

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIASw**

**PROGRAMA DE INGENIERIA INFORMATICA**

**“AMPLIACIÓN DE LA COBERTURA DE CONEXIÓN A LA RED DEL  
CAMPUS DE LA UPDS UTILIZANDO TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y  
COMUNICACIÓN (TIC) COMO RECURSO PEDAGÓGICO EN EL PROCESO  
DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE (PEA).”**

Por:

Miguel Medinaceli Machicado

Trabajo final presentado a consideración de la “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Informática.

Abril de 2012

Tarija - Bolivia

El tribunal no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo únicamente responsabilidad del autor.

### **Dedicatoria**

A mi familia, por brindarme su amor y apoyo incondicional en el cumplimiento de mis metas y objetivos, especialmente el de mi profesionalización.

### **Agradecimientos**

A Dios por no dejarme desfallecer ante las adversidades.

A mis padres por su amor, apoyo y sacrificio.

A mi familia por su confianza, cariño y comprensión.

A la Universidad Privada Domingo Savio por brindarme la información necesaria para realizar este proyecto.

A todos mis docentes por los conocimientos impartidos.

Y a la facultad de Ciencias y Tecnología por haberme albergado en sus aulas durante estos cinco años.

# INDICE

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

I.1. Hipótesis .....	1
I.2. Justificación .....	1
I.2.1.    Justificación Tecnológica.....	1
I.2.2.    Justificación Académica.....	1
I.2.3.    Justificación Social.....	2
I.3. Delimitación .....	2
I.3.1    Límite Sustantivo .....	2
I.3.2    Límite Temporal.....	2
I.3.3    Límite Geográfico .....	2
I.4. Planteamiento del problema.....	3
I.4.1.    Árbol de Problemas.....	3
I.4.2.    Árbol de Objetivos .....	4
I.5.    Objetivo General .....	4
I.6.    Metodología .....	5
I.6.1.    Tipo de Investigación o Estudio.....	5
I.6.2.    Fuentes de Información.....	5
I.6.3.    Métodos.....	5
I.6.4.    Procedimientos.....	5

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

II.1.    Red de Datos .....	7
II.2.    Red de Computadoras .....	7
II.2.1.    Definición.....	7
II.2.2.    Tipos de Redes .....	8
II.2.2.1. Red de Área Local (LAN) .....	8

II.2.2.2. Red de Área Metropolitana (MAN).....	8
II.2.2.3. Red de Área Extensa (WAN) .....	8
II.3. Ancho de Banda .....	8
II.3.1. Velocidades de Transferencia .....	9
II.4. Conectividad .....	10
II.4.1. Requerimientos para la conectividad entre los dispositivos.....	10
II.5. Modelo OSI.....	10
II.5.1. Modelo de referencia OSI .....	11
II.5.2. Estructura del Modelo OSI.....	11
II.5.3. Capas del modelo OSI.....	13
II.5.3.1. Capa Física .....	13
II.5.3.2. Capa de Enlace de datos.....	13
II.5.3.3. Capa de Red.....	14
II.5.3.4. Capa de Transporte.....	14
II.5.3.5. Capa de Sesión .....	15
II.5.3.6. Capa de Presentación.....	15
II.5.3.7. Capa de Aplicación.....	16
II.6. Internet en la educación .....	16
II.6.1. Concepto .....	16
II.6.2. Internet y sociedad .....	17
II.6.3. Internet y su evolución .....	17
II.6.4. Internet en la educación superior .....	18
II.6.5. El Internet en la pedagogía.....	18
II.6.6. Niveles de integración y uso de las redes informáticas en la enseñanza universitaria ..	22
II.6.7. Internet como fuente de investigación .....	22
II.7. Red inalámbrica.....	23
II.7.1. Definición.....	23
II.7.2. Categorías.....	25
II.7.3. Tipos de Redes .....	25
II.7.3.1. Wireless Personal Area Network.....	25
II.7.3.2. Wireless Local Area Network .....	26
II.7.3.3. Wireless Metropolitan Area Network.....	26
II.7.3.4. Wireless Wide Area Network.....	26

