

- Para uso de Firefox, desde un cliente VNC: Tabla 4-6.

Número de Usuarios	Cantidad de Memoria RAM (MB)			Cantidad de Memoria SWAP (MB)		
	Toma 1	Toma 2	Promedio	Toma 1	Toma 2	Promedio
10	3205	3319	3262	0	199	100
11	3129	3232	3181	199	225	212
12	3399	3434	3417	211	208	210
13	3059	3286	3173	208	211	210
14	3276	3361	3319	201	258	230
15	1191	3278	2235	212	215	214

Tabla 4-6: Pruebas de carga desde red local - Navegador Firefox (desde VNC)

4.4.1.5 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar que al simular la carga, ésta no sobrepasa de los valores estimados en el dimensionamiento del servidor.

Para las pruebas que consideran el inicio de sesión y el uso de MS Word se cumplió con el resultado esperado, porque no se llega a utilizar la memoria Swap. Para la simulación de la carga del Navegador Firefox sí se utiliza memoria Swap, esto implica una disminución del rendimiento del servidor, especialmente cuando se accede al servidor desde un cliente VNC.

4.4.2 PRUEBAS DE STRESS

Este tipo de pruebas fueron diseñadas para llevar a un sistema específico al límite de su funcionamiento. Se utilizan para determinar el comportamiento de una aplicación o sistema en condiciones extremas de uso.

4.4.2.1 Objetivo

El objetivo de realizar pruebas de stress sobre el servidor LTSP es encontrar el número de usuarios a los que puede dar servicio, antes de caer en un mal funcionamiento.

4.4.2.2 Necesidades Ambientales

Para llevar a cabo las pruebas de stress en el presente proyecto se necesita simular la carga que aplica cada usuario sobre el servidor.

Al igual que para las pruebas de carga, solamente se necesita del servidor para llevar a cabo las pruebas de stress. En el servidor se tendrá una aplicación que simule la carga, la diferencia con las pruebas de carga está en que el número de usuarios a simular será mayor al número de usuarios para los que se dimensionó el servidor.

4.4.2.3 Aplicación de las Pruebas

Para simular la carga sobre el servidor se utiliza la herramienta *stress*. Se utilizarán scripts para crear tantos procesos de carga unitaria, como usuarios se quiera simular. Los scripts para las pruebas de stress son los mismos que fueron utilizados para las pruebas de carga.

Para aplicar la carga simulando login y uso de MS Word se utiliza otro script, en el que se aplica la carga al servidor, desde el equivalente a 15 usuarios, hasta el equivalente a 60 usuarios, incrementando la carga en 5 usuarios por vez, durante intervalos de tiempo iguales.

```
#!/bin/bash
#script pruebas
#uso: sh pruebas
sh memoria 15 2400
sh memoria 15 2400
sh memoria 20 2400
sh memoria 20 2400
sh memoria 25 2400
sh memoria 25 2400
sh memoria 30 2400
sh memoria 30 2400
sh memoria 35 2400
sh memoria 35 2400
sh memoria 40 2400
sh memoria 40 2400
sh memoria 45 2400
sh memoria 45 2400
sh memoria 50 2400
sh memoria 50 2400
sh memoria 55 2400
```

```
sh memoria 55 2400
sh memoria 60 2400
sh memoria 60 2400
echo `uptime` >> resultados
echo "Adiós" >> resultados
shutdown -h now
```

Para aplicar la carga simulando uso del Navegador Firefox se utiliza un script diferente que aplica la carga al servidor simulando desde 15 usuarios, hasta 20 usuarios, incrementando la carga en 1 usuario cada vez.

```
#!/bin/bash
#script pruebas
#uso: sh pruebas
sh memoria 15 3600
sh memoria 15 3600
sh memoria 16 3600
sh memoria 16 3600
sh memoria 17 3600
sh memoria 17 3600
sh memoria 18 3600
sh memoria 18 3600
sh memoria 19 3600
sh memoria 19 3600
sh memoria 20 3600
sh memoria 20 3600
echo `uptime` >> resultados
echo "Adiós" >> resultados
shutdown -h now
```

4.4.2.4 Resultados

Los resultados obtenidos en las pruebas de stress indican que existe un punto de quiebre diferente dependiendo del tipo de aplicación a la que los usuarios están accediendo; es decir, depende de la carga aplicada por cada usuario.

