

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**



TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

TEMA:

“IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO FEDERADO EDUROAM EN LOS
CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.”

AUTOR: CRISTIAN PAÚL ESPINEL RAMOS

DIRECTOR: ING. CARLOS VÁSQUEZ

IBARRA – ECUADOR
2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO

Cédula de identidad	1003235213
Apellidos y Nombres	Espinel Ramos Cristian Paúl
Dirección	Ibarra – Avenida 17 de julio 6-34
E-mail	cpesinelr@utn.edu.ec
Teléfono fijo	062-603 005
Teléfono móvil	0989807966

DATOS DE LA OBRA

Título	Implementación del Servicio Federado EDUROAM en los campus de la Universidad Técnica Del Norte
Autor	Espinel Ramos Cristian Paúl
Fecha	10 de Noviembre 2016
Programa	Pregrado
Título	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	MSc. Carlos Vásquez

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Espinel Ramos Cristian Paúl, con cédula de identidad Nro. 100323521-3, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de noviembre del 2016

EL AUTOR



.....
Cristian Paúl Espinel Ramos
100323521-3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Cristian Paúl Espinel Ramos, con cédula de identidad Nro. 100323521-3, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO FEDERADO EDUROAM EN LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.”** que ha sido desarrollado para optar por el Título de Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento de entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 10 días del mes de noviembre del 2016

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a circular blue outline. The signature is stylized and appears to read "Cristian Paúl Espinel Ramos".

.....
Cristian Paúl Espinel Ramos
100323521-3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CERTIFICACIÓN DEL ASCESOR

MSc. CARLOS VÁSQUEZ, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICA

Que, el presente Trabajo de Titulación “IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO FEDERADO EDUROAM EN LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE” ha sido desarrollado por el señor Espinel Ramos Cristian Paúl bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

.....
MSc. Carlos Vásquez
DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Universidad Acreditada resolución 002-CONEA-2010-129-DC
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

DIRECCION DE DESARROLLO TECNOLÓGICO E INFORMÁTICO

DIRECTOR DE LA DIRECCIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO E INFORMÁTICO

CERTIFICA

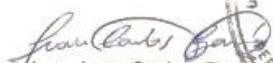
QUE: El señor Cristian Paúl Espinel Ramos portador de la cedula 1003235213, estudiante de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas – de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, ha desarrollado en la Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático, el Proyecto de Tesis **"IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO FEDERADO EDUROAM EN LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE "**

QUE: El proyecto se encuentra en ejecución en la universidad desde septiembre del 2016 y está entregado el informe respectivo al Ing. Vinicio Guerra – Analista de Redes 1 de la DDTI.

Es todo cuanto puedo certificar, facultando al interesado hacer uso de este certificado como estime conveniente, excepto para trámites judiciales.

Ibarra, 14 de diciembre del 2016

Atentamente
CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO


Ing. Juan Carlos García
DIRECTOR



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, Tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia internacionales.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, Él que siempre ha guiado mis pasos y me ha dado fuerzas para nunca rendirme, hoy culmino una etapa muy importante de mi vida.

A mi familia, quienes me brindan su apoyo incondicional y de manera especial a mis padres que con su ejemplo me impulsan a seguir siempre adelante.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, a los docentes quienes durante estos años de estudio supieron transmitir sus conocimientos, experiencias y valores.

Agradezco al Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informático de la Universidad Técnica del Norte, por brindarme la apertura y facilidades necesarias para desarrollar mi trabajo de grado.

A la Rama Estudiantil IEEE-UTN, mi segunda familia dentro de la Universidad quienes siempre con una palabra de ánimo me motivaron a seguir adelante.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

A mi hermana Gabby, por ser mi fuente de motivación y apoyo en los momentos más difíciles.

A mi madre Ruby Ramos, por su dedicación al trabajo, perseverancia, humildad y valor, es mi ejemplo a seguir.

A mi padre Edwin Espinel, gracias por sus consejos, su apoyo incondicional y sus palabras de calma y aliento.

A toda mi familia, quienes creyeron en Mí y nunca dejaron de motivarme.

Paúl

Resumen

Actualmente las redes inalámbricas brindan un servicio de movilidad a los usuarios, sin embargo, muchas de ellas al ser particulares aseguran su acceso mediante contraseñas lo que dificulta que esta movilidad sea continua.

Con el problema identificado, se plantea el estudio previo a la implementación del servicio, realizado un levantamiento de información, todo en cuanto se refiere a la conexión simultánea de los usuarios de la institución, la cobertura y compatibilidad de los equipos.

Luego de analizar la información recolectada se define, en base al estándar ISO/IEC/IEEE 29148, que el sistema operativo adecuado para la implementación será Debian en su versión 6.07 debido a su compatibilidad con el Wireless LAN Controller de la Universidad Técnica del Norte. Una vez identificado el sistema operativo se inicia con la configuración e instalación de los servicios requeridos para el montaje del servidor, FreeRadius, LDAP y phpLDAPadmin serán las aplicaciones con las que se realizará el monitoreo, administración y organización de los usuarios de la institución.

Con el servicio en funcionamiento se realizan pruebas conectividad y movilidad, un usuario previamente registrado en la base de datos se conecta exitosamente dentro del campus de la Universidad Técnica del Norte, además, para garantizar la federación, el mismo usuario se conecta dentro de los campus de la Universidad Técnica Particular de Loja. Con esto se demuestra el correcto funcionamiento del servidor institucional y la federación con el servidor nacional.

Tras la "IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO FEDERADO EDUROAM EN LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE" se podrá garantizar una conexión móvil, rápida, segura y continua tanto para usuarios locales como para aquellos de instituciones pertenecientes a la federación, todo esto con las mismas credenciales que su Institución de origen le facilitará.

Abstract

Currently wireless networks provide a mobility service to users, however, many of them being private ensure their access through passwords which makes it difficult for this mobility to be continuous.

With the problem identified, the study is presented prior to the implementation of the service, carried out a survey of information, all as it relates to the simultaneous connection of users of the institution, coverage and compatibility of equipment.

Based on the ISO / IEC / IEEE 29148 standard, it is determined that the appropriate operating system for the implementation will be Debian in version 6.07 due to its compatibility with the Wireless LAN Controller of the Universidad Técnica del Norte. Once identified the operating system starts with the configuration and installation of the services required for the assembly of the server, FreeRadius, LDAP and phpLDAPadmin will be the applications with which the monitoring, administration and organization of the users of the institution will be carried out.

With the service running connectivity and mobility tests are performed, a user previously registered in the database is successfully connected within the campus of the Universidad Técnica del Norte, in addition, to ensure federation, the same user connects within the campus of the Universidad Técnica Particular de Loja. This demonstrates the correct functioning of the institutional server and the federation with the national server.

Following the” IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO FEDERADO EDUROAM EN LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”, a mobile, fast, secure and continuous connection can be guaranteed both for local users and for institutions belonging to the federation, all with the same credentials which your home institution will provide.

Tabla de Contenido

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iv
CERTIFICACIÓN DEL ASCESOR.....	v
AGRADECIMIENTOS	vii
DEDICATORIA	viii
Resumen.....	ix
Abstract	xi
Tabla de Contenido	xiii
Índice de Figuras	xvii
Índice de Tablas	xxi
Capítulo I.....	1
Antecedentes	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Problema	1
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Alcance.....	4
1.5. Justificación.....	6
Capítulo II	7
Estudio de EDUROAM.....	7
2.1. EDUROAM.....	7
2.1.1. Qué es EDUROAM.....	7
2.1.2. Historia de EDUROAM	7
2.1.3. Características de EDUROAM	7
2.1.4. Organismos Reguladores	8
2.1.5. EDUROAM en el Ecuador.....	8
2.2. Redes Inalámbricas	10
2.2.1. Historia de las Redes Inalámbricas.	10
2.2.2. Definición de Red Inalámbrica	11
2.2.3. Funcionamiento de una Red Inalámbrica.....	11

2.2.4.	Wireless Local Area Network (WLAN).	11
2.2.5.	Gestión de Usuarios.	12
2.2.6.	IEEE 802.11.	12
2.2.7.	Access Point	15
2.3.	Servidor FreeRadius	16
2.3.1.	Servidor de Autenticación Autorización y Auditoria (AAA).	17
2.3.2.	Servidor Radius Institucional.	18
2.3.3.	Servidor Radius Top Level Nacional.	18
2.3.4.	Servidor Radius Top Level Regional.	18
2.4.	Protocolo 802.1X	19
2.4.1.	Concepto.	19
2.4.2.	Arquitectura IEEE 802.1X.	19
2.4.3.	Trama 802.1X	20
2.4.4.	Protocolo de Autenticación EAP.	21
2.4.5.	IEEE 802.1X en EDUROAM.	22
2.5.	Base de Datos LDAP.	23
2.6.	Certificado Digital.	24
2.7.	Plataforma GNU/LINUX	25
2.7.1.	Debian	25
2.7.2.	CentOS	26
2.7.3.	Estándar de Análisis de Requerimientos para Desarrollo de Software ISO/IEC/IEEE 29148.	26
Capítulo III		31
Situación Actual de la Red de la Universidad Técnica del Norte e Integración e Implementación de EDUROAM.		31
3.1.	Situación actual de la Red de la Universidad Técnica del Norte.	31
3.1.1.	Infraestructura Actual de la Institución.	31
3.1.2.	Topología Física de la Red de la Universidad Técnica del Norte.	32
3.1.3.	Ubicación de los Access Point.	35
3.1.4.	Adición de Access Point al Wireless LAN Controller.	42
3.1.5.	Requerimientos de la Red Inalámbrica.	44
3.1.6.	Cobertura de la Red Inalámbrica.	53
3.1.7.	Justificación de la Selección del Software para la Implementación del Servidor FreeRadius.	53
3.1.8.	Requerimientos de Hardware Y Software.	55

3.2. Implementación y Configuración del Servidor FreeRadius en el Software Debian 6.0.7	56
3.2.1. Red	56
3.2.2. Repositorios.....	56
3.2.3. FreeRadius.....	57
3.3. Configuración de la Base De Datos LDAP.....	57
3.3.1. Actualización del Sistema Operativo	57
3.3.2. Instalación de Paquetes	57
3.3.3. Configuración de contraseña e Instalación	58
3.3.4. Configuración de Asistente SLAPD.	58
3.3.5. Nombre del Dominio DNS.....	58
3.3.6. Nombre de la Organización.	58
3.3.7. Configuración de contraseña.....	59
3.3.8. Selección del motor de Base de Datos.	59
3.3.9. Purgue del paquete SLAPD.	59
3.3.10. Eliminación de la Base de Datos antigua.	59
3.3.11. Actualización del protocolo LDAP.	59
3.4. Schema	59
3.4.1. Copiar openldap.schema.	59
3.4.2. Creación de un archivo temporal.	60
3.4.3. Creación de un directorio temporal.....	60
3.4.4. Conversión al formato LDIF.	60
3.4.5. Modificaciones al fichero LDIF.....	61
3.4.6. Añadir esquema al Directorio LDAP.....	62
3.4.7. Verificación.....	62
3.5. Integración del Certificado Digital.....	63
3.5.1. Certificado Digital.....	63
3.5.2. Formato	63
3.5.3. Integración del Certificado Digital al Servidor.....	63
3.6. Unificación del Servidor Free Radius y Base De Datos LDAP.....	63
3.6.1. Configuración módulo LDAP.	63
3.6.2. Configuración LDAP en FreeRadius.	64
3.6.3. Interfaz de Administración Phpldapadmin.....	65
3.7. Unificación del Servidor con el WLC.....	68
3.7.1. Configuración Fichero.	68

3.7.2.	Configuración de dirección IP y contraseña.....	68
3.7.3.	Configuración d método de autenticación.....	69
3.7.4.	Configuración de servicio AAA.....	70
Capítulo IV.....		73
Pruebas y Resultados.....		73
4.1.	Prueba de Conexión con Servidores	73
4.1.1.	Prueba de Conexión con Servidor UTN.....	73
4.1.2.	Prueba de Conexión con Servidor CEDIA.....	74
4.1.3.	Prueba de Conexión con Servidor Regional	76
4.2.	Conectividad de Usuarios	77
4.2.1.	Conectividad Local	77
4.2.2.	Conectividad EXTERNA.....	79
Capítulo V.....		81
Conclusiones y Recomendaciones.....		81
5.1.	Conclusiones	81
5.2.	Recomendaciones.....	83
Glosario de Términos.....		85
Referencias Bibliográficas		90
ANEXO A.....		92
ANEXO B.....		115
ANEXO C.....		134

Índice de Figuras

FIGURA 1. ARQUITECTURA PROTOCOLO IEEE802.1X (ANDREU, PELLEJERO, & LESTA, 2006, PÁG. 64).	20
FIGURA 2.- ARQUITECTURA 802.1X POR CAPAS.....	20
FIGURA 3. SOLICITUD DE CONEXIÓN MEDIANTE EAP CON SERVIDOR RADIUS (ANDREU, PELLEJERO, & LESTA, 2006, PÁG. 67).....	21
FIGURA 4.- ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE LA BASE DE DATOS LDAP UTN.....	24
FIGURA 5.- DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE DEPENDENCIAS Y FACULTADES DENTRO DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.	32
FIGURA 6.- TOPOLOGÍA FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.	33
FIGURA 7. REPOSITARIOS PARA EL SISTEMA OPERATIVO.....	56
FIGURA 8. INSTALACIÓN DE LOS PAQUETES PERTENECIENTES A FREERADIUS Y LDAP.	57
FIGURA 9. COMANDOS DE ACTUALIZACIÓN EN DEBIAN.....	57
FIGURA 10. INSTALACIÓN DE PAQUETES NECESARIOS PARA BASE DE DATOS LDAP.	57
FIGURA 11. EJECUCIÓN DEL ASISTENTE PARA CONFIGURAR LDAP.....	58
FIGURA 12. INTEGRACIÓN DE SCHEMA EN EL SERVIDOR OPENLDAP.....	60
FIGURA 13. ARCHIVO TEMPORAL NECESARIO PARA DEFINIR SCHEMA.	60
FIGURA 14. CREACIÓN DE UN DIRECTORIO TEMPORAL.....	60
FIGURA 15. CREACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE FICHEROS LDIF.	60
FIGURA 16. CONFIGURACIÓN ORIGINAL DEL FICHERO	61
FIGURA 17. NUEVA CONFIGURACIÓN DEL FICHERO.	61
FIGURA 18. LÍNEAS FINALES DEL FICHERO QUE DEBEN SER ELIMINADAS.....	61
FIGURA 19. ADICIÓN DE SCHEMA AL DIRECTORIO LDAP.....	62
FIGURA 20. PRIMERA VERIFICACIÓN DEL DIRECTORIO.....	62
FIGURA 21. SEGUNDA VERIFICACIÓN DEL DIRECTORIO.....	62
FIGURA 22. DESCARGA DE CERTIFICADOS DESDE LA NUBE HACIA EL SERVIDOR USANDO WGET.....	63
FIGURA 23. CONFIGURACIÓN DEL FICHERO LDAP EN FREERADIUS.....	64
FIGURA 24. FICHERO DEFAULT DE FREERADIUS.....	64
FIGURA 25. FICHERO INNER-TUNNEL DE FREERADIUS.....	65
FIGURA 26. LÍNEAS EDITADAS PARA ESTABLECER LA CONEXIÓN.	66
FIGURA 27. FORMATO DE CREACIÓN DE UNIDADES ORGANIZATIVAS	66
FIGURA 28. FORMATO DE CREACIÓN DE GRUPO POR FACULTAD.....	67
FIGURA 29. FORMATO DE CREACIÓN DE GRUPOS POR CARRERA.....	67
FIGURA 30. FORMATO DE CREACIÓN DE USUARIO PARA LA BASE DE DATOS.....	68
FIGURA 31. CONFIGURACIÓN DEL WLC EN LOS FICHEROS DEL SERVIDOR.....	68
FIGURA 32. PRIMER PASO CONFIGURACIÓN WLC.....	69
FIGURA 33. INTEGRACIÓN DE WLC CON FREERADIUS.....	69
FIGURA 34. CONFIGURACIÓN DE SEGURIDAD PARA EDUROAM EN EL WLC.....	70
FIGURA 35. CONFIGURACIÓN DE SERVIDOR AAA EN EL WLC.....	70
FIGURA 36. PRUEBA RADTEST CON USUARIO LOCAL.....	73
FIGURA 37.- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE CONEXIÓN DE UN USUARIO LOCAL.....	74
FIGURA 38.- ESTADO DE CONEXIÓN EXITOSA DE USUARIO UTN EN LA UTPL, MODO DEBUG DE FREERADIUS UTN.	75
FIGURA 39.- ESTADO DE CONEXIÓN EXITOSO DE UN USUARIO UTPL EN LA UTN, MODO DEBUG DE FREERADIUS UTN.	75
FIGURA 40. PRUEBA RADTEST CON USUARIO INTERNACIONAL.....	76
FIGURA 41. IDENTIFICACIÓN DE LA RED EDUROAM.....	77
FIGURA 42. INGRESO DE CREDENCIALES Y CONFIGURACIÓN DE MÉTODO DE AUTENTICACIÓN.....	77
FIGURA 43. CONEXIÓN DEL SERVICIO.	78
FIGURA 44. NAVEGACIÓN CON EL SERVICIO EDUROAM.....	78
FIGURA 45.- CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS EN ANDROID DE UN USUARIO UTN EN UTPL	79

FIGURA 46.- CONEXIÓN EXITOSA AL SERVICIO EDUROAM DENTRO DE LA UTPL.....	79
FIGURA 47.- ESCALA DE COLOR REPRESENTATIVA DE COBERTURA PARA LOS MAPAS.	93

ANEXO A

FIGURA 48.-COBERTURA DE SEÑAL PLANTA BAJA, FACAE.	93
FIGURA 49.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 1, FACAE.	94
FIGURA 50.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 2, FACAE.	94
FIGURA 51.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 3, FACAE.	95
FIGURA 52.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA BAJA, FECYT.....	96
FIGURA 53.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 1, FECYT.	96
FIGURA 54.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 2, FECYT.	97
FIGURA 55.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 3, FECYT.	97
FIGURA 56.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA BAJA, FICAYA.	98
FIGURA 57.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 1, FICAYA.	98
FIGURA 58.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 2, FICAYA.	99
FIGURA 59.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 3, FICAYA.	99
FIGURA 60.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA BAJA, FCCSS.	100
FIGURA 61.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 1, FCCSS.	100
FIGURA 62.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 2, FCCSS.	101
FIGURA 63.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 3, FCCSS.	101
FIGURA 64.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 4, FCCSS.	101
FIGURA 65.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA BAJA, CAI.	102
FIGURA 66.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 1, CAI.	102
FIGURA 67.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 2, CAI.	103
FIGURA 68.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 3, CAI.	103
FIGURA 69.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 4, CAI.	103
FIGURA 70.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA BAJA Y AUDITORIOS POSTGRADO.....	104
FIGURA 71.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 1, POSTGRADO.....	104
FIGURA 72.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 1, POSTGRADO.....	105
FIGURA 73.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA BAJA, BIENESTAR UNIVERSITARIO.	106
FIGURA 74.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 1, BIENESTAR UNIVERSITARIO.	106
FIGURA 75.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 2, BIENESTAR UNIVERSITARIO.	107
FIGURA 76.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 3, BIENESTAR UNIVERSITARIO.	107
FIGURA 77.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA BAJA, PLANTA CENTRAL.....	108
FIGURA 78.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 1, PLANTA CENTRAL.....	108
FIGURA 79.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 2, PLANTA CENTRAL.....	109
FIGURA 80.- COBERTURA DE LA SEÑAL PLANTA ALTA 3, PLANTA CENTRAL.....	109
FIGURA 81.- COBERTURA DE SEÑAL AUDITORIO AGUSTIN CUEVA.....	110
FIGURA 82.- COBERTURA DE SEÑAL DENTRO DEL COMPLEJO ACUÁTICO.	111
FIGURA 83.- COBERTURA DE SEÑAL DENTRO DE LA CANCHA DEL POLIDEPORTIVO.	112
FIGURA 84.- COBERTURA DE SEÑAL EN AULA DE DANZA Y OFICINAS DEL SNNA, POLIDEPORTIVO.	112
FIGURA 85.- COBERTURA DE SEÑAL PLANTA BAJA, POLIDEPORTIVO.....	113
FIGURA 86.- COBERTURA DE SEÑAL OFICINAS ADMINISTRATIVAS, POLIDEPORTIVO.	113
FIGURA 87.- COBERTURA SEÑAL INTERIOR GIMNASIO.	114

ANEXO B

FIGURA 88.- FICHERO DE CONFIGURACIÓN DE INTERFACES DE RED.....	115
FIGURA 89.- REPOSITORIOS DEBIAN.	115
FIGURA 90.- FICHERO EJECUTABLE CON IP TABLES PARA LA SEGURIDAD DEL SERVIDOR.	116
FIGURA 91.- EJECUCIÓN DEL COMANDO APT-GET UPDATE.	117
FIGURA 92.- ACTUALIZACIÓN DE FICHEROS Y PAQUETES.....	118
FIGURA 93.- PROCESO DE INSTALACIÓN DE LOS PAQUETES.....	119
FIGURA 94.- CONFIGURACIÓN DE CONTRASEÑA MYSQL.	119
FIGURA 95.- INICIO DEL PROCESO DE INSTALACIÓN DE PAQUETES.	120
FIGURA 96.- INGRESO DE CONTRASEÑA DE ADMINISTRADOR LDAP.	120
FIGURA 97.- CONFIRMACIÓN DE CONTRASEÑA DE ADMINISTRADOR LDAP.	120
FIGURA 98.- PROCESO DE INSTALACIÓN DE PAQUETES.	121
FIGURA 99.- FINALIZACIÓN DEL PROCESO DE INSTALACIÓN DE PAQUETES.	121
FIGURA 100.- OMISIÓN DE CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR LDAP.	121
FIGURA 101.- INGRESO DEL DOMINIO DE LA INSTITUCIÓN.....	122
FIGURA 102.- INGRESO DEL NOMBRE DE ORGANIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN PARA LA BASE DE DATOS.	122
FIGURA 103.- CONTRASEÑA DE ADMINISTRADOR DE DIRECTORIO LDAP.	123
FIGURA 104.- CONFIRMACIÓN DE CONTRASEÑA DE ADMINISTRADOR DE DIRECTORIO LDAP.	123
FIGURA 105. SELECCIÓN DE HBD COMO MOTOR DE LA BASE DE DATOS.	123
FIGURA 106.- OMISIÓN DE LA ELIMINACIÓN DE LA BASE DE DATOS AL PURGAR SLAPD.	124
FIGURA 107.- CREACIÓN DE UNA NUEVA BASE DE DATOS.	124
FIGURA 108.- DESCARTE DE LA VERSIÓN 2 DEL PROTOCOLO LDAP.....	125
FIGURA 109.- CONFIGURACIÓN FINALIZADA.	125
FIGURA 110.- LÍNEA DE COMANDO QUE PERMITE COPIAR SCHEMA A OTRO DIRECTORIO.	125
FIGURA 111.- COMANDO DE CREACIÓN DE UN ARCHIVO TEMPORAL.....	126
FIGURA 112.- LÍNEAS DE COMANDO DENTRO DEL ARCHIVO TEMPORAL CREADO.	126
FIGURA 113.- LÍNEA DE COMANDO PARA CREAR ESTRUCTURA LDIF.	126
FIGURA 114.- LÍNEAS DE COMANDO IDENTIFICADAS.	127
FIGURA 115.- CAMBIO DE LÍNEAS DE COMANDO.....	127
FIGURA 116.- LÍNEAS DE COMANDO IDENTIFICADAS PARA ELIMINAR.....	127
FIGURA 117.- ADICIÓN DE SCHEMA AL DIRECTORIO LDAP.	128
FIGURA 118.- PRIMERA COMPROBACIÓN DEL SCHEMA AGREGADO.....	128
FIGURA 119.- SEGUNDA COMPROBACIÓN DE A ADICIÓN DE SCHEMA.....	129
FIGURA 120.- CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA INTEGRACIÓN DE LDAP CON FREERADIUS.	129
FIGURA 121. COMANDO PARA REINICIAR EL SERVICIO SLAPD.	131
FIGURA 122.- EDICIÓN DE LÍNEAS DE COMANDO PARA ESTABLECER CONEXIÓN ENTRE LDAP Y PHPLDAPADMIN.....	131
FIGURA 123. FICHERO DE CONFIGURACIÓN DE SERVIDORES PARA GARANTIZAR LA FEDERACIÓN..	132
FIGURA 124.- EDICIÓN DEL FICHERO.....	132
FIGURA 125.- PRUEBA CON USUARIO LOCAL UTILIZANDO EL COMANDO RADTEST.	133
FIGURA 126.- RESULTADO EXITOSO DE LA PRUEBA CON EL COMANDO RADTEST.	133

ANEXO C

FIGURA 127.- BOTÓN DE DESCARGA DE INSTALADOR.....	134
FIGURA 128.- ARCHIVO EJECUTABLE.	134
FIGURA 129.- PROCESO DE INSTALACIÓN DEL CERTIFICADO.	135
FIGURA 130.- REINICIO DEL SISTEMA PARA VALIDAR CAMBIOS.	135
FIGURA 131.- MENÚ DE SELECCIÓN DE REDES Y RECURSOS COMPARTIDOS.	135
FIGURA 132.- SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE RED.	136
FIGURA 133.- SELECCIÓN DE MODO DE CONEXIÓN PARA LA CONFIGURACIÓN.	136

FIGURA 134.- PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN MANUAL DE RED.	137
FIGURA 135.- CONFIGURACIÓN DE LA CONEXIÓN.	137
FIGURA 136.- VENTANA DE PROPIEDADES DE CONFIGURACIÓN.	138
FIGURA 137.- SELECCIÓN DEL MÉTODO DE AUTENTICACIÓN.....	139
FIGURA 138.- CONFIGURACIÓN DE SEGURIDAD.	139
FIGURA 139.- CONFIGURACIÓN DE PESTAÑA AUTENTICACIÓN.	140
FIGURA 140.- CONFIGURACIÓN DE LA CUENTA DE USUARIO.	141
FIGURA 141.- CONEXIÓN A LA RED EDUROAM.	141
FIGURA 142.- CONEXIÓN EXITOSA A EDUROAM.	142
FIGURA 143.- NAVEGACIÓN BAJO LA CONEXIÓN DE LA RED EDUROAM.	142

Índice de Tablas

TABLA 1.- ESTÁNDARES IEEE 802.11 (CCM, 2015).	13
TABLA 17. UBICACIÓN EQUIPOS WIRELESS EN LAS DEPENDENCIAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.	36
TABLA 2. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN LA FACAE.	45
TABLA 3. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN LA FECYT.	46
TABLA 4. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN LA FICAYA.	46
TABLA 5. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN LA FCCSS.	47
TABLA 6. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN EL CAI.	47
TABLA 7. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN POSTGRADOS.	48
TABLA 8. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN BIENESTAR.	48
TABLA 9. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN PLANTA CENTRAL.	49
TABLA 10. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN AUDITORIO AGUSTIN CUEVA.	49
TABLA 11. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN PISCINA.	50
TABLA 12. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN POLIDEPORTIVO.	50
TABLA 13. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN BIBLIOTECA.	51
TABLA 14. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN ELECTRICIDAD.	51
TABLA 15. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN GIMNASIO.	51
TABLA 16. MUESTRA DE USUARIOS CONECTADOS EN EQUIPOS UBICADOS EN EXTERIORES.	52
TABLA 18.- CALIFICACIÓN DE PARÁMETROS PARA SELECCIÓN DE SOFTWARE (IEEE, 2011).	54

Capítulo I

Antecedentes

1.1. Tema

IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO FEDERADO EDUROAM EN LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

1.2. Problema

La Universidad Técnica del Norte es una institución educativa de prestigio nacional e internacional, que recibe en sus instalaciones a estudiantes, docentes e investigadores de otras instituciones afines que requieren el acceso rápido y seguro a internet

EDUROAM es el servicio mundial de movilidad segura desarrollado para la comunidad académica y de investigación. Este servicio les permite a los estudiantes, investigadores y personal de las instituciones participantes, conectividad a Internet a través de su propio campus y cuando visitan a otras instituciones participantes (CEDIA, 2015).

Siendo la Universidad Técnica del Norte parte de la red federada mundial EDUROAM por medio CEDIA, aún no se aprovecha todos los recursos que brinda este servicio, limitando así a los usuarios a solicitar contraseñas para acceder a las diferentes redes inalámbricas dentro de los previos del campus universitario causando contratiempos y retrasos en sus fines investigativos y educativos.

Estos contratiempos no solo causan molestias a los usuarios de la red, sino también a los administradores de la misma que al tener que garantizar el servicio y la movilidad se ven obligados a crear redes temporales y a difundir las contraseñas

entre los interesados, lo que genera pérdida de tiempo además de una conexión limitada y desperdicio de recursos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Implementar el servicio federado EDUROAM en todos los campus de la Universidad Técnica del Norte garantizando la conexión de equipos inalámbricos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Definir los conceptos que describen en detalle cada parte que conforma EDUROAM.
- Recopilar información de la situación actual de la red inalámbrica de la Universidad Técnica del Norte apoyado en el Wireless LAN Controller (WLC) que administra los Access Point de toda la institución.
- Definir la plataforma de software libre a utilizarse en base a las características y requerimientos del servicio Free RADIUS y la base de datos LDAP.
- Configurar el servidor Free RADIUS bajo una plataforma de software libre GNU Linux, previamente definida, junto con la base de datos LDAP.
- Realizar pruebas de conexión internas con el servidor federado de la UTN y pruebas de conexión externas con el servidor federado nacional (CEDIA).

1.4. Alcance

El presente proyecto tiene como finalidad implementar el servicio federado EDUROAM para beneficio de estudiantes, docentes e investigadores de la institución.

Para comenzar se detallarán los conceptos de EDUROAM, desde su historia y motivos de creación hasta definir cada parte que compone la red federada y su importancia.

A continuación, se realizará un escaneo del uso de la red inalámbrica actual dentro del campus de la Universidad Técnica del Norte en determinadas horas consideradas las de mayor tráfico, para esto será utilizando el Wireless LAN Controller, equipo administrador de la red inalámbrica (CISCO, 2014).

Se verificará de acuerdo a los requerimientos del servicio, y basado en el estándar ISO/IEC/IEEE 29148 de comparación de software, la plataforma que será utilizada para la instalación del servidor RADIUS que posteriormente gestionará la autenticación de los usuarios de la red federada.

Una vez recopilada la información y realizada la comparación entre 3 sistemas operativos para decidir la plataforma de software libre, EDUROAM será implementado en el campus de la Universidad técnica del Norte realizando el montaje del servidor Free RADIUS y la base de datos LDAP para la autenticación de los usuarios por medio de los Access Points, además integrando todos los Access Points actualmente autónomos para ser administrados por el Wireless LAN Controller de la Institución y garantizar la conexión inalámbrica entre los campus.

Se realizarán pruebas de conexión en un inicio local con el servidor federado de la UTN entre el campus principal y el antiguo hospital San Vicente de Paúl, y por ultimo las pruebas externas con el servidor federado nacional a fin de demostrar la conectividad que nos permite EDUROAM, para estas pruebas se realizarán peticiones de usuarios a las demás instituciones pertenecientes al convenio de la red CEDIA.

Se crearán dos manuales, el primero de administrador detallando la instalación y configuración del servidor Free RADIUS y de la base de datos LDAP y el segundo de usuario con las guías adecuadas de configuración personal de la red EDUROAM en los equipos inalámbricos.

Para las pruebas de soporte en cada plataforma de dispositivos inalámbricos (laptops, tablets, celulares) se solicitarán o bien generarán los certificados electrónicos, los cuales nos permitirán crear los instaladores por medio de la página de EDUROAM

Esta implementación permitirá el acceso a cualquier usuario interno o de las diferentes instituciones pertenecientes a la red federada EDUROAM de CEDIA dentro de los campus de la Institución siempre y cuando cuente con su respectivo ID y contraseña.

1.5. Justificación

Conectividad y movilidad, es el objetivo principal de EDUROAM, logrando un espacio único para cada usuario que con tan solo sus credenciales (ID y password) se le permitirá el acceso a cualquier dependencia dentro de una institución e incluso a una institución externa perteneciente a la misma federación.

EDUROAM es, por lo tanto, una infraestructura basada en Free RADIUS que utiliza como tecnología de seguridad 802.1X para permitir la movilidad entre las distintas instituciones que la forman (Rinuex, 2015).

Dicho lo anterior, se pretende brindar un servicio de conexión móvil y seguro para los estudiantes, docentes e investigadores de la Universidad Técnica del Norte lo que evitará la constante configuración de los equipos cada vez que se conecten a una distinta red inalámbrica y agilizará el proceso educativo e investigativo de los usuarios.

Capítulo II

Estudio de EDUROAM

En este capítulo se define EDUROAM en claros conceptos puntualizando en su historia, los organismos reguladores, los elementos que la conforman y su modo de funcionamiento.

2.1. EDUROAM

2.1.1. Qué es EDUROAM

EDUROAM es un servicio de movilidad segura que se ha desarrollado principalmente para beneficiar a la comunidad académica y de investigación. Permite conectividad a internet a los estudiantes, investigadores y personal administrativo de diferentes instituciones también participantes dentro de la federación (UTPL, s.f.).

2.1.2. Historia de EDUROAM

Task Force on Mobility de TERENA da inicio a EDUROAM en el 2003 haciendo uso de una red experimental con la cual se demostró la factibilidad de un servicio basado en RADIUS con tecnología IEEE802.1X. La prueba inicial estuvo a cargo de cinco instituciones ubicadas en Holanda, Finlandia, Portugal, Croacia y Reino Unido.

Más adelante otras instituciones adoptarían la idea y se unirían a la infraestructura formando así la confederación EDUROAM.

2.1.3. Características de EDUROAM

EDUROAM ofrece un servicio multiplataforma, lo que quiere decir que funciona sobre diferentes sistemas operativos tales como:

- Windows.
- Linux.
- iOS.
- Android.

Para poder acceder a este servicio el usuario inalámbrico debe contar con un dispositivo capaz de soportar estándares IEEE 802.11a, b, g ó n, además de soportar autenticación WPA.