II.7.4.	Características .....	27
II.7.5.	Aplicaciones .....	28
II.8.	La IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) .....	28
II.8.1.	Definición .....	28
II.9.	WiFi Alliance .....	29
II.10.	Tecnología WiFi .....	29
II.10.1.	Definición .....	29
II.10.2.	El nombre WiFi .....	30
II.10.3.	Ventajas y desventajas .....	30
II.11.	Estándar WiFi IEEE 802.11 [25] .....	31
II.11.1.	Aspectos técnicos .....	32
II.11.1.1.	Capa 1 (802.11 PHY) .....	33
II.11.1.2.	Capa 2 (802.11 MAC) .....	34
II.11.2.	Estándares que certifica WiFi .....	35
II.11.2.1.	802.11a .....	35
II.11.2.2.	802.11b .....	35
II.11.2.3.	802.11c .....	36
II.11.2.4.	802.11d .....	36
II.11.2.5.	802.11e .....	36
II.11.2.6.	802.11f .....	37
II.11.2.7.	802.11g .....	38
II.11.2.8.	802.11h .....	38
II.11.2.9.	802.11i .....	38
II.11.2.10.	802.11j .....	39
II.11.2.11.	802.11k .....	39
II.11.2.12.	802.11n .....	39
II.11.2.13.	802.11p .....	39
II.11.2.14.	802.11r .....	40
II.11.2.15.	802.11s .....	40
II.11.2.16.	802.11v .....	40
II.11.2.17.	802.11w .....	41
II.11.2.18.	802.11y .....	41
II.12.	Topologías WiFi .....	42

II.12.1. Arquitectura general .....	42
II.12.2. Topologías lógicas.....	42
II.12.2.1. Topología IBSS (Independent Basic Service Set) o Ad Hoc .....	42
II.12.2.2. Topología BSS (Basic Service Set) o Infraestructura.....	43
II.12.2.3. Topología híbrida .....	44
II.12.2.4. Comparación entre redes Mesh y Ad hoc.....	45
II.13. Elementos básicos para una red WiFi .....	45
II.13.1. Dispositivos de Red.....	46
II.13.1.1 Router WiFi.....	46
II.13.1.2. Access Points o Puntos de Acceso (APs) .....	47
II.13.1.3. Puntos de Extensión Inalámbrica (EPs).....	48
II.13.2. Dispositivos Terminales .....	49
II.13.2.1. Tarjeta PCI.....	49
II.13.2.2. Tarjetas PCMCIA .....	49
II.13.2.3. Tarjetas USB .....	49
II.14. Frecuencias de transmisión WiFi.....	50
II.14.1. Frecuencias libres o no licenciadas .....	50
II.14.1.1. Bandas libres .....	51
II.15. Transmisión de la información WiFi (Flujo de datos).....	52
II.15.1. Estandar 802.11a .....	52
II.15.2. Estandar 802.11b .....	52
II.15.3. Estandar 802.11g .....	53
II.15.4. Estandar 802.11n.....	53
II.16. Pérdidas de Señal en WiFi (Interferencia WiFi).. .....	54
II.16.1. Interferencia electromagnética .....	54
II.16.2 . El CISPR .....	55
II.16.3. Interferencias WiFi.....	55
II.16.3.1. Fuentes de interferencias .....	56
II.16.3.2. Soluciones comunes para hacer frente a las interferencias.....	58
II.16.3.2.1. La reducción de la tasa física (PHY).....	58
II.16.3.2.2. La disminución de la potencia de transmisión de los AP afectados .....	58
II.16.3.2.3. El cambio de asignación de canal del AP.....	59
II.17. Seguridad y fiabilidad WiFi.....	60

