



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE PARA BRINDAR SERVICIOS DE
TELECOMUNICACIONES A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA USAC**

Mario David Corado Rivera

José Gabriel Calderón López

Néstor Iván Cano López

Asesorados por el Ing. Jenner Eduardo Velásquez Fuentes

Guatemala, marzo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE PARA BRINDAR SERVICIOS DE
TELECOMUNICACIONES A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA USAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARIO DAVID CORADO RIVERA

JOSÉ GABRIEL CALDERÓN LÓPEZ

NÉSTOR IVÁN CANO LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. JENNER EDUARDO VELÁSQUEZ FUENTES

AL CONFERÍRSELES EL TÍTULO DE

INGENIEROS EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, MARZO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Sergio Leonel Gómez Bravo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presentamos a su consideración nuestro trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES A LA FACULTAD DE INGENIERÍA USAC

Tema que nos fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha diciembre de 2014.

Mario David Corado Rivera

José Gabriel Calderón López

Néstor Iván Cano López

Guatemala 30 de Septiembre 2016

Ingeniero
Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador de Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimado Ingeniero Guzmán:

Por medio de la presente me permito informarle que he revisado completamente el trabajo de graduación titulado: DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES A LA FACULTAD DE INGENIERIA USAC, desarrollado por los estudiantes **Mario David Corado Rivera, Néstor Iván Cano López, José Gabriel Calderón López.**

Puedo concluir que dicho trabajo cumple con los objetivos propuestos, por lo que doy mi aprobación respectiva.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,



Ing. Jenner Eduardo Velasquez Fuentes
Asesor de EPS
Colegiado No. 8080

Jenner E. Velásquez Fuentes
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 8080



Guatemala, 15 de noviembre de 2016.
Ref.EPS.DOC.786.11.16.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

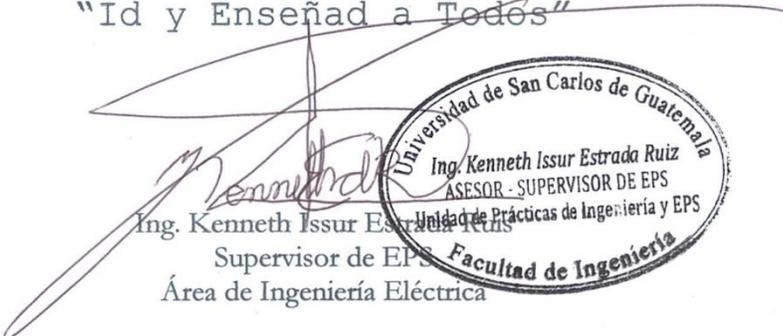
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de los estudiantes universitarios **Mario David Corado Rivera Carné 9617051, Néstor Iván Cano López Carné 9516308 y José Gabriel Calderón López** de la Carrera de Ingeniería Electrónica, con carné No. **9430400**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES A LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica



c.c. Archivo
KIER/ra



Guatemala 15 de noviembre de 2016.
Ref.EPS.D.49111.16.

Ing. Francisco Javier González
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

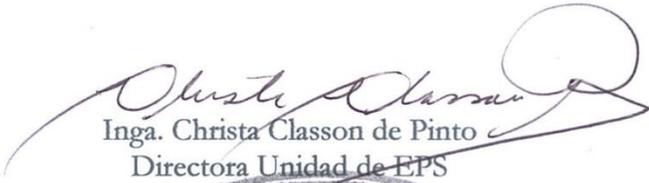
Estimado Ingeniero González.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES A LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC"** que fue desarrollado por los estudiantes universitarios, **Mario David Corado Rivera Carné 9617051, Néstor Iván Cano López Carné 9516308 y José Gabriel Calderón López,** quienes fueron debidamente asesorados por el Ing. Jenner Eduardo Velásquez Fuentes y supervisados por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruis.

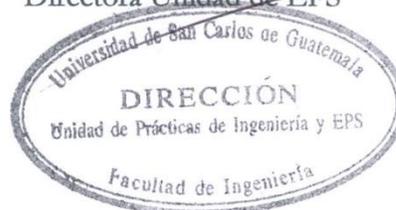
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





REF. EIME 75. 2016
Guatemala, 17 de Noviembre 2016

Señor Director
Ing. Francisco Javier González López
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES A LA FACULTAD DE INGENIERIA USAC, de los estudiantes **Mario David Corado Rivera, Néstor Iván Cano López, José Gabriel Calderón López**, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador Area Electrónica



S/O



REF. EIME 75. 2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación de los estudiantes; **MARIO DAVID CORADO RIVERA, NÉSTOR IVÁN CANO LÓPEZ, JOSÉ GABRIEL CALDERÓN LÓPEZ** Titulado: DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES A LA FACULTAD DE INGENIERIA USAC, procede a la autorización del mismo.

Ing. Francisco Javier González López

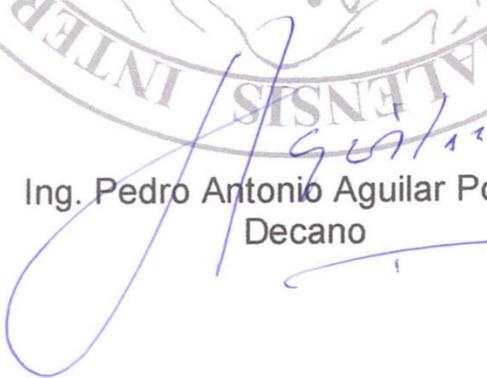


GUATEMALA 29 DE NOVIEMBRE 2016.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA USAC**, presentado por los estudiantes universitarios: **Mario David Corado Rivera, José Gabriel Calderón López y Néstor Iván Cano López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, marzo de 2017

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXXVII
OBJETIVOS.....	XXXIX
INTRODUCCIÓN	XLI
1. CONVERGENCIA DE REDES.....	1
1.1. Convergencia	1
1.2. Servicios convergentes.....	2
1.2.1. Tipos de convergencia.....	3
1.2.2. Convergencia comercial	3
1.2.2.1. Servicios móviles	4
1.2.2.2. Servicio fijo	6
1.2.2.3. Híbrido fijo-móvil	7
1.2.3. Convergencia tecnológica	8
1.2.3.1. Sustitución tecnológica	9
1.2.3.2. Tecnología complementaria.....	10
1.2.4. Convergencia de servicios.....	10
1.2.5. Convergencia IP	12
1.2.6. Convergencia de redes.....	13
1.2.7. Convergencia de redes fija y móvil	15
1.3. Diferentes escenarios sobre la evolución de la convergencia	18
2. REDES.....	21

2.1.	Redes LAN.....	31
2.2.	Redes WLAN	35
2.3.	Redes VLAN	37
2.4.	Red móvil 3G	38
	2.4.1. Arquitectura de la red 3G utilizando UMTS	40
2.5.	Redes wifi.....	42
2.6.	Red VPN	44
3.	MODELOS DE INTERCONEXIÓN	47
3.1.	Interconexión de redes.....	47
3.2.	Tipos de interconexión	47
3.3.	Modelo de Referencia OSI	49
	3.3.1. Capa de aplicación.....	50
	3.3.2. Capa de presentación	51
	3.3.3. Capa de sesión	52
	3.3.4. Capa de transporte.....	52
	3.3.5. Capa de red.....	54
	3.3.5.1. Direccionamiento.....	55
	3.3.5.2. Encapsulación	55
	3.3.5.3. Enrutamiento	55
	3.3.5.4. Desencapsulamiento.....	56
	3.3.6. La capa de enlace de datos	56
	3.3.7. Capa física	58
3.4.	Modelo de arquitectura del protocolo TCP/IP.....	60
	3.4.1. Capa de acceso a la red.....	61
	3.4.2. Capa de Internet.....	62
	3.4.2.1. Protocolo IP	62
	3.4.2.2. Protocolo ARP	63
	3.4.2.3. Protocolo ICMP	63

3.4.3.	Capa de transporte	63
3.4.3.1.	Protocolo TCP	64
3.4.3.2.	Protocolo SCTP	64
3.4.3.3.	Protocolo UDP	65
3.4.4.	Capa de aplicación	66
3.4.5.	Servicios TCP/IP estándar.....	66
4.	PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE RED FIJA Y WIFI	69
4.1.	Funcionamiento del equipo wifi	69
4.1.1.	Qué es WLAN.....	69
4.1.2.	Qué es wifi	70
4.1.3.	El estándar IEEE 802.11	71
4.1.4.	Usos	73
4.1.5.	Interferencia.....	73
4.1.6.	Cobertura.....	74
4.1.7.	Tasa de transferencia	75
4.1.8.	Interoperabilidad con redes cableadas	75
4.2.	Estudio del área para la instalación del equipo de Red Fija	75
4.2.1.	Edificio T4.....	78
4.2.2.	Edificio T3.....	82
4.2.3.	EdificioT1	87
4.2.4.	Edificio EPS	90
4.3.	Estudio del área para la instalación del equipo wifi	91
4.3.1.	Red WLAN.....	91
4.4.	Cotización.....	94
5.	VOZ SOBRE IP	99
5.1.	Sistema de voz.....	99
5.1.1.	Elementos en un sistema de voz	99

5.2.	¿Por qué utilizar VoIP?	101
5.3.	Propuesta de solución.....	103
5.3.1.	Arquitectura de la solución	104
5.3.1.1.	Arquitectura centralizada.....	104
5.3.1.2.	Arquitectura distribuida.....	104
5.3.2.	Propuesta de la solución con ELASTIX.....	105
5.3.2.1.	Principales programas de Elastix	106
5.3.3.	Formas de conexión con el exterior a través de la PSTN (<i>Public Switched Telephone Network</i>)	108
5.3.4.	Teléfonos IP Físicos o Hardphones	110
5.3.5.	Softphone	111
5.3.6.	Arquitectura de red telefónica.....	112
5.3.7.	Selección de protocolos y CODECs	113
5.3.8.	Codificación (CODEC).....	114
5.3.8.1.	Elección de CODEC.....	115
5.3.9.	Despliegue de la red VoIP.....	115
5.3.10.	Escenarios de implementación.....	116
5.3.10.1.	Diagrama esquemático de implementación de una red VoIP	116
5.3.11.	Instalación de los equipos en bastidores.....	117
5.3.12.	Instalación del sistema operativo	117
5.4.	Análisis de costos.....	118
6.	ESTUDIO PARA LA MEJORA DE COBERTURA 3G.....	119
6.1.	Mejora de cobertura 3G	119
6.2.	Planificación medición y optimización de la red 3G	119
6.3.	Cobertura de redes celulares	120
6.3.1.	Indicadores a medir.....	120

6.3.1.1.	RSCP (Received Signal Code Power)	121
6.3.1.2.	Ec/No	121
6.3.1.3.	Ec/Io	121
6.3.1.4.	Scrambling Codes	122
6.3.1.5.	PSC (Primary Scrambling Code)	122
6.3.1.6.	Throughput	123
6.3.1.7.	Call Drop.....	123
6.4.	Análisis del problema y definición de la solución.....	124
6.4.1.	Descripción.....	124
6.5.	Mediciones realizadas	127
6.6.	Resultados e interpretación	127
6.6.1.	Edificio T4.....	128
6.6.1.1.	Valores de RSCP.....	128
6.6.1.2.	Ec/Io	129
6.6.1.3.	Call Drop.....	130
6.6.1.4.	RLC PDU <i>throughput</i> DL	131
6.6.1.5.	Scrambling Code	132
6.6.2.	Edificio T3.....	133
6.6.2.1.	Valores de RSCP.....	133
6.6.2.2.	Ec/Io	134
6.6.2.3.	Call Drop.....	135
6.6.2.4.	RLC PDU <i>throughput</i> DL	136
6.6.2.5.	SC (Scrambling Code).....	137
6.6.3.	Edificio T1.....	138
6.6.3.1.	Valores de RSCP.....	138
6.6.3.2.	Ec/Io	141
6.6.3.3.	Call Drop.....	143
6.6.3.4.	Session App <i>throughput</i> DL.....	144

	6.6.3.5.	Scrambling Code.....	146
6.7.		Propuesta de solución.....	148
6.8.		Planificación de red.....	149
	6.8.1.	Situación actual de tráfico	150
	6.8.2.	Equipamiento	152
	6.8.3.	Tecnología de la solución.....	153
	6.8.4.	Diseño de la solución	154
	6.8.5.	Propuesta 1	154
	6.8.6.	Propuesta 2	156
	6.8.7.	Diagramas de la solución. Centro de Carga T1.....	158
	6.8.8.	Predicción de cobertura	161
	6.8.9.	Materiales a utilizar	162
	6.8.10.	Propuesta económica de la solución.....	163
	6.8.11.	Costo total del proyecto.....	170
7.		PLANES CORPORATIVOS	173
	7.1.	Planes pospago libres.....	173
		7.1.1. Beneficios.....	174
		7.1.2. Tarifas	174
		7.1.3. Especificaciones adicionales.....	175
	7.2.	Planes pospago. Control	176
		7.2.1. Beneficios.....	176
		7.2.2. Tarifas	177
		7.2.3. Especificaciones adicionales.....	178
	7.3.	Planes pospago Ilimitados	179
		7.3.1. Beneficios.....	179
		7.3.2. Tarifas	179
	7.4.	Plan colaborador	180
		7.4.1. Beneficios.....	181

7.4.2.	Tarifas.....	181
7.4.3.	Características adicionales.....	182
7.5.	VPN Empresarial.....	182
7.5.1.	Beneficios.....	183
7.6.	Telefonía IP.....	183
7.6.1.	Características.....	183
7.6.2.	Beneficios.....	183
7.7.	Línea Fija Centrex.....	184
7.7.1.	Características.....	184
7.7.2.	Beneficios.....	184
7.7.3.	Tarifas.....	185
7.8.	Paquetes de internet.....	185
7.8.1.	Beneficios.....	186
7.9.	Internet empresarial.....	186
7.9.1.	Características.....	186
7.9.2.	Beneficios.....	187
7.10.	Enlaces de datos.....	187
7.10.1.	Beneficios.....	187
7.11.	Aumento temporal de velocidad.....	188
7.11.1.	Beneficios.....	188
7.12.	Monitoreo de enlace.....	188
7.13.	Administrador virtual.....	189
7.13.1.	Beneficios.....	189
7.13.2.	Tarifas.....	189
8.	FASE DE INVESTIGACIÓN: PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DESASTRES.....	191
8.1.	Definiciones y conceptos básicos.....	191
8.1.1.	Plan de contingencia.....	191

8.1.2.	Prevención	192
8.1.3.	Riesgo	192
8.1.4.	Amenazas	192
8.1.4.1.	Sismos.....	192
8.1.4.2.	Inundaciones	193
8.1.5.	Desastre	193
8.1.6.	Brigada de contingencia	193
8.2.	¿Qué se necesita para un plan de contingencia?	193
8.2.1.	Diagnóstico de recursos	194
8.2.2.	Organización	195
8.2.3.	Riesgos	195
8.2.4.	Estrategia de respuesta	196
8.2.5.	Evacuación.....	197
8.3.	Análisis situacional de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica	197
8.3.1.	Instituciones guatemaltecas encargadas de regir la gestión de desastres.....	197
8.3.1.1.	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) .	197
8.3.1.2.	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).....	198
8.3.1.3.	Asociación Nacional de la Cruz Roja Guatemalteca (CRG).....	198
8.3.2.	Legislación guatemalteca en materia de contingencia ante desastres.....	198
8.3.2.1.	Código de Trabajo de la República de Guatemala.....	199

8.3.2.2.	Ley y Reglamento de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED).	201
8.3.3.	Emergencias que ocurrieron en la institución en los últimos años.....	203
8.4.	Diseño de plan de contingencia ante desastres de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.....	204
8.4.1.	Información general.....	204
8.4.2.	Composición de brigadas de contingencia.....	205
8.4.2.1.	Selección del personal para formar las brigadas.....	205
8.4.2.2.	Responsabilidades de los brigadistas	206
8.4.3.	Riesgos a los que se expone la Escuela de Mecánica Eléctrica.....	207
8.4.3.1.	Sismo.....	207
8.4.3.2.	Inundación.....	208
8.4.3.3.	Incendio.....	208
8.4.4.	Sistema de evacuación.....	208
8.4.4.1.	Rutas.....	208
8.4.4.2.	Simulacros.....	209
CONCLUSIONES.....		213
RECOMENDACIONES.....		215
BIBLIOGRAFÍA.....		217