2.1.4. Organismos Reguladores

En un inicio, EDUROAM se formó alrededor de la región europea, pero con el paso del tiempo muchos países de las regiones de América y Asia-Pacífico han adoptado la infraestructura pasando a formar parte de la confederación.

En América, RedCLARA es la organización creada el 23 de diciembre del 2003 que se encarga de regular EDUROAM y definir las políticas y líneas de acción a ser implementadas.

Desde agosto del 2013 GeGC reconoce al Consorcio Ecuatoriano para el Desarrollo del Internet Avanzado “CEDIA” como operador roaming de EDUROAM en el Ecuador, permitiendo que el servicio se extienda a las Universidades, Instituciones y Centros de investigación de todo el país a través de *eduroam.ec* operado por CEDIA (CEDIA, 2015).

2.1.5. EDUROAM en el Ecuador

En Ecuador, EDUROAM es regulado por RED CEDIA, entidad que homologa los servicios con todas las instituciones participantes de la federación, a continuación, se enlista todas las instituciones asociadas:

- RED CEDIA
- Escuela Politécnica Nacional
- Instituto Tecnológico Superior José Chiriboga Grijalva
- Instituto Geofísico - Escuela Politécnica Nacional
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Ibarra
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Santo Domingo
- Universidad Central del Ecuador
- Universidad de Cuenca
- Universidad del Azuay
- Universidad Nacional de Educación
- Universidad Técnica de Ambato
- Universidad San Gregorio de Portoviejo
- Universidad Técnica de Babahoyo
- Universidad Técnica Particular de Loja
- Universidad Nacional de Loja
- Escuela Politécnica del Litoral
- FIEC - Escuela Politécnica del Litoral
- Universidad Técnica del Norte

- Universidad de las Fuerzas Armadas
- Universidad Estatal Amazónica
- Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
- Universidad Autónoma de los Andes
- Instituto Oceanográfico de la Armada
- Universidad Politécnica Salesiana
- Universidad Técnica de Machala
- Universidad Internacional del Ecuador
- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
- Universidad Técnica Equinoccial

Como se observa en la lista anterior, la Universidad Técnica del Norte forma parte de las Instituciones pertenecientes a la federación EDUROAM, por lo tanto, la implementación del presente proyecto permitirá conectividad del usuario en cualquiera de los campus arriba mencionados.

2.2. Redes Inalámbricas

2.2.1. Historia de las Redes Inalámbricas.

En 1971, en la Universidad de Hawuain, fue extendida sobre cuatro islas la primera red inalámbrica para interconectar siete campus diferentes por medio de una topología de estrella, se llamó ALOHANET.

En 1985 la FCC permitió el uso público de las bandas ISM lo que resultó ser algo muy atractivo para los vendedores de redes inalámbricas.

A finales de 1980, el Grupo de Trabajo 802 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) comenzó a trabajar en la estandarización de las redes inalámbricas que utilizaran las bandas ISM de 2.4 GHz y 5.7 GHz (Grael Andrade, 2010).

2.2.2. Definición de Red Inalámbrica

Una red inalámbrica es una red de datos en la que dos o más terminales se pueden comunicar sin la necesidad de conexión por cables. Estas redes permiten a los usuarios movilizarse por una específica área geográfica mientras permanecen conectados.

Para lograr esta movilidad la red inalámbrica se basa en equipos de borde llamados Access Point, a través de ellos el usuario se autentica para acceder a la red local (Definiciones.de, 2008).

2.2.3. Funcionamiento de una Red Inalámbrica.

Las redes LAN inalámbricas utilizan una frecuencia de radio que, con ayuda del Access Point, se obtiene acceso a la red local y a internet.

Se basa principalmente en el espacio físico de cobertura que tienen los Access Point, también llamado CELDA, dichas celdas se ubican de forma adyacente para aumentar el radio de cobertura y utilizan diferentes frecuencias centrales dentro de una misma banda para evitar interferencias.

2.2.4. Wireless Local Area Network (WLAN).

Una Red Wireless de Área Local (WLAN por sus siglas en inglés), es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible utilizado como extensión de una LAN cableada o bien como una alternativa a ésta.

Utiliza tecnología de radiofrecuencia lo que permite la movilidad del usuario, está delimitada por la distancia de propagación, 100m en interiores y varios kilómetros en exteriores.

WLAN utiliza tecnologías como IEEE802.11a, 802.11b, 802.15, etc. Para conectividad a través del espectro disperso (2,4; 5 GHz) (Bernal, 2005).

2.2.5. Gestión de Usuarios.

Para realizar la gestión de usuarios se toma en cuenta el concepto de niveles de acceso, otorgando privilegios para cada uno de ellos tomando en consideración que se pueden crear diferentes cuentas. Es así que un usuario puede ser una persona, un conjunto de personas o ninguna persona.

La gestión de usuarios dentro de EDUROAM se basa en sus condiciones de uso que deberán ser afines a las políticas de seguridad de red de la institución, asignando a cada usuario una credencial única que le permitirá conectarse a la red cuando se encuentre en otra institución afiliada o en su propia institución; además se generaran manuales de usuario para permitir la configuración personal en diversos dispositivos inalámbricos.

Al utilizar este tipo de gestión, EDUROAM presenta mayor seguridad y mejor rendimiento frente a una VPN.

2.2.6. IEEE 802.11.

La especificación IEEE 802.11 es un estándar internacional que define las características de una red de área local inalámbrica (WLAN).

IEEE 802.11 surge en 1997, teniendo velocidades de 1Mbps hasta 2Mbps y trabajando en la banda de frecuencia de 2,4GHz con una modulación de señal de

espectro expandido por secuencia directa (DSSS), o con espectro expandido por salto de frecuencia, (FHSS) y se definió el funcionamiento y la interoperabilidad entre redes inalámbricas.

Con la evolución de las redes inalámbricas, también han ido evolucionando los estándares IEEE 802.11 adaptándose a la demanda en cuanto a la conectividad se refiere (Ver tabla 1).

Tabla 1.- Estándares IEEE 802.11 (CCM, 2015).

<u>ESTÁNDAR</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>
IEEE 802.11^a	Velocidad máxima 54 Mbps, Opera en el espectro de 5 GHz, Modulación OFDM
IEEE 802.11b	Velocidades de Transmisión de 5,5 y 11 Mbps, Opera en el espectro de 2,4 GHz, Modulación DSSS
IEEE 802.11c	Define las características que necesitan los Access Point para trabajar como bridges.
IEEE 802.11d	Definido para permitir el uso internacional del estándar IEEE 802.11
IEEE 802.11e	Introduce nuevos mecanismos a nivel de capa MAC para soportar los servicios que requieren QoS
IEEE 802.11f	Diseñado para facilitar la itinerancia del usuario móvil utilizando el protocolo IAAP

IEEE 802.11g	Velocidad de transmisión 54 Mbps, Modulación OFDM y DSSS, Opera en el espectro de 2,4 GHz, Compatible con IEEE 802.11b
IEEE 802.11h	Define la gestión de la potencia de transmisión y del espectro en la banda de 5 GHz
IEEE 802.11i	Proporciona una alternativa de privacidad con métodos de encriptación y procedimientos de autenticación IEEE 802.1x
IEEE 802.11j	Adapta al estándar a la regulación japonesa para dispositivos inalámbricos y aplicaciones móviles
IEEE 802.11k	Proporciona información para hacer las redes inalámbricas más eficientes
IEEE 802.11m	Propuesto para el mantenimiento de las redes inalámbricas
IEEE 802.11n	Opera en los espectros de 2,4 GHz y 5 GHz, Utiliza tecnología MIMO, Velocidad de transmisión de 300 Mbps
IEEE 802.11o	Exclusivo para voz en redes inalámbricas
IEEE 802.11p	Destinado para agregar acceso inalámbrico en entornos vehiculares “WAVE”
IEEE 802.11q	Reservado para soporte de VLAN’s, ya no se lo utiliza

IEEE 802.11r	Estándar de roaming rápido, utilizado en aplicaciones que requieren alta calidad y baja latencia
IEEE 802.11s	Define a la mezcla de las topologías Ad-Hoc y a la de Infraestructura
IEEE 802.11u	Enmienda para abordar los problemas de inter funcionamiento entre una red de acceso IEEE 802.11 y cualquier otra red
IEEE 802.11v	Permite la gestión de estaciones de forma centralizada
IEEE 802.11w	Permite aumentar la seguridad de los protocolos de autenticación
IEEE 802.11x	Resume todos los estándares dentro del grupo de funcionamiento, pero no es un estándar
IEEE 802.11y	Permite operar en la banda de 3650 MHz a 3700 MHz

Fuente: <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>

2.2.7. Access Point

Es un dispositivo utilizado mayormente en redes inalámbricas de área local (WLAN), cumple la función de proveer los recursos de la red local hacia los diferentes dispositivos inalámbricos que lo soliciten y es capaz de controlar y regular el acceso por medio del estándar IEEE802.11. También puede ser utilizado como repetidor para servir a estaciones que se encuentren a mayores distancias (Moderna, 2008).

2.3. Servidor FreeRadius

Como se indica en (GlosarioIT, 2003-2015), FreeRadius es un protocolo que brinda mecanismos de autenticación, autorización y auditoría, para aplicaciones de acceso a redes. Utiliza un daemon que deriva del protocolo RADIUS, aunque éste, como su nombre lo indica, es libre.

Es utilizado para administrar el acceso remoto y la movilidad IP, como ocurre en servicios de acceso por MODEM, DSL, servicios inalámbricos 802.11 o servicios de VoIP utilizando ya sea su propia base de datos o una externa como puede ser MySQL, LDAP o postgresql.

Este protocolo proporciona un servicio de acceso centralizado, por tal motivo, empresas e instituciones que poseen grandes infraestructuras de red son los principales usuarios de RADIUS.

Una de las principales características de RADIUS es su capacidad de monitorear sesiones, proveyendo notificaciones tanto de inicio de sesión como de su finalización. El funcionamiento de este protocolo es comprensible con el conocimiento de los mensajes de autenticación entre suplicante, Autenticador, y servidor. RADIUS utiliza los puertos UDP 1812 y 1813 para enviar estos mensajes, el puerto 1812 se utiliza para los mensajes de autenticación y el puerto 1813 para los mensajes de administración de cuentas.

- *Access-Request*

Enviado por un cliente solicitando autenticación y autorización para una conexión, determina si a dicho usuario se le permitirá o no el acceso, los datos mínimos que esta solicitud debe contener son el usuario y su contraseña:

- *Access-Accept*

Enviado como respuesta a un Access-Request informando al cliente que su autenticación es correcta y tiene autorización para la conexión.

- *Access-Reject*

Enviado como respuesta a un Access-Request informando al cliente que no se ha podido autenticar y por lo tanto el intento de conexión ha sido rechazado. Este mensaje es provocado comúnmente por credenciales erróneas.

En EDUROAM FreeRadius cumplirá el rol de receptor las credenciales de usuario donde, de manera local, serán verificadas en la base de datos y validadas para permitir la autenticación y el acceso al servicio. En caso de ser un usuario externo a la institución, FreeRadius se enlazará con el servidor Nacional y este se encargará de conectarse con el servidor de la institución correspondiente.

2.3.1. Servidor de Autenticación Autorización y Auditoría (AAA).

AAA se refiere a una familia de protocolos que proveen los servicios de Autenticación, Autorización y Auditoría.

La Autenticación se refiere a demostrar la identidad del usuario frente a un servidor que así lo requiera, es decir, comprobar que el usuario es quien dice ser.

La Autorización viene a ser los privilegios que el servidor le entrega al usuario una vez que se validó su identidad.

La Auditoría comprende las estadísticas de la capacidad que posee el sistema para registrar eventos, brindando información para la correcta administración de los recursos y la prevención en caso de incidentes (USERshop, 2013).

2.3.2. Servidor Radius Institucional.

Dentro de la jerarquía de servidores el servidor Radius Institucional se ubicará en el nivel más bajo, sin embargo, el más cercano al administrador. Encargado de autenticar la identidad del usuario local que se conecte a EDUROAM, o bien un usuario externo nacional o internacional; la diferencia entre estos usuarios radica en el tipo de petición que hace el servidor a su inmediato superior.

En el caso de ser un usuario nacional el servidor realizará una petición hacia el servidor nacional para, luego de recibir la respectiva aceptación, permitir el acceso.

Por otra parte, si el usuario pertenece a otra nación la petición se realiza por medio del servidor institucional que la redirigirá hacia el servidor Regional, que, de igual forma, enviará la respectiva aceptación para permitir el acceso.

Hasta ese nivel llegan las competencias del servidor Radius institucional.

2.3.3. Servidor Radius Top Level Nacional.

Se ubica en medio de la jerarquía, es en otras palabras la vía de comunicación entre el servidor Institucional y el servidor Regional para aceptar y reenviar peticiones.

De igual forma, al estar directamente conectado con el servidor Institucional tiene la capacidad de enviar aceptaciones a peticiones realizadas por éste.

2.3.4. Servidor Radius Top Level Regional.

En el tope de la jerarquía de servidores éste servidor se encarga de enviar aceptaciones tanto para el servidor Nacional como para el servidor Institucional.

Tiene la capacidad de comunicar un servidor Nacional con otro para aceptar las peticiones de conexión un usuario.

Este servidor es otra vía de acceso, no puede autenticar usuarios, tan solo aceptar peticiones.

2.4. Protocolo 802.1X

2.4.1. Concepto.

Según lo señalado por (Matthew, 2006) “IEEE802.1X permite a los administradores autenticar usuarios en lugar de máquinas y se puede utilizar para que los usuarios se conecten a redes legítimas y autorizadas en lugar de redes impostoras que intentan robar credenciales” Cuando un usuario se conecta a un AP que soporta IEEE802.1X comienza el intercambio de mensajes de autenticación EAP para llevar a cabo la autenticación de usuario con el servidor.

2.4.2. Arquitectura IEEE 802.1X.

Para cumplir el proceso de conexión el protocolo IEEE 802.1X cuenta con tres participantes que conforman su arquitectura, la función de cada uno de ellos se indica a continuación además la Figura 1 muestra la arquitectura del protocolo.

- Suplicante.

Generalmente se trata del dispositivo solicitante de acceso a la red inalámbrica, generalmente el usuario.

- Autenticador.

Se trata del equipo intermediario que recibe la solicitud del suplicante, un Access Point, por ejemplo, éste actúa como un intermediario en el intercambio de tráfico de autenticación hacia el servidor.

- Servidor de Autenticación.

Se encarga de comprobar las credenciales del usuario suplicante, asigna las prioridades y privilegios establecidos y autoriza el acceso, la Figura 1 muestra la arquitectura del protocolo.

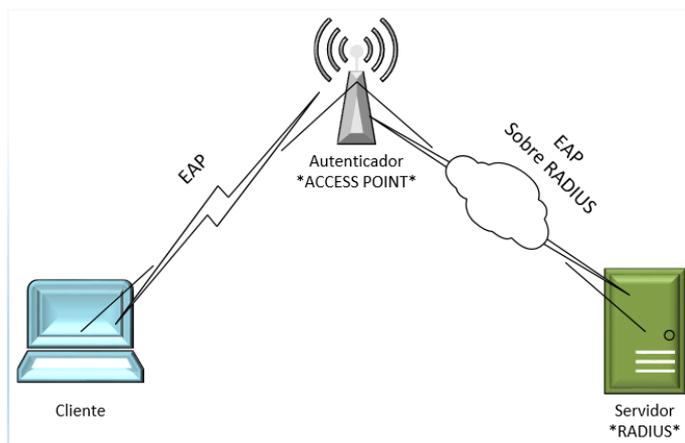


Figura 1. Arquitectura Protocolo IEEE802.1x (Andreu, Pellejero, & Lesta, 2006, pág. 64).

2.4.3. Trama 802.1X

La autenticación se basa en el protocolo EAP, el cual utiliza varios mecanismos de autenticación como son MD5, Kerberos, Contraseñas de un solo uso, entre otros. Consiste en un encapsulado que debe ser transportado entre el Suplicante y el Servidor, la Figura 2 muestra la arquitectura 802.1X por capas.

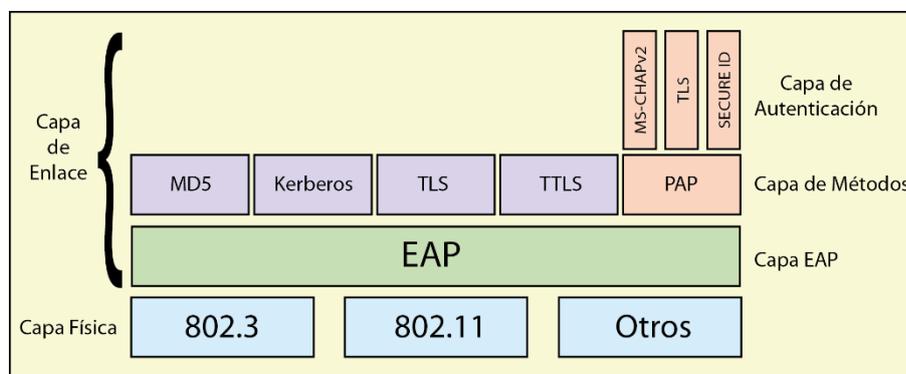


Figura 2.- Arquitectura 802.1x por capas.

2.4.4. Protocolo de Autenticación EAP.

EAP es un protocolo de autenticación que lleva a cabo las tareas de AAA y al ser compatible con IEEE 802.1x puede utilizar métodos de autenticación como certificados digitales o identificadores de usuario y contraseña.

Los principales mecanismos de autenticación de EAP se enlistan a continuación:

- PEAP, Protected EAP consiste en un mecanismo de validación basado en usuario y contraseña.
- EAP-TLS, basado en certificados digitales tanto en el cliente como en el servidor.
- EAP-TTLS, se basa en una autenticación de usuario y contraseña los cuales son transmitidos por un túnel creado mediante TLS, a diferencia de EAP-TLS el servidor es el único que requiere certificado. (Martínez)

Como (Andreu, Pellejero, & Lesta, 2006) señala, al utilizar EAP-TTLS los Access Point no demandarán implantar un método concreto para identificar a los usuarios, simplemente entrarán en acción como pasarela entre el dispositivo móvil y el servidor, en este caso FreeRadius como muestra la Figura 3.

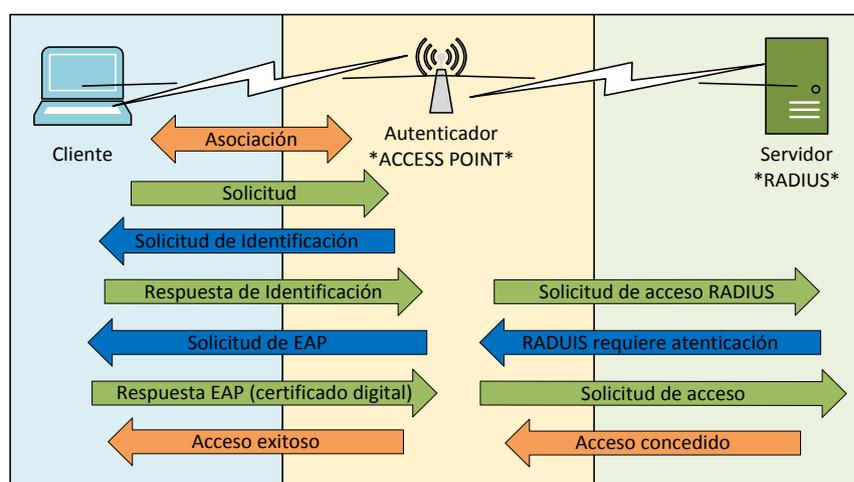


Figura 3. Solicitud de conexión mediante EAP con servidor RADIUS (Andreu, Pellejero, & Lesta, 2006, pág. 67).

La Figura 3 indica el proceso de conexión entre cliente, Autenticador y servidor que a continuación se detallan paso por paso:

- a. El dispositivo suplicante se asocia al Autenticador e identifica el servicio al que desea conectarse.
- b. Identificado el servicio, el Autenticador solicita una identidad al suplicante.
- c. El suplicante ingresa las credenciales de acceso facilitadas por los administradores del servicio a los usuarios.
- d. La información solicitada es específica dependiendo de EAP, en el caso de EDUROAM EAP-TTLS requiere un certificado digital.
- e. El Autenticador hace las veces de pasarela entre el Suplicante y el Servidor. El servidor validara las credenciales ingresadas por el suplicante.
- f. Si las credenciales son correctas la autenticación se realiza exitosamente y la conexión es posible.

2.4.5. IEEE 802.1X en EDUROAM.

El protocolo IEEE 802.1x ofrece una conexión cifrada que, conjuntamente con el protocolo de autenticación EAP, permite la itinerancia entre instituciones adheridas a EDUROAM de una manera segura.

Las credenciales con las que se realizara la autenticación tendrán el formato *usuario@UTN.edu.ec* correspondiente al correo institucional de cada estudiante, docente o investigador de la Universidad Técnica del Norte. De igual forma los usuarios de otras instituciones, pero pertenecientes a la federación, deberán utilizar las credenciales proporcionadas por su institución de origen (Universitat Politècnica de Catalunya, 2015).

2.5. Base de Datos LDAP.

Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) está basado en un conjunto de protocolos abiertos y en el estándar X.500 de compartición de directorios por lo que es capaz de propagar su consulta a otras bases de datos LDAP en todo el mundo, lo que proporciona un “directorio global”. Es también un sistema cliente/servidor encargado de organizar la información de forma jerárquica a modo de directorio con el fin de poder acceder a dicha información mediante una consulta,

Entre las ventajas encontramos que una de sus aplicaciones es la autenticación de usuarios basado en Radius controlando el acceso a una red, garantiza además una lectura rápida de los registros asegurando que cada uno de ellos sea único, permite crear múltiples directorios independientes y de forma jerárquica para asignación de privilegios, sencillo de instalar y mantener.

Tomando en cuenta todas las ventajas mostradas, en EDUROAM la base de datos LDAP conformará el directorio de los estudiantes, docentes e investigadores ya que al ser flexible permite desplegar la información que el servidor requiera comprobar (RedHat, 2005).

La estructura de la base de datos que se implementará en la institución y albergará a los usuarios de EDUROAM se encuentra en un orden jerárquico como se muestra en la Figura 4.

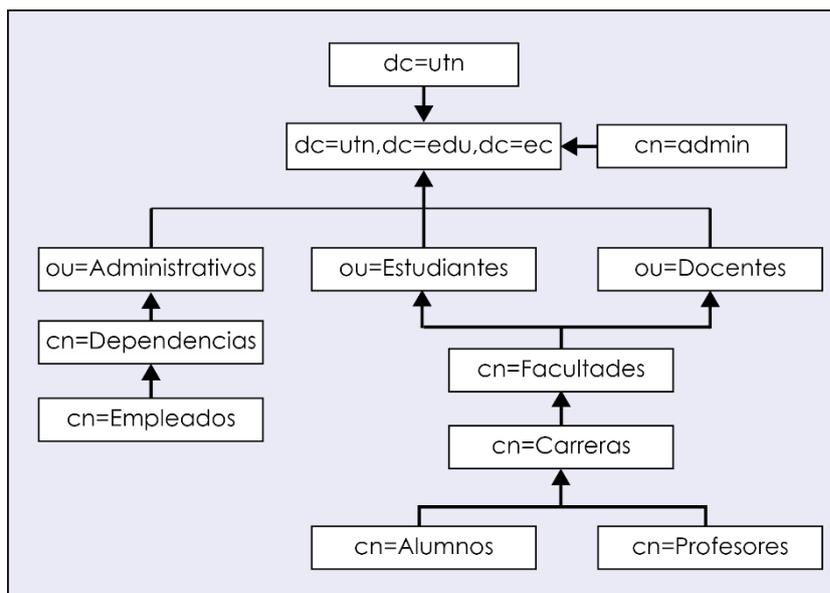


Figura 4.- Estructura jerárquica de la Base de Datos LDAP UTN.

De acuerdo a lo que la Figura 4 indica, los componentes de la base de datos son los siguientes:

- dc.- Componente de Dominio, el nombre de la LDAP de la institución, es decir, *dc=UTN,dc=edu,dc=ec*.
- ou. - Unidad Organizativa, subdominios de estructura LDAP, para este caso *Administrativos, Docentes y Estudiantes*.
- cn.- Nombre Común, grupos de *Dependencias, Facultades y Carreras* en las que se subdividen las unidades organizativas.
- uid.- ID de usuario, correspondiente al correo institucional para su identificación.

2.6. Certificado Digital.

El certificado digital es un documento digital que contiene una clave pública junto con los datos del usuario, todo esto avalado por una Autoridad de Certificación, este documento tiene la característica de proteger los datos que el

usuario facilita, por tal motivo brinda una seguridad adicional dentro de las comunicaciones.

EDUROAM utilizará el certificado digital para acreditar a cada usuario de la institución y a todos aquellos de instituciones pertenecientes al convenio, además garantizará la seguridad durante la conexión a la red federada (RedIRIS, 2015).

2.7. Plataforma GNU/LINUX

GNU/Linux, sistema operativo eficiente con un excelente diseño multitarea, multiusuario, multiplataforma y multiprocesador, además de ser de acceso libre.

Desarrollado en un inicio con fines académicos y de aprendizaje ha evolucionado de tal manera que actualmente miles de empresas y grupos de usuarios crean sus propias distribuciones de GNU/Linux.

Este sistema operativo ofrece inmunidad frente a virus, gusanos o troyanos; mayor eficiencia al aprovechar al máximo las características del hardware y una administración automatizable mejorando a tope la productividad y el mantenimiento.

2.7.1. Debian

Debian es una de las primeras distribuciones de GNU/Linux que aparecieron y aún siguen existiendo y evolucionado. El sistema de paquetes nos permite diferenciar claramente el software libre del que no lo es, permitiéndonos disponer de todo el sistema solamente con programas de licencia Free Software. Está desarrollada por un grupo de colaboradores distribuidos por todo el mundo y no cuenta con el respaldo de ninguna empresa. Aunque es de las más estables y seguras que existen (Baig Viñas & Aulí Linás, 2003).

2.7.1.1. Características

- Distribución libre y gratuita de su sistema operativo.
- Es adaptable a las necesidades requeridas gracias a sus paquetes pre-compilados.
- No existen virus para vulnerar este sistema operativo.
- Está disponible para un gran número de arquitecturas.

2.7.2. CentOS

Community Enterprise Operating System (CentOS) es un programa de fuente abierta basado en RHEL y destinado a ser un sistema de clase empresarial gratuito.

CentOS es una bifurcación a nivel binario de la distribución Linux RHEL, compilado por voluntarios a partir del código fuente liberado por Red Hat (CentOS, 2015).

2.7.2.1. Características.

- Ofrece mayor estabilidad en cuanto se refiere a su sistema operativo.
- Ejecuta versiones más básicas y estables de programas para minimizar el riesgo de fallos.
- Menos propenso a bugs, culpables de la reducción de velocidad.
- Eficaz en el consumo de recursos, optimizado especialmente para correr Apache, MySQL y bases de datos LDAP.

2.7.3. Estándar de Análisis de Requerimientos para Desarrollo de Software ISO/IEC/IEEE 29148.

Según (IEEE, 2011), el estándar ISO/IEC/IEEE 29148 para el análisis de requerimientos para desarrollo de software, permite la elección adecuada de un

Sistema Operativo para la implementación de un servicio mediante la evaluación y consideración de parámetros y requisitos específicos.

Para la implementación del presente proyecto, se analizarán entre los sistemas operativos Debian y CentOS los parámetros que se detallan a continuación:

2.7.3.1. Requisitos Específicos.

2.7.3.1.1. Interfaces de usuario

El software debe proveer al administrador un interfaz comprensible que le facilite, basado en su alto nivel de conocimiento, realizar tareas como:

- Permitir la edición de parámetros de red.
- Reiniciar los servicios de base de datos y servidor.
- Añadir, modificar o eliminar usuarios de la base de datos.
- Testear la existencia de usuarios.

2.7.3.1.2. Interfaces de Software

El software debe soportar la instalación de un servidor FreeRadius que permitirá la autenticación de los usuarios además de una base de datos LDAP la cual albergará los datos de estudiantes, docentes, administrativos e investigadores de la institución.

2.7.3.1.3. Interfaces de Comunicación

Solo se permite el tráfico basado en el protocolo de autenticación extensible EAP.

2.7.3.2. Requisitos de Bases de Datos Lógicos

2.7.3.2.1. Tipos de información.

La base de datos deberá permitir el almacenamiento de todo tipo de información de usuarios de la institución.

2.7.3.2.2. *Frecuencia de Uso y Acceso.*

Se requiere alta disponibilidad de la base de datos ya que los usuarios utilizarán constantemente el servidor de autenticación para acceder a los servicios de red.

2.7.3.2.3. *Las Entidades de Datos y sus Relaciones.*

La base de datos debe permitir discriminar de forma clara los usuarios con sus respectivas dependencias dentro de la institución.

2.7.3.2.4. *Restricciones de Integridad.*

La base de datos debe permitir al administrador la modificación de usuarios, además de establecer políticas y condiciones.

2.7.3.2.5. *Retención de Datos.*

La base de datos debe contar con la generación de un reporte para el análisis de tráfico y vigilancia.

2.7.3.3. Requisitos no Funcionales

2.7.3.3.1. *Versión*

El software deberá presentar su versión más estable y robusta para su instalación

2.7.3.3.2. *Licencia.*

Como principal característica del software es que su licencia sea de acceso libre

2.7.3.3.3. *Rendimiento.*

El software debe presentar un alto rendimiento y disponibilidad para trabajar veinticuatro horas, siete días de la semana puesto que es un servicio de acceso continuo.

2.7.3.3.4. *Interoperabilidad.*

El software debe tener la capacidad de trabajar con diferentes plataformas que complementaran su funcionamiento.

2.7.3.3.5. *Escalabilidad.*

La infraestructura de red tiende a un crecimiento futuro, por lo que el software debe ser escalable y permitirlo.

2.7.3.3.6. *Seguridad y Fiabilidad.*

Los datos que se manejarán tendrán un alto grado de confidencialidad, es por esto que el software debe garantizar seguridad y fiabilidad para evitar fugas de información.

Capítulo III

Situación Actual de la Red de la Universidad Técnica del Norte e Integración e Implementación de EDUROAM.

3.1. Situación actual de la Red de la Universidad Técnica del Norte.

Con el fin de recopilar información necesaria para solventar la implementación del servicio, se analizan los recursos que actualmente posee la Institución.

3.1.1. Infraestructura Actual de la Institución.

El campus de la Universidad Técnica del Norte se muestra en el plano de la Figura 5 y está conformado por los siguientes edificios:

- Planta Central.
- Bienestar Universitario.
- Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA).
- Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA).
- Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas (FACAE).
- Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT).
- Facultad de Ciencias de la Salud (FCCSS).
- Centro Académico de Idiomas (CAI).
- Instituto de Postgrado.
- Mecánica y Electricidad.
- Biblioteca.
- Polideportivo.
- Complejo Acuático.

- Gimnasio.
- Auditorio Agustín Cueva.

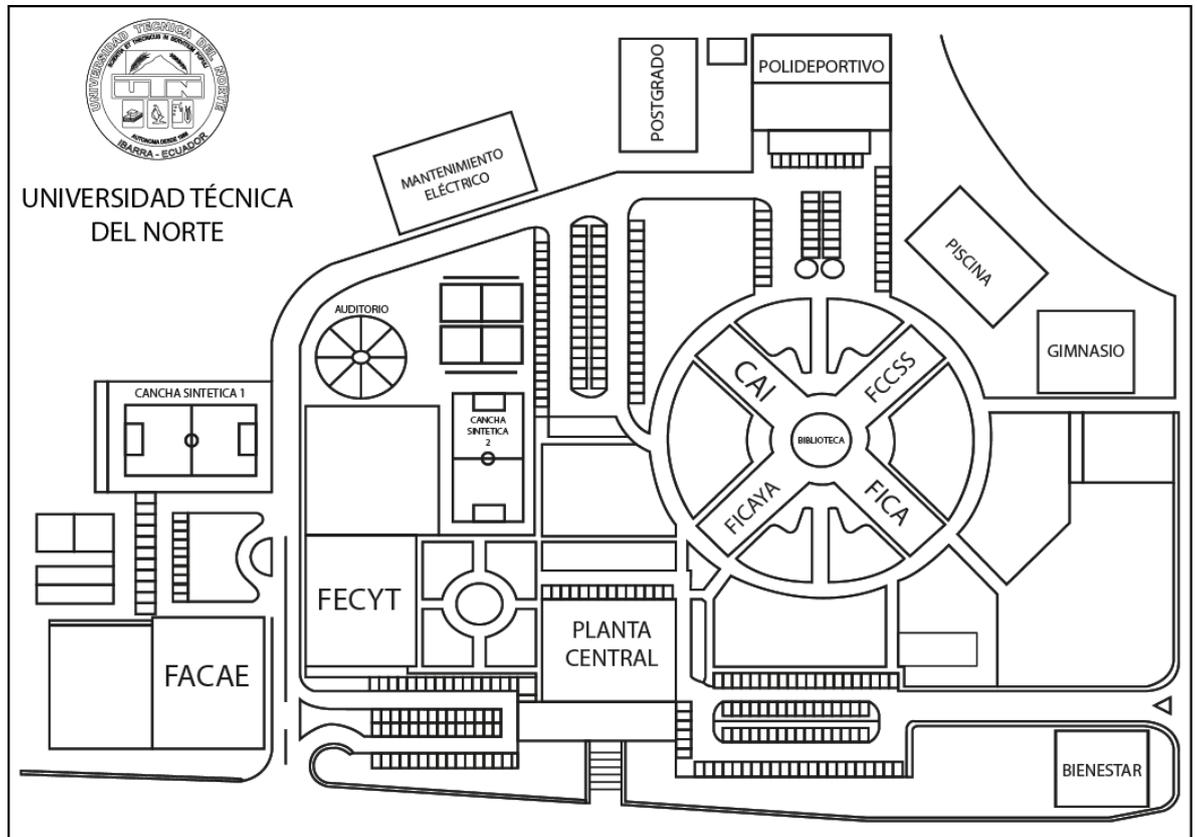


Figura 5.- Distribución física de dependencias y facultades dentro del campus de la Universidad Técnica del Norte.

En el plano de la Figura 5 se identifican las facultades y dependencias donde se encuentran instalados equipos de core, administración y a ellos, a su vez, conectados los equipos inalámbricos.