II.17.1. Métodos de encriptación.....	61
II.17.1.1. WEP (Wired Equivalent Privacy).....	62
II.17.1.2. WAP (WiFi Protected Access).....	63
II.17.1.2.1. Características de la Seguridad de WPA.....	63
II.17.1.2.1.1. Autenticación de WPA.....	63
II.17.1.2.1.2. Administración de claves WPA.....	63
II.17.1.3. WAP2 (WiFi Protected Access 2).....	64
II.17.1.3.1. Algoritmo AES (Advanced Encryption Standard).....	64
II.17.1.3.1.1. Encriptación AES.....	65
II.17.2. Filtrado de direcciones MAC.....	65
II.17.2.1. Desventajas del filtrado de direcciones MAC.....	66
II.17.3. Seguridad mediante controlador de Access Points.....	66
II.17.4. WIPS (Wireless Intrusion Prevention System).....	68
II.18. Sistemas de gestión WiFi centralizados.....	70
II.19. Enlaces inalámbricos (WDS).....	73
II.20.1. Roaming en redes WiFi.....	76
II.20.1.1. El Roaming y los Paquetes Beacons.....	77
II.20.1.2. El Roaming y los Paquetes ACK.....	77
II.20.2. La Problemática del Roaming.....	77
II.21. Video, Voz y Datos en una red WiFi.....	78
II.21.1. Necesidades del tráfico de datos.....	78
II.21.2. Necesidades del tráfico de video.....	79
II.21.3. Necesidades del tráfico de voz.....	79
II.22. Calidad de servicios (QoS) en redes WiFi.....	80
II.22.1. Introduccion a QoS.....	80
II.22.2. 802.11e (WMM).....	81
II.22.2.1. Enhanced Distributed Channel Access (EDCA).....	82
II.22.2.2. HCF Controlled Channel Access (HCCA).....	83
II.22.3. Sistemas propietarios.....	84
II.22.4. La necesidad de QoS en las redes WiFi.....	85
II.22.4.1. Mercado residencial.....	85
II.22.4.2. Mercado empresarial.....	86
II.22.4.3. Mercado público.....	86

II.23.	Tecnología Mesh.....	87
II.23.1.	La red Mesh: Una visión global .....	87
II.23.2.	Orígenes.....	87
II.23.3.	Qué es WiFi Mesh.....	87
II.23.4.	Los beneficios.....	89
II.23.5.	Características técnicas.....	91
II.23.6.	Ventajas y Desventajas de una red Inalambrica Mesh .....	92
II.23.6.1.	Ventajas .....	92
II.23.6.2.	Desventajas.....	93
II.23.7.	Debilidades y Limitaciones de las Redes Inalámbricas Mesh.....	94
II.23.7.1.	Rendimiento .....	94
II.23.7.2.	Escalabilidad.....	94
II.23.7.3.	Seguridad.....	94
II.23.8.	Arquitectura de una Red Inalámbrica Mesh.....	95
II.23.9.	Criterios de diseño en redes inalámbricas Mesh multiradio (MR- WMNs).....	96
II.23.9.1	Criterios de diseño arquitectónico .....	96
II.23.9.2.	Diseño para la capa MAC.....	97
II.23.9.3.	Diseño de protocolos de enrutamiento .....	98
II.23.9.4.	Diseño de métricas de enrutamiento.....	99
II.23.9.5.	Topología de control de la red.....	99
II.23.10.	Soluciones multiradio para la capa enlace.....	100
II.23.10.1.	Protocolo de unificación multiradio [MUP].....	100
II.23.11.	Protocolos de control de acceso al medio para MR-WMNs.....	102
II.23.11.1.	Acceso múltiple por detección de portadora multicanal (MCSMA) .....	102
II.23.11.2.	Acceso múltiple por detección de portadora intercalada (ICSMA) .....	104
II.23.12.	Protocolos de enrutamiento multiradio para redes Mesh .....	105
II.23.12.1.	Métricas de enrutamiento para MR-WMNs.....	106
II.23.12.2.	Calidad del enlace multiradio de enrutamiento de origen (MRLQSR) .....	107
II.23.13.	Redes Inalámbricas Mesh Multiradio y Multicanal.....	108
II.23.13.1.	Arquitectura Mesh en 802.11 .....	110
II.23.13.2.	Capacidad de expansión.....	110
II.23.13.2.1.	Redes Mesh Multicanal de un solo radio .....	111
II.23.13.2.2.	Redes Mesh Multiradio .....	112