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Red convergente y sus servicios.....	2
2.	Evolución de las terminales móviles en la línea de tiempo	5
3.	Tendencia competitiva	7
4.	Convergencia tecnológica	8
5.	Convergencia de servicios	11
6.	Convergencia de redes IP.....	12
7.	Convergencia de redes	14
8.	Integración fija y móvil.....	16
9.	Redes convergentes	19
10.	Evolución y servicios de una red.....	23
11.	Elementos de una red	24
12.	Símbolos comunes de redes de datos	25
13.	Medios de red más comunes	26
14.	Topologías de red	31
15.	Descripción gráfica de una Red de área local (LAN).....	32
16.	Redes de área amplia	33
17.	WLAN típica	35
18.	Redes 3G	38
19.	Evolución de la tecnología UMTS	39
20.	Arquitectura de red UMTS.....	41
21.	Red wifi	43
22.	Red VPN	44
23.	Servicios de la capa de transporte del modelo OSI	53

24.	Capa de enlace de datos del modelo OSI	57
25.	Representación de señal en medio físico	58
26.	Capas de protocolo TCP/IP y su equivalencia con modelo OSI	61
27.	Hotspot wifi	69
28.	Enrutador wifi	71
29.	Canalización según estándar 802.11	74
30.	Jerarquía de una red convergente	76
31.	Interconexión de fibra óptica con la red general USAC	77
32.	Ubicación del Centro de Datos	78
33.	Red de acceso sugerida para nivel 2 del edificio T4.....	80
34.	Red de acceso sugerida para nivel 1 del edificio T4.....	81
35.	Red de acceso sugerida para sótano del edificio T4	82
36.	Red de acceso sugerida para subsuelo del edificio T3.....	83
37.	Red de acceso sugerida para nivel 1 del edificio T3.....	84
38.	Red de acceso sugerida para nivel 2 del edificio T3.....	85
39.	Red de acceso sugerida para nivel 3 del edificio T3.....	86
40.	Propuesta para despliegue de cableado estructurado, edificio T3	87
41.	Red de acceso sugerida para nivel 2 del edificio T1	88
42.	Red de acceso sugerida para nivel 3 del edificio T1	89
43.	Propuesta para despliegue de cableado estructurado, edificio T1	90
44.	Red de acceso sugerida para edificio de EPS	91
45.	Propuesta para ubicación de antenas wifi	92
46.	Propuesta para ubicación de <i>hotspot</i> , edificio T1	93
47.	Integración de servicios en una red convergente	97
48.	PABX	99
49.	Arquitectura básica genérica de un servidor de comunicaciones	100
50.	Conexión de equipo análogo a una central Elastix.	109
51.	Tarjeta PCI para conexión FXS	110
52.	Teléfono IP	111

53.	<i>Softphone</i>	111
54.	Arquitectura genérica de una red de VoIP.	112
55.	Red física en conjunto con la red IP.....	116
56.	Definición, planificación e implementación de una red.....	119
57.	Ubicación edificios de la Facultad de Ingeniería	125
58.	Ubicación de radio bases (Nodos B) USAC	126
59.	Valores de RSCP. 1er y 2do nivel T4.....	128
60.	Ec/lo 1er y 2do nivel T4.....	129
61.	Valores de Ec/lo 1er y 2do nivel T4	129
62.	<i>Call Drop</i> 1er y 2do nivel T4.....	130
63.	RLC PDU throughput DL 1er y 2do nivel T4	131
64.	Valores RLC PDU <i>throughput</i> DL 1er nivel T4.....	131
65.	Valores RLC PDU <i>throughput</i> DL 2do nivel T4	131
66.	SC 1er nivel T4	132
67.	SC 2do nivel T4.....	132
68.	Valores de RSCP 1er nivel T3	133
69.	Ec/lo 1er nivel T3	134
70.	Call Drop 1er nivel T3.....	135
71.	RLC PDU Throughput DL 1er nivel T3.....	136
72.	SC 1er nivel T3	137
73.	RSCP 1er nivel T1.....	138
74.	RSCP 3er nivel T1.....	139
75.	Ec/lo 1er nivel T1	141
76.	Ec/lo 3er nivel T1	142
77.	CallDrop 1er nivel T1.....	143
78.	<i>Session App Throughput</i> DL 1er nivel T1.....	144
79.	<i>Session App Throughput</i> DL 3er nivel T1.....	145
80.	SC del 1er nivel T1.....	146
81.	SC 3er nivel T1	147

82.	Fallas de acceso por congestión en servicios de voz y datos Nodo B USAC expansión	151
83.	Arquitectura básica de la solución	152
84.	Forma gráfica de la ubicación de la solución propuesta	155
85.	Tipo de solución propuesto para la instalación del modo Tipo Azotea (<i>Roof Top</i>) en la azotea del edificio T3.	155
86.	Solución Azotea (<i>Roof Top</i>) T3 mimetizada	156
87.	Ubicación geográfica de sitio móvil, solución Centro de Carga	157
88.	Punto geográfico propuesto para la instalación de los equipos a un costado del edificio T1	158
89.	Vista frontal y planta	158
90.	Vista lateral y posterior de la solución. Centro de Carga	159
91.	Planos de instalación del nodo tipo Centro de Carga	160
92.	Vista en ángulos diferentes de la solución a implementar	160
93.	Predicción de cobertura y de niveles de potencia en dBm	161
94.	VPN Empresarial	182

TABLAS

I.	Servicios convergentes en una misma infraestructura.....	15
II.	Tipos, velocidades y distancias de diversos cables de redes	34
III.	Capas del modelo OSI	50
IV.	Pila de protocolo TCP/IP	60
V.	Estándares IEEE 802.11	73
VI.	Cotización de equipos, cables, instalación y soporte.....	94
VII.	Datos técnicos por tipo de CODEC.....	115
VIII.	Costos de implementación.....	118
IX.	Listado de materiales para instalación de la RBS (Nodo B)	162
X.	Inversión por instalación de hardware de la RBS en USD	164

XI.	Inversión del software y licenciamiento para la RBS 3G en USD	165
XII.	Inversión por comisionamiento, instalación y manejo de proyecto para la RBS en USD.	166
XIII.	Estimación de instalación de infraestructura de la Estación de Carga en USD.....	167
XIV.	Costo total del proyecto en USD	171
XV.	Costo de planes móviles postpago libres Enterprise.....	174
XVI.	Costo de planes móviles postpago libres negocios.....	175
XVII.	Costo de planes móviles postpago control (Controlado Enterprise)....	177
XVIII.	Costo de planes móviles postpago control (negocios control)	178
XIX.	Costo de planes móviles postpago ilimitados (Corporativo).....	180
XX.	Costo de planes móviles colaborador (Enterprise).....	181
XXI.	Costo de planes línea fija Centrex	185
XXII.	Planes y costo administrador virtual.....	190

GLOSARIO

2G	Segunda generación de telefonía móvil.
3G	Tercera generación de transmisión de datos y voz para la telefonía móvil.
4G	Cuarta generación de telefonía móvil.
64QAM	(64 <i>Quadrature Amplitude Modulation</i>). Modulación de amplitud en cuadratura de 64 bits por símbolo.
Aastra	Empresa dedicada a la fabricación de equipos de redes.
Adobe Softphone	Aplicación para teléfonos utilizada para comunicaciones de VoIP.
AP	(<i>Access Point</i>). Router inalámbrico que permite la conexión a una red.
Asterix	Es un programa de software libre que proporciona funcionalidades de una central telefónica (PBX).
ATA	Adaptador telefónico analógico que permite conectar un teléfono a la computadora o a internet para usarlo con VoIP.

Atcom	Empresa dedicada a la fabricación de equipos de redes.
Backbone	Principales conexiones troncales de una red; cableado troncal.
BBU	(<i>Base Band Unit</i>). Unidad de Banda Base.
Bluetooth	Tecnología de comunicación inalámbrica para el intercambio de información en cortas distancias. Permite la conexión simultánea de varios dispositivos, ya que resuelve los problemas de sincronización.
Broadcast	Envío de información a todos los dispositivos conectados a la misma red.
BTS	(<i>Base Station Transceiver</i>). Estación Base.
Cablemodem	Tipo de <i>modem</i> diseñado para modular y de modular señal de datos sobre infraestructura de televisión por cable.
Call Agent	Es la persona que maneja las llamadas de los clientes entrantes o salientes para un negocio.
Call Drop	Caída de llamada de datos o voz.

Capex	(<i>Capital Expenditures</i>). Inversiones en bienes capitales.
CentOS	Una popular distribución Linux que va orientada a servidores.
Cisco	Empresa dedicada a la fabricación de equipos de redes.
CLI	(<i>Command Line Interface</i>). Método que permite a los usuarios dar instrucciones a algún programa informático por medio de una línea de texto simple.
Counter Path	Aplicación para teléfonos utilizada para comunicaciones de VoIP.
CPICH	(<i>Common Pilot Channel</i>). Canal Piloto Común.
CPU	(<i>Central Process Unit</i>). Unidad Central de Procesamiento dentro de una computadora u otro dispositivo como móvil o equipo de datos.
CRC	Comprobación de redundancia cíclica.
CRM	(<i>Customer Relationship Management</i>). Es un sistema para la administración de la relación con los clientes.
dBm	Medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un milivatio (mW).

Downlink	Enlace de bajada de una antena de radio base hacia un móvil.
Drive Test	Recorrido para verificación de redes móviles en las áreas de interés realizado en un vehículo recorriendo el área.
DSL	(<i>Digital Subscriber Line</i>). Línea de abonado digital; tecnología que proporciona internet a través de una línea telefónica.
DTV	Televisión Digital Terrestre.
DVB-H	(<i>Digital Video Broadcasting Handled</i>). Consta de una plataforma de difusión IP orientada a terminales portátiles.
E1	Es un formato de transmisión digital, lleva datos en una tasa de 2048 millones de bits por segundo y puede llevar 32 canales de 64 Kbps cada uno.
ekiga	Aplicación para teléfonos utilizada para comunicaciones de VoIP.
Elastix	Es una aplicación software para crear sistemas de telefonía IP, que integra las mejores herramientas disponibles para PBXs basados en Asterisk.

<i>e-learning</i>	Sistemas de aprendizaje no presencial, sino a través de medios electrónicos.
<i>endpoints</i>	Puertos de comunicaciones empleados para realizar llamadas a procedimientos remotos.
<i>Erlang</i>	Medida estadística de volumen de tráfico.
Ethernet	Estándar de redes de área local, define las características de cableado y señalización a nivel físico, así como el formato de las tramas de los datos.
Express Talk	Aplicación para teléfonos utilizada para comunicaciones de VoIP.
EyeBeam	Aplicación para mantener conexión y administrar la llamada usando funciones de voz, mensajería instantánea, video y presencia de la calidad de portadora.
FTP	<i>(File Transfer Protocol)</i> . Protocolo de Transferencia de Archivos.
FTTP	<i>(Fiber to the Premises)</i> . Fibra óptica hasta las instalaciones. Utiliza fibra óptica para conectar equipo de distribución cercano al usuario final.

FXO	<i>(Foreigne Xchange Office)</i> . Este puerto es el que recibe la línea analógica, prácticamente es un enchufe del teléfono o de su central telefónica analógica.
FXS	<i>(Foreigne Xchange Subscriber)</i> . Es el puerto que envía la línea analógica al abonado, podemos decir que es el “enchufe de la pared” encargado de enviar el tono de marcado.
Gateways	Conocido como puerta de enlace, este dispositivo actúa de interfaz de conexión entre dispositivos de red, y también ayuda a compartir recursos entre dos o más computadoras.
Gbps	<i>Giga bits</i> por segundo, unidad de medida correspondiente a 1 billón de bits por segundo, para medir la velocidad de transferencia de información.
Gbytes	Unidad de medida correspondiente a mil millones de <i>bytes</i> , la cual se utiliza para cuantificar cantidad de memoria o espacio de disco.
GIF	Es un formato de intercambio de gráficos, utilizado para imágenes como para animaciones.
Grandstream	Empresa dedicada a la fabricación de equipos de redes.

H.323	Protocolo que define la forma de proveer las sesiones de comunicación audiovisual sobre paquetes de red.
Handover	Sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente en una de las estaciones, o el usuario se moviliza de un lugar a otro de cobertura sin perder la comunicación.
<i>Hardphones</i>	Es un teléfono de escritorio que utiliza VOIP para realizar y recibir llamadas.
Hardware	Partes tangibles de un sistema informático, como los componentes eléctricos, mecánicos, electrónicos, cables, gabinetes, entre otros.
<i>Host</i>	Anfitrión, se utiliza para nombrar a las computadoras conectadas a una red cuando proveen o utilizan servicios de ella.
<i>Hotspot</i>	Ubicación física donde es posible acceder vía inalámbrica a Internet, típicamente a través de un <i>router</i> wifi.
HSDPA	(High Speed Downlink Packet Access). Paquetes de Acceso de Bajada de alta velocidad.

HSPA	(High Speed Packet Access). Paquetes de Acceso de Alta Velocidad, mejora el rendimiento de las redes 3G.
HSPA+	(Evolved High Speed Packet Access). HSPA Evolucionado, mejora principalmente en las velocidades de descarga para las redes móviles 3G de hasta 84 Mbps.
Hub	Dispositivo que permite centralizar cableado de una red.
Hylafax	Es un sistema de código abierto de clase empresarial para enviar y recibir <i>faxes</i> .
IAX	(<i>Inter-Asterisk eXchange</i>). Protocolo de señalización y transporte utilizado entre cualquier máquina Asterisk.
IAX2	(<i>Inter-Asterisk eXchange protocol</i>). Protocolo utilizado por Asterix, segunda versión.
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, asociación mundial dedicada al desarrollo y estandarización en áreas técnicas.
iLBC	(Internet Low Bitrate Codec). Es un códec de voz robusto adecuado para la comunicación de voz sobre IP.

IMS	(<i>IP Multimedia Subsystem</i>). Subsistema multimedia IP. Tecnología que soporta telefonía y servicios multimedia a través de redes IP.
Indoor	Cobertura de red en interior.
Internetwork	Define los elementos que realizan unión entre diferentes redes en cualquiera de los niveles del modelo OSI.
IP	(<i>Internet Protocol</i>). Protocolo de Internet.
IPTV	(<i>Internet Protocol Television</i>). Televisión por protocolo de Internet.
IPv4	Protocolo de Internet versión 4, la cual utiliza direcciones de 32 bits.
IPv6	Protocolo de Internet versión 6, utiliza direcciones de 128 bits.
ISP	(<i>Internet Services Provider</i>). Empresa que provee la interconexión hacia Internet y otras redes externas.
ITU G.711	Modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias vocales.

ITU G.723.1	Códec de voz de doble velocidad para la transmisión en comunicaciones multimedia a 5,3 y 6,3 kbit/s.
ITU G.726	Codificador que utiliza modulación por impulsos codificados diferenciales adaptativos.
ITU G.729	Algoritmo de compresión de datos de audio para voz que comprime audio de voz en trozos de 10 milisegundos.
<i>Iu</i>	Interface entre el controlador de radio y el CORE de la red 3G.
<i>IuB</i>	Interfaz entre la RNC y un Nodo B.
JPEG	<i>(Joint Photographic Experts Group)</i> . Grupo Conjunto de Expertos en Fotografía.
JPG	<i>(Joint Photographic Expert Group)</i> . Estándar de compresión y codificación de imágenes.
Kbps	<i>Kilobits</i> por segundo. Sirven para calcular el flujo o transferencia de información a través de una red equivalente a 1000 <i>bits</i> por segundo.
LAN	<i>(Local Area Network)</i> . Red de Área Local, interconexión de periféricos y ordenadores.