3.1.2. Topología Física de la Red de la Universidad Técnica del Norte.

La Figura 6 muestra la conexión de los equipos de core y administración ubicados en el Data Center del DDTI y los equipos de distribución ubicados en cada facultad y dependencia dentro y fuera del campus. El diseño está basado en un modelo jerárquico que permite la administración centralizada de la red, esto facilita la rápida identificación y solución de problemas.

Actualmente la red inalámbrica de la Universidad Técnica del Norte cuenta con 84 Access Point interiores y con 16 Access Point exteriores, ubicados estratégicamente en cada edificio del campus para lograr la máxima cobertura.

El mecanismo de Acceso para las diferentes redes Wireless de la institución es el siguiente:

- **Wireless Administrativos**

El SSID propagado en el campus es “WUTN.Admin”, el acceso se realiza mediante contraseña, la cual es configurada en el WLC de la Universidad Técnica del Norte.

- **Wireless Docentes**

El SSID propagado en el campus es “WUTN.Docentes”, los docentes realizan su autenticación por medio de una contraseña y además registrando la dirección MAC de su o sus dispositivos (PC, Smartphone, Tablet), lo que permite que únicamente el dispositivo registrado pueda acceder a la red.

- **Wireless Estudiantes**

El SSID propagado en el campus es “WUTN.Estudiantes”, considerando el elevado número de usuarios y la disponibilidad de conexión que se requiere por los mismos, la red de estudiantes es de acceso libre.

- **Wireless Eventos**

El SSID propagado principalmente es los Auditorios de la Institución es “WUTN.Eventos”, el acceso se realiza mediante contraseña, la cual es configurada en el WLC de la Universidad Técnica del Norte.

3.1.2.1. Ancho de Banda.

La Universidad Técnica del Norte cuenta con un Ancho de banda de 600 Mbps, los cuales son distribuidos prioritariamente entre las actuales dependencias de acuerdo a la necesidad de cada una de ellas, además de garantizar un 55% de ancho de banda a cada estudiante que se conecte a la red WUTN.Estudiantes, esto de acuerdo a las políticas de administración de Ancho de Banda establecidas en el DDTI por el administrador de Redes.

3.1.3. Ubicación de los Access Point.

Considerando el crecimiento de usuarios futuros y con el objetivo de cubrir la demanda de cobertura, el Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informático (DDTI) adquirió e instalo equipos Wireless alrededor del campus en sectores estratégicos. Para ello se realizó un Site Survey en las dependencias de la Universidad Técnica del Norte para identificar las ubicaciones donde los equipos Wireless brindan la mejor cobertura.

Se instalaron 49 equipos marca **CISCO** modelo **AIR-CAP3702I-A-K9** exclusivos para interiores, 16 equipos marca **CISCO** modelo **AIR-CAP1532E-A-K9** exclusivos para exteriores, además se reubico 32 equipos marca **CISCO** modelo **AIR-LAP1262N-A-K9** y 5 marca **CISCO** modelo **AIR-CAP1602E-A-K9** exclusivos para interiores.

La Tabla 2 identifica en detalle la ubicación de los equipos Wireless instalados alrededor del campus de la institución. En la columna AP NAME se describe el nombre del cada equipo enfatizando en la facultad o edificación donde se encuentra ubicado, en la columna UBICACIÓN se detalla la exacta posición del equipo, las columnas finales indican la marca y modelo correspondiente.

Tabla 2. Ubicación equipos Wireless en las dependencias de la Universidad Técnica del Norte.

N°	AP NAME	UBICACIÓN	MARCA	MODELO
1	AP-FACAE-PB-C	PLANTA BAJA CENTRO	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
2	AP-FACAE-PB-D	PLANTA BAJA DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
3	AP-FACAE-PB-I	PLANTA BAJA IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
4	AP-FACAE-PA1-I	PRIMER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
5	AP-FACAE-PA1-D	PRIMER PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
6	AP-FACAE-PA2-I	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
7	AP-FACAE-PA2-D	SEGUNDO PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
8	AP-FACAE-PA3-I	TERCER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
9	AP-FACAE-PA3-D	TERCER PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
10	AP-FECYT-PB-I	PLANTA BAJA IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
11	AP-FECYT-PB-D	PLANTA BAJA DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
12	AP-FECYT-PA1-I	PRIMER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
13	AP-FECYT-PA1-D	PRIMER PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
14	AP-FECYT-PA2-I	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
15	AP-FECYT-PA2-D	SEGUNDO PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
16	AP-FECYT-PA3-I	TERCER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
17	AP-FECYT-PA3-D	TERCER PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
18	AP-AUDITORIO-I	AUDITORIO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9

19	AP-AUDITORIO-D	AUDITORIO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
20	AP-POLIDEPORTIVO-CB-I	CANCHA IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
21	AP-POLIDEPORTIVO-CB-D	CANCHA DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
22	AP-POLIDEPORTIVO-PA1	OFICINAS PRIMER PISO	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
23	AP-POLIDEPORTIVO-PB	POLIDEPORTIVO PLANTA BAJA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
24	AP-POLIDEPORTIVO-DANZA	POLIDEPORTIVO AULA DANZA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
25	AP-POLIDEPORTIVO-SNNA	OFICINAS SNNA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
26	AP-POSTGRADO-AU-I	PLANTA BAJA AUDITORIO IZQ	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
27	AP-POSTGRADO-AU-D	PLANTA BAJA AUDITORIO DER	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
28	AP-POSTGRADO-PB-CUBI	PLANTA BAJA CUBICULOS	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
29	AP-POSTGRADO-PB-PASILLO	PLANTA BAJA PASILLO	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
30	AP-POSTGRADO-PA1-I	PRIMER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
31	AP-POSTGRADO-PA1-D	PRIMER PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
32	AP-POSTGRADO-PA2-I	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
33	AP-POSTGRADO-PA2-D	SEGUNDO PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
34	AP-POSTGRADO-PA3-I	TERCER PISO IZQUIERDA	-	-
35	AP-POSTGRADO-PA3-D	TERCER PISO DERECHA	-	-
36	AP-FICAYA-PB-I	PLANTA BAJA IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
37	AP-FICAYA-PB-D	PLANTA BAJA DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
38	AP-FICAYA-PA1-I	PRIMER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9

39	AP-FICAYA-PA1-D	PRIMER PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
40	AP-FICAYA-PA2-I	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
41	AP-FICAYA-PA2-D	SEGUNDO PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
42	AP-FICAYA-PA3-I	TERCER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
43	AP-FICAYA-PA3-D	TERCER PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
44	AP-FCCSS-PB-I	PLANTA BAJA IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
45	AP-FCCSS-PB-D	PLANTA BAJA DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
46	AP-FCCSS-PA1-I	PRIMER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
47	AP-FCCSS-PA1-D	PRIMER PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
48	AP-FCCSS-PA2-I	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
49	AP-FCCSS-PA2-D	SEGUNDO PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
50	AP-FCCSS-PA3-I	TERCER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
51	AP-FCCSS-PA3-D	TERCER PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
52	AP-FCCSS-PA4-I	CUARTO PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
53	AP-CAI-PB-I	PLANTA BAJA IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
54	AP-CAI-PB-D	PLANTA BAJA DERECHA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
55	AP-CAI-PA1-I	PRIMER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
56	AP-CAI-PA1-D	PRIMER PISO DERECHA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
57	AP-CAI-PA2-I	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
58	AP-CAI-PA2-D	SEGUNDO PISO DERECHA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9

59	AP-CAI-PA3-I	TERCER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
60	AP-CAI-PA3-D	TERCER PISO DERECHA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
61	AP-CAI-PA4-I	CUARTO PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
62	AP-CAI-PA4-D	CUARTO PISO DERECHA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
63	AP-BIENESTAR-PB-I	PLANTA BAJA IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
64	AP-BIENESTAR-PB-D	PLANTA BAJA DERECHA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
65	AP-BIENESTAR-PA1-I	PRIMER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
66	AP-BIENESTAR-PA1-D	PRIMER PISO DERECHA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
67	AP-BIENESTAR-PA2-I	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
68	AP-BIENESTAR-PA2-D	SEGUNDO PISO DERECHA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
69	AP-BIENESTAR-PA3-I	TERCER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
70	AP-BIENESTAR-PA3-D	TERCER PISO DERECHA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
71	AP-CENTRAL-PB-I	PLANTA BAJA IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP1602E-A-K9
72	AP-CENTRAL-PB-D	PLANTA BAJA DERECHA	CISCO	AIR CAP1602E-A-K9
73	AP-CENTRAL-PA1-I	PRIMER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP1602E-A-K9
74	AP-CENTRAL-PA1-D	PRIMER PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP1602E-A-K9
75	AP-CENTRAL-PA2-I	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
76	AP-CENTRAL-PA2-D	SEGUNDO PISO DERECHA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
77	AP-CENTRAL-PA3-I	TERCER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
78	AP-CENTRAL-PA3-D	TERCER PISO DERECHA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9

79	AP-CENTRAL-PA4-I	CUARTO PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
80	AP-CENTRAL-PA4-D	CUARTO PISO DERECHA	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
81	AP-DDTI-1	DDTI 1	CISCO	AIR CAP1602E-A-K9
82	AP-DDTI-2	DDTI 2	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
83	AP-BIBLIOTECA-PB	PLANTA BAJA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
84	AP-BIBLIOTECA-PA1-I	PRIMER PISO IZQUIERDA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
85	AP-BIBLIOTECA-PA1-D	PRIMER PISO DERECHA	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
86	AP-BIBLIOTECA-PA2	SEGUNDO PISO	CISCO	AIR CAP3702I-A-K9
87	AP-ELECTRICIDAD-PASILLO	AULAS PASILLO	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
88	AP-ELECTRICIDAD-GALPON	GALPON	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
89	AP-GIMNASIO-PA1	PRIMER PISO	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
90	AP-PISCINA-INTERIOR	INTERIOR	CISCO	AIR LAP1262N-A-K9
91	AP-EXTERIOR-FACAE-SE	FACAE EXTERIOR BAR	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
92	AP-EXTERIOR-FACAE-GRADAS	FACAE EXTERIOR GRADAS	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
93	AP-EXTERIOR-FACAE-SO	FACAE EXTERIOR PARQUE	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
94	AP-EXTERIOR-FECYT	FECYT EXTERIOR PARQUE	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
95	AP-EXTERIOR-AUDITORIO-PLAZA	AUDITORIO EXTERIOR PLAZA	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
96	AP-EXTERIOR-AUDITORIO-CANCHAS	AUDITORIO EXTERIOR CANCHAS	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
97	AP-EXTERIOR-CENTRAL	PLANTA CENTRAL EXTERIOR	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
98	AP-EXTERIOR-POST-PARQUE	POSTGRADO EXTERIOR PARQUE	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9

99	AP-EXTERIOR-POST-PISCINA	POSTGRADO EXTERIOR PISCINA	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
100	AP-EXTERIOR-CAI/FICAYA	CAI/FICAYA EXTERIOR	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
101	AP-EXTERIOR-FICA/FICAYA	FICA/FICAYA EXTERIOR	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
102	AP-EXTERIOR-FICA/FCCSS	FICA/FCCSS EXTERIOR	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
103	AP-EXTERIOR-PISCINA	PISCINA EXTERIOR	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
104	AP-EXTERIOR-FICA	FICA EXTERIOR	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
105	AP-EXTERIOR-ENTRADA-NORTE-I	ENTRADA NORTE CANCHAS	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9
106	AP-EXTERIOR-ENTRADA-NORTE-D	ENTRADA NORTE BIENESTAR	CISCO	AIR-CAP-1532E-A-K9

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

3.1.4. Adición de Access Point al Wireless LAN Controller.

Para la marca de Access Point que dispone la Universidad Técnica del Norte el fabricante dispone de cuatro modos de operación, dependiendo de IOS o su configuración pueden ser:

- **Modo Local (LIGHWEIGHT):** Un Access Point que funciona en modo local se vincula de forma automática al Wireless LAN Controller adoptando su configuración automáticamente, en este modo los AP's responden a comandos lwap, capwap.
- **Modo Autónomo:** Funcionan de forma independiente, es decir, no se vinculan al Wireless LAN Controller, por ende, dependen de las configuraciones individuales que el administrador realice.
- **Modo Mesh:** Brinda las funciones de antena para comunicarse con otro Access Point, utiliza la frecuencia de 802.11b y 802.11g, normalmente se utiliza para cubrir grandes distancias, sin embargo, se debe tomar en cuenta que el ancho de banda disminuye.
- **Modo Flex Connect:** Un Access Point en este modo guarda las configuraciones del Wireless LAN Controller, cuando la conexión con el WLC cae el AP en modo Flex Connect se convierte en un WLC secundario que utiliza los recursos locales.

EDUROAM requiere un control centralizado para administrar sus recursos, y puesto que el Wireless LAN Controller brinda esa facilidad, todos los equipos inalámbricos que se encuentren instalados en el campus de la Universidad Técnica del Norte deben ser configurados en *Modo Local*.

3.1.4.1. Método de adición de los Access Point al WLC.

Previo a su instalación se debe verificar que los equipos Wireless se encuentren en Modo Local, de ser así el equipo se registrará automáticamente en el Wireless LAN Controller.

En caso de que un equipo se encuentre en modo Autónomo se realizaran los siguientes pasos:

- a. Descargar el archivo IOS LIGHWEIGHT del modelo seleccionado a cambiar.
- b. El archivo se descarga en formato comprimido, cambiar el nombre del archivo al siguiente: ap3g1-k9w7-tar.default (Incluso la extensión).
- c. Conectar el puerto Ethernet del AP al puerto Ethernet de una PC.
- d. Conectar el cable de consola e ingresar al equipo vía Serial Directo.
- e. Colocar en el PC la dirección 10.0.0.2 con mascara 255.255.255.0 y Gateway 10.0.0.1
- f. Abrir un TFTP y seleccionar la carpeta donde se encuentra el archivo ap3g1-k9w7-tar.default para que se instale en el Access Point.
- g. Presionar el botón de reset del AP, mientras lo mantiene presionado conectar el cable de poder al equipo y esperar hasta que la luz indicadora se torne roja.
- h. Esperar hasta que el IOS se cargue en el equipo, automáticamente se reiniciará.
- i. Para comprobar si ha sido exitoso el cambio de IOS conectar el AP a un puerto dentro de la VLAN correspondiente y verificar si se ha adherido automáticamente en el WLC.

3.1.5. Requerimientos de la Red Inalámbrica.

Con el objetivo de dimensionar adecuadamente el número de usuarios simultáneos que la red inalámbrica de la Universidad Técnica del Norte soporta se ha tomado una muestra durante la semana del 4 al 8 de julio del 2016 y así demostrar que los equipos instalados en la Institución satisfacen la demanda de conexiones.

3.1.5.1. Capacidad de usuarios de los Access Points.

De acuerdo con (Cisco, 2016), fabricante de los respectivos equipos instalados actualmente en el campus de la Institución, se determina que:

- Equipo AIR CAP3702I-A-K9, exclusivo para interiores, tiene la capacidad de soportar 120 usuarios conectados simultáneamente.
- Equipo AIR LAP1262N-A-K9, exclusivo para interiores, tiene la capacidad de soportar 100 usuarios conectados simultáneamente.
- Equipo AIR-CAP-1532E-A-K9, exclusivo para exteriores, tiene la capacidad de soportar más de 150 usuarios conectados simultáneamente.

3.1.5.2. Número de usuarios.

Tomando en cuenta la capacidad establecida de los equipos, se ha realizado un monitoreo en diferentes horarios: 10h00, 13h00 y 15h00, toda vez que de acuerdo al personal responsable del DDTI se considera que son los de mayor afluencia de usuarios. Se han promediado los resultados diariamente y por último semanal.

De la Tabla 2 a la Tabla 16 se muestra por dependencia y por equipo el número promedio de usuarios que usualmente se conectan a la red inalámbrica de la Universidad Técnica del Norte, en la primera columna se indica el edificio, donde se realizó el escaneo, en la segunda columna se indica la ubicación exacta del equipo inalámbrico, de la tercera a la séptima columna se indican los promedios

diarios del escaneo realizado y finalmente en la octava columna el promedio de la semana.

Entiéndase las siguientes siglas utilizadas en las tablas:

- L = lunes
- M = martes
- X = miércoles
- J = jueves
- V = viernes

La tabla 3 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en la Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas (FACAE), siendo el día martes el de mayor afluencia de usuarios.

Tabla 3. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en la FACAE.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
	PLANTA BAJA CENTRO	32	27	36	40	19	31
	PLANTA BAJA DERECHA	18	23	27	28	14	22
	PLANTA BAJA IZQUIERDA	19	21	20	14	20	19
	PRIMER PISO IZQUIERDA	31	35	28	12	20	25
FACAE	PRIMER PISO DERECHA	41	42	34	19	37	35
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	41	40	45	12	40	36
	SEGUNDO PISO DERECHA	75	110	87	33	65	74
	TERCER PISO IZQUIERDA	45	59	35	17	26	36
	TERCER PISO DERECHA	77	64	70	16	43	54
		380	420	382	191	283	331

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 4 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT), siendo el día martes el de mayor afluencia de usuarios.

Tabla 4. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en la FECYT.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
FECYT	PLANTA BAJA IZQUIERDA	31	40	33	29	20	31
	PLANTA BAJA DERECHA	23	24	22	30	21	24
	PRIMER PISO IZQUIERDA	20	30	26	21	12	22
	PRIMER PISO DERECHA	21	46	37	35	21	32
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	23	30	29	15	19	23
	SEGUNDO PISO DERECHA	46	64	52	27	28	44
	TERCER PISO IZQUIERDA	41	29	29	14	13	25
	TERCER PISO DERECHA	37	56	46	20	34	39
		243	318	275	191	167	239

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 5 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA), siendo el día martes el de mayor afluencia de usuarios.

Tabla 5. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en la FICAYA.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
FICAYA	PLANTA BAJA IZQUIERDA	17	24	24	20	17	21
	PLANTA BAJA DERECHA	2	3	4	1	1	2
	PRIMER PISO IZQUIERDA	11	17	14	9	17	14
	PRIMER PISO DERECHA	18	31	22	21	30	24
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	26	29	47	28	34	33
	SEGUNDO PISO DERECHA	27	41	29	17	34	30
	TERCER PISO IZQUIERDA	12	9	10	12	15	12
	TERCER PISO DERECHA	38	44	32	17	37	34
		152	196	182	125	187	168

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 6 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en la Facultad de Ciencias de la Salud (FCCSS), siendo el día lunes el de mayor afluencia de usuarios.

Tabla 6. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en la FCCSS.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
	PLANTA BAJA IZQUIERDA	16	12	12	22	13	15
	PLANTA BAJA DERECHA	23	13	14	36	13	20
	PRIMER PISO IZQUIERDA	49	34	19	15	35	30
	PRIMER PISO DERECHA	59	50	36	21	37	41
FCCSS	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	51	35	27	21	27	32
	SEGUNDO PISO DERECHA	3	2	3	2	3	2
	TERCER PISO IZQUIERDA	48	37	6	11	14	23
	TERCER PISO DERECHA	41	27	5	31	15	24
	CUARTO PISO DERECHA	36	28	27	21	34	29
		325	237	150	179	192	216

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 7 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el Centro Académico de Idiomas (CAI), destacando el día lunes con la mayor afluencia de usuarios.

Tabla 7. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en el CAI.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
	PLANTA BAJA IZQUIERDA	38	30	37	20	33	32
	PLANTA BAJA DERECHA	9	16	11	11	3	10
	PRIMER PISO IZQUIERDA	7	14	11	2	7	8
	PRIMER PISO DERECHA	10	20	24	8	9	14
CAI	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	6	9	8	1	8	6
	SEGUNDO PISO DERECHA	35	26	24	7	32	25
	TERCER PISO IZQUIERDA	6	3	7	6	3	5
	TERCER PISO DERECHA	71	29	22	3	32	31
	CUARTO PISO IZQUIERDA	16	31	20	10	14	18
	CUARTO PISO DERECHA	24	19	27	8	12	18
		222	198	191	75	153	168

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 8 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el edificio de POSTGRADOS, observamos que el día jueves se tiene la mayor afluencia de usuarios.

Tabla 8. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en POSTGRADOS.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
POSTGRADOS	PLANTA BAJA AUDITORIO IZQ	1	0	0	35	25	12
	PLANTA BAJA AUDITORIO DER	10	2	2	16	22	10
	PLANTA BAJA CUBICULOS	6	6	5	12	13	8
	PLANTA BAJA PASILLO	8	7	8	10	2	7
	PRIMER PISO IZQUIERDA	3	3	4	11	5	5
	PRIMER PISO DERECHA	14	18	12	7	6	11
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	15	21	19	1	2	12
	SEGUNDO PISO DERECHA	2	1	3	2	0	2
	TERCER PISO IZQUIERDA	0	0	0	0	0	0
	TERCER PISO DERECHA	0	0	0	0	0	0
		58	59	53	95	75	68

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 9 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el edificio de BIENESTAR, donde destaca la mayor afluencia de usuarios el día jueves.

Tabla 9. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en BIENESTAR.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
BIENESTAR	PLANTA BAJA IZQUIERDA	3	4	4	6	3	4
	PLANTA BAJA DERECHA	6	4	5	4	4	5
	PRIMER PISO IZQUIERDA	4	4	4	2	1	3
	PRIMER PISO DERECHA	3	2	3	2	2	2
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	2	3	1	3	1	2
	SEGUNDO PISO DERECHA	1	1	0	1	1	1
	TERCER PISO IZQUIERDA	5	3	5	6	3	5
	TERCER PISO DERECHA	3	2	1	6	3	3
		28	23	25	30	17	25

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 10 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el edificio de PLANTA CENTRAL, donde el día lunes presenta la mayor afluencia de usuarios.

Tabla 10. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en PLANTA CENTRAL.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
	PLANTA BAJA IZQUIERDA	12	12	18	15	17	15
	PLANTA BAJA DERECHA	12	3	5	7	6	7
	PRIMER PISO IZQUIERDA	7	6	6	7	7	6
	PRIMER PISO DERECHA	3	5	5	1	4	4
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	4	5	0	2	1	2
PLANTA CENTRAL	SEGUNDO PISO DERECHA	4	5	4	7	6	5
	TERCER PISO IZQUIERDA	8	7	6	10	5	7
	TERCER PISO DERECHA	9	8	9	13	9	10
	CUARTO PISO IZQUIERDA	18	8	15	21	16	16
	CUARTO PISO DERECHA	4	5	0	0	0	2
	DDTI 1	27	26	0	0	0	10
	DDTI 2	0	0	0	0	0	0
		106	90	68	83	70	83

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 11 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el AUDITORIO AGUSTÍN CUEVA, observamos que el día viernes cuenta con mayor afluencia de usuarios.

Tabla 11. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en AUDITORIO AGUSTIN CUEVA.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
AUDITORIO	AUDITORIO IZQUIERDA	4	3	2	23	41	15
	AUDITORIO DERECHA	1	4	1	1	1	2
		57	50	52	61	65	57

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 12 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en la PISCINA, siendo el día viernes el que presenta mayor afluencia de usuarios.

Tabla 12. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en PISCINA.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
PISCINA	INTERIOR	23	24	25	18	29	24

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 13 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el POLIDEPORTIVO, observamos que el día jueves hay mayor afluencia de usuarios.

Tabla 13. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en POLIDEPORTIVO.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
POLIDEPORTIVO	CANCHA IZQUIERDA	1	1	0	1	15	4
	CANCHA DERECHA	31	34	47	45	11	34
	OFICINAS PRIMER PISO	8	11	10	24	10	12
	POLIDEPORTIVO PLANTA BAJA	20	16	15	32	16	20
	POLIDEPORTIVO AULA DANZA	26	21	27	23	14	22
	OFICINAS SNNA	25	23	21	24	34	25
			143	141	157	178	138

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 14 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en la BIBLIOTECA, destacando la afluencia de usuarios del día lunes.

Tabla 14. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en BIBLIOTECA.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
BIBLIOTECA	PLANTA BAJA	57	44	52	22	45	44
	PRIMER PISO IZQUIERDA	36	29	30	15	35	29
	PRIMER PISO DERECHA	48	42	31	7	26	31
	SEGUNDO PISO	55	63	47	20	35	44
		196	178	161	65	140	148

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 15 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en las dependencias de ELECTRICIDAD, se destaca el número de usuarios conectados el día lunes.

Tabla 15. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en ELECTRICIDAD.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
ELECTRICIDAD	AULAS PASILLO	49	40	44	34	21	38
	GALPON	3	2	4	2	2	3
		52	42	48	36	23	40

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 16 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el GIMNASIO, siendo el día miércoles el de mayor afluencia de usuarios.

Tabla 16. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en GIMNASIO.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
GIMNASIO	PRIMER PISO	8	11	12	11	9	10

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

La tabla 17 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en los EXTERIORES del campus universitario, siendo el Equipo ubicado en el exterior de la FICA aquel que soporta el mayor número de peticiones de conexión.

Tabla 17. Muestra de Usuarios conectados en equipos ubicados en EXTERIORES.

EDIFICIO	UBICACIÓN	L	M	X	J	V	Promedio a la Semana
	FACAE EXTERIOR BAR	41	48	59	56	40	49
FACAE	FACAE EXTERIOR GRADAS	19	28	27	45	17	27
	FACAE EXTERIOR PARQUE	18	22	19	32	20	22
FECYT	FECYT EXTERIOR PARQUE	40	21	29	55	35	36
AUDITORIO	AUDITORIO EXTERIOR PLAZA	4	3	3	0	1	2
	AUDITORIO EXTERIOR CANCHAS	2	4	2	4	2	3
PLANTA CENTRAL	PLANTA CENTRAL EXTERIOR	18	27	30	34	30	28
POSTGRADO	POSTGRADO EXTERIOR PARQUE	10	10	5	36	11	15
	POSTGRADO EXTERIOR PISCINA	11	14	14	31	13	17
CAI/FICAYA	CAI/FICAYA EXTERIOR	29	26	22	43	27	29
FICA/FICAYA	FICA/FICAYA EXTERIOR	68	66	66	81	91	74
FICA/FCCSS	FICA/FCCSS EXTERIOR	25	31	27	53	43	36
PISCINA	PISCINA EXTERIOR	9	6	3	9	5	6
FICA	FICA EXTERIOR	109	105	107	176	146	128
ENTRADA NORTE	ENTRADA NORTE CANCHAS	14	30	18	46	57	33
NORTE	ENTRADA NORTE BIENESTAR	13	11	9	23	9	13

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

De acuerdo a los datos recopilados y en comparación con los datos que el fabricante estipula para los equipos, se concluye lo siguiente:

Los equipos Wireless, tanto interiores como exteriores, tienen la capacidad necesaria para soportar la afluencia diaria de usuarios, sin embargo, se recomienda administrar correctamente las potencias de los equipos adyacentes entre sí para liberar la carga de peticiones de conexión previniendo un futuro crecimiento de usuarios.

3.1.6. Cobertura de la Red Inalámbrica.

Para demostrar el nivel de cobertura de red la Institución cuenta con el software *Cisco prime infrastructure*, este software es un paquete de soluciones que administra todo el ciclo de vida de las redes fijas e inalámbricas, integra Cisco Prime LAN Management Solutions (LMS) y Cisco Prime Network Control System (NCS) para brindar una administración convergente y un interfaz amigable para una mejor experiencia del usuario.

En el ANEXO A se muestran las figuras que detallan la cobertura de los Access Point interiores instalados en el campus de la Universidad Técnica del Norte con gráficas de calor generadas por el software *Cisco prime infrastructure*.

3.1.7. Justificación de la Selección del Software para la Implementación del Servidor FreeRadius.

En base al estándar ISO/IEC/IEEE 29148 se realiza la comparación entre los Softwares CentOS y Debian para seleccionar el más adecuado basados en los requerimientos ya establecidos, la tabla 18 muestra la calificación por característica.

Las calificaciones se describen de la siguiente manera:

Para cada requerimiento se asignaron los niveles de características que se consideraron necesarios, dependiendo de ello, se asignaron los valores: cero (0) a aquella menos apta para la implementación, uno (1) para una característica intermedia o adecuada y dos (2) a la que se consideró más adecuada para el proyecto.

Tabla 18.- Calificación de parámetros para selección de software (IEEE, 2011).

Requerimiento	Característica	Calificación	CentOS	Debian
Interfaces de Usuario.	Entorno gráfico obligatorio	0	1	1
	Consola de comandos	1		
Interfaces de Software.	No Soporta Servidores y BDD	0	1	1
	Soporta Servidores y BDD	1		
Interfaces de Comunicación.	No Permite el protocolo EAP	0	1	1
	Permite el protocolo EAP	1		
Tipos de Información.	Tipos de información limitada	0	1	1
	Tipos de información completa	1		
Frecuencia de Uso y Acceso.	Disponibilidad baja	0	2	2
	Disponibilidad media	1		
	Disponibilidad alta	2		
Entidades de Datos y sus Relaciones.	No clasifica los usuarios	0	1	1
	Permite clasificar usuarios	1		
Restricciones de Integridad.	Administración limitada	0	1	1
	Administración completa	1		
Retención de Datos.	No es posible generar reportes	0	1	1
	Es posible generar reportes	1		
Versión.	Anterior y estable	0	2	2
	Actualizada	1		
	Actualizada y Estable	2		
Licencia.	Propietaria	0	1	1
	Libre	1		
Rendimiento.	Rendimiento bajo	0	2	2
	Rendimiento medio	1		
	Rendimiento Alto	2		
Interoperabilidad.	Limitada	0	1	2
	Dos o más Plataformas	1		
	Cualquier Plataforma	2		
Escalabilidad.	No es escalable	0	1	1
	Es escalable	1		
Seguridad y Fiabilidad.	Seguridad baja	0	2	2
	Seguridad media	1		
	Seguridad alta	2		
TOTAL			18	19

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

Como se puede observar en la tabla anterior la diferencia entre los softwares es mínima, sin embargo, Debian califica principalmente por su interoperabilidad con otras plataformas, en este caso en particular se debe integrar el sistema operativo con el Wireless LAN Controller de la institución.

3.1.8. Requerimientos de Hardware Y Software.

De acuerdo con (Red REUNA, 2015), para la instalación del servidor FreeRadius con base de datos LDAP y administración phpLDAPadmin se recomienda se considere las siguientes características tanto de software como de hardware.

Software.

- Sistema Operativo: Debian 6.0.7.
- FreeRadius.
- Base de Datos LDAP.
- phpLDAPadmin.

Hardware.

- Procesador AMD FX(tm)-8320 Eight-Core 3.50 GHz.
- Memoria RAM 4 GB.
- Disco duro de 1 TB.

Esto con el fin de soportar *logs* y administrar de forma adecuada y rápida el número de usuarios que será almacenado en la base de datos.

3.2. Implementación y Configuración del Servidor FreeRadius en el Software Debian 6.0.7

Una vez que se ha instalado el sistema operativo se procederá a realizar las configuraciones básicas: Red, Repositorios; del servidor para levantar el servicio FreeRadius y la base de datos LDAP, en el ANEXO B se muestra con mayor detalle el proceso de Instalación y Configuración.

3.2.1. Red

En un inicio se procede a configurar la red ingresando al fichero interfaces, para ello ejecutar el comando `vi /etc/network/interfaces` y agregar los siguientes campos:

- Address
- Netmask
- Network
- Broadcast
- Gateway

3.2.2. Repositorios

Antes de proceder a la instalación de los paquetes el administrador debe configurar el fichero que contiene los repositorios ingresando a él al digitar el siguiente comando `vi /etc/apt/sources.list` y agregando las siguientes líneas como muestra la Figura 7 a continuación

```
##### REPOSITARIOS DEBIAN #####
deb http://security.debian.org/ squeeze/updates main
deb-src http://security.debian.org/ squeeze/updates main
deb http://ftp.debian.org/debian/ squeeze-updates main
deb-src http://ftp.debian.org/debian/ squeeze-updates main
deb http://ftp.debian.org/debian/ squeeze main
deb-src http://ftp.debian.org/debian/ squeeze main
#####
```

Figura 7. Repositorios para el sistema operativo.
Fuente: Servidor FreeRadius UTN

Éstas líneas escritas en el fichero de repositorios van a permitir al Sistema Operativo realizar las actualizaciones necesarias durante el proceso de instalación.

3.2.3. FreeRadius

Realizar la instalación básica de FreeRadius y sus paquetes ejecutando la siguiente línea de comando como muestra la Figura 8.

```
root@eduroam:~# apt-get install freeradius freeradius-ldap freeradius-mysql make pkg-config vim nmap mysql-server mysql-client libssl-dev libgnutls-dev libsnmp-dev libmysqlclient-dev libldap-dev libtool
```

Figura 8. Instalación de los paquetes pertenecientes a FreeRadius y LDAP.
Fuente: Servidor FreeRadius UTN

3.3. Configuración de la Base De Datos LDAP.

3.3.1. Actualización del Sistema Operativo

Luego de haber configurado el fichero anterior se procede a realizar la actualización tanto de los repositorios como del sistema operativo, ejecutando los siguientes comandos que muestra la Figura 9.

```
root@eduroam:~# apt-get update  
root@eduroam:~# apt-get upgrade
```

Figura 9. Comandos de actualización en Debian
Fuente: Servidor FreeRadius UTN

3.3.2. Instalación de Paquetes

Realizar la instalación de LDAP y de los demás paquetes ejecutando la línea de comando que muestra la Figura 10.

```
root@eduroam:~# apt-get install apache2 slapd ldap-utils  
phpLDAPadmin libapache2-mod-php5_
```

Figura 10. Instalación de paquetes necesarios para base de datos LDAP.
Fuente: Servidor FreeRadius UTN

Cabe señalar que luego de ejecutar el comando anterior el sistema requiere colocar *S* para proceder con normalidad la instalación.

3.3.3. Configuración de contraseña e Instalación

En las siguientes ventanas solicitará el ingreso de una contraseña para garantizar la seguridad, y posteriormente ingresarla nuevamente para su verificación.

Luego de esto la instalación finalizará satisfactoriamente.

3.3.4. Configuración de Asistente SLAPD.

A continuación, configurar el demonio de LDAP, en este caso se trata de slapd, para este objetivo ejecutar el asistente de configuración digitando el comando que muestra la Figura 11 a continuación.

```
root@eduroam:~# dpkg-reconfigure slapd
```

*Figura 11. Ejecución del asistente para configurar LDAP
Fuente: Servidor FreeRadius UTN*

El asistente preguntará en primera instancia si desea omitir la configuración del servidor LDAP, a lo que se debe responder NO.