Para el presente proyecto, se considera como punto de quiebre al instante donde el servidor empieza a utilizar memoria Swap. Cuando se utiliza memoria Swap, el funcionamiento empieza a ser más lento y el tiempo de acceso a las aplicaciones se incrementa.

Accediendo al servidor desde una red local.

Primer caso: Inicio de sesión.

Número de Usuarios	Cantidad de Memoria RAM (MB)			Cantidad de Memoria SWAP (MB)		
	Toma 1	Toma 2	Promedio	Toma 1	Toma 2	Promedio
15	1695	1814	1755	0	0	0
20	1945	1969	1957	0	0	0
25	2556	1683	2120	0	0	0
30	2652	2705	2679	88	88	88
35	1496	2743	2120	200	190	195

Tabla 4-7: Resultados de Pruebas de Stress para Inicio de sesión desde una red local

Para este caso, se observa que el servidor empieza a utilizar la memoria SWAP a partir de los 30 usuarios, y se indica entonces que el servidor ha sido quebrado por la prueba de stress.

Los demás resultados no se muestran porque el objetivo de la prueba es solamente encontrar el número mínimo de usuarios con los que el servidor empieza a utilizar la memoria Swap.

Segundo caso: MS Word.

Número de Usuarios	Cantidad de Memoria RAM (MB)			Cantidad de Memoria SWAP (MB)		
	Toma 1	Toma 2	Promedio	Toma 1	Toma 2	Promedio
10	1770	1810	1790	0	0	0
15	2562	2426	2494	0	0	0
20	2187	2433	2310	63	107	85
25	1132	1321	1227	206	206	206

Tabla 4-8 Resultados de Pruebas de Stress para MS Word desde una red local

Para este caso, se observa que las aplicaciones empiezan a utilizar memoria SWAP a partir de los 20 usuarios.

Tercer caso: Mozilla Firefox.

Número de Usuarios	Cantidad de Memoria RAM (MB)			Cantidad de Memoria SWAP (MB)		
	Toma 1	Toma 2	Promedio	Toma 1	Toma 2	Promedio
15	3552	3552	3552	271	8166	4219
16	2439	2440	2440	207	7945	4076
17	2570	1160	1865	6586	167	3377
18	411	409	410	168	168	168
19	3299	1088	2194	6979	168	3574
20	283	1081	682	168	168	168

Tabla 4-9: Resultados de Pruebas de Stress para Firefox desde una red local

Para este caso, se puede ver que se empieza a utilizar la memoria SWAP a partir de los 15 usuarios; si bien ya se verificó esto en las pruebas de carga, que se utiliza memoria Swap desde los 10 usuarios, es importante analizar el comportamiento del sistema operativo respecto al manejo de memoria.

Accediendo al servidor desde internet, utilizando un cliente VNC.

Primer caso: Inicio de sesión.

Número de Usuarios	Cantidad de Memoria RAM (MB)			Cantidad de Memoria SWAP (MB)		
	Toma 1	Toma 2	Promedio	Toma 1	Toma 2	Promedio
15	2596	2578	2587	0	0	0
20	3156	3119	3138	160	191	176
25	1358	961	1160	195	207	201

Tabla 4-10: Resultados de Pruebas de Stress para Inicio de sesión desde un cliente VNC

Se observa que el servidor empieza a utilizar la memoria SWAP a partir de los 20 usuarios.

Segundo caso: MS Word.

Número de Usuarios	Cantidad de Memoria RAM (MB)			Cantidad de Memoria SWAP (MB)		
	Toma 1	Toma 2	Promedio	Toma 1	Toma 2	Promedio
15	2770	2854	2812	4	120	62
20	755	1088	922	204	199	202

Tabla 4-11: Resultados de Pruebas de Stress para MS Word desde un cliente VNC

Con MS Word, se observa que las aplicaciones empiezan a utilizar memoria SWAP a partir de los 15 usuarios.

Tercer caso: Mozilla Firefox.