II.23.13.3.	Criterios para el uso de radios .....	112
II.23.13.4.	Asignación de canales y enrutamiento .....	114
II.23.13.4.1.	Asignación básica de canal .....	115
II.23.13.4.2.	Métricas de enrutamiento .....	115
II.23.14.	Redes Mesh basadas en IEEE 802.11 .....	115
II.23.14.1.	Problemas de rendimiento y sus causas .....	117
II.23.14.1.1.	Capacidad limitada.....	117
II.23.14.1.2.	La interferencia Intraflujo e Interflujo .....	117
II.23.14.1.3.	Selección efectiva de ruta.....	117
II.23.14.1.4.	Control del overhead en TCP .....	118
II.23.14.1.5.	Ineficaz control de congestión .....	118
II.23.14.1.6.	El problema del terminal oculto.....	118
I.23.14.1.7.	El problema de compartir el canal .....	119
II.23.14.2.	Alto rendimiento de enrutamiento.....	119
II.23.14.3.	Redes Mesh multicanal .....	120
II.23.14.3.1.	Asignación del canal basado en la topología.....	121
II.23.14.3.2.	Interferencia Inter-canal .....	121
II.23.14.4.	Equidad de flujo .....	122
II.23.14.4.1.	Tasa implícita basada en el control de la congestión .....	122
II.23.15.	Uso de las capas del modelo OSI en redes Mesh .....	123
II.23.15.1.	Capa Física .....	123
II.23.15.2.	Capa MAC .....	123
II.23.15.3.	Capa de Red .....	124
II.23.15.4.	Capa de Transporte .....	126
II.23.15.5.	Capa de Aplicación .....	127
II.23.16.	Diferencias con otras Tecnologías.....	129
II.23.16.1.	Redes WLAN tradicionales y redes Mesh.....	129
II.23.16.2.	Comparación entre redes inalámbricas Ad Hoc y redes Mesh.....	130
II.23.17.	Futuro de las redes Mesh.....	131
II.23.18.	Nuevas Aplicaciones y Escenarios.....	132
II.23.18.1.	Acceso a Internet de Banda Ancha.....	132
II.23.18.2.	Red Mesh Comunitaria .....	132
II.23.18.3.	Hogar Mesh.....	133

II.23.18.4.	Oficina Inalambrica.....	133
II.23.18.5.	Mesh Espontanea .....	133
II.23.18.6.	Campus Mesh.....	133
II.24.	Estándar IEEE 802.11s.....	134
II.24.1.	Introducción.....	134
II.24.2.	Características .....	135
II.24.3.	Propósito general.....	136
II.24.4.	Mejoras y funcionalidades específicas .....	136
II.24.5.	Relación con las normas .....	137
II.24.6.	Situación del estándar y estado de desarrollo comercial .....	137
II.24.6.1.	Propuesta Wi-Mesh .....	138
II.24.6.2.	Propuesta SEEmesh.....	138
II.24.7.	Estado Actual .....	139
II.25.	Protocolos para redes inalambricas Mesh .....	139
II.25.1.	Métrica.....	140
II.25.2.	Requisitos de Enrutamiento en las Redes WMN.....	141
II.25.2.1.	Clasificación.....	141
II.25.2.1.1.	Protocolos basados en topología (Topology based) .....	143
II.25.2.1.1.1.	Reactivo o bajo demanda.....	143
II.25.2.1.1.1.1.	AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector).....	144
II.25.2.1.1.1.2.	DSR (Dynamic Source Routing) .....	145
II.25.2.1.1.2.	Proactivo o basado en tablas.....	145
II.25.2.1.1.2.1.	OLSR (Optimized Link State Routing Protocol).....	146
II.25.2.1.1.3.	Protocolos Híbridos .....	146
II.25.2.1.1.3.1.	Hybrid Wireless Mesh Protocol (HWMP) .....	146
II. 25.2.1.2.	Protocolos basados en posición (position-based).....	148
II. 25.2.1.2.1.	GPSR .....	149
II.26.	Fabricantes de dispositivos para redes Mesh .....	150
II.26.1.	Cisco Systems.....	151
II. 26.2.	BelAir Networks.....	152
II.26.3.	Firetide.....	152
II. 26.4.	Tropos Networks .....	153
II. 26.5.	Motorola .....	153