3.3.5. Nombre del Dominio DNS.

El asistente solicitará el nombre de dominio DNS, en este caso el institucional *UTN.edu.ec*, necesario para construir el DN base del directorio LDAP.

3.3.6. Nombre de la Organización.

Ingresar ahora el nombre de la organización a utilizar en el DN base del directorio LDAP, en este caso nuevamente colocar la marca institucional *UTN.edu.ec*.

3.3.7. Configuración de contraseña.

Para validar la configuración antes realizada el asistente solicitará una contraseña de administrador para el directorio LDAP, además confirmarla reingresándola.

3.3.8. Selección del motor de Base de Datos.

En este paso se debe seleccionar el motor de base de datos, a lo que se recomienda escoger la opción HBD.

3.3.9. Purgue del paquete SLAPD.

Ya seleccionado el motor de la base de datos se mostrará una ventana de configuración de slapd, a la que se responderá NO.

3.3.10. Eliminación de la Base de Datos antigua.

La base de datos antigua debe ser eliminada, para lo cual en la siguiente opción se responderá SI, esto permitirá crear una nueva base de datos

3.3.11. Actualización del protocolo LDAP.

A continuación, se tiene la opción de habilitar el soporte para la versión 2 del protocolo LDAP, a lo que se responderá que NO puesto que dicha versión está obsoleta.

3.4. Schema

3.4.1. Copiar openldap.schema.

El servidor FreeRadius incluye por defecto schema dentro de su instalación para definir la estructura jerárquica de la base de datos LDAP, entonces se procede a copiar el archivo de su directorio original al directorio del servidor OpenLDAP con el comando que muestra la Figura 12 a continuación.

```
root@eduroam:~# cp /usr/share/doc/freeradius/examples/openldap.schema
/etc/ldap/schema/UsuariosLdapUtn.schema
```

Figura 12. Integración de Schema en el servidor OpenLDAP.

Fuente: Servidor FreeRadius UTN

3.4.2. Creación de un archivo temporal.

El siguiente paso es crear un archivo temporal dentro de `/tmp/` para que contenga las líneas que definirán la sintaxis y atributos objectclass, la Figura 13 muestra a las líneas antes mencionadas dentro del archivo temporal.

```
#####
##### ARCHIVO TEMPORAL #####
#####
include /etc/ldap/schema/core.schema
include /etc/ldap/schema/cosine.schema
include /etc/ldap/schema/nis.schema
include /etc/ldap/schema/inetorgperson.schema
include /etc/ldap/schema/UsuariosLdapUtn.schema
#####
```

Figura 13. Archivo temporal necesario para definir schema.

Fuente: Servidor FreeRadius UTN

3.4.3. Creación de un directorio temporal.

Crear un directorio temporal que almacenará la estructura LDIF que generará el esquema Radius ejecutando el comando que la Figura 14.

```
root@eduroam:~# mkdir /tmp/UsuariosLdap.d
```

Figura 14. Creación de un directorio temporal.

Fuente: Servidor FreeRadius UTN

3.4.4. Conversión al formato LDIF.

Para crear la estructura necesaria de los ficheros LDIF se configura un archivo adecuándolo al formato correspondiente, para este fin se ejecuta el comando `slaptest` como se muestra en la Figura 15.

```
root@eduroam:~# slaptest -f /tmp/UsuariosLdapUtn.conf -F /tmp/UsuariosLdap.d/
```

Figura 15. Creación de la estructura de ficheros LDIF.

Fuente: Servidor FreeRadius UTN

3.4.5. Modificaciones al fichero LDIF.

El esquema LDIF que se ha creado requiere algunas modificaciones que prevendrán posibles errores, el fichero que se debe modificar es el siguiente:

nano

```
/tmp/UsuariosLdap.d/cn\=config/cn\=schema/cn\={4}\usuariosldapUTN.ldif
```

La figura 16 muestra la siguiente configuración por defecto a identificar.

```
#####
dn: cn={4}usuariosldaputn
objectClass: olcSchemaConfig
cn: {4}usuariosldaputn
#####
```

*Figura 16. Configuración original del fichero
Fuente: Servidor FreeRadius UTN*

Una vez identificadas las líneas reemplazarlas adecuadamente para la estructura jerárquica de schema como se muestra en la Figura 17.

```
#####
dn: cn=usuariosldaputn,cn=schema,cn=config
objectClass: olcSchemaConfig
cn: usuariosldaputn
#####
```

*Figura 17. Nueva configuración del fichero.
Fuente: Servidor FreeRadius UTN*

La Figura 18 muestra las líneas finales del fichero deberán ser eliminadas, esto con el fin de que no interfieran con la configuración realizada.

```
structuralObjectClass: olcSchemaConfig
entryUUID: a63495f8-9b61-1035-83f8-854b38340f76
creatorsName: cn=config
createTimestamp: 20160420163534Z
entryCSN: 20160420163534.323667Z#000000#000#000000
modifiersName: cn=config
modifyTimestamp: 20160420163534Z
```

*Figura 18. Líneas finales del fichero que deben ser eliminadas.
Fuente: Servidor FreeRadius UTN*

3.4.6. Añadir esquema al Directorio LDAP.

Agregar la jerarquía al directorio principal LDAP añadiendo schema con el comando `ldapadd` como se muestra en la Figura 19.

```
root@eduroam:~# ldapadd -Q -Y EXTERNAL -H ldapi:/// -f /tmp/UsuariosLdap.d/cn=config/cn=schema/cn=\{4\}usuariosldaputn.ldif
adding new entry "cn=usuariosldaputn,cn=schema,cn=config"
root@eduroam:~#
```

Figura 19. Adición de schema al directorio LDAP
Fuente: Servidor FreeRadius UTN

3.4.7. Verificación.

Para realizar las respectivas verificaciones de la correcta adición de schema y creación del directorio principal LDAP ejecutar los siguientes comandos que se resaltan en las Figuras 20 y 21 a continuación.

```
root@eduroam:~# ldapsearch -x -b "dc=utn,dc=edu,dc=ec"
# extended LDIF
#
# LDAPv3
# base <dc=utn,dc=edu,dc=ec> with scope subtree
# filter: (objectclass=*)
# requesting: ALL
#
# utn.edu.ec
dn: dc=utn,dc=edu,dc=ec
objectClass: top
objectClass: dcObject
objectClass: organization
o: utn.edu.ec
dc: utn
# admin, utn.edu.ec
dn: cn=admin,dc=utn,dc=edu,dc=ec
objectClass: simpleSecurityObject
objectClass: organizationalRole
cn: admin
description: LDAP administrator
```

Figura 20. Primera verificación del directorio.
Fuente: Servidor FreeRadius UTN

```
root@eduroam:~# ldapsearch -Q -LLL -Y EXTERNAL -H ldapi:/// -b cn=schema,cn=config
o1cObjectClasses: {0}( 2.16.840.1.113730.3.2.2 NAME 'inetOrgPerson' DESC 'RFC2798: Internet Organizational Person' SUP organizationalPerson STRUCTURAL MAY ( audio $ businessCategory $ carLicense $ departmentNumber $ displayName $ employeeNumber $ employeeType $ givenName $ homePhone $ homePostalAddress $ initials $ jpegPhoto $ labeledURI $ mail $ manager $ mobile $ o $ pager $ photo $ roomNumber $ secretary $ uid $ userCertificate $ x500uniqueIdentifier $ preferredLanguage $ userSMIMECertificate $ userPKCS12 ) )
dn: cn={4}usuariosldaputn,cn=schema,cn=config
objectClass: o1cSchemaConfig
cn: {4}usuariosldaputn
root@eduroam:~# _
```

Figura 21. Segunda verificación del directorio.
Fuente: Servidor FreeRadius UTN

3.5. Integración del Certificado Digital.

3.5.1. Certificado Digital.

EDUROAM hace uso de Certificados Digitales para garantizar la seguridad de las credenciales de cada usuario, en esta ocasión los certificados han sido facilitados por “RED CEDIA” exclusivamente para la institución.

3.5.2. Formato

Se presentan dos formatos de certificados, uno con extensión “.crt” y otro con extensión “.key” pero ambos han de cumplir la función de garantizar la seguridad dentro de la red federada.

3.5.3. Integración del Certificado Digital al Servidor.

Los certificados están albergados en la nube, así que se debe utilizar el comando “wget” para descargarlos, la Figura 22 muestra el comando ejecutándose y descargando el archivo dentro de la dirección: `cd /etc/freeradius/certs/`.

```
root@eduroam:~# wget https://mega.nz/#fm/wEBhGDAJ/utn_certificados_eduroam.zip
--2016-08-11 17:10:53-- https://mega.nz/
Resolviendo mega.nz (mega.nz)... 154.53.224.138, 154.53.224.158, 154.53.224.162, ...
Conectando con mega.nz (mega.nz)[154.53.224.138]:443... conectado.
Petición HTTP enviada, esperando respuesta... 200 OK
Longitud: 2435 (2,4K) [text/html]
Grabando a: index.htmlâ

100%[=====>] 2.435 --.-K/s en 0s
2016-08-11 17:10:55 (75,1 MB/s) - index.htmlâ guardado [2435/2435]
```

Figura 22. Descarga de certificados desde la nube hacia el servidor usando wget.
Fuente: Servidor FreeRadius UTN

3.6. Unificación del Servidor Free Radius y Base De Datos LDAP.

3.6.1. Configuración módulo LDAP.

Para que el servidor Radius local de la Universidad Técnica del Norte consulte las credenciales de los usuarios admitidos para utilizar la red EDUROAM se configura la dirección IP del servidor LDAP y los parámetros de autenticación de

un administrador, el cual podrá acceder al directorio para realizar las consultas y verificación de usuarios. Al fichero se debe ingresar ejecutando el comando que se muestra en la Figura 23.

```
root@eduroam:~# nano /etc/freeradius/modules/ldap_

#####
server = "10.x.x.x"
identity = "cn=admin,dc=utn,dc=edu,dc=ec"
password = *****
basedn = "dc=utn,dc=edu,dc=ec"
filter = "(mail=%{User-Name})"
base_filter = "(objectclass=radiusprofile)"
set_auth_type = yes
##### ;
```

Figura 23. Configuración del fichero LDAP en FreeRadius.
Fuente: Servidor FreeRadius UTN

3.6.2. Configuración LDAP en FreeRadius.

Configurar los ficheros *default* e *inner-tunnel* de FreeRadius para que el servidor realice la autenticación y autorización de usuarios mediante el servidor LDAP, a continuación, las Figuras 24 y 25 muestran los comandos de ingreso a los ficheros y bajo cada una de ellas los parámetros que se debe identificar y habilitar.

```
root@eduroam:~# nano /etc/freeradius/sites-enabled/default
```

Figura 24. Fichero default de FreeRadius
Fuente: Servidor FreeRadius UTN

```
authorize {
...
ldap
...
}
authenticate {
...
Auth-Type LDAP {
ldap
}
...
}
```

```
root@eduroam:~# nano /etc/freeradius/sites-enabled/inner-tunnel
```

Figura 25. Fichero inner-tunnel de FreeRadius.

Fuente: Servidor FreeRadius UTN

```
authorize {
...
ldap
...
}
authenticate {
...
Auth-Type LDAP {
ldap
}
...
}
```

3.6.3. Interfaz de Administración Phpldapadmin

PhpLDAPAdmin es una herramienta basada en una interfaz WEB escrita en PHP, que permite administrar de una forma sencilla un servidor LDAP desde cualquier lugar, a través de un sencillo navegador WEB. Este cliente es phpLDAPAdmin, aunque también se conoce de forma abreviada como PLA.

Dispone de una vista con forma de árbol jerárquico que permite recorrer toda la estructura del directorio. Además, incorpora funciones de búsqueda avanzadas que lo convierten en una herramienta intuitiva para consultar y administrar el directorio LDAP.

En un principio se instaló phpLDAPAdmin, por lo que resta realizar las configuraciones respectivas para establecer la conexión con el directorio LDAP.

3.6.3.1. Establecimiento de la conexión de phpLDAPadmin con LDAP.

Configurar el fichero *config.php* para establecer la conexión de phpLDAPadmin con el servidor LDAP, ingresando por medio del comando:

```
nano /etc/phpldapadmin/config.php
```

Editar las siguientes líneas como se muestra en la Figura 26.

```
#####
servers->setValue('server', 'base', array('dc=utn,dc=edu,dc=ec'));
#####
servers->setValue('login', 'bind_id', 'cn=admin,dc=utn,dc=edu,dc=ec');
#####
```

Figura 26. Líneas editadas para establecer la conexión.

Fuente: Servidor FreeRadius UTN

3.6.3.2. Login de Acceso.

Para Ingresar al interfaz web de phpLDAPadmin dirigirse a <http://172.x.x.x/phpldapadmin> hacer click en login y colocar la contraseña correspondiente para autenticarse, si el login es exitoso se mostrará un mensaje confirmándolo.

3.6.3.3. Creación de Unidades Organizativas.

Para crear una o varias Unidades Organizativas se debe crear un archivo en formato *“.ldif”* con la siguiente estructura que muestra la Figura 27.

```
dn: ou=ESTUDIANTES,dc=utn,dc=edu,dc=ec
objectClass: top
objectClass: organizationalUnit
ou: ESTUDIANTES
```

Figura 27. Formato de creación de Unidades Organizativas

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático

3.6.3.4. Creación de Grupos.

Para crear uno o varios Grupos se debe crear un archivo en formato “.ldif” con la siguiente estructura que se muestra en la Figura 28, en este caso, corresponde a la creación de los grupos por Facultades.

```
dn: cn=FICA,ou=ESTUDIANTES,dc=utn,dc=edu,dc=ec
objectclass: posixGroup
objectclass: top
cn: FICA
gidNumber: 100000
```

*Figura 28. Formato de creación de grupo por facultad.
Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático*

La siguiente estructura corresponde a la creación de otro grupo, en esta ocasión la Figura 29 se refiere a los grupos por Carreras de cada Facultad

```
#####
## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS ##
#####
dn: cn=CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRONICA Y REDES DE
COMUNICACION,cn=FICA,ou=ESTUDIANTES,dc=utn,dc=edu,dc=ec
cn: CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRONICA Y REDES DE COMUNICACION
gidNumber: 100000
objectclass: posixGroup
objectclass: top
```

*Figura 29. Formato de creación de grupos por carrera.
Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático*

Nótese que el campo **gidNumber: 100000** debe ser correspondiente tanto en el grupo de Facultad como en el grupo de Carrera para relacionarlos entre sí.

3.6.3.5. Creación de Usuarios

Para agregar uno o varios usuarios se debe crear un archivo con el formato “.ldif” con la información de nombres, apellidos, carrera, facultad, mail institucional, cédula, el directorio raíz y los objetos principales de LDAP. A continuación, la Figura 30 muestra como ejemplo el script de configuración de un usuario creado:

```

dn: cn=Cristian Paul Espinel Ramos,cn=CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRONICA Y REDES DE
COMUNICACION,cn=FICA,ou=ESTUDIANTES,dc=utn,dc=edu,dc=ec
cn:Cristian Paul Espinel Ramos
description: Ingenieria En Electronica Y Redes De Comunicacion
mail: cpespinelr@utn.edu.ec
objectClass: person
objectClass: uidObject
objectClass: top
objectClass: radiusprofile
objectClass: inetOrgPerson
radiusTunnelMediumType: IEEE-802
radiusTunnelPrivateGroupId: 128
radiusTunnelType: VLAN
sn: Espinel Ramos
uid: cpespinelr@utn.edu.ec
userPassword: *****

```

Figura 30. Formato de creación de usuario para la base de datos.
Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático

3.7. Unificación del Servidor con el WLC.

3.7.1. Configuración Fichero.

Para permitir la comunicación entre el servidor FreeRadius y el Wireless LAN Controller se deberán añadir las siguientes líneas en el fichero *clients.conf* y guardar los cambios para validar la configuración como se muestra en la Figura 31.

```

#####
##### WLC #####
#####

client 172.x.x.x {
    secret = *****
    shortname = WLC-UTN
    nastype = cisco
}

```

Figura 31. Configuración del WLC en los ficheros del servidor.
Fuente: Servidor FreeRadius UTN

3.7.2. Configuración de dirección IP y contraseña.

Una vez se ha ingresado al Wireless LAN Controller de la institución dirigirse a la pestaña *Seguridad* y seleccionar la opción *Authentication* ubicada dentro de la opción *AAA* como se puede observar en la Figura 32.

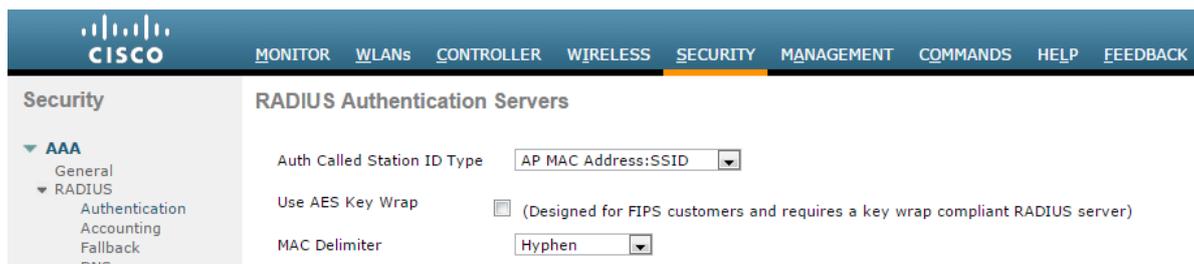


Figura 32. Primer paso configuración WLC.

Fuente: Wireless Lan Controller UTN

Configurar ahora un nuevo servicio llenando los campos que se muestran a continuación en la Figura 33.

RADIUS Authentication Servers > New

Server Index (Priority)	2
Server IP Address(Ipv4/Ipv6)	172.x.x.x
Shared Secret Format	ASCII
Shared Secret
Confirm Shared Secret
Key Wrap	<input checked="" type="checkbox"/> (Designed for FIPS customers and requires a key wrap compliant RADIUS server)
Port Number	1812
Server Status	Enabled
Support for RFC 3576	Enabled
Server Timeout	2 seconds
Network User	<input checked="" type="checkbox"/> Enable
Management	<input checked="" type="checkbox"/> Enable
IPSec	<input type="checkbox"/> Enable

Figura 33. Integración de WLC con FreeRadius.

Fuente: Wireless Lan Controller UTN

3.7.3. Configuración d método de autenticación.

Seleccionar la pestaña WLANs dentro del Wireless LAN Controller, una vez dentro escoger la red EDUROAM, editar dentro de la opción Security – Layer 2 como se muestra a continuación en la Figura 34.

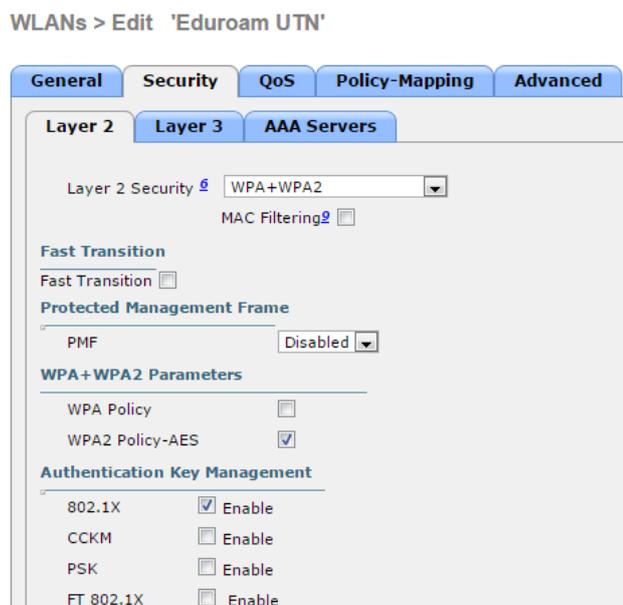


Figura 34. Configuración de Seguridad para EDUROAM en el WLC
Fuente: Wireless Lan Controller UTN

3.7.4. Configuración de servicio AAA.

Para finalizar seleccionar la pestaña AAA Servers y configurar la opción *Server 1* seleccionando la dirección IP del servidor institucional, además marcar el casillero de *Authentication Servers* como la Figura 35 muestra a continuación.

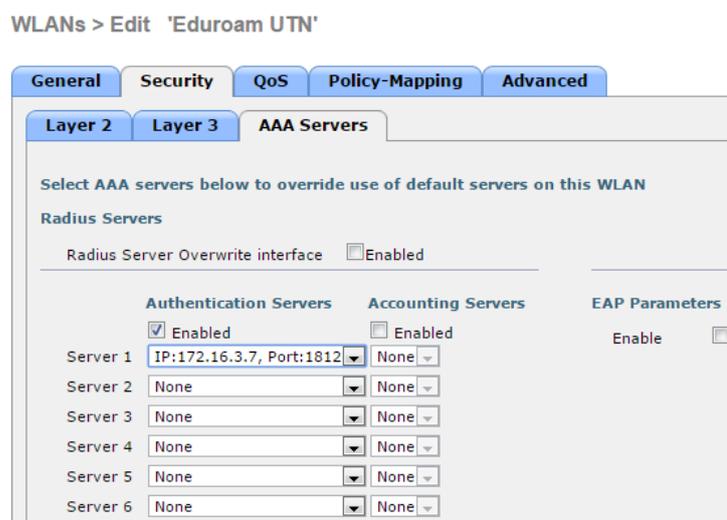


Figura 35. Configuración de Servidor AAA en el WLC.
Fuente: Wireless Lan Controller UTN

3.7.4.1. Wireless EDUROAM

Una vez realizadas todas las configuraciones el SSID oficial del servicio es “eduroam”. las credenciales de acceso de esta red será el correo institucional de cada estudiante, docente y personal administrativo junto con una contraseña definitiva creada aleatoriamente en la base de datos y que será publicada en el portafolio institucional de cada usuario.

Capítulo IV

Pruebas y Resultados.

En el presente capítulo se detallan las pruebas realizadas entre un usuario y la red inalámbrica EDUROAM de la Universidad Técnica del Norte con dispositivos móviles que soportan el protocolo 802.1X.

4.1. Prueba de Conexión con Servidores

4.1.1. Prueba de Conexión con Servidor UTN

La prueba se realiza luego de haber configurado correctamente todo en cuanto se refiere a la conexión entre el servidor de la Universidad Técnica del Norte y CEDIA

El primer test se realiza con un usuario propio de la institución previamente registrado en la base de datos dentro del servidor y asignado las credenciales respectivas para su correcto acceso, es así que ejecutando el comando *radtest* junto con el usuario y credenciales ya mencionadas podemos observar en la Figura 36 que la autenticación se realiza con éxito y el acceso es aceptado.

```

root@eduroam:~# radtest cspinelr@utn.edu.ec 1003235213 127.0.0.1 1812 AdminLdap@Eduroam
Sending Access-Request of id 129 to 127.0.0.1 port 1812
  User-Name = "cspinelr@utn.edu.ec"
  User-Password = "1003235213"
  NAS-IP-Address = 10.24.8.8
  NAS-Port = 1812
  Message-Authenticator = 0x00000000000000000000000000000000
rad_recv: Access-Accept packet from host 127.0.0.1 port 1812, id=129, length=37
  Tunnel-Private-Group-Id:0 = "128"
  Tunnel-Medium-Type:0 = IEEE-802
  Tunnel-Type:0 = VLAN

```

*Figura 36. Prueba radtest con usuario local
Fuente: Servidor FreeRadius UTN*

A continuación, la Figura 37 muestra en un diagrama de bloques el proceso de conexión de un usuario de la Universidad Técnica del Norte donde inicialmente el usuario se ancla al Access Point el cual actúa como pasarela junto con el WLC hacia

el servidor FreeRadius donde se alberga la Base de Datos, allí se realiza la validación del usuario y procede a enviar una respuesta solicitando las credenciales correspondientes, una vez ingresada la contraseña la conexión se realizara satisfactoriamente.

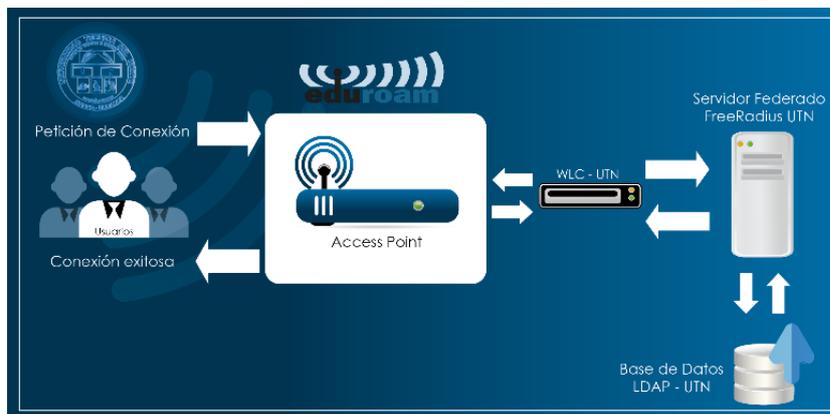


Figura 37.- Diagrama de bloques del proceso de conexión de un usuario local.
Fuente: Autor

Se concluye, de acuerdo al resultado, que la comunicación entre el servidor FreeRadius y la base de datos LDAP de la Institución es correcta, lo que garantiza la conexión al servicio EDUROAM.

4.1.2. Prueba de Conexión con Servidor CEDIA

La presente prueba se realiza con el fin de comprobar la correcta comunicación entre el Servidor Institucional y el Servidor de CEDIA.

Para este fin el administrador ha creado el usuario *utpl@utn.edu.ec* correspondiente a la Universidad Técnica del Norte y solicitando la colaboración de la Universidad Técnica Particular de Loja, perteneciente a la federación como se indicó anteriormente, para realizar la respectiva prueba. El colaborador realiza la conexión por medio de un dispositivo móvil con sistema operativo Android, a continuación, la Figura 38 muestra cómo se realiza la petición a través del servidor

federado de CEDIA y se conecta al servidor Institucional, es así como el usuario UTN se conecta satisfactoriamente dentro del campus de la UTPL.

```
[ldap] (re)connect to 10.24.8.8:389, authentication 1
[ldap] bind as cn=Universidad Tecnica Particular Loja,cn=PRUEBAS,ou=ADMINISTRATIVOS,dc=utn,dc=edu,dc=ec/utnupl to 10.24.8.8:389
[ldap] waiting for bind result ...
[ldap] Bind was successful
[ldap] user utpl authenticated successfully
++[ldap] returns ok
expand: Usuario Aceptado :) ${User-Name} -> Usuario Aceptado :) utpl@utn.edu.ec
Login OK: [utpl@utn.edu.ec] [(from client org=federado.cedia.org.ec port 0 via TLS tunnel) Usuario Aceptado :) utpl@utn.edu.ec]
WARNING: Empty post-auth section - using default return values.
# Executing section post-auth from file /etc/freeradius/sites-enabled/inner-tunnel
} # server inner-tunnel
[ttls] Got tunneled reply code 2
Tunnel-Private-Group-Id:0 = "128"
Tunnel-Medium-Type:0 = IEEE-802
Tunnel-Type:0 = VLAN
[ttls] Got tunneled Access-Accept
[eap] Freeing handler
++[eap] returns ok
expand: Usuario Aceptado :) ${User-Name} -> Usuario Aceptado :) utpl@utn.edu.ec
Login OK: [utpl@utn.edu.ec] [(from client org=federado.cedia.org.ec port 129 cli 80-47-8F-91-41-6F) Usuario Aceptado :) utpl@utn.edu.ec]
+- entering group post-auth {...}
++[exec] returns noop
Sending Access-Accept of id 82 to 192.168.200.222 port 48733
MS-MPPE-Recv-Key = 0xdc001b686cfe2fbaad808391ec9c03afee46a81124c56d1322cce18d5b2fd4c
MS-MPPE-Send-Key = 0x920b749aa962c33236808955293bbfd99b9a0af6afeda592cd41718ee503e499
EAP-Message = 0x03070004
Message-Authenticator = 0x00000000000000000000000000000000
User-Name = "utpl"
Proxy-State = 0x313638
Proxy-State = 0x3130
```

Figura 38.- Estado de conexión exitosa de usuario UTN en la UTPL, modo debug de freeradius UTN.

Fuente: Servidor FreeRadius UTN

La siguiente prueba se realiza con un usuario facilitado por el colaborador de la UTPL.

El administrador realiza la conexión desde un dispositivo móvil con sistema operativo Android dentro del campus de la UTN, la Figura 39 muestra como el usuario con el dominio `@utpl.edu.ec` realiza la petición a través del WLC de la UTN y por consecuencia se conecta exitosamente al servicio EDUROAM.

```
Proxy-State = 0x313137
Going to the next request
Waking up in 0.9 seconds
rad_recv: Access-Accept packet from host 192.168.200.222 port 1812, id=64, length=176
MS-MPPE-Recv-Key = 0x2b9f5df41f55f6a76fb08a36740ef090b4414ab169c0e8228b525dba44269244
MS-MPPE-Send-Key = 0xf5ea9332aed086490cfef025b661d79093a3bfdc633a3881fc4b5fac0386d6c9
EAP-Message = 0x03080004
Message-Authenticator = 0x3fe73cacebcb8e6772684459a207d00b
User-Name = "nkparedes"
Proxy-State = 0x313137
# Executing section post-proxy from file /etc/freeradius/sites-enabled/default
+- entering group post-proxy {...}
[eap] No pre-existing handler found
++[eap] returns noop
Found Auth-Type = LDAP
Found Auth-Type = Accept
Warning: Found 2 auth-types on request for user 'nkparedes@utpl.edu.ec'
Auth-Type = Accept, accepting the user
expand: Usuario Aceptado :) ${User-Name} -> Usuario Aceptado :) nkparedes@utpl.edu.ec
Login OK: [nkparedes@utpl.edu.ec] [(from client WLC-UTN port 13 cli 40-0e-85-3d-71-a0) Usuario Aceptado :) nkparedes@utpl.edu.ec]
# Executing section post-auth from file /etc/freeradius/sites-enabled/default
+- entering group post-auth {...}
++[exec] returns noop
Sending Access-Accept of id 117 to 172.16.5.10 port 32769
MS-MPPE-Recv-Key = 0x2b9f5df41f55f6a76fb08a36740ef090b4414ab169c0e8228b525dba44269244
MS-MPPE-Send-Key = 0xf5ea9332aed086490cfef025b661d79093a3bfdc633a3881fc4b5fac0386d6c9
EAP-Message = 0x03080004
Message-Authenticator = 0x00000000000000000000000000000000
User-Name = "nkparedes"
```

Figura 39.- Estado de conexión exitosa de un usuario UTPL en la UTN, modo debug de freeradius UTN.

Fuente: Servidor FreeRadius UTN

Los resultados de las pruebas realizadas dentro del campus de la UTN y en un campus externo, en este caso UTPL, muestran que la implementación del servicio permite el acceso de un usuario en cualquier institución perteneciente al convenio y que la federación con CEDIA es correcta.

4.1.3. Prueba de Conexión con Servidor Regional

Con esta prueba se realizará la comprobación de la conexión tanto con el servidor Nacional como con el servidor Regional.

El administrador ha utilizado un usuario facilitado por CEDIA y perteneciente a la región europea, más precisamente España, para realizar una prueba de acceso empleando el comando *radtest*, la Figura 40 muestra la ejecución de la prueba además del resultado donde indica acceso aceptado.

```

root@eduroam:~# radtest testraap@test.rediris.es A7D0AB41 ftlr.cedia.org.ec 0 UtnFtlr@Eduroa
m
Sending Access-Request of id 52 to 190.15.141.25 port 1812
  User-Name = "testraap@test.rediris.es"
  User-Password = "A7D0AB41"
  NAS-IP-Address = 10.24.8.8
  NAS-Port = 0
  Message-Authenticator = 0x00000000000000000000000000000000
rad_recv: Access-Accept packet from host 190.15.141.25 port 1812, id=52, length=46
  User-Name = "testraap@test.rediris.es"
root@eduroam:~#

```

Figura 40. Prueba radtest con usuario Internacional

Fuente: Servidor FreeRadius UTN

La prueba realizada demuestra que la comunicación entre el servidor institucional, el servidor nacional y el servidor regional es adecuada, permitiendo así el acceso de un usuario en cualquier institución alrededor del mundo perteneciente a la federación.

4.2. Conectividad de Usuarios

4.2.1. Conectividad Local

En la prueba de conexión el dispositivo identifica la red inalámbrica como se muestra en la Figura 41 y se procede a configurar los parámetros necesarios para autenticarse.



Figura 41. Identificación de la red EDUROAM
Fuente: Dispositivo móvil Usuario UTN

Se configura el método EAP escogiendo el método TTLS, se selecciona la autenticación en su fase 2 y por último se añade el usuario y contraseña correspondientes como se muestra en la Figura 42.

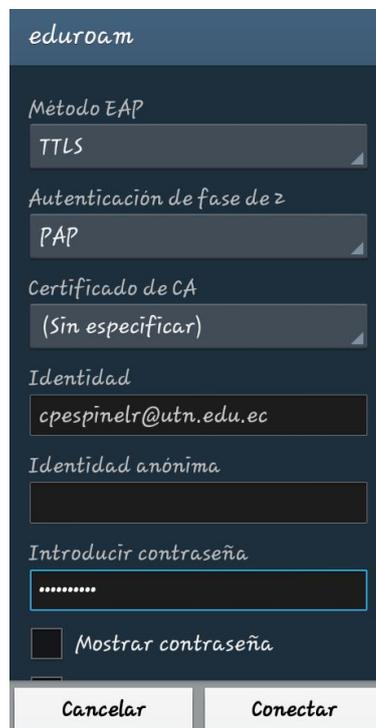


Figura 42. Ingreso de credenciales y configuración de método de autenticación.
Fuente: Dispositivo móvil Usuario UTN

La Figura 43 muestra el proceso de conexión al nuevo servicio federado de la Universidad Técnica del Norte y su conexión exitosa.