Número de Usuarios	Cantidad de Memoria RAM (MB)			Cantidad de Memoria SWAP (MB)		
	Toma 1	Toma 2	Promedio	Toma 1	Toma 2	Promedio
10	3205	3319	3262	0	199	100
11	3129	3232	3181	199	225	212
12	3399	3434	3417	211	208	210
13	3286	3059	3173	208	211	210
14	3276	3361	3319	207	215	211
15	1191	3278	2235	212	215	214

Tabla 4-12: Resultados de Pruebas de Stress para Firefox desde un cliente VNC

Con Mozilla Firefox se empieza a utilizar la memoria SWAP a partir de los 10 usuarios.

4.4.2.5 Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas de stress se puede indicar que el dimensionamiento del servidor LTSP cumple con los requisitos indicados en el apartado 2.6, es decir, puede servir a 15 usuarios sin ver disminuido su rendimiento en gran medida.

Adicionalmente, para ciertos casos es posible que más de 15 usuarios puedan acceder al servidor, dependiendo del tipo de aplicaciones que se desee utilizar.

4.4.3 PRUEBAS DE USABILIDAD

Las pruebas de usabilidad buscan medir la respuesta emocional y la percepción del rendimiento del sistema ante los usuarios.

Estas pruebas se realizaron mediante una encuesta aplicada a un grupo de estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, que mostraron su opinión sobre el uso de un servidor LTSP.

4.4.3.1 Objetivo

El objetivo de las pruebas de usabilidad es determinar, bajo una carga real, qué tan fácil y agradable es trabajar con un terminal que accede al servidor LTSP.

4.4.3.2 Necesidades Ambientales

Para realizar las pruebas de usabilidad es necesario disponer de una red local con terminales que puedan acceder al servidor LTSP. Estas pruebas fueron realizadas en el Laboratorio de Redes 2, los computadores del laboratorio accedieron al servidor con un booteo utilizando la tarjeta de red y un grupo de 20 estudiantes utilizaron los terminales.

4.4.3.3 Aplicación de las pruebas

Para las pruebas de usabilidad se indicó a los estudiantes que accedan a los terminales como si fuesen PCs, que utilicen las aplicaciones del sistema operativo, algunas aplicaciones educativas, MS Word y que naveguen en internet con Firefox.

La prueba tuvo una duración de 20 minutos, luego de los cuales se realizó una encuesta a los estudiantes. Esta encuesta buscó cuantificar la experiencia de los usuarios en el servidor.

4.4.3.4 Resultados

Los resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes nos muestran que el servidor tiene una percepción de rendimiento aceptable.

Algunos estudiantes manifestaron cierta lentitud en el uso de las aplicaciones, especialmente en OpenOffice y Firefox, esto se puede atribuir a la velocidad de acceso al disco duro.

Los resultados completos de la encuesta, con su tabulación indicada por cada pregunta se encuentra en el Anexo D.

4.4.3.5 Conclusiones

Los resultados de la encuesta muestran que el servidor tiene un rendimiento aceptable. Se puede decir que un servidor LTSP de características mínimas, no ofrece una experiencia del usuario relativamente baja. Para mejorar la experiencia del usuario se recomienda incrementar las características del servidor.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La tecnología de servidor de terminales LTSP *Linux Terminal Server Project*, constituye una alternativa para incentivar el desarrollo de la teleeducación, la masificación del uso de las NTICs y la conservación del medio ambiente, ámbitos que forman parte importante de las actuales políticas de estado incluidas en la Agenda Nacional de Conectividad impulsada por el CONATEL y el Plan Decenal de Educación del Ministerio de Educación del Ecuador.
- La educación combinada, o *blended learning*, aprovecha las ventajas tanto de la modalidad presencial como de la virtual, permite realizar un seguimiento permanente a los estudiantes en las actividades académicas; los profesores pueden continuar con la aplicación de sus mejores prácticas tradicionales de enseñanza, utilizando las NTICs para apoyar la generación de aprendizaje colaborativo y promover la administración del tiempo de manera responsable, a la vez que promueven la investigación sin la necesidad de la presencia física del profesor.
- El dimensionamiento de un servidor, consiste en identificar los valores de sus especificaciones a partir de una lista de requisitos. Para dimensionar un servidor LTSP, la lista de requisitos debe basarse en el número de usuarios a quienes va a atender y el tipo de aplicaciones que debe ofrecer. Para el presente proyecto se dimensionó un servidor LTSP que debe atender a 30 usuarios, ofreciendo aplicaciones educativas de la suite KEducation, MS Office, Mozilla Firefox, Moodle y el software de administración FL_TEACHERTOOL; Para este servidor se requieren 8 GB para memoria RAM, 8 GB de memoria SWAP, un procesador de dos núcleos con una velocidad de 4,2 GHz, y un disco duro con una capacidad de 320 GB, como valores mínimos. También se considera como un cliente LTSP de prestaciones mínimas a un PC con 32MB en RAM, y una tarjeta madre con una BIOS que soporte booteo mediante interfaz de red.