II. 26.6. Skypilot .....	154
II.26.7. Nortel.....	154
II.27. Redes Virtuales LAN (VLAN) .....	155
II.27.1. Protocolos y diseño.....	156
II.27.2. Gestión de la pertenencia a una VLAN .....	157
II.27.3. Tipos de VLAN .....	157
II.27.3.1. VLAN Estáticas.....	157
II.27.3.2. VLAN Dinámicas (DVLAN) .....	160
II.27.4. Ventajas de la VLAN .....	160
II.27.5. Aplicaciones y productos .....	161

## **CAPITULO III**

### **SITUACION ACTUAL DE LA RED DE LA UPDS**

III.1. La Universidad Privada Domingo Savio (UPDS).....	163
III.1.1. Ubicación .....	163
III.1.2. Antecedentes .....	163
III.1.3. Infraestructura Física de la UPDS.....	164
III.1.3.1. Administración y ubicación de las edificaciones de la UPDS .....	165
III.2. Descripción de la Infraestructura de la Red UPDS .....	165
III.2.1. Situación Actual de la Red WiFi.....	166
III.2.2. Servicios de la Red.....	170
III.2.2.1. Internet .....	170
III.2.2.2. Correo Electrónico .....	171
III.2.2.3. Base de Datos.....	171
III.2.3. Falencias que posee la Red de la UPDS.....	171

## **CAPITULO IV**

### **DISEÑO DE LA RED INALAMBRICA MESH**

IV.1. Observaciones de Diseño de la red WMN .....	173
IV.2. Descripción de la Tecnología a emplearse en el diseño de la red WMN.....	173
IV.3. Modelo Jerárquico para la red WMN.....	174
IV.3.1. Nivel 1.....	174

IV.3.2.	Nivel 2.....	175
IV.3.3.	Nivel 3.....	176
IV.3.4.	Nivel 4.....	176
IV.4.	Calidad de Servicio (QoS) .....	176
IV.5.	Requerimientos de Ancho de Banda de la red WMN .....	178
IV.5.1.	Requerimientos de Tráfico para cada Aplicación.....	179
IV.5.1.1.	Correo Electrónico .....	179
IV.5.1.2.	Acceso a Internet.....	179
IV.5.1.3.	Voz Sobre IP <sup>5</sup> (VoIP).....	179
IV.5.1.4.	Video Conferencia .....	179
IV.5.1.2.	Determinación de ancho de banda necesario para cada servicio.....	180
IV.5.1.2.1.	Estudiantes.....	180
IV.5.1.2.1.1.	Correo electrónico .....	182
IV.5.1.2.1.2.	Acceso a Internet (búsqueda de información).....	182
IV.5.1.2.1.3.	Ancho de banda necesario para aplicaciones adicionales .....	182
IV.5.1.2.1.4.	Capacidad total.....	182
IV.5.1.2.2.	Docentes .....	183
IV.5.1.2.2.1.	Correo electrónico.....	185
IV.5.1.2.2.2.	Acceso a Internet (búsqueda de información).....	185
IV.5.1.2.2.3.	Ancho de banda necesario para aplicaciones adicionales .....	185
IV.5.1.2.2.4.	Capacidad total.....	185
IV.6.	Características de las redes WMN de Cisco.....	186
IV.6.1.	Características Generales .....	186
IV.6.1.1.	La creación de redes Mesh permite una implementación rentable de redes WiFi en una ciudad o campus .....	186
IV.6.1.2.	Amplia demanda de acceso inalámbrico.....	186
IV.6.1.3.	Capacidades técnicas.....	187
IV.6.2.	Características Específicas .....	188
IV.6.2.1.	Tecnología ClientLink .....	188
IV.6.2.2.	Tecnología CleanAir.....	189
IV.6.2.2.1.	Modos de funcionamiento CleanAir.....	190
IV.6.2.2.1.1.	Modo AP Bridge (Mesh) (recomendado).....	190
IV.6.2.2.1.2.	Modo Monitor AP (MMAAP) (opcional).....	191