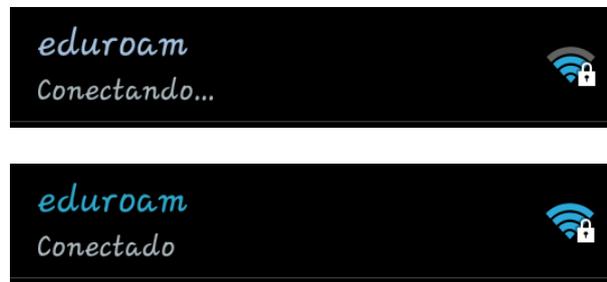


Figura 43. Conexión del servicio.
Fuente: Dispositivo móvil Usuario UTN

En la Figura 44 se observa la verificación de navegación una vez que el usuario se conectó al servicio federado EDUROAM.

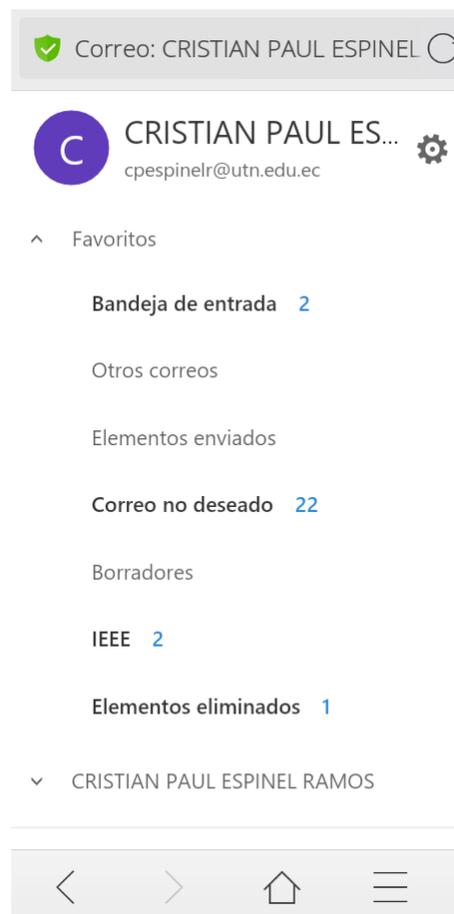


Figura 44. Navegación con el servicio EDUROAM.
Fuente: Dispositivo móvil Usuario UTN

4.2.2. Conectividad EXTERNA

La siguiente prueba se realizó dentro del campus de la Universidad Técnica Particular de Loja donde un usuario de la Universidad Técnica del Norte realizó una conexión en un dispositivo móvil.

La Figura 45 muestra la configuración de los parámetros dentro de un dispositivo Android.

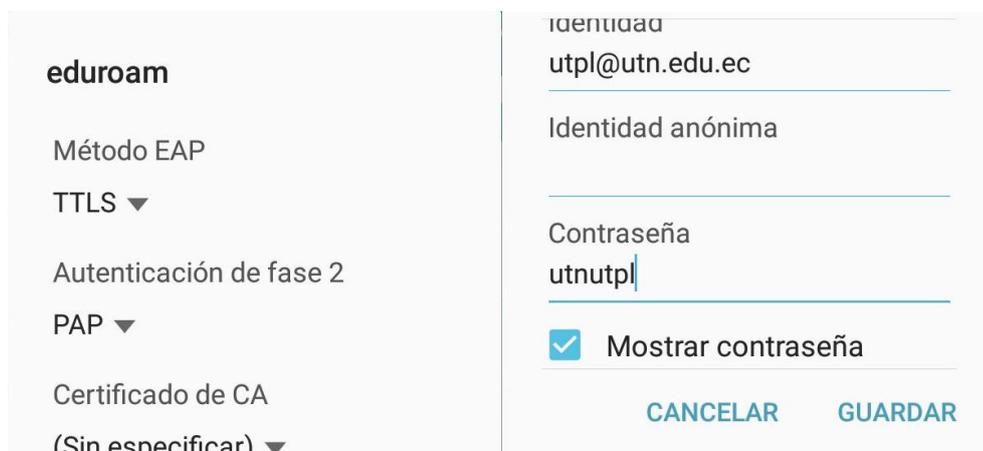


Figura 45.- Configuración de parámetros en Android de un usuario UTN en UTPL
Fuente: Dispositivo móvil Usuario UTPL

Una vez configurados correctamente los parámetros se procede a guardarlos, la configuración permitirá al usuario de la UTN conectarse automáticamente al servicio EDUROAM dentro del campus de la UTPL como se muestra en la Figura 46.



Figura 46.- Conexión exitosa al servicio EDUROAM dentro de la UTPL.
Fuente: Dispositivo móvil Usuario UTPL

De acuerdo a las pruebas realizadas tanto con usuarios locales como con usuarios externos a la institución se concluye que el servicio permite la conectividad en todos los campus de las instituciones que pertenezcan a la federación, de igual forma esto garantiza la correcta configuración del servidor institucional de la Universidad Técnica del Norte y la comunicación del mismo con el servidor federado de CEDIA.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones.

5.1. Conclusiones

Se implementó el servicio federado EDUROAM en la Universidad Técnica del Norte que garantiza la conectividad segura de los usuarios tanto en el campus local como en los campus de instituciones pertenecientes a la federación.

La Universidad Técnica del Norte cuenta con los equipos adecuados para una administración centralizada lo que facilita la implementación del servicio federado.

Debian en su versión 6.07 es el sistema operativo adecuado para albergar los servidores necesarios, además de ser compatible con el WLC de la Institución.

La jerarquía utilizada por la base de datos LDAP en el servidor FreeRadius permite clasificar y administrar adecuadamente los usuarios de la institución

El uso de certificados digitales proporciona a los usuarios mayor seguridad al momento de realizar su conexión con el servicio federado pues protege su navegación y mantiene a salvo sus credenciales.

Las pruebas realizadas garantizan la conexión de usuarios de la Universidad Técnica del Norte en los campus de las Instituciones pertenecientes al convenio, además demuestra la correcta federación entre servidores.

5.2. Recomendaciones

Previo a la implementación de un servicio inalámbrico se deben realizar un site survey en la institución para comprobar de cobertura y disponibilidad de los equipos.

En vista del inminente cambio de direccionamiento IPv4 a IPv6, se recomienda migrar el servidor para que trabaje bajo el nuevo protocolo.

Se debe realizar un análisis periódico de capacidad de usuarios de los equipos inalámbricos de la Institución, esto con el fin de dimensionar las conexiones diarias y semanales, con dichos datos se podrá solventar las peticiones de los futuros usuarios del servicio federado, además de administrar correctamente los equipos de la red inalámbrica para evitar su saturación, por lo que se recomienda crear políticas de conexión adecuadas para los usuarios.

Es recomendable reiniciar los servicios instalados durante la implementación con una frecuencia moderada, esto con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del servidor.

Actualizar la base de datos semestralmente, esto tomando en cuenta que en cada periodo ingresan alumnos nuevos a la institución, así como algunos la abandonan.

Para brindar el servicio EDUROAM en los campus exteriores de la Universidad Técnica del Norte los equipos instalados en dichas dependencias deben cambiar su configuración de Modo Autónomo a Modo Local

Glosario de Términos

AAA (Authentication, Authorization, Accounting): Corresponde a un tipo de protocolos que realizan tres funciones: autenticación, autorización y contabilización.

AP (Access Point): Punto de acceso inalámbrico, dispositivo de red que interconecta equipos de comunicación para formar una red inalámbrica que interconecta dispositivos móviles o tarjetas de red inalámbricas.

Autenticación: Proceso mediante el cual se comprueba la identidad de un usuario en la red.

BPS (Bits por Segundo): Unidad de medida que indica los bits por segundo transmitidos por un equipo.

Browser: Término aplicado normalmente a los programas que permiten acceder al servicio www.

Campus: Espacio físico que alberga algunos edificios que pertenecen a una institución.

Cliente: El cliente es el usuario final que realizará las peticiones de acceso con sus credenciales dotadas por la institución.

Dirección IP (Internet Protocol): Dirección única de un dispositivo en una red. Consiste de cuatro números hexadecimales entre 0 y 255 separados por un punto (ejemplo: 190.177.10.4).

DNS (Domain Name Server): Equipo encargado de la administración de la base de datos del sistema de nombres de dominio.

DSL (Digital Subscriber Line): Línea de abonado digital, tecnología que utiliza las líneas telefónicas existentes para transportar datos de ancho de banda elevado.

DSSS (Espectro ensanchado por secuencia directa): Método de codificación de canal en espectro ensanchado para transmisión de señales digitales sobre ondas radiofónicas

EAP (Extensible Authentication Protocol): Protocolo de autenticación de usuarios en RADIUS.

FCC (Federal Communications Commission): Ente regulador de las comunicaciones interestatales e internacionales.

FTP (File Transfer Protocol): Define los mecanismos y reglas para transferir archivos entre computadores en la red.

Gateway: Compuerta de intercomunicación que opera en las tres capas superiores del modelo OSI. Se selecciona un Gateway cuando se tienen que interconectar sistemas construidos con bases en diferentes arquitecturas de comunicación.

GeGC (Global EDUROAM Governance Committee): Organismo encargado de regular todo en cuanto se refiere a la estructura de EDUROAM.

GNU: Es un sistema operativo libre que fue diseñado para ser compatible con UNIX, sistema operativo que no es libre.

HTML (HyperText Markup Language): Lenguaje utilizado para la creación de documentos de hipertexto e hipermedia, además es el estándar utilizado en el world wide web.

HTTP (HyperText Transport Protocol): Protocolo para transferir archivos o documentos de hipertexto a través de la red basado en una arquitectura cliente/servidor.

IAAP (Inter-Access Point Protocol): Recomendación que describe una extensión opcional a IEEE 802.11 que proporciona comunicaciones de punto de acceso inalámbrico entre sistemas.

Internet: Sistema mundial de redes de computadoras interconectadas, llamado en un inicio ARPAnet y pensada para cumplir funciones de investigación.

IEEE (Institute of Electric and Electronic Engineers): Asociación mundial de profesionales encargados de definir las normas para estándares de comunicación.

ISM (Industrial, Scientific and Medical): Bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial.

LAN (Local Area Network): Red que conecta los ordenadores en un área relativamente pequeña y predeterminada.

LDAP (Lightweight Directory Access Protocol): Protocolo Ligero/Simplificado de Acceso a Directorios, hace referencia a un protocolo a nivel de aplicación que permite el acceso a un servicio de directorio ordenado y distribuido para buscar diversa información en un entorno de red.

LINUX: Versión shareware del conocido sistema operativo Unix, de acceso libre.

MAC: Identificador de 48 bits o 6 bloques hexadecimales que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red.

MIMO (Multiple In Multiple Out): Se refiere específicamente a la forma como son manejadas las ondas de transmisión y recepción en antenas para dispositivos inalámbricos como enrutadores.

Navegador: Visualizador especial que permite el hipertexto y la conexión a los servidores web.

OFDM (Modulación por división de frecuencias ortogonales): Método de modulación más empleado en la actualidad en sistemas inalámbricos.

OSI: Marco de referencia para definir arquitecturas de red en la interconexión de sistemas de comunicaciones.

Proxy: Servidor conectado normalmente al servidor de acceso a la www, almacena toda la información que los usuarios reciben de la web, por lo tanto, si un usuario accede nuevamente a un sitio visitado, recibirá la información del servidor proxy en lugar del servidor real.

Puerto: En internet se refiere a la parte de un URL que va inmediatamente después de un nombre de dominio y que esta precedido por los dos puntos (:).

QoS (Quality of Service): Calidad de Servicio, definido como el conjunto de tecnologías que garantiza la transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo determinado a uno o varios dispositivos.

RHEL (Red Hat Enterprise Linux): Compañía responsable de la creación y mantenimiento de una distribución del sistema operativo GNU/Linux.

Sistema Operativo: Es todo aquel que se utiliza para la operación de redes digitales de cómputo, como, por ejemplo: Windows, Linux, Android, iOS, entre otros.

Software: Conjunto de instrucciones lógicas diseñadas para el funcionamiento computacional.

SSH (Secure SHell): Mecanismo de acceso remoto a servidores y computadoras a través de la red.

TERENA (Trans-European Research and Education Networking Association): Asociación sin fines de lucro que tiene por objetivo promover y desarrollar infraestructuras de redes internacionales de alta calidad para apoyar la investigación y la educación europeas.

VoIP (Voz sobre IP): Categoría de hardware y software que permite a la gente utilizar Internet como medio de transmisión de llamadas telefónicas.

VPN (Virtual Private Network): es una tecnología de red que se utiliza para conectar una o más computadoras a una red privada utilizando Internet.

WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments): Estandarización de un grupo de protocolos de acceso inalámbrico en entornos vehiculares, llevada a cabo por un grupo de trabajo del IEEE.

WLC (Wireless LAN Controller): Dispositivo que centraliza la administración y asume las funciones tradicionales de los puntos de acceso, tales como asociación o autenticación de los clientes de red inalámbrica.

X.500: Estándar que define el acceso a una LDAP en cualquier parte del mundo.

Referencias Bibliográficas

- Andreu, F., Pellejero, I., & Lesta, A. (2006). *Redes WLAN Fundamentos y aplicaciones de seguridad*. Barcelona: Marcombo.
- Baig Viñas, R., & Aulí Linás, F. (2003). *Sistema operativo GNU/Linux básico*. Barcelona: Eureka Media, SL.
- Bernal, I. (2005). *Comunicaciones Inalámbricas Generalidades de WLAN*. Quito. Recuperado el 21 de noviembre de 2015
- CCM. (2015). *CCM*. Recuperado el 21 de noviembre de 2015, de <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>
- CEDIA. (18 de mayo de 2015). *CEDIA, RED NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y EDUCACIÓN DEL ECUADOR*. Obtenido de <https://www.cedia.org.ec/conectividad/eduroam>
- CentOS. (2015). *CentOS*. Recuperado el 21 de noviembre de 2015, de <https://www.centos.org/about/>
- CISCO. (18 de Septiembre de 2014). *CISCO*. Obtenido de http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/103/1030/1030066_wlc_faq.html
- Cisco. (2016). *Cisco*. Recuperado el 17 de agosto de 2016, de <http://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/access-points/index.html>
- Definiciones.de. (2008). *Definiciones.de*. Recuperado el 20 de julio de 2015, de <http://definicion.de/red-inalambrica/>
- eduroam. (18 de mayo de 2012). *eduroam*. Recuperado el 5 de septiembre de 2015, de https://www.eduroam.org/downloads/docs/GN3-12-194_eduroam-policy-%20for-signing_ver2%204_1_18052012.pdf
- GlosarioIT. (2003-2015). *Glosario Informático*. Recuperado el 5 de septiembre de 2015, de <http://www.glosarioit.com/#!FreeRadius>
- Graniel Andrade, A. H. (2010). *Generalidades de las redes inalámbricas de área local y su interfaz con las redes alámbricas 2*. COLEGIO DE ESTUDIOS CIENTIFICOS Y TECNOLOGICOS DEL ESTADODE QUINTANA ROO, Quintana ROO. Recuperado el 15 de julio de 2015, de <http://www.scribd.com/doc/28060398/Generalidades-de-las-redes-inalambricas-de-area-local-y-su-interfaz-con-las-redes-alambricas-2#scribd>
- gsmSpain. (1996 - 2015). *gsmSpain.com*. Recuperado el 26 de agosto de 2015, de <http://www.gsmSpain.com/glosario/?palabra=WLAN>
- IEEE. (2011). *Estandar de analisis de requerimientos para desarrollo de software*. Recuperado el 23 de noviembre de 2015

- Kioseka. (julio de 2014). *CCM Benchmark*. Recuperado el 26 de agosto de 2015, de <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>
- Martínez, P. F. (s.f.). *dns.bdst.net*. Recuperado el 22 de marzo de 2016, de http://www.bdat.net/seguridad_en_redes_inalambricas/x80.html
- Matthew, S. G. (2006). *Redes Wireless 802.11* (Vol. 2). Madrid: Anaya Multimedia, S.A. Recuperado el 27 de abril de 2016
- Moderna, I. (2008). *Informática Moderna*. Recuperado el 19 de abril de 2015, de http://www.informaticamoderna.com/Acces_point.htm
- Quiroz Arroyo, J. L. (12 de julio de 2013). *www.elcira.eu*. Obtenido de http://elcira.eu/docs/Jose_Luiz_Quiroz_CF.pdf
- Red REUNA, C. y. (2015). *REUNA Ciencia y Educación en Red*. (J. C., Ed.) Recuperado el 26 de junio de 2016, de http://www.reuna.cl/phocadownload/servicios/eduroam/requisitos_tecnicos_institucion.pdf
- RedHat. (2005). *Red Hat Enterprise Linux 4*. Recuperado el 21 de noviembre de 2015, de <http://web.mit.edu/rhel-doc/4/RH-DOCS/rhel-rg-es-4/index.html>
- RedIRIS. (26 de julio de 2015). *eduroam*. Obtenido de <https://www.eduroam.es/>
- Rinuex. (20 de mayo de 2015). *Rinuex, Universidad de Extremadura*. Obtenido de <http://rinuex.unex.es/modules.php?op=modload&name=Textos&file=index&serid=42>
- Ruilova Campoverde, D. R. (3 de diciembre de 2013). *SlideShare*. Recuperado el 9 de septiembre de 2015, de <http://es.slideshare.net/davidrafaelruilovacampoverde/8021x-28867445>
- Smaldone, J. (2006). *javier smaldonde Sitio personal*. Recuperado el 02 de agosto de 2015, de <http://www.smaldone.com.ar/profesional/linux.shtml>
- Universitat Politècnica de Catalunya. (16 de abril de 2015). *Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona Tech*. Recuperado el 12 de septiembre de 2015, de UPCnet: <https://upcnet.upc.edu/serveis/servidors-i-xarxes/gestio-de-xarxes/xarxes-sense-fils-upc-eduroam/xf-upc-eduroam-la-red-sin-hilos-de-la-upc>
- USERshop. (22 de febrero de 2013). *RedUSERS Comunidad de Tecnología*. Recuperado el 5 de septiembre de 2015, de <http://www.redusers.com/noticias/seguridad-en-redes-autenticacion-con-servidores-aaa/>
- UTPL. (s.f.). *UTPL eduroam*. Recuperado el 21 de noviembre de 2015, de <http://www.utpl.edu.ec/eduroam/>

ANEXOS

ANEXO A

El presente anexo identifica por dependencia los mapas de cobertura de los equipos inalámbricos instalados en la Universidad Técnica del Norte tomados desde el software Cisco Prime Infrastructure de la misma Institución.

La Figura 47 representa la escala de cobertura de cada equipo, siendo el color rojo representativo de una óptima señal, y en su opuesto el color azul representativo de una pésima señal.



Figura 47.- Escala de color representativa de Cobertura para los Mapas.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

De la Figura 48 a la Figura 51 se representa la cobertura de la señal de los Access Point instalados en cada planta de la FACAE.



Figura 48.-Cobertura de señal Planta Baja, FACAE.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

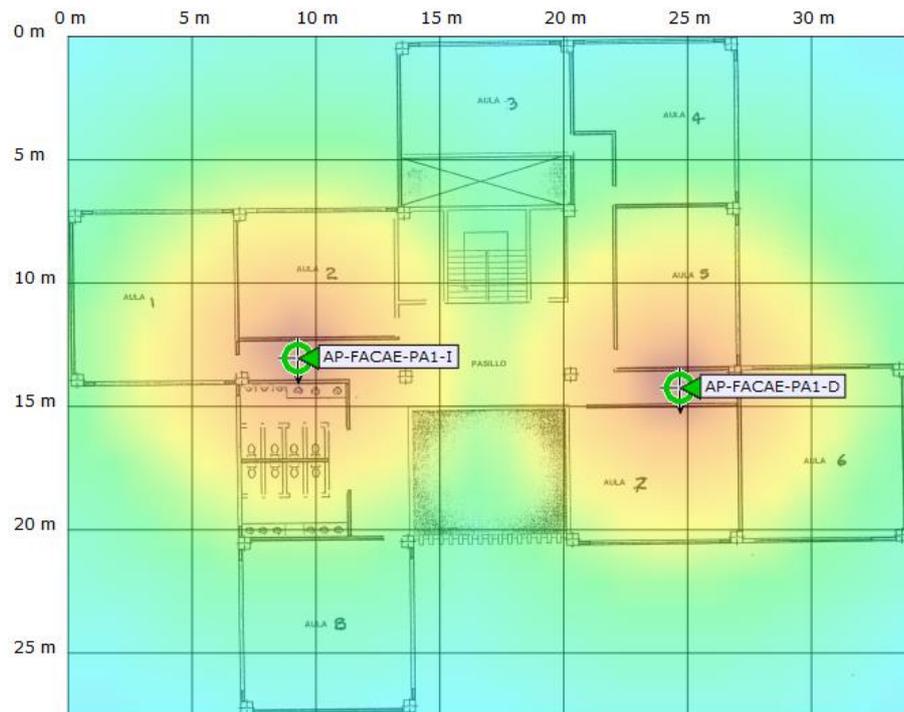


Figura 49.- Cobertura de la señal Planta Alta 1, FACAE.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

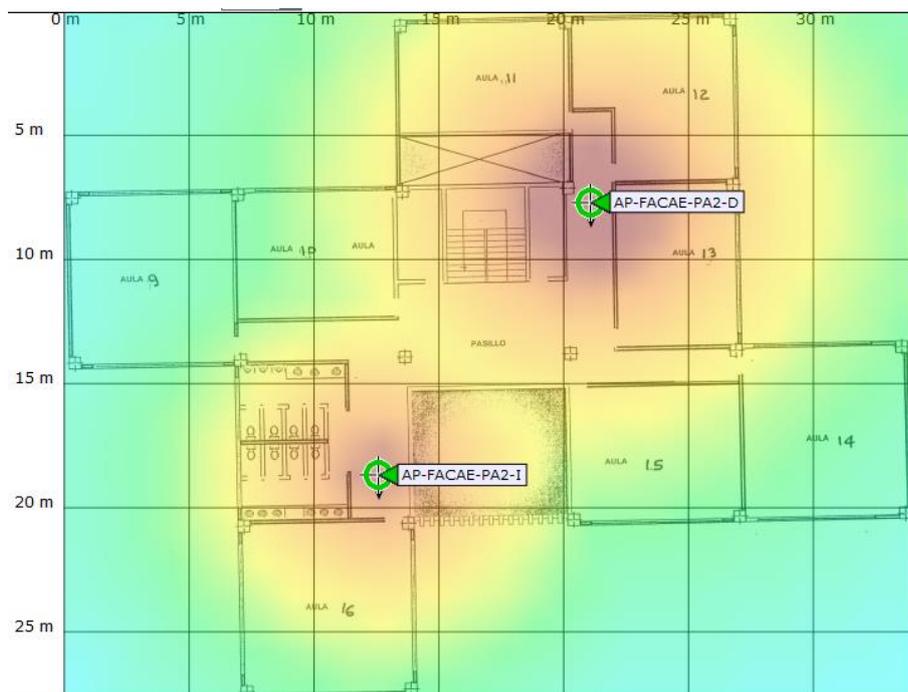


Figura 50.- Cobertura de la señal Planta Alta 2, FACAE.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

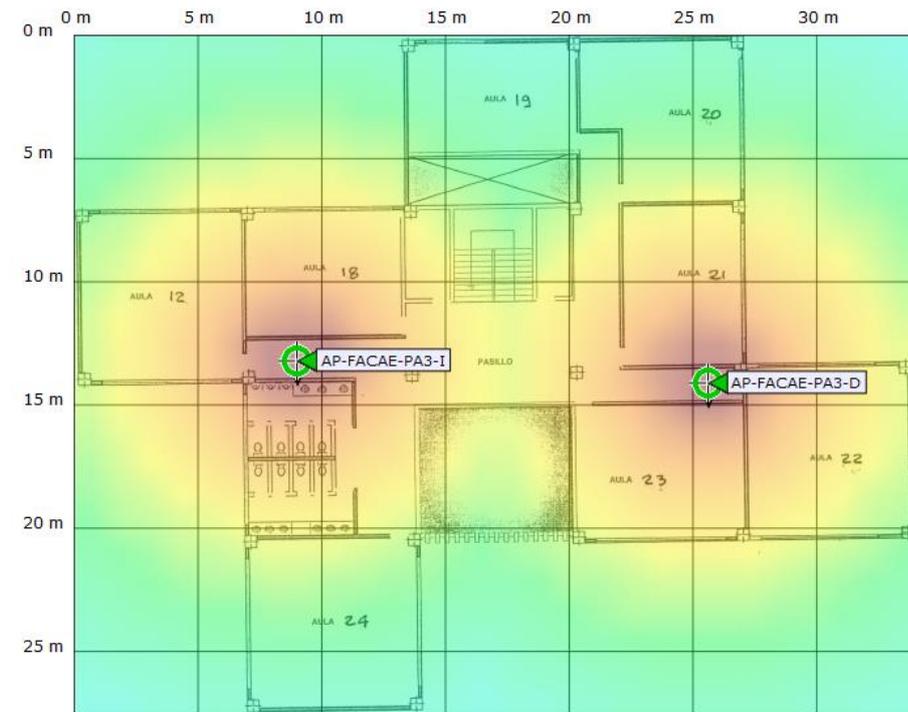


Figura 51.- Cobertura de la señal Planta Alta 3, FACAE.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

De la Figura 52 a la Figura 55 se representa la cobertura de la señal de los Access Point instalados en cada planta de la FECYT.

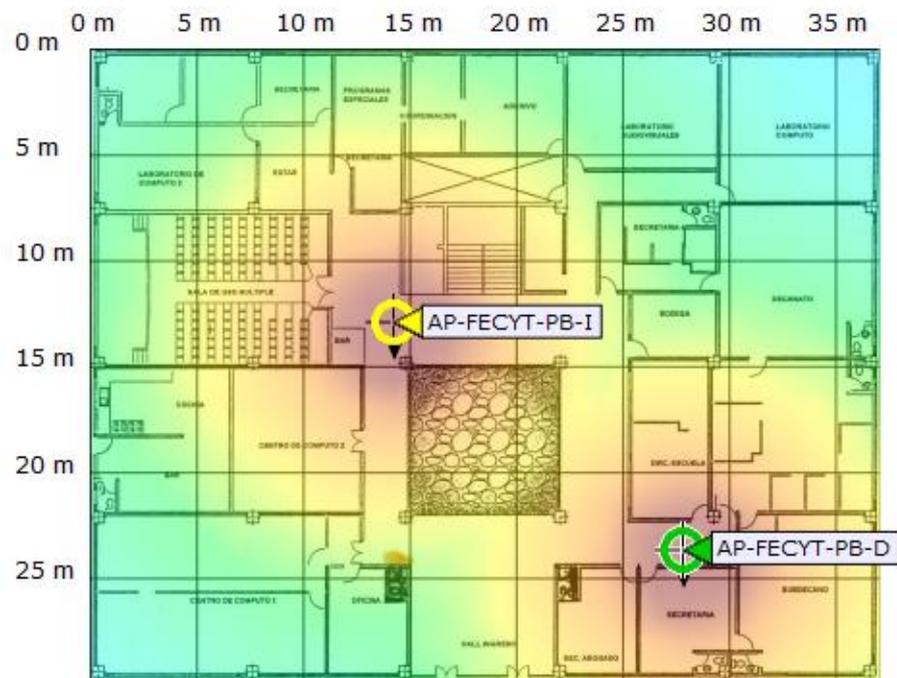


Figura 52.- Cobertura de la señal Planta Baja, FECYT.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

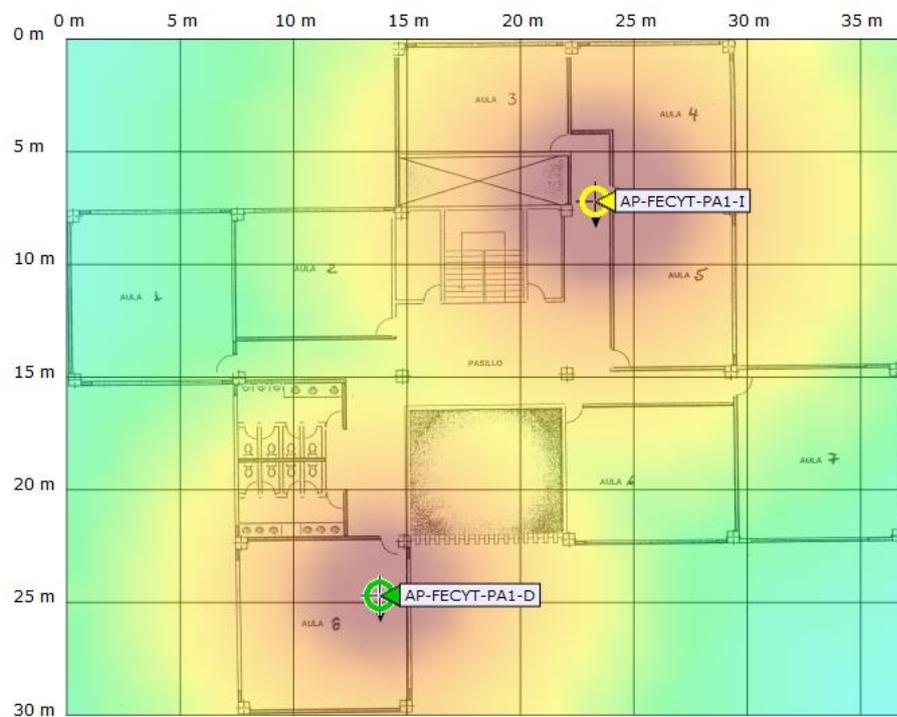


Figura 53.- Cobertura de la señal Planta Alta 1, FECYT.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

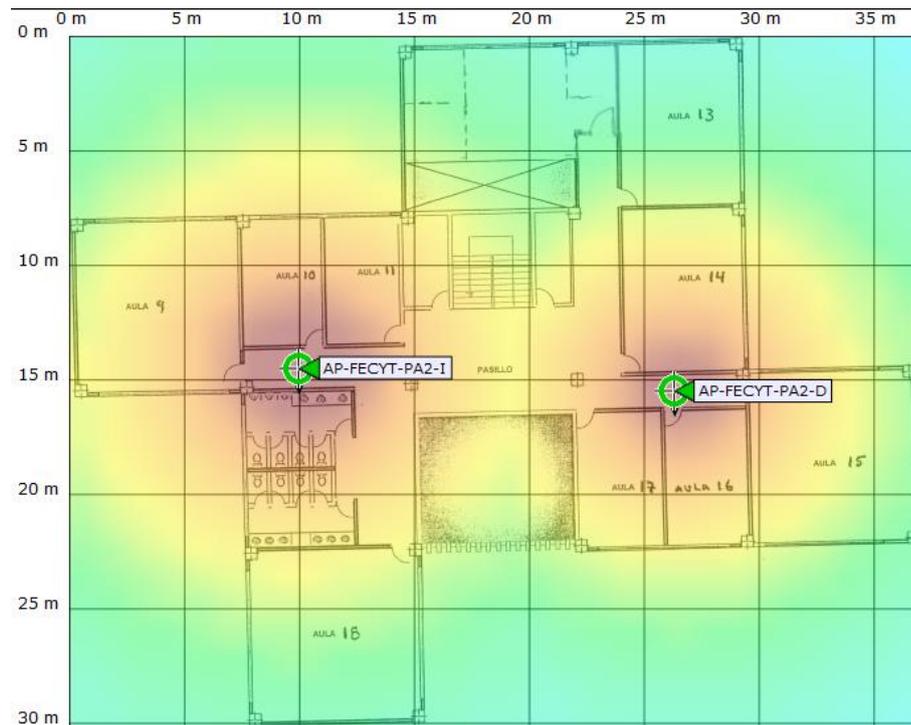


Figura 54.- Cobertura de la señal Planta Alta 2, FECYT.

Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

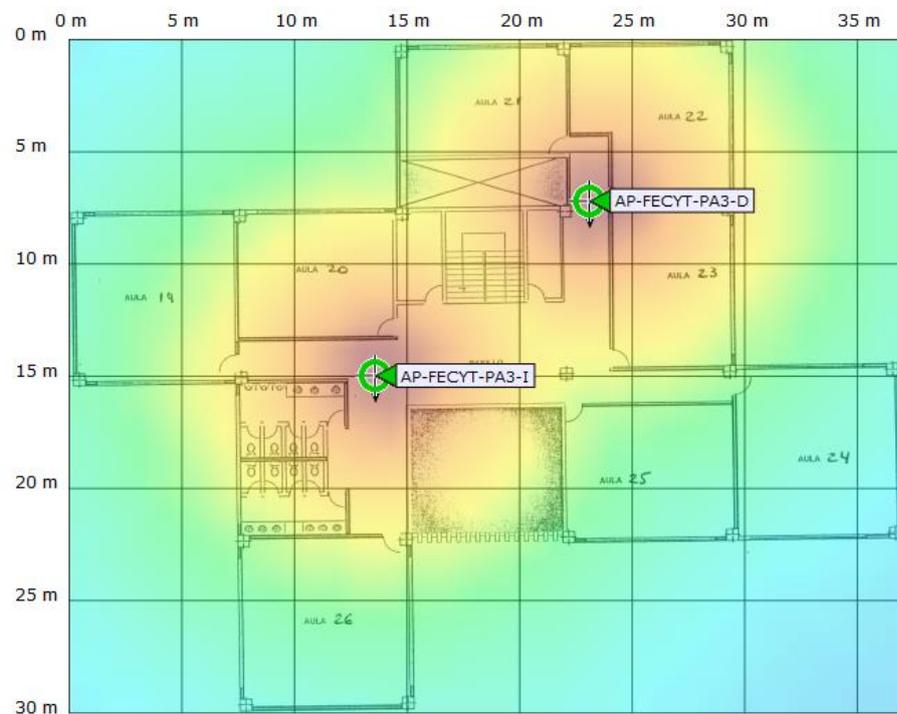


Figura 55.- Cobertura de la señal Planta Alta 3, FECYT.

Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

De la Figura 56 a la Figura 59 se representa la cobertura de la señal de los Access Point instalados en cada planta de la FICAYA.