Linksys	Empresa dedicada a la fabricación de equipos de redes.
LPC10	Codificador de voz.
LTE	(<i>Long Term Evolution</i>). Tecnología de cuarta generación para redes móviles.
Mbps	<i>Megabits</i> por segundo. Unidad para cuantificar el flujo de datos equivalentes a 1000 Kbps.
<i>Media converter</i>	Dispositivo que convierte señales ópticas (fibra) en eléctricas (cobre) y viceversa.
MEGACO	(<i>Media Gateway Control Protocols</i>). Está dedicado para el control de elementos de un Gateway.
MGCP	(<i>Media Gateway Control Protocol</i>). Es un protocolo de control de dispositivos.
Mhz	(Megahertz) Unidad de medida de frecuencia basada en hercios.
MIPS	(Millions of Instructions per Second). Es una forma de medir la potencia de los microprocesadores.
MoH	(<i>Music on Hold</i>). Es la melodía que se escucha mientras se espera en línea durante una llamada.

MOS	(<i>Mean Opinion Score</i>). Es un sistema que clasifica la calidad de la voz de las conexiones telefónicas.
MPEG	(<i>Moving Pictures Experts Group</i>). Grupo de trabajo de expertos que estableció los estándares para audio y transmisión de video.
MRRU	(<i>Multimode Remote Radio Unit</i>). Unidad Remota de Radio Multimodo.
NAT	(<i>Network Address Translation</i>). Es un mecanismo utilizado por <i>routers</i> IP para intercambiar paquetes entre dos redes que asignan mutuamente direcciones incompatibles.
Networking	Integración de dos redes completas.
Nexge	Aplicación para teléfonos utilizada para comunicaciones de VoIP.
NIC	(<i>Network Interface Card</i>). Tarjeta de Red.
Nodo B	Es el componente responsable de la transmisión y recepción radio entre el terminal móvil y una o más celdas UMTS.
Open Wengo	Aplicación para teléfonos utilizada para comunicaciones de VoIP.

Opex	(<i>Operating Expense</i>). Gastos operacionales.
OSI	(<i>Open System Interconnection</i>). Modelo de interconexión de sistemas abiertos.
Outdoor	Cobertura de red intemperie.
PABX	(<i>Private Automatic Branch Exchange</i>). Central automática privada, es decir una central telefónica utilizada en una empresa u oficina.
Patch panel	Armario con conectores que permiten configurar la conectividad entre dispositivos de red.
PBX	(<i>Private Branch Exchange</i>). Dispositivo que actúa como una ramificación de la red primaria pública de teléfonos.
P-CCPCH	Primary Common Control Physical Channel en redes UMTS.
PDA	(<i>Personal Digital Assistant</i>). Es un asistente digital personal, sirve como organizador, calendario, agenda, entre otros.
PDU	Unidades de Datos de Protocolo, se utilizan para el intercambio de datos entre unidades dispares de una capa del modelo OSI.

PoE	<i>(Power over Ethernet)</i> . Tecnología que integra la energía para alimentar la infraestructura LAN, a través del Ethernet.
Polycom	Empresa dedicada a la fabricación de equipos de redes.
POTS	<i>(Plain Old Telephone Service)</i> . “Servicio telefónico ordinario”, conocido también como “servicio telefónico tradicional” o “telefonía básica”.
Proxy	Es un servidor intermedio que se usa en la comunicación de otros dos.
PSC	<i>(Primary Scrambling Code)</i> . Código Aleatorio primario en redes UMTS.
PSTN	<i>(Public Switched Telephone Network)</i> . Red Telefónica Fija Conmutada.
QoS	<i>(Quality of Service)</i> . Protocolos que permiten priorizar el envío de información según el tipo de servicio.
Quicktime	<i>Framework</i> multimedia desarrollado por la compañía Apple que consiste en un reproductor multimedia.
Rack	Espacio en un armario destinado a colocar algún equipo de red.

RBS	(<i>Radio Base Station</i>). Radio Base.
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados que procede por evolución de la Red Digital Integrada.
Revenue	Cantidad que recibe una empresa por la venta de sus productos o servicios.
RF	Señal de Radio Frecuencia.
RNS	Redes de Radio, subsistema de la red 3G. Se compone de una RNC y varios Nodos B.
Roof Top	Solución de Estación Base instalada en una azotea.
Router	Enrutador, dispositivo que proporciona conectividad a nivel de capa 3 en el modelo OSI, entre distintas redes de área local.
RRU	(<i>Remote Radio Unit</i>). Unidad de Radio Remota.
RSCP	(<i>Received Signal Code Power</i>). Potencia Recibida de Piloto.
RSSI	(<i>Received Signal Strenght Indicator</i>). Intensidad de la señal recibida en un móvil.
RTB	(<i>Real Time Bidding</i>). Se trata de un sistema de compra programática de publicidad digital.

RxLevel	Potencial de Señal Recibida en un móvil.
SC	(<i>Scrambling Code</i>). Código Aleatorio para la identificación de una celda en UMTS.
SFP	(<i>Small form-factor pluggable; transceptor</i>). Hace las veces de interfaz entre dispositivos de fibra óptica y eléctrica.
SIP	(<i>Session Initiation Protocol</i>). Protocolo para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario donde intervienen elementos multimedia.
sipXphone	Aplicación para teléfonos utilizada para comunicaciones de VoIP.
SiteSurvey	Estudio sobre el sitio o lugar a implementar la solución de un sitio móvil.
Sjphone	Aplicación para teléfonos utilizada para comunicaciones de VoIP.
Snom	Empresa dedicada a la fabricación de equipos de redes.
Softphones	Software para la computadora que permite realizar llamadas usando VoIP.

Software	Equipo o soporte lógico de un sistema informático. Aplicaciones informáticas.
Speex	Codificador de voz de código abierto adecuado para su uso en VoIP.
Streaming	Optimizar la descarga y reproducción de archivos de música y videos sin necesidad de descargarlos; las descargas son a través de fragmentos.
Switch	Conmutador, dispositivo de interconexión de equipos, su función es interconectar dos o más segmentos de red.
TCP	(<i>Transmission Control Protocol</i>). Protocolo de Control de Transmisión.
Telepresencia	Sistema de videoconferencia, que es una participación a distancia donde parte de los miembros no están presentes sino a través de una imagen virtual de alta definición.
Telnet	(<i>Telecommunication Network</i>). Protocolo de red para ingresar a otra máquina y manejarla remotamente.
fttp	(<i>Trivial File Transfer Protocol</i>). Protocolo de transferencia de archivos <i>Trivial</i> , se utiliza para transferir archivos pequeños.

Throughput	Velocidad real de transmisión de datos que se mide en <i>bits/s</i> o <i>bytes/s</i> .
Trunking	Sistemas de radiocomunicaciones móviles para aplicaciones privadas, formando grupos y subgrupos de usuarios.
UE	(<i>User Equipment</i>). Equipo de Usuario utilizado por un usuario final para comunicarse.
UMTS	(<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>). Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.
UNIX	Sistema operativo portable, multiárea, multiusuario.
Uplink	Es la transmisión desde una terminal móvil hacia una estación base o RBS.
UTP	(<i>Unshielded twisted pair</i>). Par trenzado no blindado, utilizado principalmente para cableado de redes.
Video ondemand	Video bajo demanda, video por pedido o a la carta, sistema que permite al usuario final el acceso a multimedia en forma personalizada.
VOD	(<i>Video on Demand</i>). Video bajo demanda.
VoIP	(<i>Voiceover IP</i>). Tecnología y protocolos de telefonía que permiten el envío de voz a través de redes IP.

Walk Test	Mediciones de señal y/o cobertura capturando la información caminando; se utiliza en arias internas o peatonales.
WAN	(<i>Wide Area Network</i>). Red de Área Amplia; red que une varias redes locales.
WCDMA	(<i>Wideband Code Division Multiple Access</i>). Acceso múltiple por división de código de banda ancha.
Wifi	Tecnología diseñada para interconectar dispositivos electrónicos en una WLAN.
WiMax	(<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>). Interoperabilidad mundial para acceso por microondas.
WLAN	(<i>Wireless LAN</i>). Red de área local inalámbrica.
World Wide web	(WWW). Red informática mundial, sistema de distribución de documentos de hipertexto y accesibles vía Internet.
Xten	Aplicación para teléfonos utilizada para comunicaciones de VoIP.
Zoiper	Aplicación para teléfonos utilizada para comunicaciones de VoIP.

RESUMEN

Este trabajo se basó en el estudio de los problemas y oportunidades de mejora que se observan en las redes de comunicaciones que se utilizan en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la USAC. Se analizaron las redes fijas de datos y las de telefonía móvil que dan servicio a las correspondientes áreas. Se hicieron las recomendaciones respectivas para que, sobre el mismo medio de transporte instalado, estén en capacidad de transportar múltiples servicios, tales como telefonía de voz, navegación de Internet, transferencia de datos, video llamadas y otros aspectos que se puedan requerir en el futuro. Esto es transformarlas en redes convergentes.

En los primeros 3 capítulos se explican los conceptos básicos de redes, cableadas e inalámbricas, convergencia y modelos de capas para redes de datos IP. En el capítulo 4 se hacen las recomendaciones de mejora para la red fija y de ampliación para la wifi que dan servicio en los diferentes edificios de la Facultad de Ingeniería. El capítulo 5 incluye las recomendaciones para implementar un servicio de telefonía de voz sobre IP que haga uso de la red de datos y se indican los equipos y aplicaciones que se sugiere instalar. Para la elaboración de la solución de red móvil se realizó un estudio de campo y, con equipo especializado, se evaluó la cobertura con base en indicadores clave que se detallan en el capítulo 6, que al final también incluye las recomendaciones del equipamiento y su mejor ubicación. Los costos, a precios actuales de mercado, de las mejoras recomendadas, están establecidos en cada capítulo, con el objetivo de que queden a disposición de la Facultad de Ingeniería para posteriormente evaluar si las implementaciones son técnica y financieramente factible.

OBJETIVOS

General

Realizar un análisis técnico del estado actual de las redes de comunicación utilizadas en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la USAC y, con base en el mismo, recomendar las mejoras tendientes a dotarlas de flexibilidad, escalabilidad y capacidad de transportar múltiples servicios sobre la misma infraestructura.

Específicos

1. Realizar inspecciones y estudios de campo que permitan tener un diagnóstico inicial del estado y eficiencia de las redes actualmente utilizadas.
2. Proponer las mejoras necesarias a la red de datos para que proporcione acceso a través de medios cableados e inalámbricos, y provea servicios de voz y datos a las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la USAC, en el campus central.
3. Determinar y planificar la implementación del servicio de VoIP que mejor se adapte a las necesidades de comunicación de las áreas planificadas.
4. Realizar un estudio de la cobertura actual de la red 3G en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

5. Proponer la instalación de radio bases 3G para mejorar la cobertura de la red 3G en las áreas correspondientes a la Facultad de Ingeniería de la USAC.
6. Realizar una estimación de equipos y costos de implementación.
7. Investigar costos para la incorporación de planes corporativos.

INTRODUCCIÓN

El mundo de las telecomunicaciones evoluciona exponencialmente mejorando la forma, disponibilidad y facilidad de estar comunicado. De la misma manera, las estrategias para la comercialización de estas tecnologías han tenido que ajustarse a las muchas necesidades del consumidor. La diversidad de servicios de telecomunicaciones que ofrece el mercado local en la actualidad permite estar permanentemente conectados y al pendiente de los intereses laborales, familiares y sociales. Sin embargo, la satisfacción de esta necesidad de conexión constante implica un significativo incremento en los costos de comunicación. Ante este escenario, es fácilmente comprensible el auge reciente que ha cobrado la tecnología de Voz sobre IP.

VoIP es un sistema de comunicación mediante el cual la voz viaja a través de Internet en forma de paquetes de datos, de esta manera, el usuario puede mantener conversaciones telefónicas sin afectar su tarifa de voz, ahorrándose con esto el costo de la llamada. Para transmitir la voz, la señal analógica primero se debe convertir en una señal digital codificada y luego ser dividida en paquetes.

Además de VoIP, en este proyecto se abordarán las características de estas otras tecnologías que, dimensionadas correctamente, reducirían los costos de comunicación del área administrativa de la Facultad de Ingeniería de la USAC: wifi y telefonía móvil de tercera generación (3G).

Wifi es otra tecnología de uso frecuente y bajo costo que permite que diferentes dispositivos electrónicos se conecten a las redes cableadas de datos

a través de un punto de acceso de red inalámbrica y alcance limitado, llamado *hotspot*.

Por último, se tratará de la comunicación a través de redes móviles, la cual ha evolucionado grandemente en Guatemala, pues el total de teléfonos móviles activos supera la población, esto quiere decir que cualquier persona puede poseer un *smartphone*. Son comunes en estas redes las zonas de alta utilización, donde el servicio llega a ser denegado debido a la saturación de la capacidad de transmisión de las estaciones base. Debido a que el ancho de banda es limitado en cada una de ellas, una radio base puede transmitir una cantidad finita de llamadas o secciones de datos. Para remediar esto ya existen soluciones muy específicas, diseñadas para cubrir áreas relativamente pequeñas, pero con alta densidad de usuarios, tales como edificios, plazas, oficinas y universidades.

La Universidad de San Carlos actualmente cuenta con algunos servicios de voz y datos, pero con muchas limitaciones, lentas y obsoletas, y es recomendable la actualización de tecnología que cada vez está más al alcance de todos. Esto permitiría que el personal docente de la Facultad de Ingeniería pueda tener acceso a los servicios, hacer uso de ellos en pro de la educación de los estudiantes, cada vez más numerosos, y estar a la vanguardia de la tecnología como casa de estudios superiores del país.

Por otro lado, la competencia actual entre los oferentes locales de servicios abre la puerta a posibilidades de negociar condiciones más favorables, sobre todo para grandes clientes. Este sería el caso de la Facultad de Ingeniería de la USAC, de manera que pueda verse enormemente favorecida al optimizar su red de datos, implementando una red convergente, negociando favorablemente los costos de interconexión a redes públicas, implementando

servicios de bajo costo, tales como los propuestos, redes wifi y servicios de Voz sobre IP, que permitan tanto a docentes y colaboradores administrativos estar permanentemente conectados.

1. CONVERGENCIA DE REDES

1.1. Convergencia

Últimamente, la convergencia se ha convertido en uno de los términos más utilizados en el vocabulario de la industria de las tecnologías de la información y la comunicación. La convergencia es para las empresas una nueva iniciativa para ofrecer nuevos servicios o la unificación de los servicios ofrecidos. El concepto de convergencia de redes ha sido de amplia utilización desde hace dos décadas. Aproximadamente inició en los años 90, particularmente por personas pertenecientes a la industria de las telecomunicaciones y las tecnologías de la información. Desde un punto de vista técnico, Fowler explica la convergencia como la tendencia hacia el uso de un medio de comunicación común para la provisión de múltiples servicios; tendencia que promete la simplificación de los sistemas de telecomunicaciones, permitiendo que los operadores y proveedores de servicios de telecomunicaciones ofrezcan mejores y más flexibles servicios a sus usuarios¹. Así mismo, identifica cuatro niveles de convergencia, todos estos desde un punto de vista tecnológico:

- A nivel de transporte
- A nivel de los sistemas de conmutación
- A nivel de aplicación (contenidos)
- A nivel de las tecnologías de las telecomunicaciones y la información

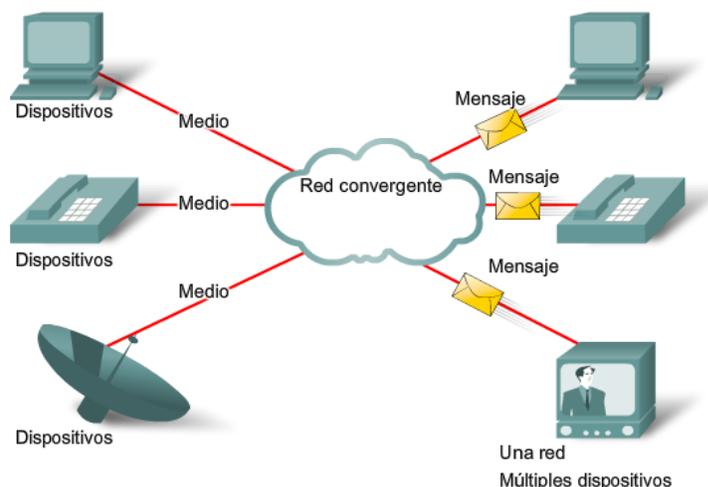
¹ QUIZA MONTEALEGRE, Jhon Jair. *Tesis Modelo de Red para la Provisión de Servicios Convergentes por Parte de Operadores Actuales de Telefonía Fija y/o Móvil*. Página 11.