- Después de realizar pruebas de carga simulando hasta 15 usuarios, pruebas de stress simulando hasta 60 usuarios, y pruebas de usabilidad con 20 usuarios reales, se determinó que el rendimiento del servidor con las características mínimas especificadas en este proyecto cumplía con los requerimientos establecidos; es decir, el servidor logró atender a los usuarios sin llegar a saturarse, manteniendo un nivel de percepción aceptable de parte de los usuarios.
- Se debe considerar que la capacidad del disco duro del servidor LTSP depende de manera directamente proporcional al número de usuarios a los que se va a atender y a la capacidad requerida por los datos de cada usuario; así, si un usuario necesita 2 GB en disco duro, para 30 usuarios (incluyendo al administrador) se deberá dimensionar la partición */home* en 60 GB.
- Una red LTSP está limitada para trabajar en redes locales; para posibilitar que los usuarios se conecten a través de internet se requiere configurar un servicio de acceso remoto como VNC y asignar una dirección IP pública al servidor.
- Una red con infraestructura LTSP es un entorno centralizado en el que se puede recuperar la información en caso de haber ocurrido algún problema con cualquiera de los terminales; para recuperar la información al estado inicial solamente se necesita iniciar sesión desde otro terminal.
- Trabajar en un entorno centralizado implica que cualquier problema producido en el servidor se refleja en una pérdida de información de todos los usuarios; por lo tanto, se considera al servidor como el punto más vulnerable de la infraestructura LTSP.
- Como se observa en la Figura 2.26, el uso total de memoria RAM en el servidor aumenta siguiendo una curva potencial a medida que se incrementa el número de usuarios y aplicaciones en ejecución, en tanto que la cantidad de memoria RAM asignada en el servidor a los procesos de cada usuario va disminuyendo; así por ejemplo en los casos analizados se determinó que para 10 usuarios se ocupan en el servidor 1848,51 MB de memoria RAM total y 146,95 por cada

uno, mientras que para 20 usuarios se ocupan 2955,36 MB en total y 128,82 MB por cada usuario.

- Cuando se toman mediciones de los recursos de cualquier sistema, este valor medido se ve afectado por la herramienta con la que se realiza la medición y, dependiendo de la misma, este valor puede afectarse en mayor o menor medida. Una de las aplicaciones que provoca menor afectación al valor medido de memoria RAM es el comando *free* del shell de Linux.
- Cuando se aumenta el número de aplicaciones a ejecutar por los clientes se incrementa la carga sobre el servidor, para liberar esta carga se pueden ejecutar localmente las aplicaciones en los terminales mediante la instalación de las mismas en la imagen de los clientes utilizando el comando *chroot*.
- En el servidor LTSP, si se requiere cambiar la dirección IP de la interfaz de red que da servicio a los clientes, es necesario también actualizar las claves SSH para el acceso con el comando *ltsp-update-sshkeys* y posteriormente actualizar las imágenes de los clientes con el comando *ltsp-update-image*.
- Para evitar ataques, filtraciones de seguridad y asegurar que el único tráfico que circule por la red sea el correspondiente al del servidor LTSP, en el presente proyecto se configuró al firewall del sistema *iptables* con una política DENEGAR POR DEFECTO, en la que solamente se permite el tráfico correspondiente a los protocolos utilizados por el servidor LTSP, y luego se niega el tráfico que no corresponde.
- Como se indica en el apartado 3.5 Análisis Comparativo, el costo total de una red LTSP resulta menor que el de una red tradicional; la reducción de costos se establece en un 48%, es decir, que el costo total de implementar y mantener una red LTSP durante 4 años, equivale al 52% del costo total de invertir en la implementación de una red tradicional. La diferencia de costos se debe a que se pueden utilizar terminales en lugar de CPUs, lo que reduce los gastos de implementación y mantenimiento.