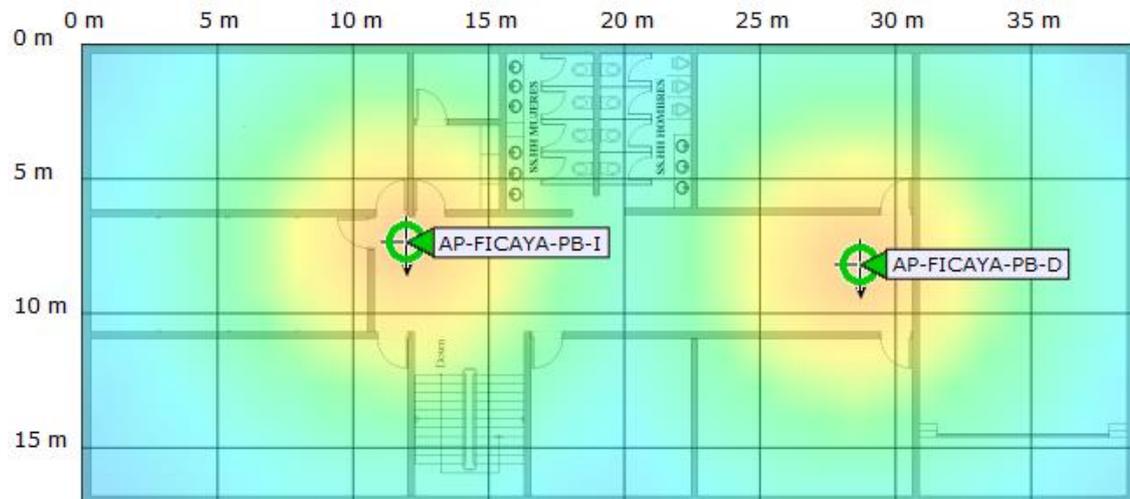


Figura 56.- Cobertura de la señal Planta Baja, FICAYA.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

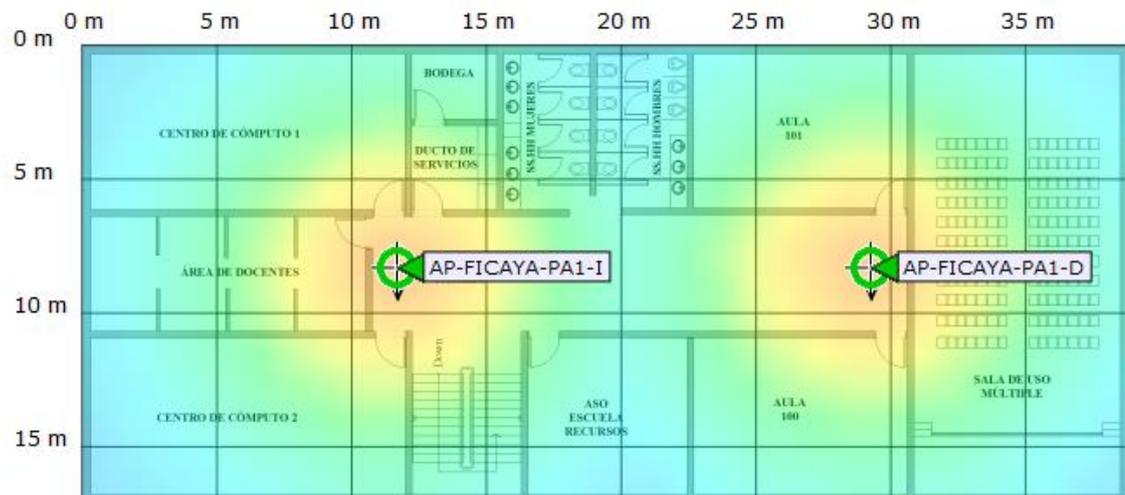


Figura 57.- Cobertura de la señal Planta Alta 1, FICAYA.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

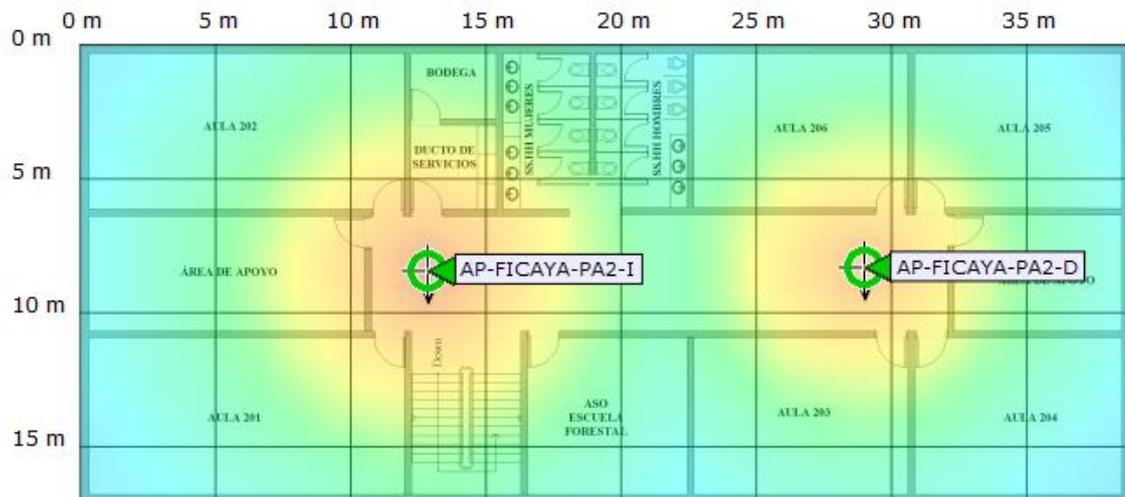


Figura 58.- Cobertura de la señal Planta Alta 2, FICAYA.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

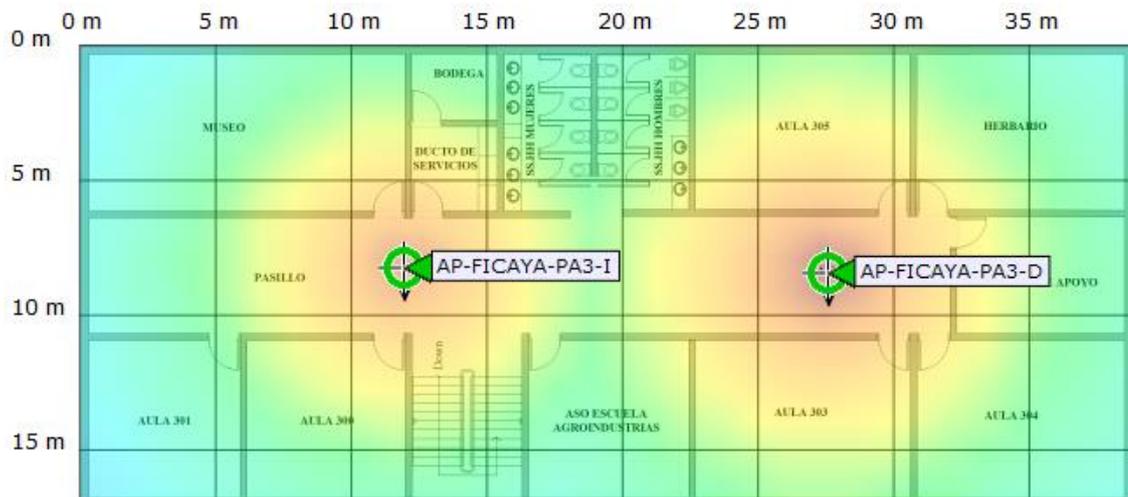


Figura 59.- Cobertura de la señal Planta Alta 3, FICAYA.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

De la Figura 60 a la Figura 64 se representa la cobertura de la señal de los Access Point instalados en cada planta de la FCCSS.



Figura 60.- Cobertura de la señal Planta Baja, FCCSS.

Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.



Figura 61.- Cobertura de la señal Planta Alta 1, FCCSS.

Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.



Figura 62.- Cobertura de la señal Planta Alta 2, FCCSS.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.



Figura 63.- Cobertura de la señal Planta Alta 3, FCCSS.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

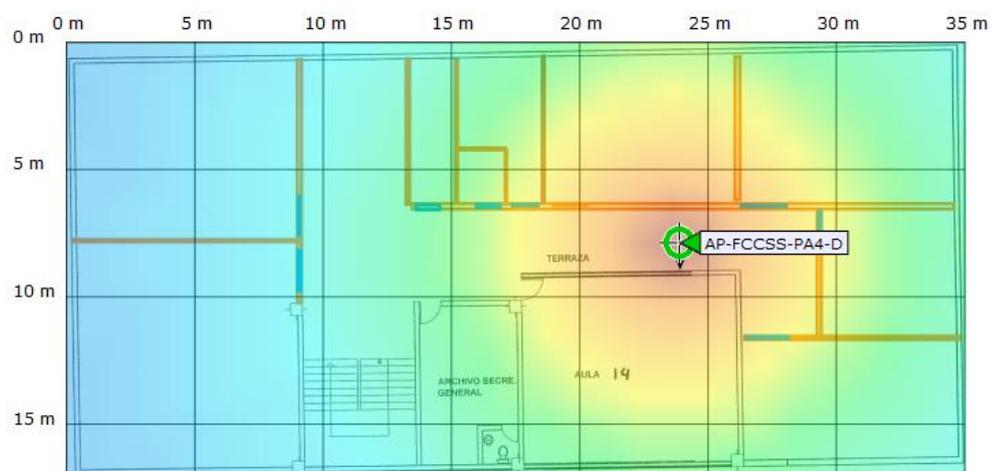


Figura 64.- Cobertura de la señal Planta Alta 4, FCCSS.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

De la Figura 65 a la Figura 69 se representa la cobertura de la señal de los Access Point instalados en cada planta del CAI.

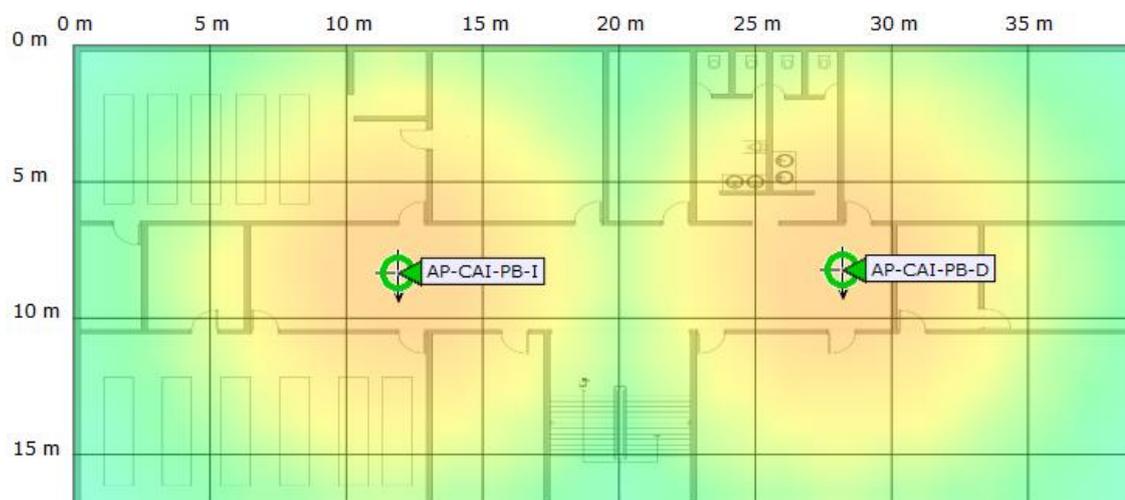


Figura 65.- Cobertura de la señal Planta Baja, CAI.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

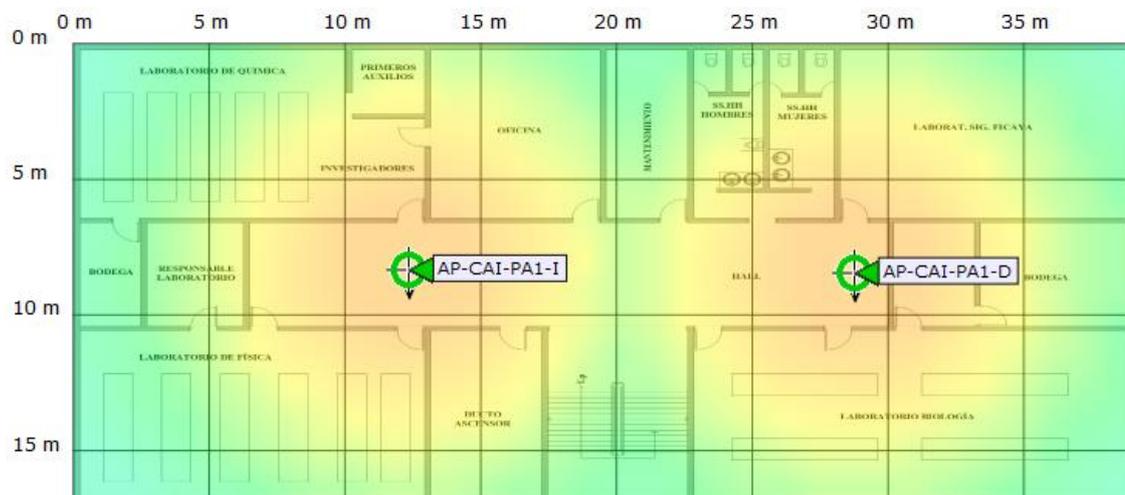


Figura 66.- Cobertura de la señal Planta Alta 1, CAI.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

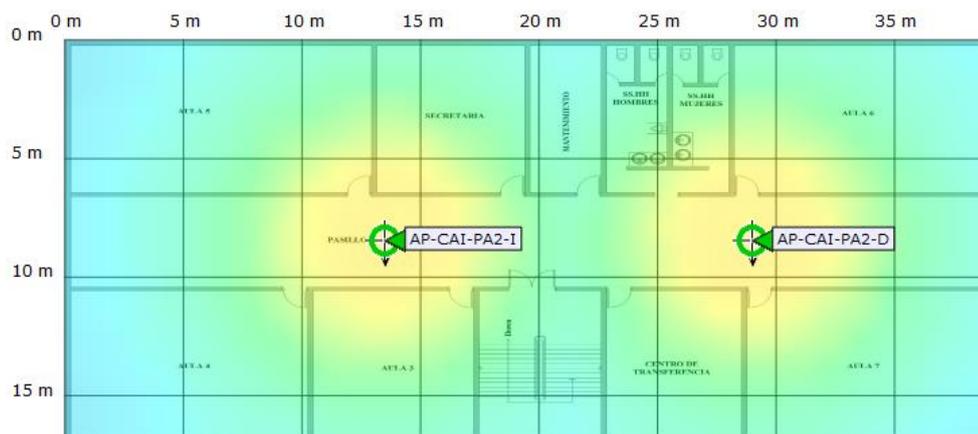


Figura 67.- Cobertura de la señal Planta Alta 2, CAI.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

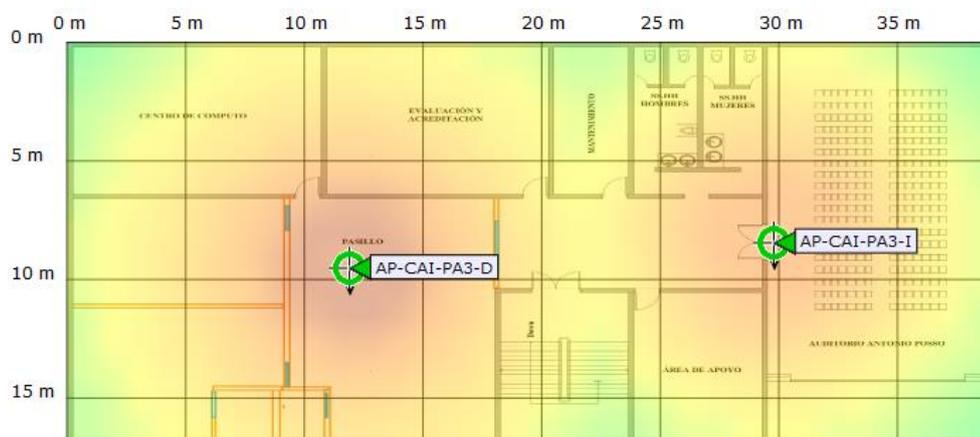


Figura 68.- Cobertura de la señal Planta Alta 3, CAI.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

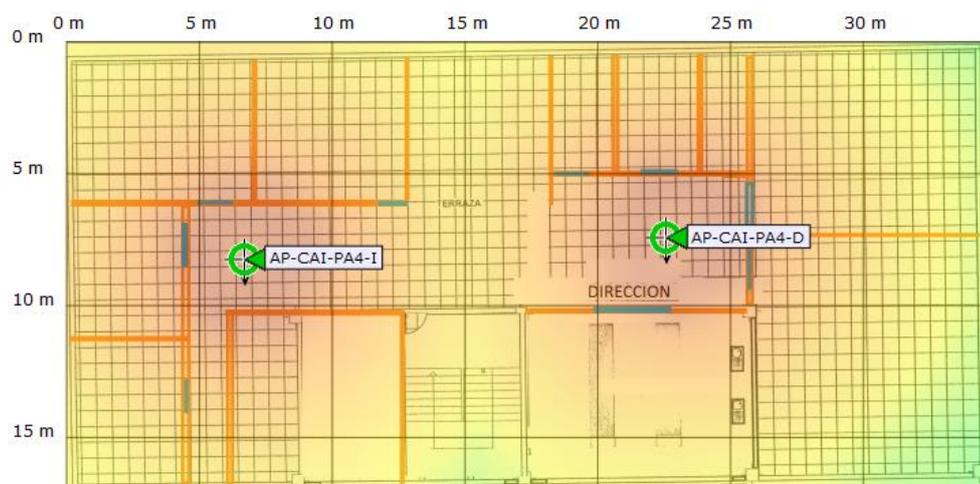


Figura 69.- Cobertura de la señal Planta Alta 4, CAI.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

De la Figura 70 a la Figura 72 se representa la cobertura de la señal de los Access Point instalados en cada planta de Postgrados.

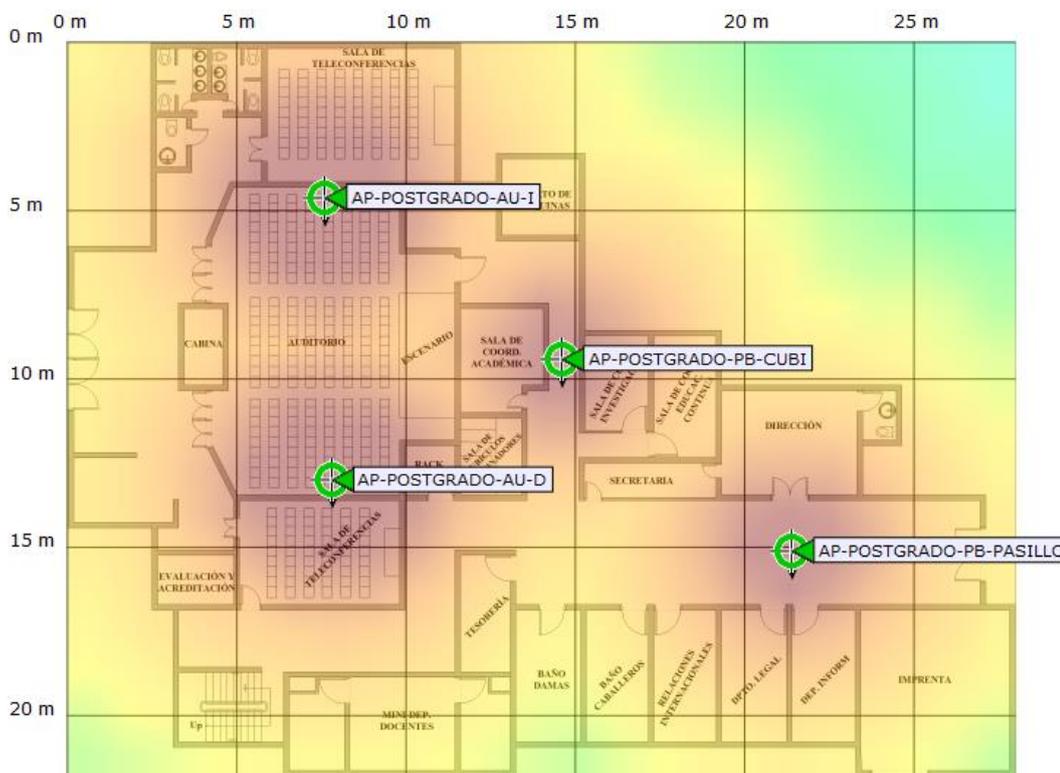


Figura 70.- Cobertura de la señal Planta Baja y Auditorios Postgrado.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.



Figura 71.- Cobertura de la señal Planta Alta 1, Postgrado.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.



Figura 72.- Cobertura de la señal Planta Alta 1, Postgrado.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

De la Figura 73 a la Figura 76 se representa la cobertura de la señal de los Access Point instalados en cada planta de Bienestar Universitario.



Figura 73.- Cobertura de la señal Planta Baja, Bienestar Universitario.

Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.



Figura 74.- Cobertura de la señal Planta Alta 1, Bienestar Universitario.

Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.



Figura 75.- Cobertura de la señal Planta Alta 2, Bienestar Universitario.
 Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

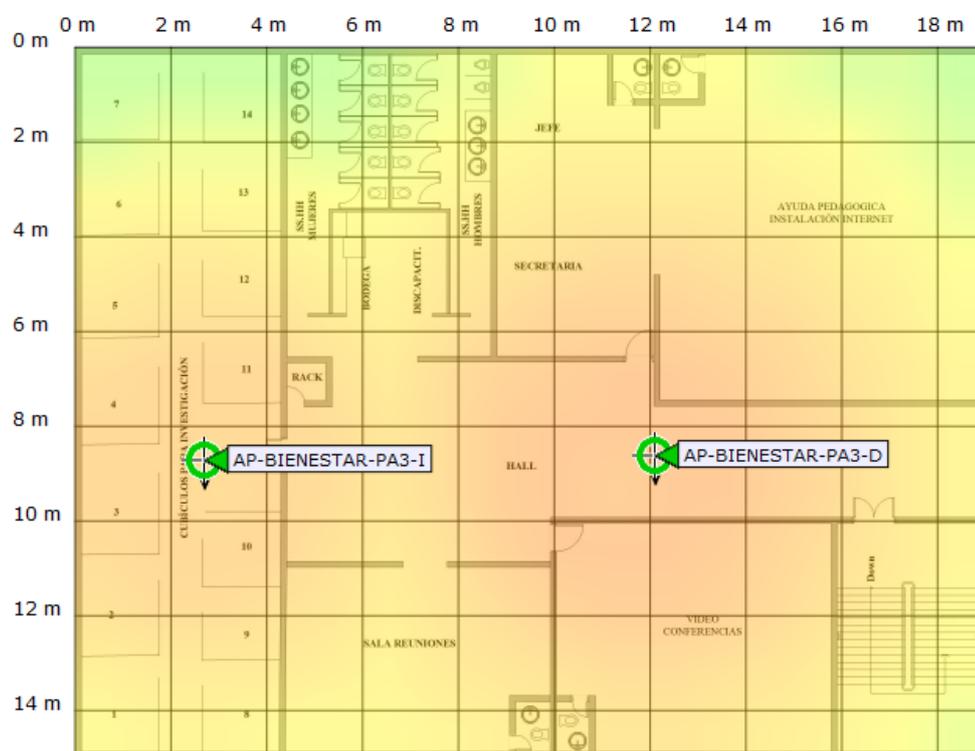


Figura 76.- Cobertura de la señal Planta Alta 3, Bienestar Universitario.
 Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

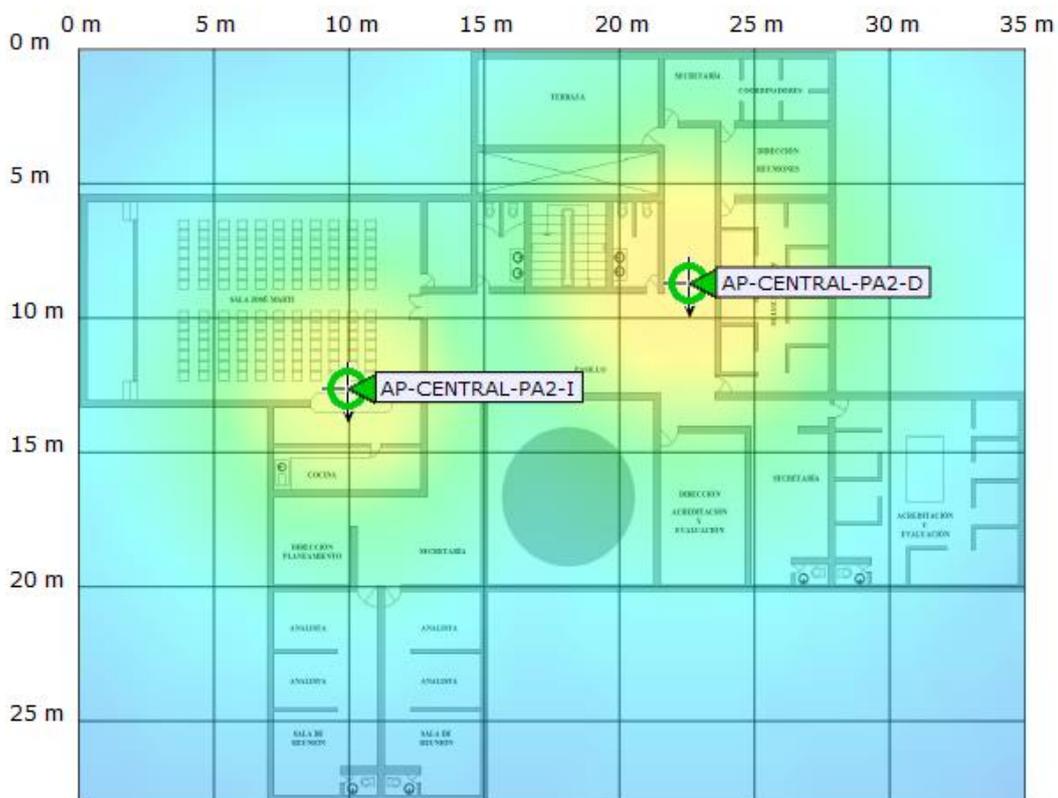


Figura 79.- Cobertura de la señal Planta Alta 2, Planta Central.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

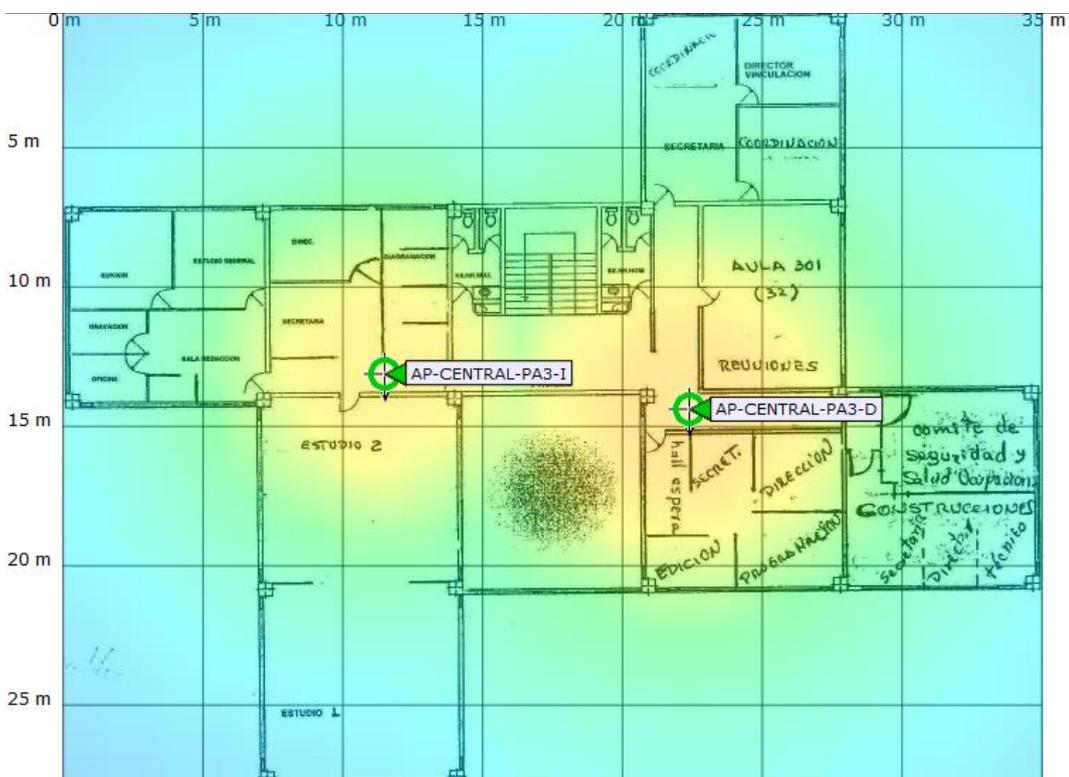


Figura 80.- Cobertura de la señal Planta Alta 3, Planta Central.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

La Figura 81 representa la cobertura de la señal de los Access Point instalados en el Auditorio Agustín Cueva.

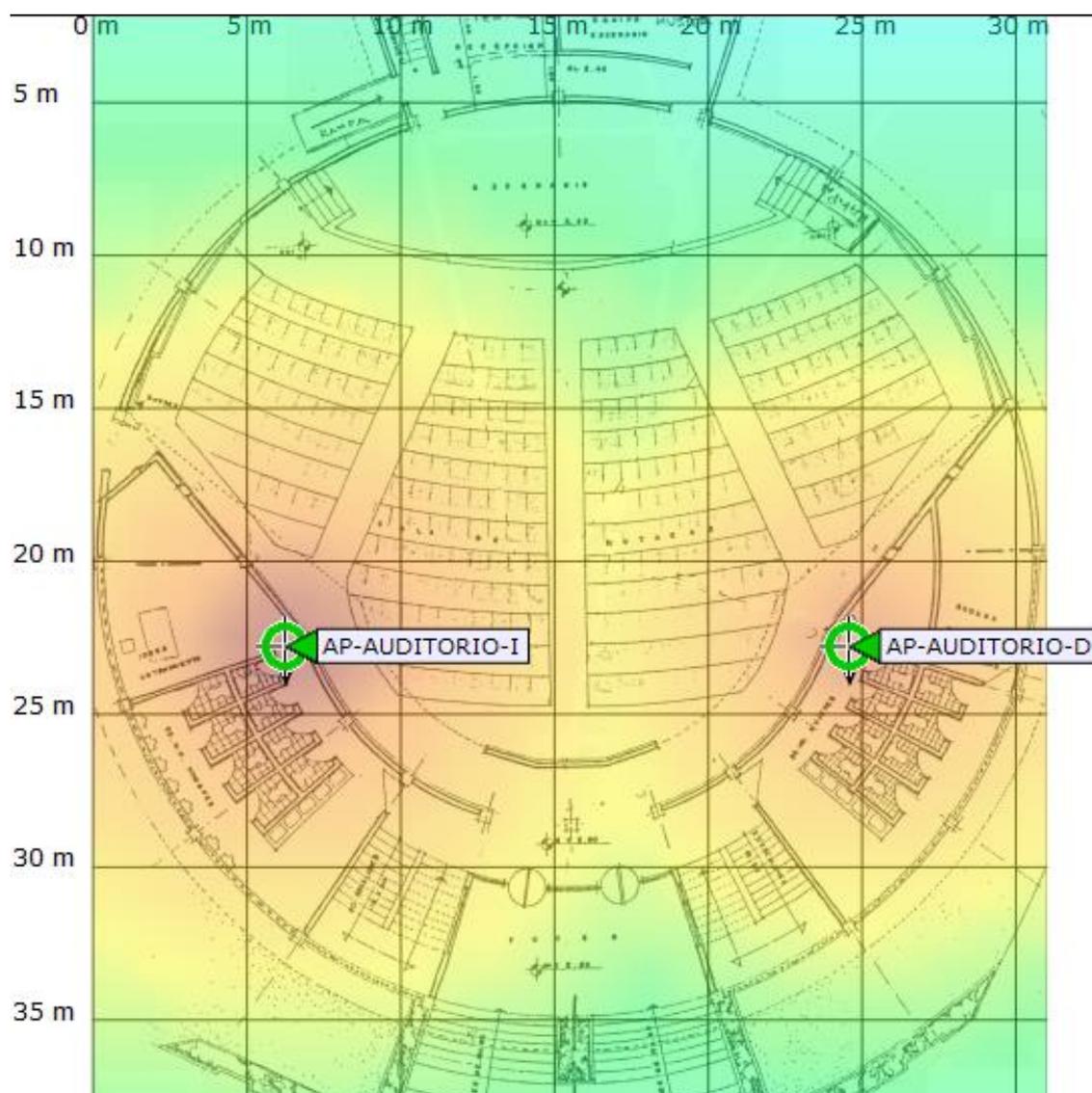


Figura 81.- Cobertura de Señal AUDITORIO AGUSTIN CUEVA.

Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

La Figura 82 representa la cobertura de la señal de los Access Point instalados en el Complejo Acuático.