En este contexto, no se debe obstaculizar el crecimiento ni el proceso evolutivo de las tecnologías, pues estas deben prestar mayor facilidad y mejores servicios sin que esto implique costos altos de inversión. El mercado definitivamente tiene que ser el que elija la mejor opción entre varias alternativas. La idea de la convergencia fijo-móvil es que los usuarios tengan todos sus dispositivos comunicados y sincronizados, para acceder a información relacionada con trabajo o estudio, y también disfrutar del ocio digital en cualquier momento.

1.2. Servicios convergentes

Tecnológicamente, se entiende como servicio convergente aquel que permite al usuario acceder a la información multimedia (voz, vídeo y datos) a través de una única interfaz, de forma ubicua, transparente, con calidad adecuada, y en múltiples contextos, como se muestra en la Figura 1:

Figura 1. **Red convergente y sus servicios**



Fuente: *Red convergente*. www.netacad.com/es/group/landing/v2/learn/. Consulta: febrero de 2015.

El concepto de ubicuidad es una generalización de la movilidad y constituye la máxima expresión de la convergencia, pues hace referencia a la posibilidad de acceder de forma similar a los servicios, aplicaciones y contenidos, de forma personalizada e independiente, de la ubicación concreta del usuario o de la red a la que esté conectado. Se trata de que el usuario final tenga capacidad de acceder a su información y aplicaciones en cualquier lugar y desde cualquier red, empleando terminales y otros dispositivos de interfaz específicos. Este concepto exige fundamentalmente capacidad de movilidad y de portabilidad de aplicaciones y contenidos, interconexión e interoperabilidad entre plataformas y operadores en sus máximos niveles, y la presencia de redes de proximidad que aislen a la terminal de la red de acceso que en cada momento sea accesible.

1.2.1. Tipos de convergencia

Según el contexto, el concepto de convergencia puede referirse a:

- Convergencia fijo-móvil (puede ser a nivel comercial, o de los servicios de red).
- Convergencia internet-telefonía de voz (VoIP).
- Convergencia de internet-TV (servicios, tecnologías).
- Convergencia de servicios móviles.

1.2.2. Convergencia comercial

Esta propone alianzas y fusiones entre los diferentes operadores de servicios, ya que la misma competitividad acelera la necesidad de diseñar nuevos modelos estratégicamente definidos. Puede mencionarse la variedad de ofertas de servicios, así como los aspectos que los operadores y los usuarios

determinan y perciben como convergencia (mismo proveedor, única factura, entre otros). Esto radica en que los diferentes operadores puedan ofrecer diversidad de servicios, y la capacidad de cubrir las necesidades de los cada vez más demandantes y exigentes usuarios finales.

La oferta de la convergencia puede ser puramente comercial, sin adelanto tecnológico, en este caso siempre existen ofertas de servicios fijos y móviles autónomos con accesos a terminales diferentes, pero comercializadas de manera conjunta, descuentos y ofertas de servicios combinados. El usuario se está convirtiendo en alguien interactivo, gracias a la evolución de las terminales y la capacidad de las mismas. Pueden mencionarse aspectos como:

- Demanda de servicios inalámbricos
- Comercio y banca electrónica
- Entretenimiento y redes sociales
- Mayor ancho de banda
- Posicionamiento y localización

Por esta razón, los servicios fijos cada vez reducen su mercado y han dado lugar a los servicios demandantes de datos y video, así como que no habrá soluciones individuales, independientes, creando un entorno de servicios dinámico, también personalizado, rápido y con mejoras económicas notables. A continuación, se mencionarán algunos escenarios para la convergencia comercial:

1.2.2.1. Servicios móviles

Donde los operadores buscan nuevos servicios para mantener a sus suscriptores y generar altas ganancias, por esto han tenido que desplegar redes

con altas velocidades, anchos de banda grandes, integrar con las redes IP, reducción de costo en llamadas de voz y reducción de planes de datos. En la siguiente figura se verá la evolución de las terminales móviles, que fundamenta la importancia de la convergencia comercial para los operadores locales.

Figura 2. **Evolución de las terminales móviles en la línea de tiempo**



Fuente: *Evolución de terminales móviles*. <http://www.rememes.com/meme/evolucion-telefonos-moviles>. Consulta: marzo de 2015.

El verdadero mercado es aquel en el que constantemente los operadores buscan ofrecer nuevos servicios, aplicaciones llamativas, planes de voz, datos, redes sociales, navegación, video, así como hacer uso eficiente de sus redes. A continuación pueden mencionarse algunos escenarios:

- Mantener el valor de la voz, basando la estrategia en segmentación de clientes, como, por ejemplo, los planes corporativos.
- La masificación de soluciones móviles para atender al mercado de los interiores de los edificios para mercado residencial y corporativo.

- Mercado de terminales móviles cada vez más atrayente y demandante para el usuario final.
- Mayor ancho de banda.
- Tarificación por volumen de descarga (*Gbytes*).

1.2.2.2. Servicio fijo

Este tema incluye aspectos como: el difícil reto para conservar usuarios, la reducción del costo de las llamadas de voz debido a la masificación y servicios ofrecidos por las redes móviles, facilidad de elegir una gran variedad de terminales móviles muy por encima de un terminal fijo. Adicionalmente, la disponibilidad de nuevas tecnologías como la VoIP, la cual ofrece bajos costos y una variedad adicional de servicios. Los operadores de red fija buscan soluciones como VoIP para incluir movilidad en sus redes y tener un mayor ancho de banda implementado, y también tener en la misma infraestructura de clientes más servicios, como los son el video y el Internet, claro que para ello se debe tener una red convergente para voz, datos y video. Tomando en cuenta lo anterior, algunas de las estrategias de los operadores fijos son:

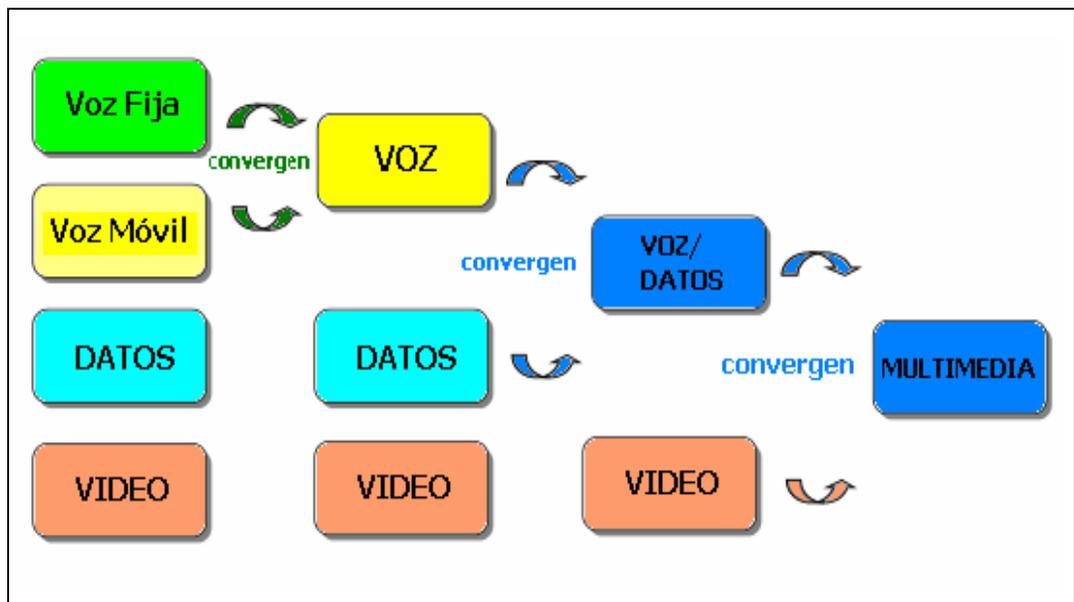
- Mantener el valor de la voz con base en segmentación de clientes
- Voz para los edificios de oficinas, vivienda, entre otros
- Servicio fijo de datos orientado a la banda ancha
- Servicio de Internet de banda ancha sin limitaciones de descarga
- Servicio de video residencial, oficinas, empresas, entre otros
- Inclusión de ofertas móviles en los paquetes de servicios

1.2.2.3. Híbrido fijo-móvil

Para brindar estos servicios los operadores se basan en paquetes, y pueden incluir todos los servicios del cliente en una sola factura, pues resulta importante la integración de servicios tanto como los desarrollos de infraestructura común. La convergencia puede darse a través de nuevos servicios complementarios, por ejemplo:

- Servicios de mensajería de voz única
- Gestión inteligente de reenvío de llamadas entre líneas fijas y móviles
- Organización de agenda
- Planes privados de numeración para cubrir líneas fijas y móviles
- Video *On Demand* para servicios fijos y móviles

Figura 3. **Tendencia competitiva**



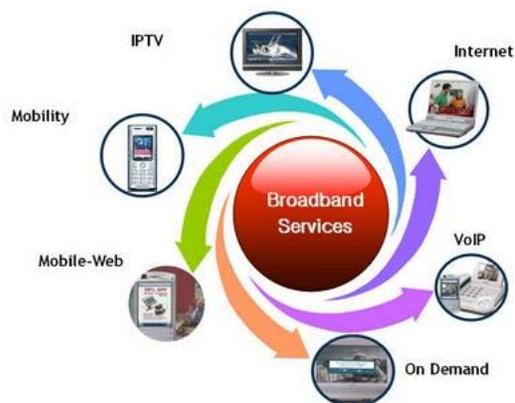
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Los nuevos servicios convergentes darán lugar a un cambio en el modelo de negocios, haciendo que los proveedores de servicios constantemente estén desarrollando aplicaciones, servicios, contenidos, consolidando todos sus servicios, simplificándolos y enriqueciéndolos con más presencia y personalización, modificando profundamente las tendencias competitivas a medida que van evolucionando, tal como se ve en la Figura 3.

1.2.3. Convergencia tecnológica

Puede decirse que es un concepto técnico y se vuelve evidente con la pérdida de fronteras entre medios de información, lo cual se convierte en un sistema único de medios de comunicación. La convergencia entre la informática y las telecomunicaciones se hizo realidad con la telemática. Esta convergencia es oportuna, pues logra un acceso más amplio a los servicios y aplicaciones a través de las plataformas abiertas, televisión digital y tecnologías móviles de 3era.y 4ta.generación, con todos los servicios de valor agregado disponibles, basándose en la relación de la infraestructura de la red y el contenido de la información a transmitirse o transmitida.

Figura 4. **Convergencia tecnológica**



Fuente: *Convergencia tecnológica*. <http://convergencia-tecnologica-johana.blogspot.com/>.

Consulta: febrero de 2015.

La convergencia tecnológica se fundamenta en la digitalización de las telecomunicaciones. La convergencia utiliza la aplicación común de tecnologías digitales a los sistemas y redes asociados para la entrega de los servicios, ofreciendo a los operadores o fabricantes nuevas maneras para transmitir la información.

El progreso entre productores, distribuidores y usuarios de información, gracias a las ventajas y facilidades de interconexión que existen actualmente, y la ampliación de la capacidad de producción de mensajes específicos y especializados destinados a usuarios y consumidores, permite difuminar tales diferencias y limitaciones paulatinamente. Pueden mencionarse a continuación varios escenarios:

- Sustitución tecnológica
- Tecnología complementaria

1.2.3.1. Sustitución tecnológica

Pueden mencionarse los productos diferenciados tecnológicamente, variedad de capacidades, sin características similares, pero que se utilizan para el mismo fin. Por consiguiente, esto se caracteriza por desarrollo de nueva tecnología, nuevos productos y el aprendizaje de los usuarios finales. La sustitución tecnológica lleva cambios como la invención, desarrollo y comercialización, los cuales llevan a una innovación constante y compleja en que las capacidades tecnológicas modifican los productos y servicios mejorándolos considerablemente.

1.2.3.2. Tecnología complementaria

Esto involucra tecnología existente complementada o combinada para el desarrollo de nuevos productos, sin embargo, esta combinación puede estar claramente limitada. Esta convergencia es impulsada por un nuevo producto que involucra el ensayo y el error, el cual los compradores utilizan para encontrar salidas a las características o limitantes de un producto. También existen las capacidades tecnológicas que son desarrolladas y corregidas para modificar y aumentar la calidad de un producto. La convergencia tecnológica tiene que ver directamente con la infraestructura de las comunicaciones como almacenamiento de información, transmisión, capacidad de procesamiento, consumo, provocando así la mejora o modernización de los sistemas de información y comunicaciones.

1.2.4. Convergencia de servicios

Esto implica que varios servicios se puedan proporcionar por el mismo equipo, terminal, enlace de acceso, medio de transporte, elemento de control o software de aplicación. Esto se puede ver ofrecido por varias empresas que disponen cada vez de un número mayor de servicios: teléfono, tv por cable o satelital, servicio de Internet, servicios de telefonía móvil utilizando la misma infraestructura de red y demás.

Esto significa que múltiples servicios puedan ser suministrados al mismo usuario a través de una o varias redes y terminales, siendo la meta principalmente suministrar todos los servicios en una misma interfaz gráfica, fácil de usar con movilidad, teniendo una alta eficiencia, confiabilidad, seguridad y soporte. Una vez se entienda las necesidades de los usuarios finales, una

gran variedad o diversidad de servicios pueden ser desarrollados. Actualmente, pueden mencionarse estas ofertas:

- Bonos de saldo para llamadas de voz
- Planes para datos
- Descuentos en llamadas de voz y datos
- Minutos extras
- Planes de datos sin contrato
- Tarifas planas
- Llamadas ilimitadas
- Recargas de saldo
- Unificación de factura
- Paquetes de mensajes
- Video llamadas
- Localización
- Servicios multimedia

Figura 5. **Convergencia de servicios**



Fuente: *Convergencia, un concepto integrador de los servicios de la información.*

<http://es.slideshare.net/xcoloquio/convergencia-un-concepto-integrador-y-transformador-de-los-servicios-de-información>. Consulta: febrero de 2015.

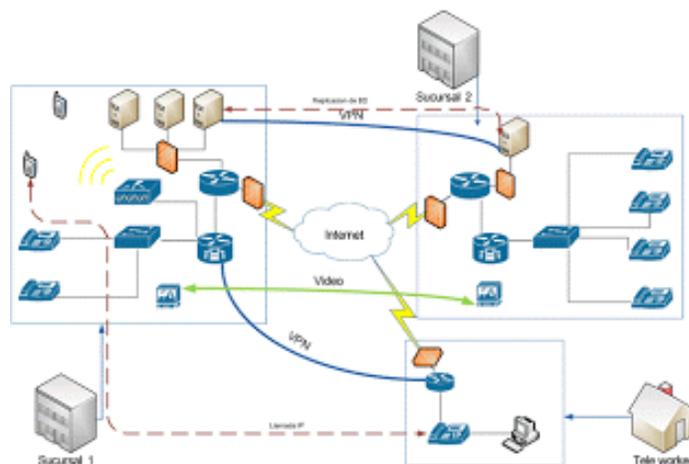
El enfoque, principalmente, es centrarse en los requisitos de los usuarios finales como la experiencia en el servicio.

1.2.5. Convergencia IP

El mundo actual de las telecomunicaciones está tendiendo a transmitir “todo sobre IP”, ya que sus características de estandarización y escalabilidad hacen esta forma de transmisión muy atractiva tanto a los fabricantes y operadores, como a los mismos usuarios finales.