- En un sistema operativo GNU/Linux, acceder a un entorno *chroot* implica detener el proceso actual, crear un nuevo proceso y llamar a un inicio de sesión, por lo que no es posible ejecutar scripts que contengan el comando de acceso a un entorno *chroot*.

5.2 RECOMENDACIONES

- En los escenarios educativos donde se requiere tener un usuario predeterminado para acceder desde cada terminal se recomienda modificar el archivo de configuración */var/lib/tftpboot/lts/i386/lts.conf*, con el fin de que se pueda tener un inicio de sesión sea automático y no sea necesario mostrar en los terminales una pantalla de login.
- WINE, el software que permite ejecutar aplicaciones Microsoft Windows en un sistema operativo GNU/Linux, requiere que cada usuario tenga archivos de configuración de WINE e instale las aplicaciones en su directorio; para evitar esta instalación se puede utilizar enlaces lógicos o soft links apuntando a los archivos de configuración de WINE y de cada aplicación del directorio del superusuario.
- Se recomienda configurar diferentes perfiles de acceso para los usuarios del servidor LTSP, con el fin de que los usuarios (estudiantes, profesores y administrador) solamente tengan acceso a su información, no puedan alterar los datos que pertenezcan a otro usuario, ni afecten el funcionamiento del servidor.
- Una red LTSP se puede implementar utilizando como clientes a terminales o a CPUs reutilizados, y considerando que los terminales tienen un consumo de energía menor al de un CPU, se recomienda el uso de terminales en ambientes donde el consumo de energía sea un factor decisivo, y la reutilización de hardware en ambientes donde el factor económico sea crítico.

- Para agilizar el arranque por red y cumplir con los tiempos de espera configurados en los clientes, se recomienda implementar la red en un solo segmento, desactivar el protocolo STP y fijar la velocidad de los puertos del switch de la red LTSP.
- Para comprobar el funcionamiento y la configuración de los clientes y descartar problemas en la instalación de los servicios LTSP, previamente a la implementación se recomienda trabajar en un ambiente virtual desde el servidor utilizando la herramienta *ltsp-vmclient*.
- Se recomienda utilizar el mismo tipo de arquitectura (32 o 64 bits) entre servidor y clientes para evitar problemas con la compatibilidad entre aplicaciones, como es el caso del software de administración FL_TEACHERTOOL de 64 bits, que no permite configurar en el entorno chroot a los componentes de 32 bits de la imagen del cliente.
- Se recomienda realizar pruebas de tiempos de respuesta del sistema operativo y de usabilidad para obtener datos que permitan realizar el dimensionamiento de la velocidad de acceso a disco duro, previo a la puesta a producción del servidor.
- En el presente proyecto, al realizar pruebas de usabilidad mediante una encuesta a un grupo de 20 usuarios reales se obtuvo una percepción de rendimiento de 2.3 sobre 5, lo que indica un valor bajo, ya que el nivel aceptado es de 3.5 sobre 5; para mejorar el nivel de percepción se recomienda cambiar el disco duro por otro de mayor velocidad de acceso.
- Para cumplir con el Plan de Actualización y Fortalecimiento Curricular de la Educación General Básica 2010 del Ministerio de Educación del Ecuador y ofrecer blended learning para Educación General Básica y Bachillerato utilizando un servidor LTSP, se recomienda instalar aplicaciones educativas como las de la suite KEducation, aplicaciones de Ofimática como MS Office, un LMS como Moodle, y un software de Administración para controlar los terminales de los estudiantes como FL_TEACHERTOOL.