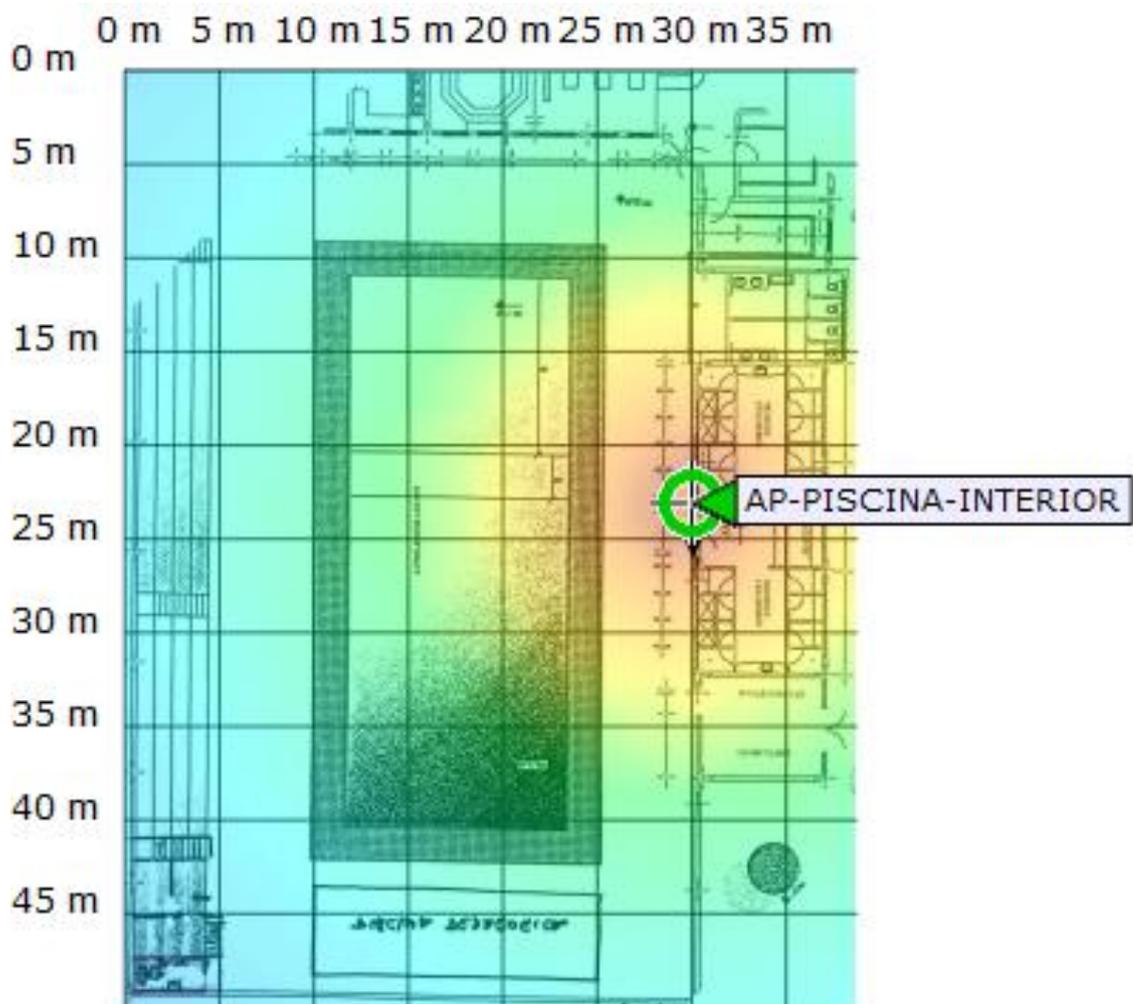


Figura 82.- Cobertura de Señal dentro del Complejo Acuático.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

De la Figura 83 a la Figura 86 se representa la cobertura de la señal de los Access Point instalados dentro del Polideportivo.

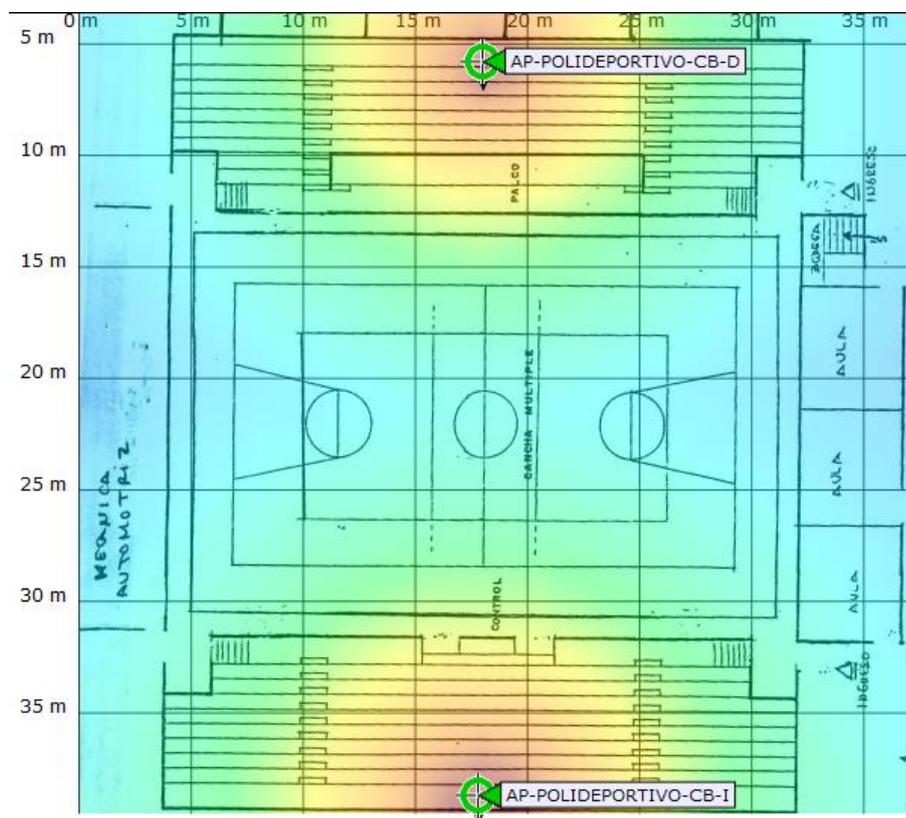


Figura 83.- Cobertura de Señal dentro de la cancha del Polideportivo.

Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

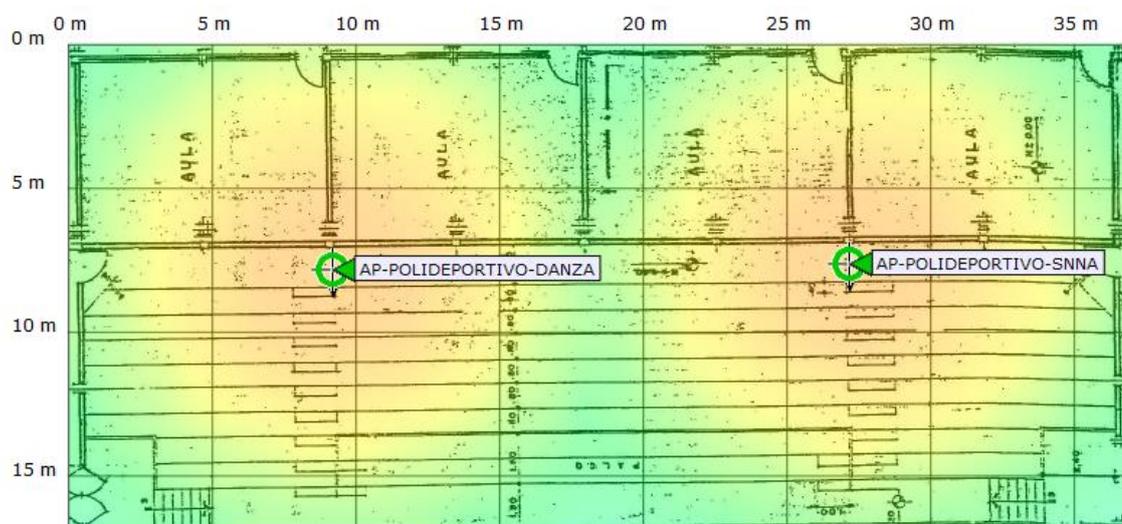


Figura 84.- Cobertura de Señal en Aula de Danza y Oficinas del SNNA, Polideportivo.

Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

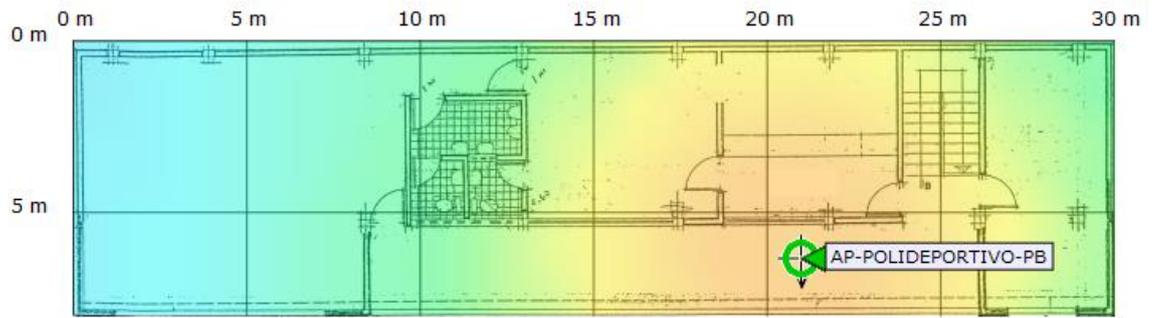


Figura 85.- Cobertura de Señal Planta Baja, Polideportivo.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

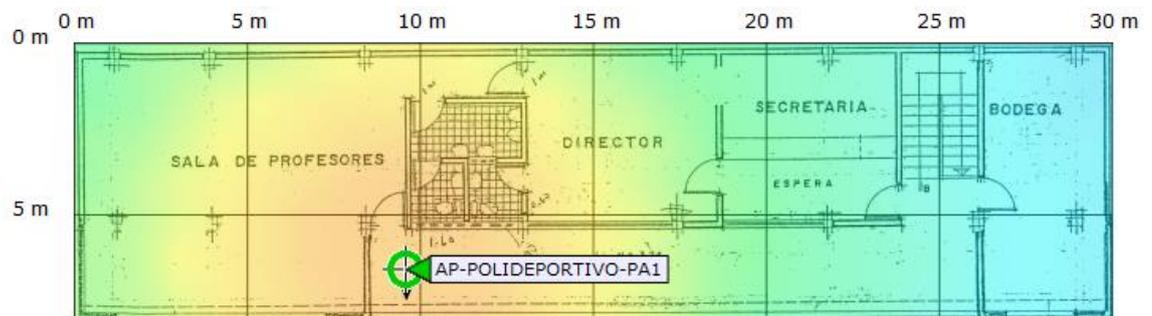


Figura 86.- Cobertura de Señal oficinas administrativas, Polideportivo.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

La Figura 87 representa la cobertura de la señal de los Access Point instalados dentro del Gimnasio.

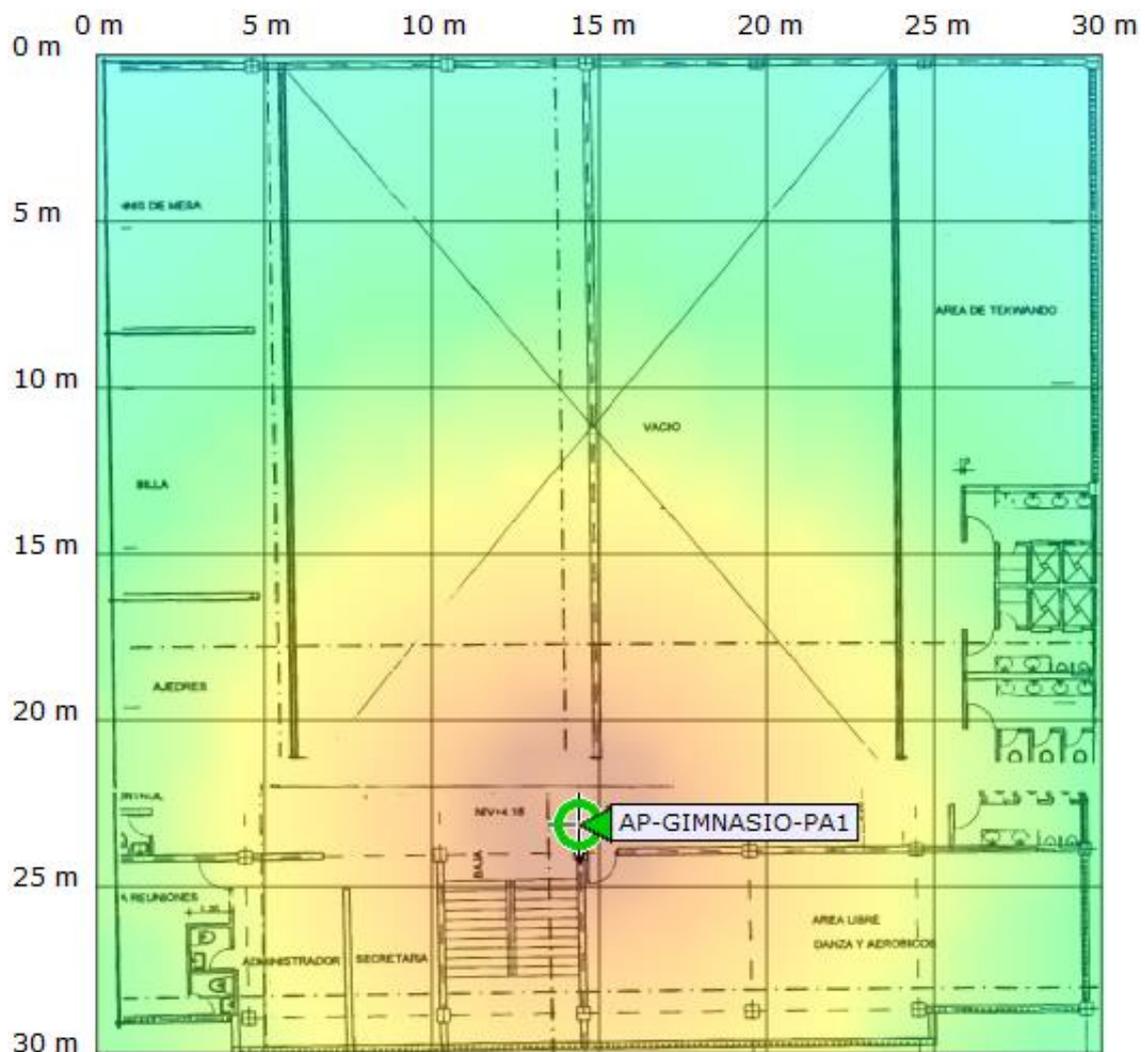


Figura 87.- Cobertura Señal interior GIMNASIO.
Fuente: Software Cisco Prime Infrastructure UTN.

ANEXO B

El siguiente anexo muestra el proceso de instalación y configuración del servidor FreeRadius, la base de datos LDAP, Schema y la unificación de la base de datos con phpLDAPadmin

CONFIGURACIONES BÁSICAS.

1. Configuración de tarjeta de red, el comando **vi /etc/network/interfaces** permite el acceso al fichero donde se editarán los parámetros de los interfaces de red como se muestra en el código de la Figura 88

```
##### INTERFACES DE RED #####
# The loopback network interface
auto lo
iface lo inet loopback

# The primary network interface
allow-hotplug eth0
iface eth0 inet static
    address 10.24.8.8
    netmask 255.255.255.0
    network 10.24.8.0
    broadcast 10.24.8.255
    gateway 10.24.8.1
    dns-nameservers 172.16.1.254
    dns-search utn.edu.ec

#####
```

*Figura 88.- Fichero de configuración de interfaces de red.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.*

2. Configuración de repositorios de debian, el comando **vi /etc/apt/sources.list** permite el acceso al fichero donde se ingresará la lista de repositorios como se muestra en el código de la Figura 89.

```
##### REPOSITARIOS DEBIAN #####
deb http://security.debian.org/ squeeze/updates main
deb-src http://security.debian.org/ squeeze/updates main
deb http://ftp.debian.org/debian/ squeeze-updates main
deb-src http://ftp.debian.org/debian/ squeeze-updates main
deb http://ftp.debian.org/debian/ squeeze main
deb-src http://ftp.debian.org/debian/ squeeze main

#####
```

*Figura 89.- Repositorios Debian.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.*

3. Creamos las reglas de FIREWALL, el comando **vi /etc/init.d/iptables.sh** permite al administrador crear un fichero ejecutable con las líneas de código de IP Tables como se muestra en la Figura 90.

```
##### IP TABLES #####

##### FICAS #####

iptables -X
iptables -F
iptables -Z

##### TICAS POR DEFECTO DROP #####

iptables -P INPUT DROP
iptables -P OUTPUT DROP
iptables -P FORWARD DROP

#####
#### ACCESO TOTAL PARA LA RED INTERNA (localhost) ####
#####

iptables -A INPUT -i lo -j ACCEPT
iptables -A OUTPUT -o lo -j ACCEPT

#####

#iptables -A INPUT -i eth0 -j ACCEPT
#iptables -A OUTPUT -o eth0 -j ACCEPT

#####
##### ACCESO REMOTO SSH #####
#####

iptables -A INPUT -i eth0 -p tcp --dport 22 -j ACCEPT
iptables -A OUTPUT -o eth0 -p tcp --sport 22 -m state --state ESTABLISHED,RELATED -j ACCEPT

#####
#### PERMITIR EL PROTOCOLO ICMP (PING)
#####

iptables -A INPUT -i eth0 -p icmp -j ACCEPT
iptables -A OUTPUT -o eth0 -p icmp -j ACCEPT

#####
#### PERMITIMOS HACER FORWARD DE PAQUETES EN EL FIREWALL ####
#### LAS MAQUINAS PUEDEN SALIR A TRAVÉS DEL FIREWALL ####
#####

echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward

echo "LISTO. Verificar las reglas aplicadas con: iptables -nL -v"

#####
```

Figura 90.- Fichero ejecutable con IP Tables para la seguridad del Servidor.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

ACTUALIZACION DEL SISTEMA OPERATIVO

4. Ejecutar el comando **apt-get update** el cual permite validar los repositorios ingresados anteriormente, el proceso de actualización se muestra en la Figura 91.

```

Ign http://httpredir.debian.org/debian/ wheezy-updates/main Translation-en
Ign http://httpredir.debian.org/debian/ wheezy-updates/main Translation-es
Ign http://httpredir.debian.org/debian/ wheezy-updates/non-free Translation-en
Ign http://httpredir.debian.org/debian/ wheezy-updates/non-free Translation-es
Des:3 http://httpredir.debian.org wheezy-updates Release.gpg [1554 B]
Ign http://security.debian.org wheezy/updates/main Sources
Ign http://security.debian.org wheezy/updates/contrib Sources
Ign http://security.debian.org wheezy/updates/non-free Sources
Ign http://security.debian.org wheezy/updates/main amd64 Packages
Ign http://security.debian.org wheezy/updates/contrib amd64 Packages
Ign http://security.debian.org wheezy/updates/non-free amd64 Packages
Des:4 http://security.debian.org wheezy/updates/main Sources [270 kB]
Obj http://httpredir.debian.org wheezy Release
Des:5 http://security.debian.org wheezy/updates/contrib Sources [20 B]
Des:6 http://security.debian.org wheezy/updates/non-free Sources [20 B]
Des:7 http://security.debian.org wheezy/updates/main amd64 Packages [438 kB]
Des:8 http://security.debian.org wheezy/updates/contrib amd64 Packages [20 B]
Des:9 http://security.debian.org wheezy/updates/non-free amd64 Packages [20 B]
Des:10 http://httpredir.debian.org wheezy-updates Release [151 kB]
Ign http://httpredir.debian.org wheezy/main amd64 Packages
Ign http://httpredir.debian.org wheezy/contrib amd64 Packages
Ign http://httpredir.debian.org wheezy/non-free amd64 Packages
Ign http://httpredir.debian.org wheezy/main Sources
Ign http://httpredir.debian.org wheezy/contrib Sources
Ign http://httpredir.debian.org wheezy/non-free Sources
Ign http://httpredir.debian.org wheezy-updates/contrib amd64 Packages
Ign http://httpredir.debian.org wheezy-updates/main Sources
Ign http://httpredir.debian.org wheezy-updates/contrib Sources
Ign http://httpredir.debian.org wheezy-updates/non-free Sources
Obj http://httpredir.debian.org wheezy-updates/main amd64 Packages/DiffIndex
Obj http://httpredir.debian.org wheezy-updates/non-free amd64 Packages/DiffIndex
Obj http://httpredir.debian.org wheezy/main amd64 Packages
Obj http://httpredir.debian.org wheezy/contrib amd64 Packages
Obj http://httpredir.debian.org wheezy/non-free amd64 Packages
Obj http://httpredir.debian.org wheezy/main Sources
Obj http://httpredir.debian.org wheezy/contrib Sources
Obj http://httpredir.debian.org wheezy/non-free Sources
Des:11 http://httpredir.debian.org wheezy-updates/contrib amd64 Packages [20 B]
Des:12 http://httpredir.debian.org wheezy-updates/main Sources [5651 B]
Des:13 http://httpredir.debian.org wheezy-updates/contrib Sources [20 B]
Des:14 http://httpredir.debian.org wheezy-updates/non-free Sources [842 B]
Descargados 971 kB en 7seg. (134 kB/s)
Leyendo lista de paquetes... Hecho
root@eduroam:~# _

```

Figura 91.- Ejecución del comando apt-get update.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

5. Actualizar los repositorios antes de instalar los paquetes ejecutando el comando **apt-get upgrade**, digitar la letra S para aceptar continuar con la actualización como se muestra en la Figura 92.

```

root@eduroam:~# apt-get upgrade
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Se actualizarán los siguientes paquetes:
  bind9-host dnstools dpkg file gnupg gpgv host libbind9-60 libdns69 libgcrypt11
  libgnutls26 libgssapi-krb5-2 libgssrpc4 libisc62 libisc60 libisc62 libisc62 libk5crypto3
  libkadm5clnt-mit7 libkadm5srv-mit7 libkdb5-4 libkrb5-3 libkrb5support0 liblwres60
  libmagic1 libx11-6 libx11-data libxcb1 libxext6 libxml2 linux-base
  linux-image-2.6.32-5-amd64 mutt openssl-client openssl-server perl perl-base
  perl-modules
37 actualizados, 0 se instalarán, 0 para eliminar y 0 no actualizados.
Necesito descargar 51,7 MB de archivos.
Se utilizarán 4092 kB de espacio de disco adicional después de esta operación.
¿Desea continuar [S/n]? s

Configurando libedit2:amd64 (2.11-20080614-5) ...
Configurando imagemagick-common (8:6.7.7.10-5+deb7u4) ...
Configurando libmagickcore5:amd64 (8:6.7.7.10-5+deb7u4) ...
Configurando libmagickwand5:amd64 (8:6.7.7.10-5+deb7u4) ...
Configurando libmagickcore5-extra:amd64 (8:6.7.7.10-5+deb7u4) ...
Configurando libreadline5:amd64 (5.2+dfsg-2~deb7u1) ...
Configurando bsdmaintools (9.0.3) ...
Instalando una nueva versión del fichero de configuración /etc/cron.daily/bsdmaintools ...
Configurando info (4.13a.dfsg.1-10) ...
Configurando iproute (20120521-3+b3) ...
Configurando iptables (1.4.14-3.1) ...
Configurando libcwidget3 (0.5.16-3.4) ...
Configurando nano (2.2.6-1+b1) ...
Configurando exim4-config (4.80-7+deb7u3) ...
Instalando una nueva versión del fichero de configuración /etc/exim4/exim4.conf.template .
..
Instalando una nueva versión del fichero de configuración /etc/exim4/conf.d/acl/30_exim4-c
onfig_check_rcpt ...
Instalando una nueva versión del fichero de configuración /etc/exim4/conf.d/acl/40_exim4-c
onfig_check_data ...
Instalando una nueva versión del fichero de configuración /etc/exim4/conf.d/retry/30_exim4
-config ...
Instalando una nueva versión del fichero de configuración /etc/exim4/conf.d/main/02_exim4-
config_options ...
Instalando una nueva versión del fichero de configuración /etc/exim4/conf.d/transport/30_e
xim4-config_remote_smtp_smarthost ...
Instalando una nueva versión del fichero de configuración /etc/exim4/conf.d/transport/30_e
xim4-config_remote_smtp ...
Configurando exim4-base (4.80-7+deb7u3) ...
Instalando una nueva versión del fichero de configuración /etc/cron.daily/exim4-base ...
Instalando una nueva versión del fichero de configuración /etc/init.d/exim4 ...
exim: DB upgrade, deleting hints-db
Configurando exim4-daemon-light (4.80-7+deb7u3) ...
Starting MTA: exim4.
ALERT: exim paniclog /var/log/exim4/paniclog has non-zero size, mail system possibly broken
Configurando exim4 (4.80-7+deb7u3) ...
Configurando less (444-4) ...
Configurando python2.6-minimal (2.6.8-1.1) ...
Configurando python2.6 (2.6.8-1.1) ...
Configurando w3m (0.5.3-8) ...
Configurando imagemagick (8:6.7.7.10-5+deb7u4) ...
Configurando psmisc (22.19-1+deb7u1) ...
root@eduroam:~#

```

Figura 92.- Actualización de ficheros y paquetes.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

- Realizar la instalación básica de FREERADIUS y sus paquetes ejecutando la siguiente línea de comando **apt-get install freeradius freeradius-ldap freeradius-mysql make pkg-config vim nmap mysql-server mysql-client libssl-dev libgnutls-dev libsnmp-dev libmysqlclient-dev libldap-dev libtool**, el inicio del proceso se muestra en la Figura 93.

```

Paquetes sugeridos:
locales freeradius-postgresql freeradius-krb5 ppp rdnsd libgcrpt11-doc gnutls26-doc
libipc-sharecache-perl lm-sensors snmp-mibs-downloader libtool-doc autoconf automaken
gfortran fortran95-compiler gcj make-doc libterm-readkey-perl tinyca open-iscsi watchdog
perl-doc libterm-readline-gnu-perl libterm-readline-perl-perl libpod-plainer-perl
python2.7-doc binfmt-support rsyslog-mysql rsyslog-pgsql rsyslog-doc rsyslog-gnutls
rsyslog-gssapi rsyslog-relp openssl-blacklist util-linux-locales dosfstools ctags
vim-doc vim-scripts indent
Paquetes recomendados:
libsasl2-modules
Los siguientes paquetes se ELIMINARAN:
console-terminus portmap
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
console-setup-linux freeradius freeradius-common freeradius-ldap freeradius-mysql
freeradius-utils libaio1 libclass-isa-perl libdb5.1 libdbd-mysql-perl libdbi-perl
libevent-2.0-5 libfreeradius2 libgcrpt11-dev libgnutls-dev libgnutls-openssl27
libgnutlsxx27 libgpg-error-dev libhtml-template-perl libldap2-dev libmount1
libmysqlclient-dev libmysqlclient18 libp11-kit-dev libperl-dev libperl5.14 libpython2.7
libsensors4 libsensors4-dev libsnmp-base libsnmp-dev libsnmp-perl libsnmp15 libssl-dev
libssl-doc libswitch-perl libtasn1-3-dev libtinfo5 libtirpc1 libtool libwrap0-dev make
mysql-client mysql-client-5.5 mysql-common mysql-server mysql-server-5.5
mysql-server-core-5.5 nmap pkg-config python2.7 python2.7-minimal rpcbind ssl-cert vim
vim-runtime zlib1g-dev
Se actualizarán los siguientes paquetes:
console-setup ifupdown initscripts keyboard-configuration klibc-utils
libklibc libldap-2.4-2 liblocale-gettext-perl libsasl2-2 libtext-charwidth-perl
libtext-iconv-perl libuuid-perl netbase nfs-common perl perl-base perl-modules rsyslog
util-linux vim-common vim-tiny
22 actualizados, 57 se instalarán, 2 para eliminar y 48 no actualizados.
Se necesita descargar 42,7 MB/57,6 MB de archivos.
Se utilizarán 208 MB de espacio de disco adicional después de esta operación.
¿Desea continuar [S/n]? _

```

Figura 93.- Proceso de instalación de los paquetes.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

7. Ahora, insertar la contraseña de MySQL y confirmarla como se muestra en las Figura 94.

```

aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa Configuraci³n de mysql-server-5.5 aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
a Se recomienda que configure una contrase±a para el usuario A«rootA» (administrador) de
a MySQL, aunque no es obligatorio. a
a a
a No se modificará la contrase±a si deja el espacio en blanco. a
a a
a Nueva contrase±a para el usuario A«rootA» de MySQL: a
a a
a ***** a
a _____ a
a a
a <Aceptar> a
a a
a aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa

```

```

aaaaaaaaaa Configuraci³n de mysql-server-5.5 aaaaaaaaaaa
a a
a Nueva contrase±a para el usuario A«rootA» de MySQL: a
a a
a ***** a
a _____ a
a a
a <Aceptar> a
a a
a aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa

```

Figura 94.- Configuración de contraseña MySQL.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

INSTALACION DE PAQUETES

8. Realizar la instalación de LDAP y de los demás paquetes ejecutando la siguiente línea de comando: **apt-get install apache2 slapd ldap-utils**

phpldapadmin libapache2-mod-php5 colocando S para continuar como

se muestra en la Figura 95.

```

root@eduroam:~# apt-get install apache2 slapd ldap-utils phpldapadmin libapache2-mod-php5
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Se instalarán los siguientes paquetes extras:
  apache2-mpm-prefork apache2-utils apache2.2-bin apache2.2-common libapr1 libaprutil1
  libaprutil1-dbd-sqlite3 libaprutil1-ldap libodbc1 libonig2 libqdbm14 libsasl2-modules
  libsasl2-modules-gssapi-mit php5-cli php5-common php5-ldap
Paquetes sugeridos:
  apache2-doc apache2-suexec apache2-suexec-custom php-pear libmyodbc odbc-postgresql
  tdsodbc unixodbc-bin libsasl2-modules-otp libsasl2-modules-ldap libsasl2-modules-sql
  libsasl2-modules-gssapi-mit libsasl2-modules-gssapi-heimdal slapd openslp-doc
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
  apache2 apache2-mpm-prefork apache2-utils apache2.2-bin apache2.2-common ldap-utils
  libapache2-mod-php5 libapr1 libaprutil1 libaprutil1-dbd-sqlite3 libaprutil1-ldap
  libodbc1 libonig2 libqdbm14 libsasl2-modules libsasl2-modules-gssapi-mit php5-cli
  php5-common php5-ldap phpldapadmin slapd
0 actualizados, 21 se instalarán, 0 para eliminar y 22 no actualizados.
Necesito descargar 11,6 MB de archivos.
Se utilizarán 35,2 MB de espacio de disco adicional después de esta operación.
¿Desea continuar [S/n]?

```

Figura 95.- Inicio del proceso de Instalación de paquetes.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

9. El proceso de instalación continuara y enseguida nos solicitara una contraseña de administrador para el directorio LDAP como indica la Figura 96.

```

aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa Configuraci3n de slapd aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
a Por favor, introduzca la contrasea para la entrada de administrador de su directorio a
a LDAP. a
a a
a Contrasea del administrador: a
a ***** a
a a
a <Aceptar> a
a a
a aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa

```

Figura 96.- Ingreso de Contraseña de Administrador LDAP.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius

10. Por motivos de seguridad debe verificar la contraseña ingresándola nuevamente como indica la Figura 97.

```

aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa Configuraci3n de slapd aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
a Por favor, introduzca de nuevo la misma contrasea de administrador para su a
a directorio LDAP para verificar que la introdujo correctamente. a
a a
a Verificaci3n de contrasea: a
a ***** a
a a
a <Aceptar> a
a a
a aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa

```

Figura 97.- Confirmaci3n de contrasea de Administrador LDAP.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

11. El proceso de instalación continuará como se indica en las Figuras 98 y 99

```

Seleccionando el paquete php5-ldap previamente no seleccionado.
Desempaquetando php5-ldap (de .../php5-ldap_5.4.45-0+deb7u2_amd64.deb) ...
Seleccionando el paquete libsldap previamente no seleccionado.
Desempaquetando libsldap (de .../libsldap_1.2.1-9+deb7u1_amd64.deb) ...
Seleccionando el paquete slapd previamente no seleccionado.
Desempaquetando slapd (de .../slapd_2.4.31-2+deb7u1_amd64.deb) ...
Seleccionando el paquete apache2 previamente no seleccionado.
Desempaquetando apache2 (de .../apache2_2.2.22-13+deb7u6_amd64.deb) ...
Seleccionando el paquete ldap-utils previamente no seleccionado.
Desempaquetando ldap-utils (de .../ldap-utils_2.4.31-2+deb7u1_amd64.deb) ...
Seleccionando el paquete libsasl2-modules:amd64 previamente no seleccionado.
Desempaquetando libsasl2-modules:amd64 (de .../libsasl2-modules_2.1.25.dfsg1-6+deb7u1_amd64.deb) ...
Seleccionando el paquete phpldapadmin previamente no seleccionado.
Desempaquetando phpldapadmin (de .../phpldapadmin_1.2.2-5_all.deb) ...
Procesando disparadores para man-db ...
Configurando libodbc1:amd64 (2.2.14p2-5) ...
Configurando php5-common (5.4.45-0+deb7u2) ...

```

Figura 98.- Proceso de instalación de paquetes.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

```

Creating config file /etc/php5/mods-available/ldap.ini with new version
Configurando libsldap (1.2.1-9+deb7u1) ...
Configurando slapd (2.4.31-2+deb7u1) ...
  Creating new user openldap... done.
  Creating initial configuration... done.
  Creating LDAP directory... done.
Starting OpenLDAP: slapd.
Configurando apache2 (2.2.22-13+deb7u6) ...
Configurando ldap-utils (2.4.31-2+deb7u1) ...
Configurando libsasl2-modules:amd64 (2.1.25.dfsg1-6+deb7u1) ...
Configurando phpldapadmin (1.2.2-5) ...

Creating config file /etc/phpldapadmin/config.php with new version
Restarting web server: apache2 ... waiting .
Procesando disparadores para libapache2-mod-php5 ...
Reloading web server config: apache2.
root@eduroam:~# _

```

Figura 99.- Finalización del proceso de instalación de paquetes.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

CONFIGURACIÓN DEL ASISTENTE LDAP

A continuación, ejecutar el asistente de configuración slapd ingresando el comando *dpkg-reconfigure slapd* .