Las comunicaciones a través de IP se basan en tecnologías y protocolos que también evolucionan rápidamente, por ejemplo, el crecimiento exponencial de la capacidad de los CPUs, reducción de costos, implementación de IPv6, telefonía de voz sobre IP (VoIP) y otros. La convergencia hacia IP resulta en redes flexibles y fácilmente adaptables a las necesidades, con capacidad de la fusión de voz, datos y video en la misma red. Estas redes se utilizan ya en el mundo de negocios como en el residencial.

Figura 6. **Convergencia de redes IP**



Fuente: *Convergencia de redes IP.*

http://convergenciaderedes.blogspot.com/2010_04_01_archive.html. Consulta: marzo de 2015.

El sector de la tecnología fija con redes PSTN va a ser superado por las redes convergentes IP, conservando y mejorando los servicios ofrecidos, como puede ser la escalabilidad de tráfico, pudiendo tener una oferta creciente de servicios. Entre los principales atractivos de la convergencia IP, pueden mencionarse:

- Reduce los costos totales de propiedad de tecnología.
- Elimina la falta de flexibilidad de las redes antiguas.
- Reduce la cantidad de hardware que se necesita para voz y datos.
- Disminuye la dependencia de redes de operadores.
- Simplifica la gestión de red y la administración de los cambios de ubicación del personal.

La migración de las redes móviles hacia una arquitectura IP facilita la convergencia de servicios sobre redes fijas y móviles. Además, existe la tecnología IMS (IP Multimedia Subsystems), que proporciona servicios de contenidos, multimedia, videoconferencia, voz sobre IP, *Streaming*, Telepresencia, sin embargo existe una vulnerabilidad: su desarrollo está ligado al Internet, lo cual implica mucho trabajo en protección y seguridad.

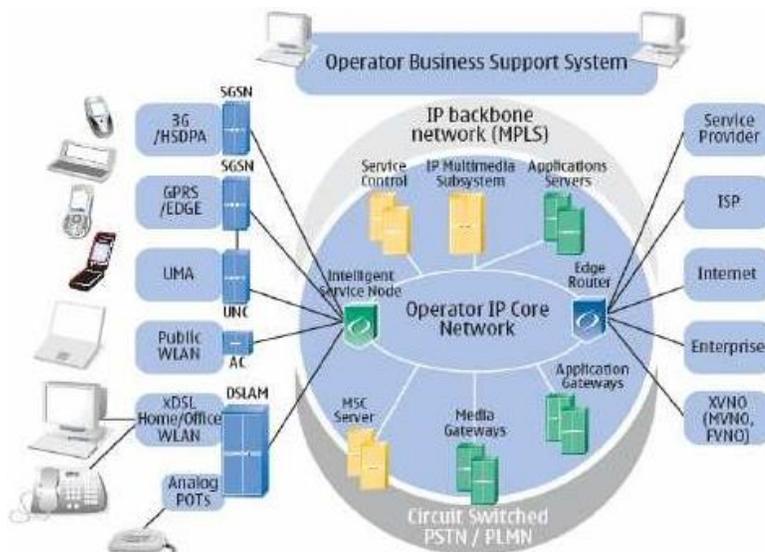
1.2.6. Convergencia de redes

Proceso en el cual una misma red soporta distintos servicios tales como voz, datos, video, multimedia, entre otros. Hasta hace pocos años las redes alámbricas de datos y TV-cable han existido de forma aislada. La convergencia de redes, en esencia, busca la unificación de la transmisión y del tratamiento del tráfico de las aplicaciones. En vez de utilizar redes separadas para cada tráfico, todo es soportado en una misma infraestructura de comunicaciones, que pueda simplificar, por ejemplo, accesos comunes, protocolos, nuevos servicios

y optimización del transporte. Esta evolución ha obligado a los operadores a invertir en su infraestructura para ofrecer y soportar los diversos servicios, pero esto también obliga a mejorar los sistemas de gestión, calidad, capacidad.

Se puede decir que las redes, gracias a la incorporación de aplicaciones informáticas sobre nodos conectados a la infraestructura de conmutación telefónica, empiezan a configurar las plataformas únicas, las cuales están basadas en la interconexión de nodos en donde residen aplicaciones informáticas, centrales de conmutación y sistemas de bases de datos en tiempo real, enlazados mediante avanzados sistemas de señalización, para proveer la nueva generación de servicios. Esto permite la aparición de una serie de servicios de telecomunicaciones que tratan de satisfacer la creciente demanda de los usuarios finales, servicios a precios razonables, fáciles de utilizar, escalables, personalizados y disponibles en cualquier lugar, así como de suministrar soluciones viables para las nuevas necesidades de mercado.

Figura 7. **Convergencia de redes**



Fuente: *Convergencia Fijo Móvil (FMC)*. <http://es.slideshare.net/mundocontact/9-d-echauri>. Consulta: febrero de 2015.

La siguiente tabla muestra como la misma infraestructura de red puede brindar los servicios de voz, datos, video.

Tabla I. **Servicios convergentes en una misma infraestructura**

SERVICIOS CONVERGENTES A TRAVÉS DE LAS DISTINTAS INFRAESTRUCTURAS DE RED			
Infraestructura de red	Voz	Datos	Video
Par de cobre	Red telefónica conmutada	DSL, FTTP	VOD, IPTV
Cable	Cable coaxial	Cable-modem	Analógica, DTV
Inalámbrica	2G, 3G, 4G	2.5G, 3G, 3.5G, 4G	DVB-H, otras
Inalámbrica fija	VoIP	Estándares propietarios, 3G, WiMAX, LMDS, MMDA	DVB
Redes eléctricas	VoIP	BPL	VOD, DVB, IPTV

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

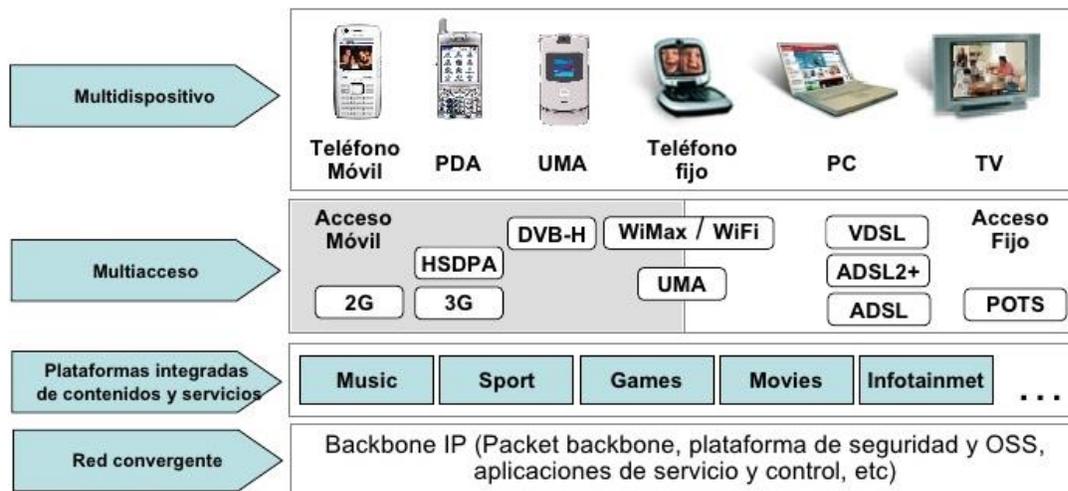
1.2.7. **Convergencia de redes fija y móvil**

Permiten la sinergia entre las redes fijas y móviles dando a los usuarios más funcionalidades, no importando la localización geográfica. La voz fue de las primeras convergencias que se dieron entre estas redes, complementándola con los servicios que algunos clientes tienen con los operadores de servicios fijos y móviles. Algunas de estas redes ya han realizado convergencia en su infraestructura. Puede mencionarse el punto de vista del fabricante de tecnología y servicios Huawei: “Los clientes quieren servicios independientes del tipo de aparato y acceso, no quieren cambiar entre diferentes operadores y no quieren usar varios aparatos, pero sí un solo teléfono o aparato con muchos

servicios. Este nuevo concepto nos lleva a hablar de la convergencia fijo-móvil².

Adicionalmente, puede mencionarse, desde el punto de vista del usuario, que esta convergencia proporcionará facilidad, tal y como tener un mismo número capaz de llamar y de recibir llamadas en el hogar, lugar de trabajo o estudio. Los beneficios podrán ser: unificar servicios, más oferta de servicios por parte de los operadores, un servicio flexible personalizable, y tener un único número, ubicuo (cualquier lugar, cualquier dispositivo), y simple (fácil de usar, registro único).

Figura 8. Integración fija y móvil



Fuente: *Internet, convergencia y la transformación de las telcos.*

<http://es.slideshare.net/glutzky/internet-convergencia-y-la-transformacin-de-las-telcos>. Consulta: febrero de 2015

² CELI TOAPANTA, Byron Rafael. *Análisis de las incidencias, Tendencias y Perspectivas Tecnológicas y de Mercado que inducen a la Convergencia Fijo-Móvil y sus implicaciones en el ámbito regulador de las Telecomunicaciones*. Página 27.

Para los usuarios finales, las comunicaciones están esencialmente dirigidas hacia la personalización: tener acceso a los propios datos por medio de un terminal preferido, cuando quiera y donde quiera. Una herramienta que puede ser usada con el concepto de personalización es el uso de una aplicación de red donde el usuario final tiene un control completo y personalizado, así como capacidad de servicio continuo, pudiendo conectarse en cualquier lugar a cualquier hora, no importando si el usuario se encuentra fijo en un lugar o en movimiento. Es importante saber que la proporción de minutos móviles ya sobrepasa la de minutos fijos, con lo que es claro que la movilidad en comunicaciones de voz tiene un valor inherente.

Se espera fiabilidad en todas las transacciones, incluyendo una conexión garantizada con QoS (calidad de servicio). El usuario espera la misma o mejor garantía en ambientes convergentes; la entrega de los servicios implicará comunicaciones libres de *spam*, virus o fraude. Los usuarios esperan transparencia en las características y continuidad de los servicios entre zonas con cobertura de redes wifi, GSM, UMTS, LTE y demás, incluyendo la convergencia entre terminales móviles y fijos. La transparencia en el servicio es necesaria para gestionar la entrada y salida de comunicaciones desde y hacia el terminal.

Para poder sostener los costos relacionados con el tráfico de datos, tanto en redes fijas como móviles, los operadores buscan constantemente soluciones que permitan optimizar sus inversiones en expansión de red (Capex) y que a la vez reduzcan los costos operativos (Opex). Los diferentes estudios de mercado indican que el tráfico de datos va a crecer de forma exponencial en los próximos años (x10 a finales del 2019), pero no así los ingresos de los operadores por el acceso.

1.3. Diferentes escenarios sobre la evolución de la convergencia

La convergencia de los diferentes tipos de redes de comunicación en una plataforma representa la primera fase en la creación de la red inteligente de información. En la actualidad tiene vigencia esta fase de evolución de la red. La próxima fase será consolidar no sólo los diferentes tipos de mensajes en una única red, sino también consolidar las aplicaciones que generan, transmiten y aseguran los mensajes en los dispositivos de red integrados. La plataforma de comunicaciones resultante proporcionará funcionalidad de aplicaciones de alta calidad a un costo reducido.

La integración de voz y datos en una misma red significa que la infraestructura debe ser multiservicio, es decir, que soporte diferentes tipos de tráfico con diferentes requerimientos en cuanto a la calidad de servicio se refiere. Por tanto, es importante tener en cuenta que la infraestructura de este tipo de red de nueva generación debe tener dos características fundamentales: la flexibilidad y la habilidad para reaccionar a los cambios del tráfico, de tal manera que se puedan prestar servicios en tiempo real y garantizar los requerimientos de calidad pactados, tales como ancho de banda, retardo y pérdida de paquetes, entre otros.

La clave para las redes de convergencia basadas en IP es la división de las principales funciones de red en componentes lógicos que pueden implementarse en equipos de propósito específico. Así se pueden construir soluciones escalables e interoperables para satisfacer las diferentes necesidades de los distintos proveedores de servicios a bajo costo, y permitiendo que los mismos servicios se puedan ofrecer uniformemente a lo largo de toda la red.

La velocidad a la que se desarrollan nuevas e interesantes aplicaciones de red convergentes se puede atribuir a la rápida expansión de Internet. Esta expansión creó una amplia audiencia y una base de consumo más grande, ya que puede enviarse cualquier mensaje, producto o servicio. Los procesos y mecanismos subyacentes que llevan a este crecimiento explosivo tienen como resultado una arquitectura de red más flexible y escalable. Como plataforma tecnológica que se puede aplicar a la vida, al aprendizaje, al trabajo y al juego en la red humana, la arquitectura de red de Internet se debe adaptar a los constantes cambios en los requisitos de seguridad y de servicio de alta calidad. Nunca está de más decir que las redes deben proporcionar servicios seguros, predecibles, medibles y garantizados. Necesitan mecanismos para administrar el tráfico de redes congestionadas. La congestión se genera cuando la demanda de recursos de red supera la capacidad disponible.

Figura 9. **Redes convergentes**



Fuente: *Redes convergentes*. <http://networkingxxi.blogspot.com>. Consulta: marzo de 2015.

Si todas las redes tuvieran recursos infinitos no habría necesidad de utilizar mecanismos para medir la calidad (QoS) para garantizar la calidad de servicio. Existen algunas restricciones en los recursos de red que no pueden evitarse. Las restricciones incluyen limitaciones tecnológicas, costos y disponibilidad local del servicio.

En la Figura 9 se muestra una red convergente y sus posibles servicios, haciendo mención de la importancia de que todos los servicios y/o aplicaciones dependan de la mejor infraestructura posible para soportarla.

Puede finalmente mencionarse que las redes de nueva generación (NgN), según la UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones), están basadas en paquetes capaces de ofrecer servicios de telecomunicaciones, utilizar múltiples tecnologías de banda ancha, proporcionar calidad de servicio (QoS).

La importancia de la convergencia de redes se resume en que estas se están implementando para respaldar los entornos empresariales en los que los usuarios demandan acceso a las aplicaciones más avanzadas, nuevos servicios y mayor colaboración. Estas redes multiservicios ofrecen una variedad de posibilidades para apreciar su utilidad y ventajas económicas; se vuelve necesario que los usuarios evalúen y ordenen sus prioridades empresariales tanto como sus capacidades de red y los requisitos futuros.

Las soluciones convergentes invitan a una mayor productividad, pues simplifican el uso de diversas aplicaciones, reducen los costos, mejoran la retención de clientes, reducen el tiempo de nuevas soluciones para el mercado, y buscan reducir los costos del personal para la administración y mantenimiento de la red.

2. REDES

Una red es un sistema a través del cual hardware y software comparten recursos e información. Entre los elementos indispensables para la existencia humana, el interactuar está justo debajo de la necesidad de sustentar la vida. Comunicarse es tan importante como el agua, los alimentos y un lugar para vivir. Los métodos que comúnmente son utilizados para compartir ideas e información están cambiando y evolucionando constantemente. Mientras la red humana se mantuvo limitada a conversaciones frente a frente, el avance de los medios amplía el alcance de las comunicaciones. Desde la comunicación escrita hasta la televisión, la comunicación ha mejorado debido a su desarrollo. De igual manera, con el avance en la tecnología de comunicación, la interconexión y creación de redes de datos tiene un efecto profundo.

Las primeras redes de datos únicamente realizaban intercambio de información de caracteres entre sistemas informáticos. Actualmente las redes de datos han evolucionado y se ha agregado voz, video, texto y gráficos, a los diferentes tipos de dispositivos. Las formas de comunicación anteriormente individuales y diferentes se unieron en una plataforma común. Esta plataforma da los accesos a una gran variedad de métodos de comunicación alternativos y nuevos, permitiendo a las personas interactuar con otras en una forma casi instantánea.