IV.6.2.2.1.3.	Spectrum Expert Mode Connect (SE Connect) (opcional)	191
IV.7.	Planificación de la Red WMN	192
IV.7.1.	Diseño de la Red WMN	193
IV.7.1.1.	Plataforma Unificada	193
IV.7.1.1.1.	Beneficios	193
IV.7.1.1.2.	Componentes de la Solución Unificada	194
IV.7.1.1.2.1.	Access Point	194
IV.7.1.1.2.2.	Wireless LAN Controller	194
IV.7.1.1.2.3.	Wireless Control System	195
IV.7.2.	Cobertura de la Red WMN	196
IV.7.3.	Protocolo de enrutamiento para la Red WMN	197
IV.7.3.1.	Protocolo AWPP (Adaptive Wireless Path Protocol)	197
IV.7.3.1.1	Prevención de bucles	197
IV.7.3.2.	Arquitectura	197
IV.7.3.3.	Comparación con arquitecturas tradicionales	198
IV.7.4.	Estándares IEEE 802.11 usados en el diseño de la red WMN	198
IV.7.5.	Especificaciones para la implementación del diseño de la red WMN	198
IV.7.5.1.	Elección de los RAP y MAP	199
IV.7.5.2.	Preparación y Planificación del sitio	200
IV.7.5.2.1.	Estudio del Sitio	200
IV.7.5.2.1.1.	Estudio del Sitio Exterior	200
IV.7.5.2.2.	Consideraciones de Cobertura de la red inalámbrica Mesh	201
IV.7.5.2.2.1.	Planificación de Celda y Distancia	201
IV.7.5.2.2.1.1.	Para la serie 1550	201
IV.7.5.2.3.	Consideraciones especiales para Redes Mesh de Interior	201
IV.8.	Equipos para la red WMN <sup>9</sup>	203
IV.8.1.	Access Points Mesh	203
IV.8.1.1.	Cisco Aironet 1552e (outdoor)	203
IV.8.1.2.	Cisco Aironet 3500p (indoor)	207
IV.8.2.	Cisco Wireless LAN Controller 5500	209
IV.8.3.	Cisco Wireless Control System (WCS)	210
IV.8.4.	Cisco Catalyst 3750-X y 3560-X switches	212
IV.8.5.	Cisco 3900 ISR Router	214

IV.9.	Diagrama de la red WMN.....	216
IV.10.	Características Generales de la Red WMN.....	218
IV.10.1.	Roaming.....	218
IV.10.2.	Balanceo de Carga.....	218
IV.10.3.	Autenticación de Usuarios.....	218
IV.10.4.	Redundancia.....	219
IV.10.5.	Escalabilidad de la Red.....	220
IV.11.	Políticas de Seguridad definidas para la red WMN.....	221

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

V.1.	Conclusiones.....	223
V.2.	Recomendaciones.....	224

### **ANEXOS**

**236**

## INDICE DE TABLAS

Tabla II.1 Velocidades de Transferencia .....	9
Tabla II.2 Aspectos Técnicos.....	32
Tabla II.3 Frecuencias Inalambricas de Licencia Libre .....	51
Tabla II.4 Flujo de Datos .....	52
Tabla II.5 Estándar 802.11a .....	52
Tabla II.6 Estándar 802.11b .....	53
Tabla II.7 Estándar 802.11g.....	53
Tabla II.8 Fuentes de Interferencia .....	58
Tabla II.9 Comparación entre redes inalámbricas Ad Hoc y redes Mesh.....	131
Tabla II.10 Fabricantes de dispositivos para redes Mesh.....	150
Tabla IV.1 Cantidad de Estudiantes.....	180
Tabla IV.2 Cantidad de Docentes .....	183