12. El asistente pregunta en primera instancia si desea omitir la configuración

del servidor LDAP como muestra la Figura 100 a lo que se debe responder

NO.

```

aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa Configuracion de slapd aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
a
a No se crearA la configuraciA ni la base de datos inicial si habilita esta opciA.
a
a A¿Desea omitir la configuraciA del servidor OpenLDAP?
a
a <SA-> <No>
a
aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa

```

Figura 100.- Omisión de configuración del servidor LDAP.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.


```

aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa Configuraci3n de slapd aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
3 Por favor introduzca la contrase3a para la entrada de administrador de su directorio 3
3 LDAP.
3
3 Contrase3a del administrador:
3
3 *****
3 _____
3
3                                     <Aceptar>
3
3 aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa

```

Figura 103.- Contrase3a de Administrador de directorio LDAP.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

16. Por motivos de seguridad se solicita una verificaci3n de la contrase3a ingresada anteriormente como se muestra en la Figura 104.

```

aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa Configuraci3n de slapd aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
3 Por favor, introduzca de nuevo la misma contrase3a de administrador para su 3
3 directorio LDAP para verificar que la introdujo correctamente.
3
3 Verificaci3n de contrase3a:
3
3 *****
3 _____
3
3                                     <Aceptar>
3
3 aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa

```

Figura 104.- Confirmaci3n de Contrase3a de Administrador de directorio LDAP.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

SELECCI3N DEL MOTOR DE BASE DE DATOS

17. Seleccionar el motor de la base de datos entre dos opciones como muestra la Figura 105. Se recomienda utilizar HDB.

```

aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa Configuraci3n de slapd aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
3 Se recomienda el motor HDB. Los motores HDB y BDB utilizan formatos de 3
3 almacenamiento semejantes, pero HDB permite realizar cambios de nombre de sub3rboles 3
3 (A«subtree renames»). Ambos tienen las mismas opciones de configuraci3n.
3
3 En cualquier caso, debe revisar la configuraci3n de la base de datos. Vea en 3
3 A«/usr/share/doc/slapd/README.DB_CONFIG.gz» para m3s detalles.
3
3 Motor de base de datos a utilizar:
3
3                                     BDB
3                                     HDB
3
3                                     <Aceptar>
3
3 aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa

```

Figura 105. Selecci3n de HDB como motor de la Base de Datos.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

PURGUE DEL PAQUETE SLAPD

18. Una vez seleccionado el motor de la base de datos se mostrará una ventana de configuración como se muestra en la Figura 106, a la cual se debe responder NO.

```

aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa Configuracion de slapd aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
a
a
a
a ¿Desea que se borre la base de datos cuando se purgue el paquete slapd? a
a
a <SA-> <No> a
a
a
aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa

```

Figura 106.- Omisión de la eliminación de la base de datos al purgar slapd.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

ELIMINACION DE LA BASE DE DATOS ANTIGUA

19. La siguiente ventana de la Figura 107 muestra la opción de borrar la base de datos que se crea por defecto al iniciar la instalación donde se seleccionará que SI para poder crear una nueva base de datos.

```

aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa Configuracion de slapd aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
a
a Existen ficheros en A«/var/lib/ldap» que probablemente interrumpen el proceso de a
a configuracion. Si activa esta opcion, se movera los ficheros de las bases de datos a
a antiguas antes de crear una nueva base de datos. a
a
a ¿Desea mover la base de datos antigua? a
a
a <SA-> <No> a
a
a
aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa

```

Figura 107.- Creación de una nueva Base de Datos.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

ACTUALIZACION DEL PROTOCOLO LDAP

20. A continuación, se tiene la opción de habilitar el soporte para la versión 2 del protocolo LDAP, a lo que se responderá que no como se muestra en el Figura 108 puesto que dicha versión está obsoleta.

CREACIÓN DE UN ARCHIVO TEMPORAL

23. El siguiente paso es crear un archivo temporal dentro de /tmp/ como muestra la Figura 111 e insertar las líneas de código como muestra la Figura 112.

```
root@eduroam:~# cd /tmp/
root@eduroam:/tmp# nano UsuariosLdapUtn.conf_
```

Figura 111.- Comando de creación de un archivo temporal.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

```
#####
##### UsuariosLdapUtn.conf #####
#####

include /etc/ldap/schema/core.schema
include /etc/ldap/schema/cosine.schema
include /etc/ldap/schema/nis.schema
include /etc/ldap/schema/inetorgperson.schema
include /etc/ldap/schema/UsuariosLdapUtn.schema

#####
```

Figura 112.- Líneas de comando dentro del archivo temporal creado.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

CREACIÓN DE UN DIRECTORIO TEMPORAL

24. Ahora se crea un directorio temporal que almacenará la estructura LDIF que generará el esquema Radius ejecutando el comando **mkdir /tmp/UsuariosLdap.d**.

CONVERSIÓN AL FORMATO LDIF

25. Para crear la estructura necesaria de los ficheros LDIF se ejecuta el comando que se muestra a continuación en la Figura 113.

```
root@eduroam:~# slaptest -f /tmp/UsuariosLdapUtn.conf -F /tmp/UsuariosLdap.d/
config file testing succeeded
root@eduroam:~# _
```

Figura 113.- Línea de comando para crear estructura LDIF.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

MODIFICACIONES AL FICHERO LDIF

26. El esquema LDIF que se ha creado requiere algunas modificaciones que prevendrán algunos posibles errores, el fichero que se debe modificar es el siguiente:

nano

/tmp/UsuariosLdap.d/cn\=config/cn\=schema/cn\={4}usuariosldapUTN

.ldif

26.1. La Figura 114 indica las líneas de comando a identificar dentro del fichero.

```
#####
dn: cn={4}usuariosldaputn
objectClass: olcSchemaConfig
cn: {4}usuariosldaputn
#####
```

Figura 114.- Líneas de comando identificadas.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

26.2. Una vez Identificadas reemplazar la configuración como se muestra en la Figura 115.

```
#####
dn: cn=usuariosldaputn,cn=schema,cn=config
objectClass: olcSchemaConfig
cn: usuariosldaputn
#####
```

Figura 115.- Cambio de líneas de comando.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

26.3. Las líneas finales del archivo deben ser identificadas como se muestra en la Figura 116 y eliminadas.

```
structuralObjectClass: olcSchemaConfig
entryUUID: a63495f8-9b61-1035-83f8-854b38340f76
creatorsName: cn=config
createTimestamp: 20160420163534Z
entryCSN: 20160420163534.323667Z#000000#000#000000
modifiersName: cn=config
modifyTimestamp: 20160420163534Z
```

Figura 116.- Líneas de comando identificadas para eliminar.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

AÑADIR ESQUEMA AL DIRECTORIO LDAP

27. Luego de las respectivas configuraciones se procede a añadir el esquema al directorio principal LDAP como muestra a continuación en la Figura 117.

```
root@eduroam:~# ldapadd -Q -Y EXTERNAL -H ldapi:/// -f /tmp/UsuariosLdap.d/cn=config/cn=schema/cn=\{4\}usuariosldaputn.ldif
adding new entry "cn=usuariosldaputn,cn=schema,cn=config"
root@eduroam:~#
```

Figura 117.- Adición de schema al directorio LDAP.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

VERIFICACIÓN

28. A continuación se muestra la verificación de que se agregó correctamente el esquema Radius al directorio con la ejecución del comando **ldapsearch -x -b "dc=UTN,dc=edu,dc=ec"** como en la Figura 118 o bien el comando **"ldapsearch -Q -LLL -Y EXTERNAL -H ldapi:/// -b cn=schema,cn=config"** como en la Figura 119.

```
root@eduroam:~# ldapsearch -x -b "dc=utn,dc=edu,dc=ec"
# extended LDIF
#
# LDAPv3
# base <dc=utn,dc=edu,dc=ec> with scope subtree
# filter: (objectclass=*)
# requesting: ALL
#
# utn.edu.ec
dn: dc=utn,dc=edu,dc=ec
objectClass: top
objectClass: dcObject
objectClass: organization
o: utn.edu.ec
dc: utn
# admin, utn.edu.ec
dn: cn=admin,dc=utn,dc=edu,dc=ec
objectClass: simpleSecurityObject
objectClass: organizationalRole
cn: admin
description: LDAP administrator
# search result
search: 2
result: 0 Success
# numResponses: 3
# numEntries: 2
root@eduroam:~#
```

Figura 118.- Primera comprobación del schema agregado.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

```

root@eduroam:~# ldapsearch -Q -LLL -Y EXTERNAL -H ldap:// -b cn=schema,cn=config_
olcAttributeTypes: {4}( 2.16.840.1.113730.3.1.4 NAME 'employeeType' DESC 'RFC2
798: type of employment for a person' EQUALITY caseIgnoreMatch SUBSTR caseIgn
oreSubstringsMatch SYNTAX 1.3.6.1.4.1.1466.115.121.1.15 )
olcAttributeTypes: {5}( 0.9.2342.19200300.100.1.60 NAME 'jpegPhoto' DESC 'RFC2
798: a JPEG image' SYNTAX 1.3.6.1.4.1.1466.115.121.1.28 )
olcAttributeTypes: {6}( 2.16.840.1.113730.3.1.39 NAME 'preferredLanguage' DESC
'RFC2798: preferred written or spoken language for a person' EQUALITY caseIg
noreMatch SUBSTR caseIgnoreSubstringsMatch SYNTAX 1.3.6.1.4.1.1466.115.121.1.
15 SINGLE-VALUE )
olcAttributeTypes: {7}( 2.16.840.1.113730.3.1.40 NAME 'userSMIMECertificate' D
ESC 'RFC2798: PKCS#7 SignedData used to support S/MIME' SYNTAX 1.3.6.1.4.1.14
66.115.121.1.5 )
olcAttributeTypes: {8}( 2.16.840.1.113730.3.1.216 NAME 'userPKCS12' DESC 'RFC2
798: personal identity information, a PKCS #12 PFX' SYNTAX 1.3.6.1.4.1.1466.1
15.121.1.5 )
olcObjectClasses: {0}( 2.16.840.1.113730.3.2.2 NAME 'inetOrgPerson' DESC 'RFC2
798: Internet Organizational Person' SUP organizationalPerson STRUCTURAL MAY
( audio $ businessCategory $ carLicense $ departmentNumber $ displayName $ em
ployeeNumber $ employeeType $ givenName $ homePhone $ homePostalAddress $ ini
tials $ jpegPhoto $ labeledURI $ mail $ manager $ mobile $ o $ pager $ photo
$ roomNumber $ secretary $ uid $ userCertificate $ x500uniqueIdentifier $ pre
ferredLanguage $ userSMIMECertificate $ userPKCS12 ) )

dn: cn={4}usuariosldaputn,cn=schema,cn=config
objectClass: olcSchemaConfig
cn: {4}usuariosldaputn

root@eduroam:~# _

```

Figura 119.- Segunda comprobación de la adición de schema.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

INTEGRACION DE LDAP CON EL SERVIDOR RADIUS

CONFIGURACION MODULO LDAP

29. Para que el servidor Radius local de la UTN consulte las credenciales de los usuarios admitidos para utilizar la red EDUROAM se configura la dirección IP del servidor LDAP y los parámetros de autenticación de un usuario habilitado como administrador, por medio del cual se accederá al directorio para realizar las consultas y verificación de usuarios. Se ingresa al archivo de configuración ejecutando la siguiente línea de comando **nano /etc/freeradius/modules/ldap** como se indica en la Figura 120.

```

#####
server = "x.x.x.x"
identity = "cn=admin,dc=utn,dc=edu,dc=ec"
password = *****
basedn = "dc=utn,dc=edu,dc=ec"
#filter = "(uid=%{%{Stripped-User-Name}:-%{User-Name}})"
filter = "(mail=%{User-Name})"
base_filter = "(objectclass=radiusprofile)"
#####

```

Figura 120.- Configuración de parámetros para la integración de LDAP con FreeRadius.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

CONFIGURACIÓN DE LDAP EN FREERADIUS

30. Ahora se procede a configurar los ficheros *default* e *inner-tunnel* de freeradius para que el servidor realice la autenticación y autorización de usuarios mediante el servidor LDAP, a continuación, se muestra los parámetros que se debe habilitar.

```
nano /etc/freeradius/sites-enabled/default
```

```
authorize {  
  ...  
  ldap  
  ...  
}  
authenticate {  
  ...  
  Auth-Type LDAP {  
    ldap  
  }  
  ...  
}
```

```
nano /etc/freeradius/sites-enabled/inner-tunnel
```

```
authorize {  
  ...  
  ldap  
  ...  
}  
authenticate {  
  ...  
  Auth-Type LDAP {  
    ldap  
  }  
  ...  
}
```

REINICIAR EL SERVICIO

31. Para validar los cambios deberá reiniciar el servicio ejecutando el comando que muestra la Figura 121.

```
root@eduroam:~# invoke-rc.d slapd restart
Stopping OpenLDAP: slapd.
Starting OpenLDAP: slapd.
root@eduroam:~# _
```

Figura 121. Comando para reiniciar el servicio slapd.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

INTERFAZ DE ADMINISTRACION PHPLDAPADMIN ESTABLECIMIENTO DE LA CONEXIÓN DE PHPLDAPADMIN CON LDAP

32. En inicio se debe configurar el fichero *config.php*, ingresando por medio del comando: *nano /etc/phpldapadmin/config.php* para establecer la conexión de phpLDAPAdmin con el servidor LDAP, identificar las siguientes líneas de comando y editarlas como se muestra en la Figura 122.

```
#####
    $servers->setValue('server', 'base', array('dc=utn,dc=edu,dc=ec'));
#####
#####
    $servers->setValue('login', 'bind_id', 'cn=admin,dc=utn,dc=edu,dc=ec');
#####
```

Figura 122.- Edición de líneas de comando para establecer conexión entre LDAP y phpLDAPAdmin.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

CONFIGURACIÓN SERVIDOR FEDERADO.

33. Ingresar al fichero *clients.conf* digitando la siguiente línea de comando *nano /etc/freeradius/clients.conf* y modificar el contenido como se muestra a continuación en la Figura 123.

```
#####
##### SERV FEDERADO #####
#####
client cedia_federado_ftlr {
    ipaddr = ftlr.cedia.org.ec
    secret = *****
    netmask = 32
    require_message_authenticator=no
    shortname = org-federado.cedia.org.ec
}

#####
##### SERV LOCAL #####
#####
client localhost2 {
    ipaddr = x.x.x.x
    secret = *****
    shortname = localserver2:
    nastype = other
}

#####
#####
```

Figura 123. Fichero de configuración de servidores para garantizar la federación.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

34. A continuación, se debe configurar el fichero proxy.conf ingresando a él mediante el comando **nano /etc/freeradius/proxy.conf** y modificar el contenido como se muestra en la Figura 124.

```
#####
##### PROXY #####
#####
proxy server {
    default_fallback = yes
}
home_server ftlr {
    type = auth+acct
    ipaddr = ftlr.cedia.org.ec
    port = xxx, yyy
    secret = *****
    response_windows = 20
    zombie_period = 40
    revive_interval = 60
    status_check = status-server
    check_interval = 30
    num_answers_to_alive = 3
}
home_server_pool EDUROAM-FTLR {
    type = fail-over
    home_server = ftlr
}
realm utn.edu.ec {
    type = radius
    authhost = LOCAL
    accthost = LOCAL
}
realm LOCAL {
    nostrip
}
realm null {
    nostrip
}
realm DEFAULT {
    pool = EDUROAM-FTLR
    nostrip
}
#####
#####
```

Figura 124.- Edición del fichero.
Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

35. Reiniciar el servicio con el comando *invoke-rc.d freeradius restart*
36. Ejecutar el comando *freeradius -X* para iniciar el modo debug
37. Realizar la prueba con el comando *radtest* ingresando el usuario, servidor y contraseñas correspondientes como se muestra en la Figura 125.

```

root@eduroam:~# radtest cpespinelr@utn.edu.ec 1003235213 127.0.0.1 1812 AdminLdap@Eduroam
Sending Access-Request of id 129 to 127.0.0.1 port 1812
  User-Name = "cpespinelr@utn.edu.ec"
  User-Password = "1003235213"
  NAS-IP-Address = 10.24.8.8
  NAS-Port = 1812
  Message-Authenticator = 0x00000000000000000000000000000000
rad_recv: Access-Accept packet from host 127.0.0.1 port 1812, id=129, length=37
  Tunnel-Private-Group-Id:0 = "128"
  Tunnel-Medium-Type:0 = IEEE-802
  Tunnel-Type:0 = VLAN
root@eduroam:~# radtest kamendezl@utn.edu.ec 1003175831 127.0.0.1 1812 AdminLdap@Eduroam
Sending Access-Request of id 181 to 127.0.0.1 port 1812
  User-Name = "kamendezl@utn.edu.ec"
  User-Password = "1003175831"
  NAS-IP-Address = 10.24.8.8
  NAS-Port = 1812
  Message-Authenticator = 0x00000000000000000000000000000000
rad_recv: Access-Accept packet from host 127.0.0.1 port 1812, id=181, length=37
  Tunnel-Private-Group-Id:0 = "128"
  Tunnel-Medium-Type:0 = IEEE-802
  Tunnel-Type:0 = VLAN
root@eduroam:~#

```

Figura 125.- Prueba con usuario local utilizando el comando *radtest*.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

38. La Figura 126 muestra el resultado que arroja el modo debug luego de la prueba con *radtest*.

```

[[ldap]] expand: dc=utn,dc=edu,dc=ec -> dc=utn,dc=edu,dc=ec
[[ldap]] ldap_get_conn: Checking Id: 0
[[ldap]] ldap_get_conn: Got Id: 0
[[ldap]] performing search in dc=utn,dc=edu,dc=ec, with filter (mail=cpespinelr@utn.edu.ec)
[[ldap]] No default NMAP login sequence
[[ldap]] looking for check items in directory...
[[ldap]] userPassword -> Password-With-Header == "1003235213"
[[ldap]] looking for reply items in directory...
[[ldap]] radiusTunnelPrivateGroupId -> Tunnel-Private-Group-Id:0 = "128"
[[ldap]] radiusTunnelMediumType -> Tunnel-Medium-Type:0 = IEEE-802
[[ldap]] radiusTunnelType -> Tunnel-Type:0 = VLAN
[[ldap]] Setting Auth-Type = LDAP
[[ldap]] user cpespinelr@utn.edu.ec authorized to use remote access
[[ldap]] ldap_release_conn: Release Id: 0
++[[ldap]] returns ok
++[expiration] returns noop
++[logintime] returns noop
[pap] Failed to decode Password-With-Header = "1003235213"
[pap] WARNING: Auth-Type already set. Not setting to PAP
++[pap] returns noop
Found Auth-Type = LDAP
# Executing group from file /etc/freeradius/sites-enabled/default
+- entering group LDAP {...}
[[ldap]] login attempt by "cpespinelr@utn.edu.ec" with password "1003235213"
[[ldap]] user DN: cn=Cristian Paul Espinel Ramos,cn=CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRONICA Y REDES DE I
[[ldap]] (re)connect to 10.24.8.8:389, authentication 1
[[ldap]] bind as cn=Cristian Paul Espinel Ramos,cn=CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRONICA Y REDES DE
[[ldap]] waiting for bind result ...
[[ldap]] Bind was successful
[[ldap]] user cpespinelr@utn.edu.ec authenticated succesfully
++[[ldap]] returns ok
Login OK: [cpespinelr@utn.edu.ec] (from client localhost port 1812)
# Executing section post-auth from file /etc/freeradius/sites-enabled/default
+- entering group post-auth {...}
++[[ldap]] returns noop
++[exec] returns noop
Sending Access-Accept of id 193 to 127.0.0.1 port 37411
  Tunnel-Private-Group-Id:0 = "128"
  Tunnel-Medium-Type:0 = IEEE-802
  Tunnel-Type:0 = VLAN
Finished request 5.
Going to the next request
Waking up in 4.9 seconds.
Cleaning up request 5 ID 193 with timestamp +874
Ready to process requests.

```

Figura 126.- Resultado exitoso de la prueba con el comando *radtest*.

Fuente: Servidor Institucional FreeRadius.

ANEXO C

El siguiente manual muestra cómo se debe realizar la conexión y configuración para un usuario de EDUROAM en un equipo basado en el sistema operativo Windows.

1. Ingresar a la página cat.EDUROAM.org
2. Presionar el botón USUARIO DE EDUROAM como se indica en la Figura 127. El sitio web reconocerá automáticamente el sistema operativo y descargará el instalador



Figura 127.- Botón de descarga de instalador.
Fuente: cat.EDUROAM.org.

3. Iniciar la instalación con el archivo ejecutable de la Figura 128.

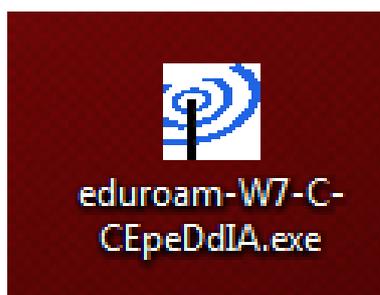


Figura 128.- Archivo ejecutable.
Fuente: cat.EDUROAM.org.

4. El proceso de instalación dará inicio, presionar Siguiente para continuar como se muestra en la Figura 129.

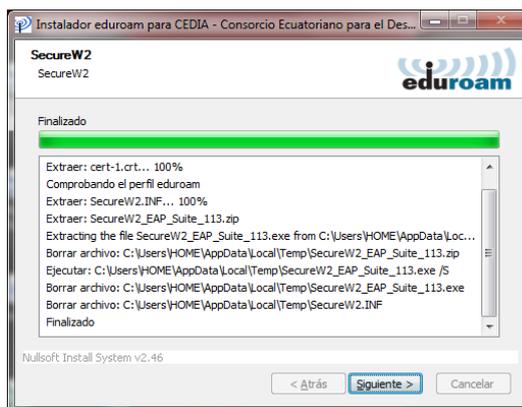


Figura 129.- Proceso de instalación del certificado.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.

5. Reiniciar el sistema como se indica en la Figura 130 para validar la instalación.

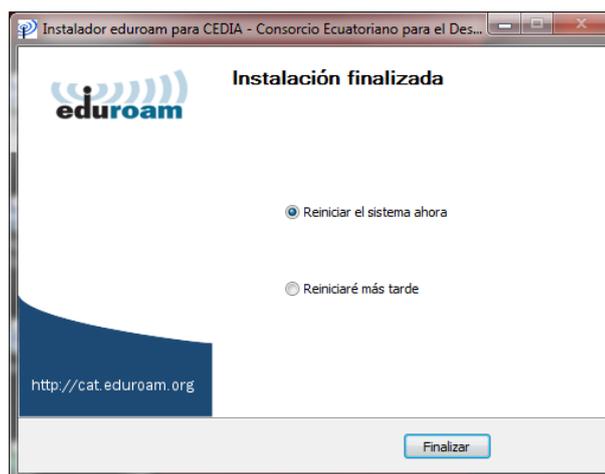


Figura 130.- Reinicio del sistema para validar cambios.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.

6. Una vez reiniciado el sistema dirigirse al centro de redes y recursos compartidos como indica la Figura 131.

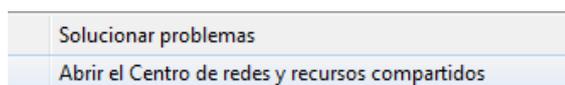


Figura 131.- Menú de selección de redes y recursos compartidos.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.

7. Seleccionar la opción Configurar una nueva conexión o red como se indica en la Figura 132.

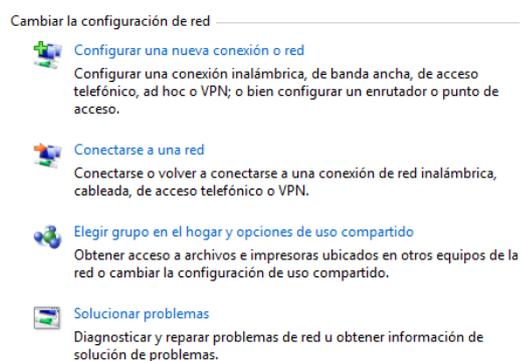


Figura 132.- Selección de la configuración de red.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.

8. En la ventana emergente que muestra la Figura 133 seleccionar la opción Conectarse manualmente a una red inalámbrica y presionar Siguiente.

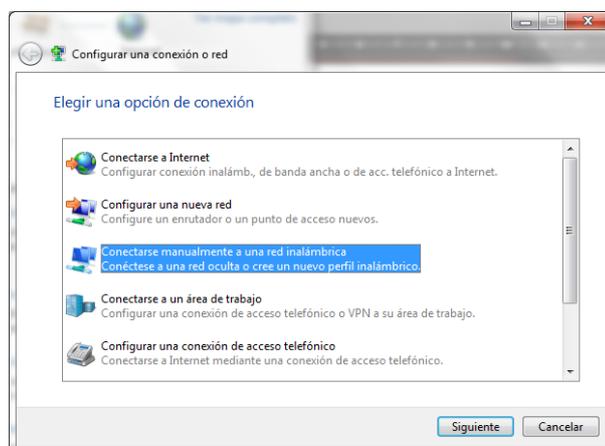


Figura 133.- Selección de modo de conexión para la configuración.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.

9. Ingresar el nombre de la red EDUROAM, el tipo de seguridad WPA2-Enterprise y el cifrado AES, como se indica en la Figura 134, presionar Siguiente para continuar.

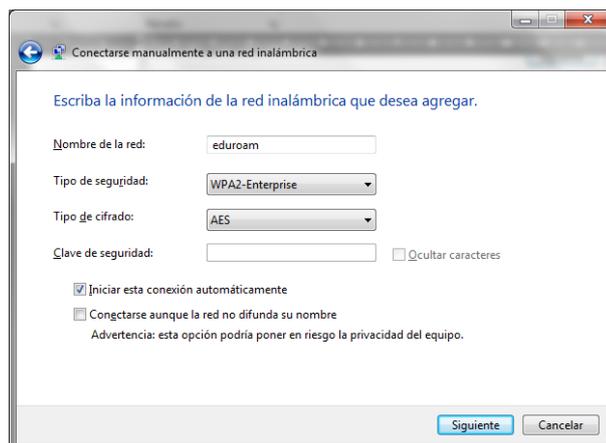


Figura 134.- Parámetros de configuración manual de red.

Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.

- 10.** La nueva red EDUROAM se agregará correctamente, y como en la Figura 135 indica se procederá a cambiar la configuración de conexión.

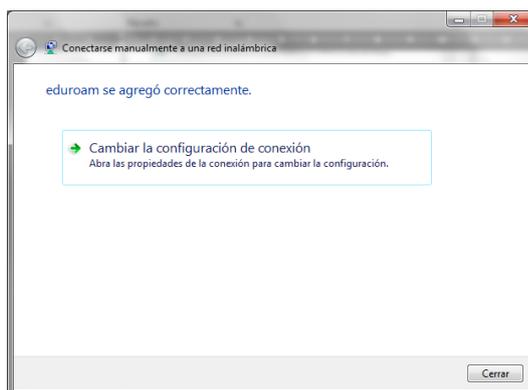
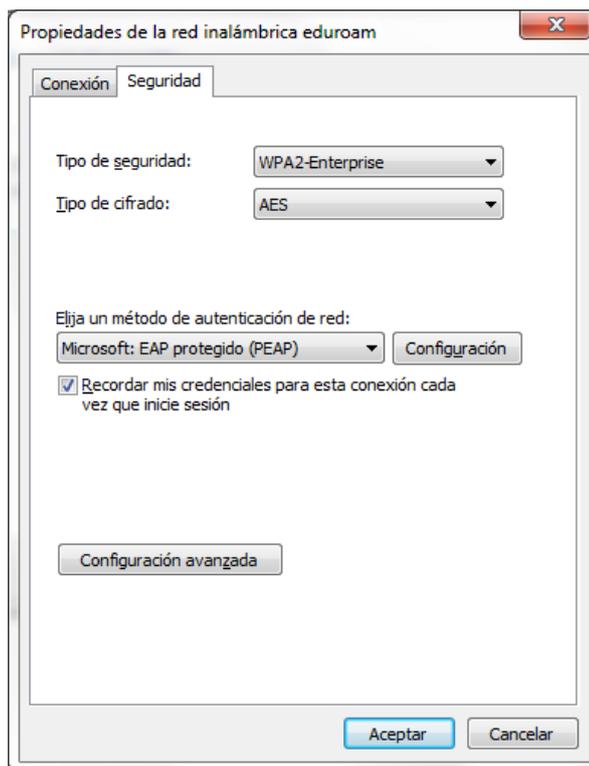


Figura 135.- Configuración de la conexión.

Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.

- 11.** La ventana emergente al seleccionar la configuración muestra las pestañas de Conexión y Seguridad, para este objetivo seleccionar la pestaña Seguridad como se indica en la Figura 136.



*Figura 136.- Ventana de propiedades de configuración.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.*

12. Tanto el Tipo de seguridad como el tipo de cifrado están correctamente configurados por lo que no se deben modificar.

Para la opción de autenticación de red se deberá seleccionar la opción EAP-TTLS.

Una vez seleccionado el tipo de autenticación se procede a configurarla, para esto presionar el botón Configuración como la Figura 137 indica a continuación.

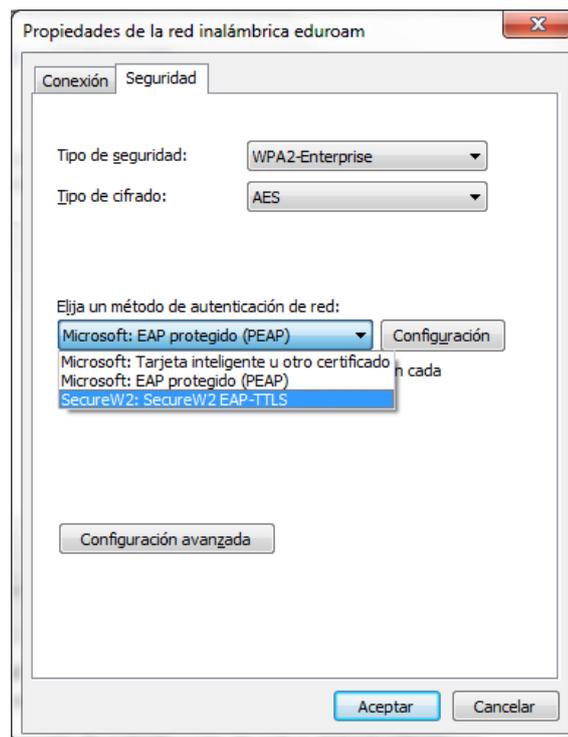


Figura 137.- Selección del método de autenticación.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.

13. La ventana emergente muestra opciones de perfil, para lo que se deberá configurar el actual, presionamos en la opción configurar como se indica en la Figura138.



Figura 138.- Configuración de seguridad.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.

14. La ventana de configuración mostrará las pestañas Conexión, Certificados, Autenticación y Cuenta de usuario. Para nuestro interés únicamente las pestañas Autenticación y Cuenta de usuario

14.1. Pestaña Autenticación, seleccionar el método PAP como e indica en la Figura 139.



*Figura 139.- Configuración de pestaña autenticación.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.*

14.2. Pestaña Cuenta de Usuario, ingresar las credenciales de usuario (correo institucional) y contraseña y presionar en Aceptar para guardar todas las configuraciones como se indica en la Figura 140.



Figura 140.- Configuración de la cuenta de usuario.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.

15. Una vez configurada la cuenta dirigirse a las opciones de redes inalámbricas, seleccionar EDUROAM y presionar la opción conectar como en la Figura 141 se indica, el proceso tomara unos segundos.

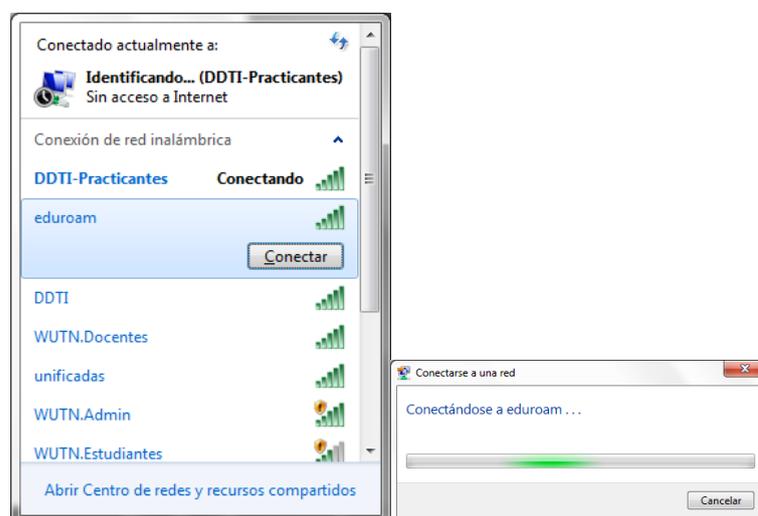


Figura 141.- Conexión a la red EDUROAM.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.

16. La Figura 142 muestra que la conexión se realiza con éxito



Figura 142.- Conexión exitosa a EDUROAM.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.

17. La Figura 143 muestra que se realiza una prueba de navegación para comprobar la conexión.

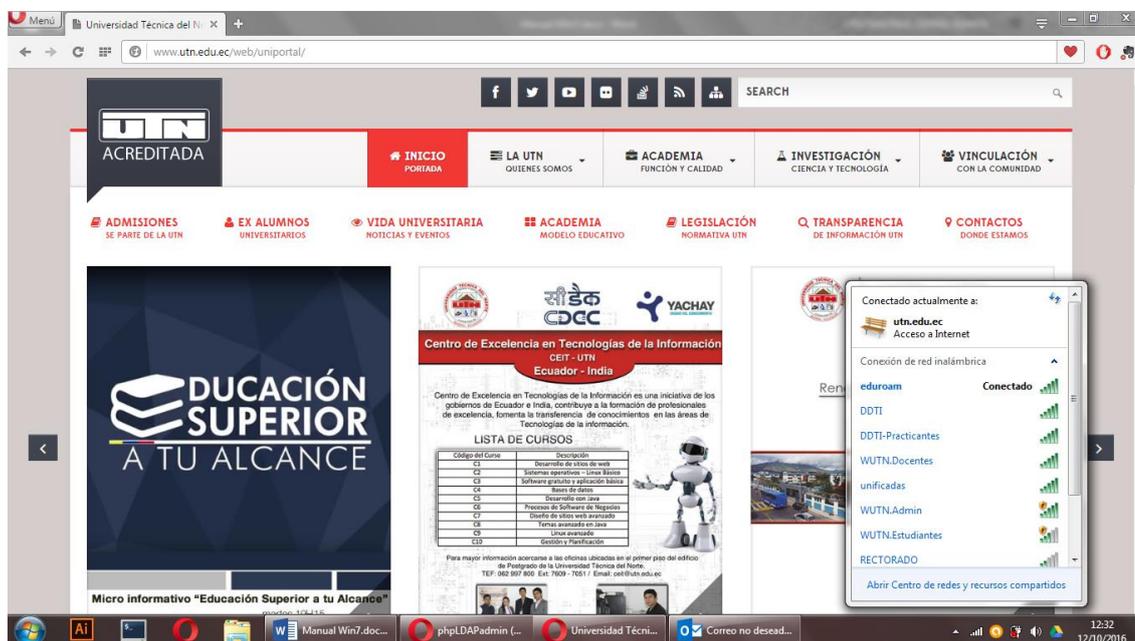


Figura 143.- Navegación bajo la conexión de la red EDUROAM.
Fuente: Equipo con S.O. Windows 7.