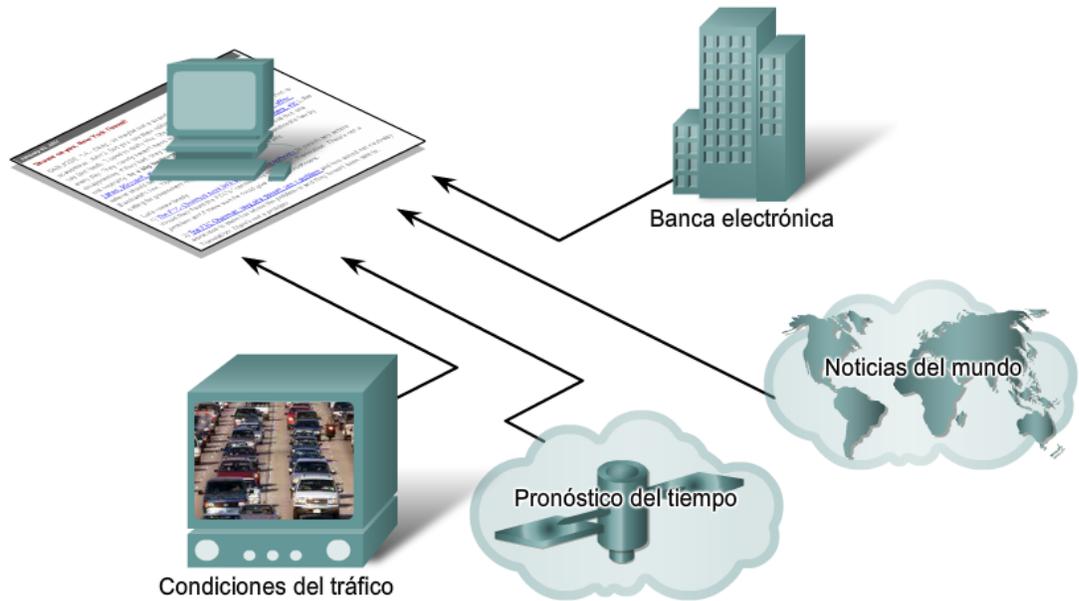
Se puede decir que es el agente de cambio actualmente más significativo del mundo, pues ayuda a crear un lugar en el cual las fronteras, las distancias y las limitaciones físicas no son relevantes y cada vez presentan menos obstáculos. La creación de grupos en línea para el intercambio de ideas e

información tiene la posibilidad de aumentar las oportunidades de productividad en todas partes del planeta, debido a que el Internet conecta a las personas y no pone límites a la comunicación, presenta plataformas donde ejecutar negocios, tener emergencias, hacer que las personas estén informadas, respaldar la educación, las ciencias y el gobierno.

La forma tan rápida con la que Internet llegó a ser una parte integral de nuestra vida diaria, así como la compleja interconexión de medios electrónicos y dispositivos que abarca la red, es para los millones de usuarios una parte valiosa y personal de sus vidas. Las redes de datos, como se muestra en la Figura 10, fueron alguna vez el transporte de información entre negocios, se planificaron para ayudar a mejorar la calidad de vida de todas las personas. En el día a día, los recursos disponibles en Internet pueden ayudar a:

- Consultar en línea ayuda a decidir cómo vestirse según sean las condiciones actuales del clima.
- Buscar la mejor vía hacia un destino observando videos de cámaras *web* que muestran el tránsito vehicular.
- Pagar cuentas en línea, así como consultar estados de cuenta bancarios.
- Enviar y recibir correo electrónico o hacer una llamada telefónica a través de Internet durante una comida en un restaurante.
- Estar al día sobre la salud y consejos sobre nutrición de parte de expertos de todo el mundo, y compartir esa información en un foro.
- Descargar nuevas recetas y técnicas para cocinar cenas fabulosas.
- Enviar y compartir sus videos, fotografías con amigos o en redes sociales.

Figura 10. **Evolución y servicios de una red**



La forma en la que vivimos está respaldada por servicios provistos por la red de datos.

Fuente: *Curso CCNA 1*. <https://sites.google.com/site/cursoonlineaccna1/unidad-1-la/1-1-la-comunicacion-en-un-mundo-centrado-en-la-red/1-1-1-redes-que-respaldan-la-forma-en-que-vivimos>. Consulta: marzo de 2015.

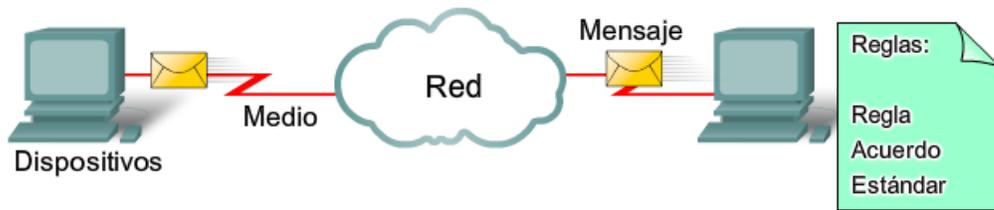
Poder comunicarse de forma confiable con todos es de suma importancia para la vida personal y comercial. Para asegurar el envío inmediato de todos los mensajes que se intercambian en todo el mundo, se confía en la *web* de redes interconectadas. Estas redes de información o datos varían en capacidad y tamaño. Los cuatro elementos básicos que tienen en común son:

- Acuerdos y reglas para regular el envío, redireccionamiento, recepción y forma de interpretar los mensajes.
- Los mensajes o unidades de información viajan de un dispositivo a otro.
- La forma de interconectarlos dispositivos; medio en que se pueden transportar todos los mensajes de un dispositivo a otro.

- Los diferentes dispositivos de la red que cambian mensajes entre sí.

La Figura 11 muestra los elementos de una red típica, lo cual incluye dispositivos, medios y servicios que están unidos por reglas, que trabajan en forma conjunta para el envío de mensajes. Se utiliza la palabra mensajes como término que abarca las llamadas telefónicas, los mensajes instantáneos, los *e-mails*, las páginas web y otras formas de comunicación permitidas por Internet.

Figura 11. **Elementos de una red**



Los cuatro elementos de una red:

- Reglas
- Medio
- Mensajes
- Dispositivos

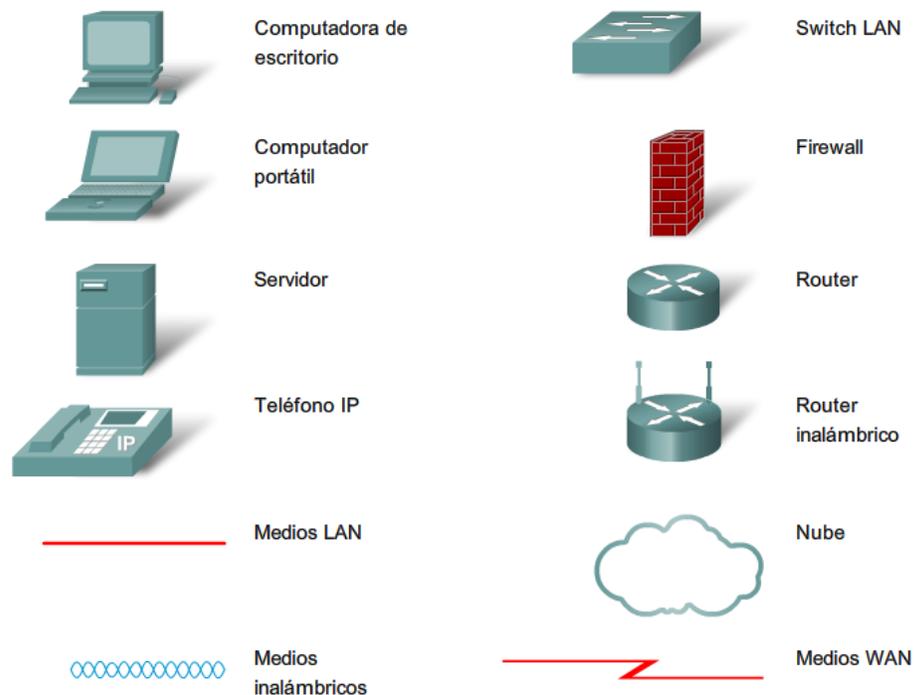
Fuente: *Elementos de una red de datos*. <http://es.slideshare.net/MaePadilla/elementos-de-una-red-de-datos> Consulta: marzo de 2015.

Entre los dispositivos intermedios y símbolos más comunes, los cuales son utilizados para direccionar y administrar los mensajes en la red, se encuentran:

- *Switch*: el dispositivo utilizado para interconectar redes de área local.
- *Firewall*: encargado de proporcionar seguridad a las redes.

- *Router*: ayuda a direccionar datos mientras viajan a través de diversas redes.
- *Router* inalámbrico: un tipo específico de *router* que comúnmente se encuentra en redes domésticas.
- Nube: se utiliza para referir un grupo de dispositivos de red cuando sus características no son importantes.
- Enlace serial: es la forma de interconexión WAN, representada por la línea en forma de rayo.

Figura 12. **Símbolos comunes de redes de datos**



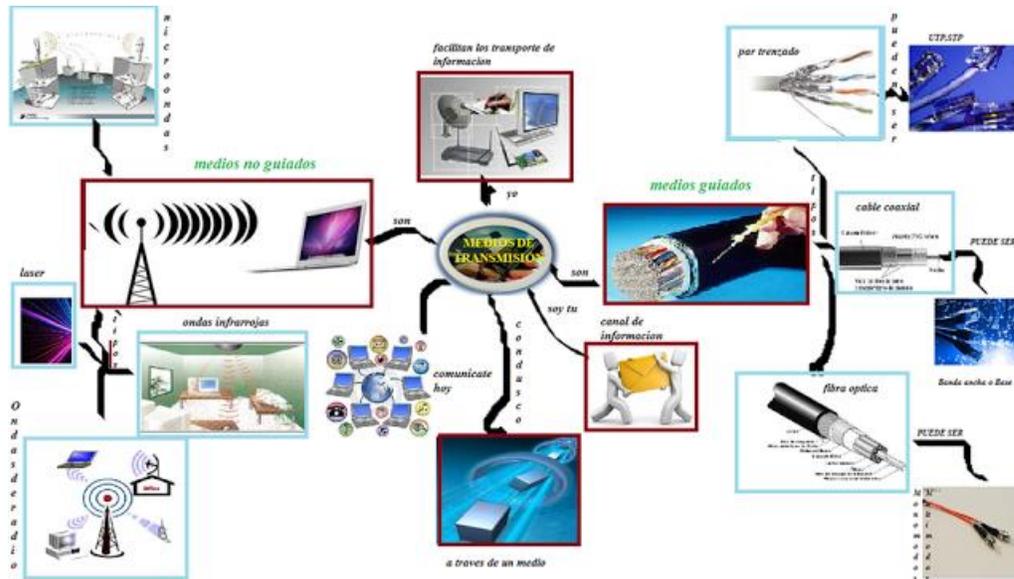
Fuente: *Taller de Infraestructura comunitaria de comunicaciones.*

<http://es.slideshare.net/davidreautho/taller-infraestructura-comunitaria-de-comunicaciones-sesion-i> Consulta: marzo de 2015.

Para que funcione una red deben estar conectados los dispositivos entre sí. Las conexiones de una red pueden ser inalámbricas o cableadas. En las

conexiones con cables el medio puede ser fibra óptica o cobre. En las conexiones inalámbricas el espacio es el medio utilizado por las señales de microondas.

Figura 13. Medios de red más comunes



Fuente: *Medios de red más comunes*. <http://bvvdv.blogspot.com/2015/05/medios-de-transmision.html>. Consulta: marzo de 2015.

Generalmente se busca tener aplicaciones informáticas para poder enviar y recibir distintos tipos de mensajes, y son necesarios servicios para funcionar en la red. Estos servicios incluyen redes sociales, *e-mail*, *World Wide Web*, mensajería instantánea y telefonía IP. Para proporcionar estos servicios, a los dispositivos interconectados, los diferentes medios deben de controlarse por protocolos.

Los protocolos son las reglas utilizadas por los dispositivos de una red para comunicarse entre sí. Actualmente el estándar en redes es un conjunto de protocolos denominado TCP/IP, que se utiliza en redes comerciales y

domésticas. Este es el protocolo primario de Internet. Son los protocolos TCP/IP los que especifican los mecanismos de direccionamiento y de enrutamiento, garantizando que los mensajes sean entregados correctamente.

Los dispositivos y los medios están físicamente en la red. Los elementos físicos conocidos como hardware son los componentes visibles de la plataforma de red, como una computadora, el cableado que se utiliza para conectar estos dispositivos o un *switch*. También en ocasiones puede ser que algunos componentes no sean visibles. En medios inalámbricos, los mensajes son transmitidos por medio del aire utilizando ondas infrarrojas o frecuencias invisibles.

Los programas utilizados en servicios y procesos de comunicación son conocidos como software y se ejecutan por medio de los dispositivos conectados a la red. El servicio de una red da información como respuesta a una solicitud generada. Los servicios pueden abarcar una gran cantidad de aplicaciones que comúnmente son utilizadas por las personas a diario, como por ejemplo *e-mail hosting* y los servicios de *web hosting*. Estos procesos tienen la funcionalidad de direccionar y trasladar los mensajes a través de la red. Los procesos son conocidos y son críticos para que funcionen las redes. Los medios son utilizados para transportar información a través de una red. El mensaje viaja desde su origen al destino por medio de un canal que es proporcionado por el medio.

La señal es codificada para que el mensaje sea transmitido y es diferente para cada tipo de medio. En los hilos de cobre, los datos de la codificación tienen patrones específicos, deben coincidir y se realizan por impulsos eléctricos. Cuando la transmisión es por fibra óptica se usan pulsos de luz, en intervalos de luz visible o infrarroja. Y cuando son transmisiones inalámbricas,

los patrones de ondas electromagnéticas son mostrados por distintos valores de *bits*.

Hay diferentes medios de red y por consiguiente tienen diferentes características y beneficios. Podrían tomarse como criterios para elegir un medio los siguientes:

- La distancia máxima en la cual el medio puede transportar una señal exitosamente.
- Cuál es el ambiente donde se instalará el medio.
- La velocidad y cantidad de datos que se desea transmitir.
- El costo de instalación y del medio a utilizar.
- Permisos para la instalación del medio sugerido.

El crecimiento en la cantidad y tamaño de las redes se da a un ritmo acelerado. Como consecuencia de ello muchas de las redes se desarrollaron utilizando implementaciones de diferentes tipos de hardware y software, haciendo que las redes sean incompatibles. Esto provoca que el proceso sea complicado para las redes que tienen especificaciones distintas para comunicarse entre ellas. La solución a este problema se da siguiendo la pauta de la Organización Internacional para la Normalización (ISO), que realizó varias investigaciones sobre los esquemas de red. La ISO reconoció la necesidad de crear un modelo de red que ayudara a los diseñadores a implementar redes que pudieran ser compatibles entre ellas y, por lo tanto, elaboraron en 1984 el modelo de referencia OSI.

Para visualizar la interacción entre diferentes protocolos comúnmente se utiliza un modelo en capas. Este modelo muestra cómo funcionan los protocolos dentro de cada capa, también la interacción de las capas sobre y debajo de él.

Es útil recordar que existen beneficios si se utiliza un modelo en capas, pues este describe el funcionamiento y los protocolos de red. Además, asiste en el diseño de protocolos, ya que estos operan en una capa específica que el modelo permite tratar como independiente de las capas superiores e inferiores. El modelo en capas también fomenta la competencia, debido a la compatibilidad de productos de diferentes proveedores; evita que la tecnología, al presentar cambios, afecte entre las diferentes capas, ya sean superiores o inferiores; y, por último, proporciona un lenguaje común para describir las capacidades y funciones de red.

Existen dos tipos básicos de modelos de *networking*: modelos de protocolo y modelos de referencia.

Un modelo de protocolo proporciona otro modelo que coincide con la estructura particular de la suite del protocolo. El conjunto jerárquico de estos protocolos relacionados en una suite representa toda la funcionalidad que se requiere para interconectar la red humana con la red de datos. El modelo TCP/IP describe las funciones que se producen en cada capa de los protocolos dentro del conjunto TCP/IP, y debido a esto es llamado también un modelo de protocolo.