## INDICE DE FIGURAS

Figura I.1 Árbol de Problemas .....	3
Figura I.2 Árbol de Objetivos .....	4
Figura II.1 Modelo OSI.....	11
Figura II.2 Estructura del Modelo OSI .....	13
Figura II.3 Red Inalámbrica .....	24
Figura II.4 Tipos de Redes .....	25
Figura II.5 Topologías Lógicas.....	43
Figura II.6 Topología BSS .....	44
Figura II.7 Router WiFi .....	46
Figura II.8 Access Point.....	47
Figura II.9 Punto de Extensión.....	48
Figura II.10 Tarjeta PCI .....	49
Figura II.11 Tarjeta PCMCIA .....	49
Figura II.12 Tarjeta USB .....	50
Figura II.13 Sistemas de gestión WiFi centralizado .....	72
Figura II.14 Puente Inalámbrico .....	75
Figura II.15 Repetido Inalámbrico .....	75
Figura II.16 Roaming en Redes WiFi .....	76
Figura II.17 Red Mesh .....	88
Figura II.18 Rendimiento del TCP para el MAC de 802.11 en función del número de saltos (Hops) .....	94
Figura II.19 Protocolo de unificación multiradio (MUP) .....	100
Figura II.20 Acceso múltiple por detección de portadora intercalado (ICSMA).....	104
Figura II.21 Operación del protocolo ICSMA .....	105
Figura II.22 Transmisión simultánea entre dos nodos .....	105
Figura II.23 Arquitectura Mesh en 802.11 .....	110
Figura II.24 Capacidad de expansión.....	111
Figura II.25 Transmisión entre nodos .....	114
Figura II.26 Redes Mesh basadas en IEEE 802.11 .....	116
Figura II.27 La interferencia Intraflujo e Interflujo .....	117

Figura II.28 Clasificación.....	142
Figura II.29 Protocolos basados en posición (position-based).....	148
Figura II.30 Fabricantes de dispositivos para redes Mesh .....	151
Figura II.31 Redes Virtuales .....	155
Figura III.1 Vista de la UPDS.....	163
Figura III.2 Router TP-Link 1° Piso .....	167
Figura III.3 Router Linksys 2° Piso .....	168
Figura III.4 Router Linksys 3° Piso .....	168
Figura III.5 Router Linksys 4° Piso .....	169
Figura III.6 Diagrama de la Red WiFi Actual de la UPDS.....	170
Figura IV.1 Diseño Jerárquico .....	175
Figura IV.2 Servicios Estudiantes.....	180
Figura IV.3 Dispositivos WiFi.....	181
Figura IV.4 Frecuencia de uso WiFi.....	181
Figura IV.5 Servicios Docentes .....	183
Figura IV.6 WiFi Docentes.....	184
Figura IV.7 Uso de WiFi Docentes.....	184
Figura IV.8 Diagrama de una Red Mesh Cisco .....	187
Figura IV.9 Cobertura de la Red WMN.....	196
Figura IV.10 Ejemplo de RAP y MAP .....	199
Figura IV.11 Acces Point Cisco Aironet 1552e.....	203
Figura IV.12 Acces Point Cisco Aironet 3500p.....	207
Figura IV.13 Cisco Wireless LAN Controller 5500 .....	209
Figura IV.14 Wireless Control System (WCS).....	210
Figura IV.15 Cisco Catalyst 3750-X y 3560-X switches.....	212
Figura IV.16 Cisco 3900 ISR Router.....	214
Figura IV.17 Diagrama de la red WMN .....	217
Figura IV.18 Redundancia de la red WMN .....	219