- Se recomienda utilizar la tecnología LTSP para ambientes en los que se tenga un manejo centralizado de la información, uniformidad en el hardware y software a utilizar por los usuarios, y donde exista una subutilización de los recursos de los PCs; por ejemplo, dentro de la Escuela Politécnica Nacional, se recomienda implementar una red LTSP para las oficinas del área administrativa, los laboratorios de computación y los centros de cómputo de las asociaciones estudiantiles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Balneaves, Scott. (2008). Linux Terminal Server Project Administrator's Reference or, How I Learned to Quit Worrying and Live without a Hard Drive.
- [2] Ghanem, Wasel. (2009). Alargando la Vida del Hardware de Viejos Ordenadores en Su Biblioteca. Palestina.
- [3] Ojeda Ruiz, Hermes. (2009). Reciclando computadoras para uso educativo utilizando LTSP. México.
- [4] Castro Pérez, Ramón. Linux Terminal Server Project en la escuela. España.
- [5] Fellner, Alejandra. Gestión del Costo de Tecnología de la Información: Costo Total de Propiedad. Argentina
- [6] Rosen, Jordan. (2005). LTSP Benchmarking on a zSeries Mainframe and xSeries 335. Lille Corp.
- [7] Waddington, David. (2008). Data Integration: Total Cost of Ownership Really Matters. Tyson Consulting.
- [8] Kingston Technology. (2002). La Guía Completa de Memoria.
- [9] Jordan Pérez, Roger. (2009). Lentitud en el Sistema: Análisis del rendimiento en OpenSolaris. España.
- [10] McQuillan, James. (2002). Descarga e Instalación de LTSP, version 3.0.
- [11] Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT. (2008). Environmental Comparison of the Relevance of PC and Thin Client Desktop Equipment for the Climate. Alemania.
- [12] Ministerio de Educación del Ecuador. (2010). Actualización y Fortalecimiento de la Educación General Básica 2010. Ecuador.
- [13] Consejo Nacional de Educación, Ministerio de Educación del Ecuador. (2007). Plan Decenal de Educación del Ecuador 2006-2015. Ecuador

- [14] Pierdant, Eduardo. Modelo de costos de soluciones. Microsoft. Mexico.
- [15] Veras, Pedro. (2010). LTSP: Trabajando con PCs obsoletas | FORSOL.
<http://forsol.org.ar/2010/10/ltsp-trabajando-con-pcs-obsobletas/>
- [16] LTSP.org. (2009). Linux Terminal Server Project.
<http://www.ltsp.org/>
- [17] ACIERTE – EPN. (2010). Guía de Prácticas del Módulo I y II del Programa de Certificación Linux – LPI. Ecuador.
- [18] Michigan State University MSU. (2006). Mainframes – 50 years of computing at MSU.
http://computing.msu.edu/50years/images/mainframe_6500.jpg
- [19] SourceForge.net. (2010). SourceForge.net: Ltsp MueKow.
<http://sourceforge.net/apps/mediawiki/ltsp/index.php>
- [20] Fedorahosted. k12linux.
<https://fedorahosted.org/k12linux/>
- [21] Edubuntu Project. Edubuntu.
<http://edubuntu.org/>
- [22] LTSP – openSUSE
<http://en.opensuse.org/LTSP>
- [23] Skolelinux. Skolelinux community portal.
<http://www.slx.no/>
- [24] Trisquel GNU/Linux. Trisquel Edu.
<http://trisquel.info/es/node/1361>
- [25] Universidade Federal do Pará. O que é o BotoSET?
<http://www3.ufpa.br/set/index.php/botosetlinux/6-o-que-e-o-botaset>
- [26] EPN. Campus Virtual de la EPN. Educación Virtual.
http://virtualepn.edu.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=4

- [27] CONATEL. Agenda Nacional de Conectividad.
http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=38&Itemid=158
- [28] Ministerio de Educación. Plan Decenal de Educación.
http://www.educacion.gov.ec/_upload/PlanDecenaldeEducacion.pdf
- [29] University of Salford, Salford, Education Development Unit. Reflections on the Use of Blended Learning. Education in a Changing Environment conference proceedings.
http://www.ece.salford.ac.uk/proceedings/papers/ah_04.rtf
- [30] Educar.org. EDUCACIÓN VIRTUAL.
<http://www.educar.org/articulos/educacionvirtual.asp>
- [31] Altadill Izura, Pello Xabier IPTABLES (MANUAL PRÁCTICO).
<http://www.pello.info/filez/firewall/iptables.html>
- [32] Saffirio, Mario. (2006). Costo Total de Propiedad (TCO) y Administración del Ciclo de Vida (LCM)
<http://msaffirio.wordpress.com/2006/04/08/costo-total-de-propiedad-tco-y-administracion-del-ciclo-de-vida-lcm/>
- [33] Ministerio de Relaciones Laborales.(2010). Acuerdo Ministerial MRL-2010-22.
http://www.mintrab.gov.ec/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=150
- [34] Arkiletian, Robert. (2007). Documentación de FL TEACHERTOOL.
http://www3.telus.net/public/robark/Fl_TeacherTool/