Un modelo de referencia da asistencia para comprender de una forma más clara las funciones y procesos. Sin embargo, no da una guía exacta a seguir ni proporciona un nivel de detalle como para definir los servicios de forma precisa.

El modelo OSI es la referencia de *internetwork* más conocido. Es utilizado para el diseño de redes de datos, especificaciones del funcionamiento y solución de problemas. Aunque los modelos OSI y TCP/IP son los modelos

principales utilizados al analizar la funcionalidad de red, los diseñadores de protocolos de red pueden crear sus propios modelos para sus productos. La topología es la configuración de una red. Un diseñador debe tomar en cuenta tres objetivos al establecer la topología de red:

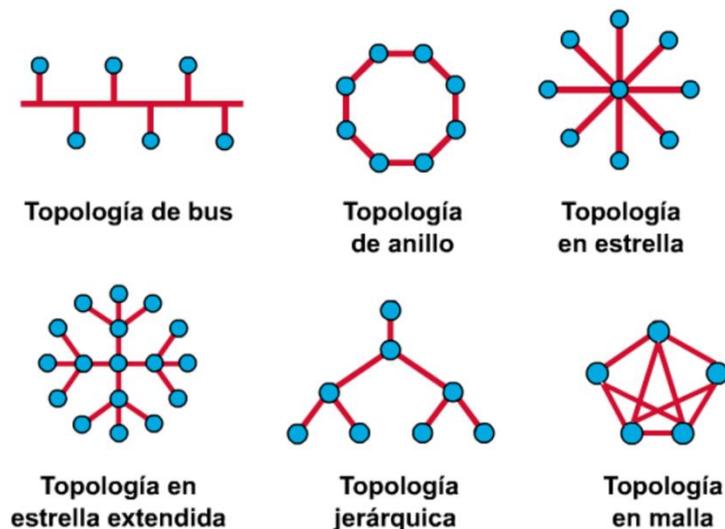
- Dar al usuario un tiempo de respuesta óptimo.
- Llevar el tráfico que cursa dentro de la red a través del camino que sea más económico.
- Proporcionar la máxima fiabilidad posible.

Existen diferentes topologías en una red a continuación se describen algunas:

- Topología de bus: es aquella topología que se caracteriza por tener un único canal de comunicaciones (denominado bus, troncal o *backbone*) al cual se conectan los diferentes dispositivos. De esta forma todos los dispositivos comparten el mismo canal para comunicarse entre sí.
- Topología en anillo: es una topología de red en la que cada estación tiene una única conexión de entrada y otra de salida. Cada estación tiene un receptor y un transmisor que hace la función de traductor, pasando la señal a la siguiente estación.
- Topología en estrella: es una red en la cual las estaciones están conectadas directamente a un punto central y todas las comunicaciones se han de hacer necesariamente a través de este.
- Topología en estrella extendida: es similar a la topología en estrella, con la diferencia de que cada nodo que se conecta con el nodo central también es el centro de otra estrella. Generalmente el nodo central está ocupado por un *hub* o un *switch*, y los nodos secundarios por *hubs*.

- Topología jerárquica: se desarrolla de forma similar a la topología en estrella extendida, pero en lugar de enlazar los *hubs/switches*, el sistema se enlaza con un computador que controla el tráfico de la topología. Esta estructura se utiliza en la mayor parte de las redes locales actuales.
- Topología en malla: es una topología en la que cada nodo o computadora están conectados a las demás computadoras. De esta forma es más fácil llevar los mensajes de una computadora a otra por diferentes caminos.

Figura 14. **Topologías de red**



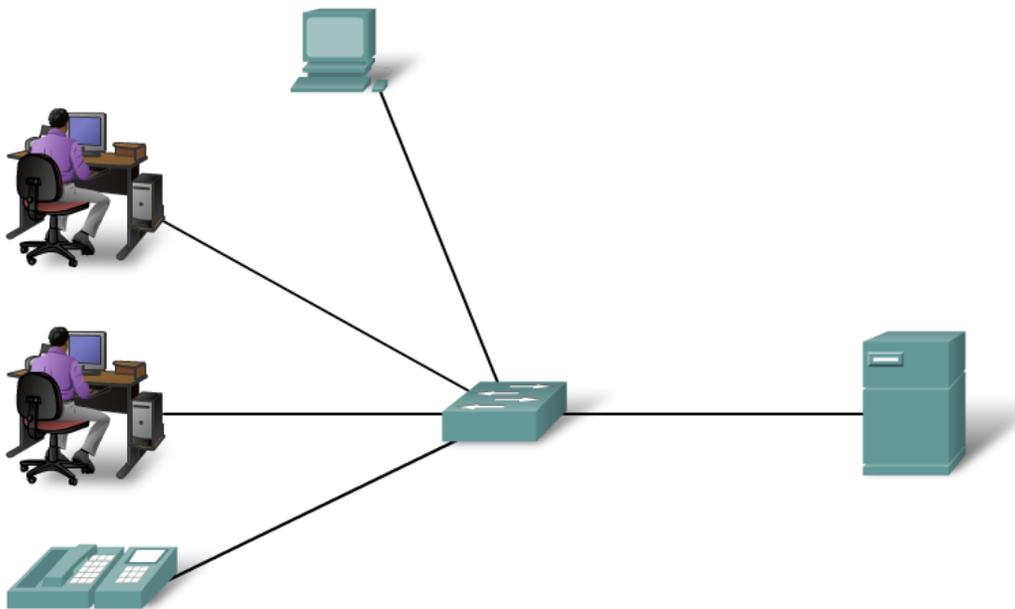
Fuente: *Topologías de red*. <http://itzamarazambrano.blogspot.com/2013/06/red-lan-topologia-proyecto-de-cafe.html> Consulta: marzo de 2015.

2.1. Redes LAN

La red LAN es una red que está interconectada en un grupo de equipos que pertenecen a una misma organización, normalmente cubre una única área geográfica y es la encargada de proporcionar servicios y aplicaciones a

personas dentro de una organización, como una empresa o una universidad. Su crecimiento está limitado físicamente a un edificio o un área de 200 metros, y con repetidores podría llegar a un área de un kilómetro. Su aplicación más recurrente es la interconexión de computadoras y estaciones de trabajo en oficinas, fábricas y demás. Aquí se comparten e intercambian datos y aplicaciones. Incluye tanto el software como el hardware requerido para la interconexión de los diferentes dispositivos.

Figura 15. Descripción gráfica de una Red de área local (LAN)



Fuente: *Red de área local*. <http://ciscobgl.blogspot.com/p/lanred-de-area-local-wanred-area-amplia.html>. Consulta: marzo de 2015.

Una compañía que tiene ubicaciones separadas por grandes distancias geográficas, posiblemente utiliza un proveedor de servicio de telecomunicaciones (TSP) para poder interconectar las LAN en las distintas ubicaciones. Tradicionalmente, los TSP utilizaban redes separadas para

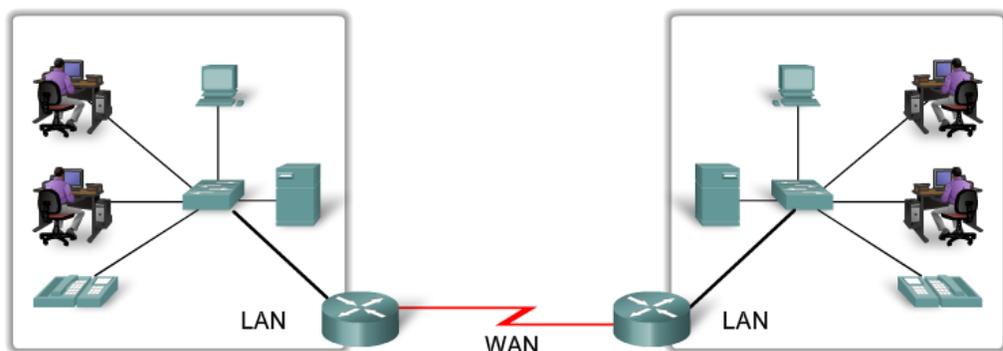
transportar las comunicaciones de voz y de datos. En la actualidad ya ofrecen a sus usuarios servicios de red convergente.

Por lo general, las conexiones son alquiladas por organizaciones individuales, a través de una red de proveedores de servicios de telecomunicaciones. Estas redes de área amplia (WAN) conectan las LAN que están separadas geográficamente. Las políticas dentro de la red WAN son controladas por el TSP mientras que la administración y las políticas en ambos extremos de la LAN son realizadas por la organización contratante.

Las WAN utilizan dispositivos diseñados exclusivamente para realizar las interconexiones entre las LAN. Debido a la importancia de estos dispositivos para la red, la configuración, instalación y mantenimiento de estos son aptitudes complementarias de la función de una red de la organización.

Figura 16. **Redes de área amplia**

Las LAN separadas por una distancia geográfica están conectadas por una red que se conoce como Red de área extensa (WAN).



Fuente: *Redes de área amplia*. <http://ciscobgl.blogspot.com/p/lanred-de-area-local-wanred-area-amplia.html>. Consulta: marzo de 2015.

Las WAN y LAN son utilizadas para muchas aplicaciones en las organizaciones individuales, tales como conectar a los usuarios dentro de la organización. También permiten gran cantidad de formas de comunicación como el intercambio de *e-mails*, capacitación corporativa y acceso a recursos.

Al elegir los cables que se necesitan para tener una conexión LAN exitosa es necesario considerar los diferentes tipos de medios. Existen diferentes implementaciones de la capa física, que admiten múltiples tipos de medios:

- UTP (categorías 5, 5e, 6 y 7)
- Fibra óptica
- Inalámbrico

Tabla II. **Tipos, velocidades y distancias de diversos cables de redes**

Tipo de Ethernet	Ancho de Banda	Tipo de Cable	Distancia Máxima
10 Base-T	10 Mbps	UTP Cat3/Cat5	100 m
100 Base-TX	100 Mbps	UTP Cat5	100 m
100 Base-TX	200 Mbps	UTP Cat5	100 m
100 Base-FX	100 Mbps	Fibra Multimodo	400 m
100 Base-FX	200 Mbps	Fibra Multimodo	2 Km
1000 Base-T	1 Gbps	UTP Cat5e	100 m
1000 Base-TX	1 Gbps	UTP Cat6	100 m
1000 Base-T	1 Gbps	UTP Cat5e	100 m
1000 Base-TX	1 Gbps	UTP Cat6	100 m
1000 Base-SX	1 Gbps	Fibra Multimodo	550 Km
10 GBASE-T	10 Gbps	UTP Cat6/Cat7	100 Km
10GBASE-LX4	10 Gbps	Fibra Multimodo	100 Km
10GBASE-LX4	10 Gbps	Fibra Monomodo	100 Km

Fuente: *Tipos, velocidades y distancia de diversos cables de redes*. elaboración propia, con base en: *Cables de redes*.

http://3.bp.blogspot.com/rTu09iM3y_8/TxB2VWYF0_I/AAAAAAAAABw/LGbhKjr8rUI/s640/img4.png. Consulta: marzo de 2015.

Los cables UTP manejan diferentes tipos de categorías. La categoría 5, que admite velocidades de 100 Mb/s y puede llegar a soportar velocidades de hasta 1000 Mb/s, utiliza conectores RJ-45 especificados por el estándar ISO 8877. Las tarjetas de red se usan según sea cada equipo (personal o estaciones de trabajo) que se requiera. En la Tabla II se muestran las velocidades que alcanza un cable UTP, según sean sus características.

2.2. Redes WLAN

La Red WLAN o Red de Área Local Inalámbrica, es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableadas o como extensión a estas. Una LAN inalámbrica nos sirve para que un usuario móvil pueda conectarse a una LAN a través de enlaces de radiofrecuencia sin necesidad de utilizar cables. La norma IEEE 802.11 la especifica como tecnologías WLAN.

Figura 17. WLAN típica



Fuente: *Redes WLAN*. <http://www.ingenieriasystems.com/2013/09/Red-de-area-Local-Inalambrica-WLAN-Parte-1-de-3.html> Consulta: marzo de 2015.

Para implementar esta tecnología se deben tomar en cuenta los siguientes factores y elementos físicos:

- Área de cobertura: la cobertura es limitada debido a los materiales utilizados en edificios y estructura, así como el terreno donde se encuentra la red.
- Interferencia: esta tecnología inalámbrica también puede verse afectada por dispositivos comunes, tales como teléfonos inalámbricos, hornos de microondas, algunos tipos de luces fluorescentes, bocinas inalámbricas, entre otros.
- Seguridad: los usuarios sin autorización pueden tener acceso a la transmisión del equipo, ya que no cuentan con conexión con cable y esto hace vulnerable a este equipo.
- Adaptadores de Red Inalámbricos: estos dispositivos son las interfaces que conectarán los equipos (PC, Notebooks, y demás) a la estructura de red. Hay distintos modelos según la forma en que se requiera la conexión al equipo del usuario. Internamente existen tres formas de conectarse a los buses PCMCIA, PCI y COMPACTFLASH y uno externo el USB.
- Punto de Acceso Inalámbrico: este es el encargado de permitir que los equipos se conecten entre sí. Además, da opción a comunicarse con otros Puntos de Acceso y ampliar la cobertura de la LAN. Esta función se asocia a una funcionalidad como *Bridge*, no solo se conecta a los equipos de usuarios, también pueden conectarse *switches* o *routers* que pertenecen a la infraestructura de red fija de cobre o fibra existente.
- Punto de Acceso de Red Inalámbrico con funciones de *Router*: es el encargado de interpretar direcciones de origen y de destino en las comunicaciones externas o internas y eliminarlas convenientemente.

- Antenas: el tipo de antena a utilizar se elige según sea la topología de los puntos a unir. Para una topología punto a punto se utiliza una antena direccional para concentrar la potencia en un determinado sentido. Para una topología punto-multipunto se utiliza una antena omnidireccional en el centro geográfico de la red.
- Amplificadores: cuando se requiere una potencia más alta para alcanzar a cubrir adecuadamente a los usuarios de la red, es necesario amplificadores para la señal de transmisión.

2.3. Redes VLAN

Esta es una red LAN que agrupa un conjunto de equipos de manera lógica. Gracias a las VLAN las limitaciones de arquitectura física desaparecen, así como las limitaciones geográficas, limitaciones de dirección y otras. Esto se logra definiendo una segmentación lógica con base en el agrupamiento de equipos según criterios definidos. La VLAN define una nueva red por encima de la red física y, por lo tanto, tiene las siguientes ventajas:

- Mayor flexibilidad en los cambios y en la administración de la red, ya que la arquitectura puede cambiarse usando los parámetros de los conmutadores.
- Aumento de la seguridad, ya que la información se encapsula en un nivel adicional y se analiza.
- Disminución en la transmisión de tráfico en la red.

2.4. Red móvil 3G

La red 3G es llamada así por ser la telefonía de tercera generación, en la que se transmiten voz y datos a través de los sistemas de telefonía móvil, por medio del protocolo basado en la tecnología WCDMA.

Figura 18. **Redes 3G**



Fuente: *Redes 3G*. https://www.123rf.com/photo_31946449_creative-abstract-3g-digital-cellular-telecommunication-technology-and-wireless-connection-business-.html. Consulta: marzo de 2015.

La tecnología WCDMA se utiliza para conexiones de alta velocidad utilizando UMTS, por esta razón se analiza su implementación, funciones y mejoras para la propuesta de medición y solución técnica, y para mejorar la cobertura en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, puesto que, al utilizar códigos para el acceso múltiple, permite mayor cantidad de accesos simultáneos. En UMTS, cada portadora WCDMA tiene un ancho de banda de 5

MHz, lo cual permite alcanzar velocidades de transmisión desde los 384 Kbps hasta los 10 Mbps en condiciones óptimas de la red con HSPA+.

Figura 19. Evolución de la tecnología UMTS



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

En la figura anterior se puede observar la evolución que ha tenido la tecnología UMTS, la cual pertenece a la tercera generación de tecnología para móviles, y proporciona la posibilidad de transferir datos y voz con velocidades de conexión hasta 2Mbps. La evolución hacia HSDPA es la optimización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA, alcanzando velocidades hasta de 14.4 Mbps y, como última mejora, surge HSPA+. La tecnología HSPA+ cambia la modulación usada en el *downlink* a 64QAM, lo cual aumenta las tasas de transmisión considerablemente. También se introduce la transmisión y recepción discontinua, en donde, si el nodo B no envía información significativa del sistema el receptor del móvil, apaga su receptor y, del mismo modo, el transmisor se apaga cuando no se tenga que enviar información. Estas características ayudan en el ahorro de energía en la batería del móvil y reduce la interferencia en ambos canales aumentando la capacidad del medio.

2.4.1. Arquitectura de la red 3G utilizando UMTS

La arquitectura general de UMTS se divide en dos dominios:

- El dominio de Equipo de Usuario (UE)
- El dominio de la Infraestructura

El dominio de equipo de usuario se divide en: el dominio de equipo Móvil y el dominio del Módulo de Identidad de Servicios de Usuario. El dominio de infraestructura se divide en: el dominio de Red de Acceso (RAN) y el dominio de Red Central (CN). La RAN específica de UMTS se denomina Red de Acceso Radio Terrestre UMTS (UTRAN). La CN se divide en: el dominio de Red Servidora (SN), el dominio de Red Base (BN) y el dominio de Red de Tránsito (TN). La SN es la parte de la CN conectada a la AN y representa las funciones de CN que son locales al punto de acceso del usuario y, por tanto, su ubicación cambia cuando el usuario se mueve.

La UTRAN está compuesta por varias RNS's que se conectan a la red CN a través de los interfaces Iu, mediante el *backbone* de ATM. Cada sistema RNS gestiona todos los recursos radio de sus conexiones activas y el control de los usuarios no activos. El sistema RNS está formado por:

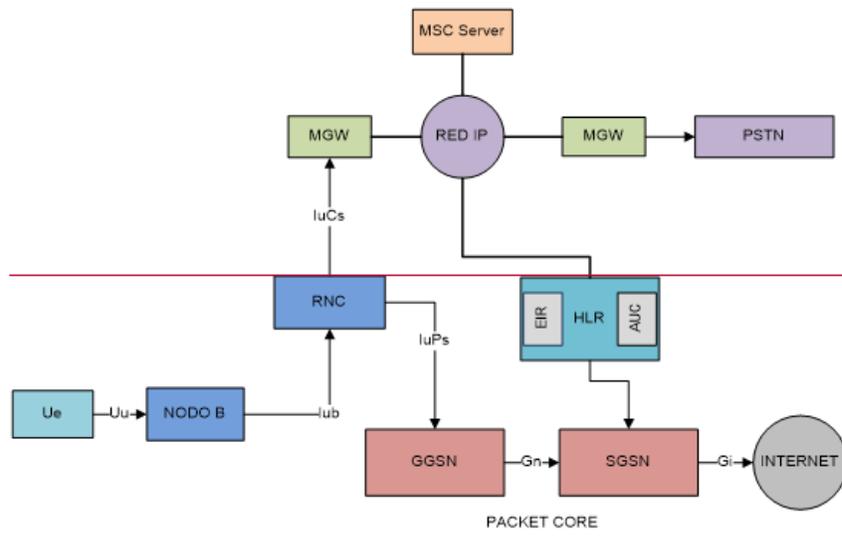
- RNC (*Radio Network Controller*): que se define como el elemento controlador de la red radio y se encarga de gestionar todas las conexiones móviles que se establezcan en el interfaz radio Uu de cada nodo B a través del interfaz IuB.
- Nodo B: que son las estaciones base del sistema UMTS y estarán conectadas a la RNC a través de la interfaz IuB.

- **Nodo ATM:** el cual es necesario puesto que el tráfico de los nodos B es tráfico ATM y se utilizan como conmutadores de rutas en el interfaz IuB.

Las principales funciones de la red UTRAN permiten que la RAN y las características de movilidad sean transparentes para el resto de la red UMTS. Entre dichas funciones se encuentra el control de recursos radio, el control de admisión y congestión, asignación de códigos, control de potencia, gestión de *handovers* y macrodiversidad.

El dominio de red central incorpora las funciones de transporte, inteligencia y encaminamiento. Es el encargado de realizar las conexiones en la red UMTS y está soportado por una red de transmisión troncal ATM, tanto para conmutación de circuitos como de paquetes.

Figura 20. **Arquitectura de red UMTS**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

En la figura anterior se puede observar el diagrama de la arquitectura UMTS, la cual parte desde el equipo de usuario por medio de una señal inalámbrica a un nodo B. Este a su vez realiza la conexión con RNC y valida si se requiere utilizar el servicio de voz (parte superior) o el servicio de Internet (parte inferior).

2.5. Redes wifi

Wifi es una tecnología de comunicación inalámbrica que permite conectarse a Internet por medio de computadoras, *smartphones*, *tablets*, celulares, videojuegos y demás, utilizando como medios las radiofrecuencias o infrarrojos para la transmisión de la información. WiFi o Wi-Fi es una abreviación de la marca comercial *WirelessFidelity*. En este sentido, la tecnología wifi una solución que comprende un conjunto de estándares para redes inalámbricas basados en las especificaciones IEEE 802.11, asegurando la compatibilidad en los equipos certificados bajo esta denominación. Son importantes estos aspectos:

- La comunicación inalámbrica: es aquella que no necesita de cables o medios físicos para su propagación, pues emplea ondas electromagnéticas para su transmisión, siendo limitada a un radio específico de cobertura.
- Para su funcionamiento: el wifi necesita de un *router* conectado a Internet y que tenga una antena, para que a su vez distribuya esta señal de manera inalámbrica dentro de un radio determinado. Los receptores que se encuentren dentro del área de cobertura deben estar compuestos con dispositivos compatibles con la tecnología wifi para que tengan acceso a Internet. Mientras más cerca se encuentren los equipos de la fuente de la señal, mejor será la conexión.

En este sentido, la tecnología wifi permite implementar redes de conexión a Internet para beneficio de múltiples usuarios. Hoy en día, muchos locales públicos como aeropuertos, hoteles, bares, centros comerciales, restaurantes, escuelas, oficinas, universidades y hospitales, están dotados de *hotspots* que ofrecen conexión wifi gratuita. Basta con tener un dispositivo con conexión a Internet por wifi e indicarle que busque las redes abiertas disponibles. El punto fuerte de esta tecnología es que no está conformada por cables. Una conexión con estas características puede unir un sinnúmero de dispositivos de diversas características, tales como consolas de videojuegos, televisores y teléfonos, evitando a los usuarios la búsqueda y la adquisición del cable adecuado para cada uno de ellos.

Figura 21. **Red wifi**



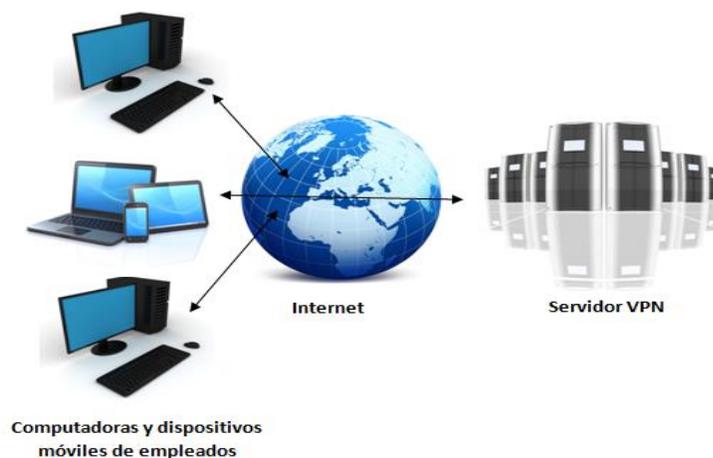
Fuente: *Red wifi*. <http://www.pcworld.com.mx/Articulos/21840.html>. Consulta: marzo de 2015.

La calidad de la conexión es el resultado de diferentes factores, estos pueden ser la radiación electromagnética que es generada por electrodomésticos, y esto afecta directamente la velocidad de transmisión. A

pesar de sus estándares globales, muchos dispositivos de diferentes marcas no son en un 100 % compatibles con la tecnología wifi, repercutiendo en la velocidad. Su limitante es el radio de acción, y resulta especialmente útil para conexiones hogareñas, pero no significa que únicamente se utilice en casa. Este *router* ofrece transmisión más estable y con mayor alcance al aire libre, pero la cercanía de dos o más puntos de acceso puede afectar la calidad de la comunicación. Esto se da especialmente en edificios donde hay una gran cantidad de personas utilizando esta tecnología simultáneamente.

2.6. Red VPN

Figura 22. Red VPN



Fuente: *Red VPN*. <http://www.welivesecurity.com/la-es/2012/09/10/vpn-funcionamiento-privacidad-informacion/>. Consulta: marzo de 2015.

Una VPN es una tecnología de red que es utilizada para conectar una o más computadoras a una red privada utilizando Internet. Una VPN suele ser utilizada por empresas para que sus empleados puedan acceder a recursos corporativos desde sus casas, hoteles y demás, que de otro modo no podrían. Sin embargo, esta es solo una función de una VPN. En conjunto con lo anterior,

implementar correctamente esta tecnología permite asegurar la confidencialidad e integridad de la información, ya que a través de una VPN pasa información privada y confidencial que en manos equivocadas podría resultar perjudicial para cualquier empresa. Esto se vuelve más grave si el empleado en cuestión se conecta utilizando un wifi público sin protección. Afortunadamente, el problema puede ser mitigado cifrando los datos que se envían y reciben. Para poder lograr que la red sea segura se pueden utilizar los siguientes protocolos:

- IPsec (*Internet Protocol Security*): utiliza algoritmos de cifrado robustos y un sistema de autenticación más exhaustivo para mejorar la seguridad. IPsec posee dos métodos de encriptado: modo túnel y modo transporte. Asimismo, soporta encriptado de 56 bit y 168 bit.
- PPTP/MPPE: esta tecnología es desarrollada por un consorcio formado por varias empresas. PPTP soporta varios protocolos VPN con cifrado de 40 bit y 128 bit, utilizando el protocolo Microsoft Point to Point Encryption (MPPE). PPTP por sí solo no cifra la información.
- L2TP/IPsec (L2TP sobre IPsec): tecnología capaz de proveer el nivel de protección de IPsec sobre el protocolo de túnel L2TP. Al igual que PPTP, L2TP no cifra la información por sí mismo.

Parte de la protección de la información que viaja por una VPN es el cifrado; para verificar que la misma se mantenga íntegra el Psec emplea un mecanismo que, si detecta modificaciones dentro de un paquete, lo descarta. Proteger la confidencialidad e integridad de la información utilizando una VPN es una buena medida para navegar en wifi públicos e inseguros, no importando que no se desee acceder a un recurso corporativo.

3. MODELOS DE INTERCONEXIÓN

3.1. Interconexión de redes

En la actualidad, las interconexiones de redes de telecomunicaciones son consideradas como un servicio muy avanzado y maduro, no obstante, en la actualidad el escenario de competencia ha abierto una nueva forma de la interconexión de redes de telecomunicación. En el ámbito de las telecomunicaciones están apareciendo nuevos servicios en los diferentes operadores existentes, los cuales exigen la interconexión de sus redes cada vez con más beneficios entre sí como con la Red Telefónica Básica. La red telefónica pública conmutada fija actualmente existente aparece hoy como la infraestructura básica para desarrollar la interconexión de otras redes, lo cual, por otra parte, exige establecer las condiciones de acceso y uso de la citada red de telefonía básica conmutada por parte de otros operadores de telecomunicación.

3.2. Tipos de interconexión

El primer principio es el de la universalidad, es decir, que cualquier usuario pueda comunicarse con cualquier otro, con independencia del operador de telecomunicaciones contratado por cada uno de ellos y con independencia, asimismo, de la ubicación geográfica de ambos. Otros principios básicos que conforman la interconexión de redes de telecomunicaciones son la privacidad (garantizar la privacidad de las comunicaciones) y la neutralidad (un trato no-discriminatorio y que sea transparente a los distintos operadores).

También se distingue entre los dos tipos de tarifas involucradas en la interconexión de redes: las tarifas de interconexión propiamente dichas, que amparan el costo de interconexión, y las tarifas por tráfico cursado (por llamadas telefónicas completadas) entre dichas redes. Estas últimas se definen como el precio que un operador A debe dar a un operador B por la utilización de la red de este último. Algunas de las ventajas de la interconexión de redes de datos son:

- Compartición de recursos dispersos.
- Coordinación de tareas de diversos grupos de trabajo.
- Reducir los costos al utilizar recursos de otras redes.
- Aumentar la cobertura.

Un modelo de interconexión proporciona una referencia común para mantener consistencia en todos los tipos de protocolos y servicios de una red. No fue creado para ser una especificación de implementación ni para proporcionar un nivel de detalle suficiente para definir de forma precisa los servicios de la arquitectura de red. El propósito principal de un modelo de interconexión es asistir en la comprensión más clara de las funciones y los procesos involucrados.

Los modelos más ampliamente conocidos son: el modelo de interconexión de sistema abierto OSI y el TCP/IP. Se utilizan para el diseño de redes de datos, especificaciones de funcionamiento y resolución de problemas. Aunque los modelos TCP/IP y OSI son los modelos principales que se utilizan cuando se analiza la funcionalidad de red, los diseñadores de protocolos de red, servicios o dispositivos pueden crear su propio modelo para representar sus productos.

A finales de la década de los años setenta, la Organización Internacional para la Normalización empezó a desarrollar un modelo conceptual para la conexión en red al que llamaron modelo OSI. En 1984 este modelo pasó a ser el estándar internacional para las comunicaciones en red, al ofrecer un marco de trabajo conceptual que permitía explicar el modo en que los datos se desplazaban dentro de una red.

3.3. Modelo de Referencia OSI

El modelo OSI es descrito como la estructura de siete capas para las actividades de red en transmisión de la información entre equipos informáticos, y donde cada capa es la encargada de ejecutar una parte del proceso global. Cada capa está asociada con uno o más protocolos, estas representan las operaciones de transferencia de datos comunes entre las redes de cooperación.

Las pilas, *suite* o capas de protocolos, son pequeños protocolos que en forma jerárquica trabajan conjuntamente para ejecutar la transmisión de un nodo a otro de la red. Las capas de protocolos se pueden ejemplificar con las carreras de relevos, pero en vez de pasarse una barra, son transmitidos los paquetes de datos de un protocolo a otro hasta que son transportados de forma adecuada (una secuencia única de *bits*) para transmitirse por el entorno físico de la red.

Hay dos únicas capas del modelo con las que interactúa el usuario. Estas son la capa 1 (la capa Física) y la capa 7 (la capa de aplicación):

- La capa física refiere todos los aspectos físicos de la red (es decir, los *hubs*, cables y el resto de dispositivos que conforman el entorno físico de la red).

- La capa de aplicaciones la que proporciona la interfaz utilizada por el usuario en su computadora para utilizar diferentes aplicaciones.

El modelo OSI enumera las capas de protocolos desde la superior (capa 7) hasta la inferior (capa 1), como se muestra en la Tabla III.

Tabla III. **Capas del modelo OSI**

Capa	Nombre de Capa	Descripción
7	Aplicación	Se compone de los servicios y aplicaciones de comunicación estándar que puede utilizar todo el mundo.
6	Presentación	Asegura que la información se transfiera al sistema receptor de un modo comprensible para el sistema.
5	Sesión	Administra conexiones y terminaciones entre los sistemas que cooperan.
4	Transporte	Administra transferencia de datos. Asimismo, garantiza que los datos recibidos sean idénticos a los transmitidos.
3	Red	Administra direcciones de datos y transferencia entre redes.
2	Vínculo de datos	Administra transferencia de datos en el medio de red.
1	Física	Define características del hardware de red.

Fuente: *Capas del modelo OSI*. elaboración propia con base en: *OSI*.

http://www.infoab.uclm.es/labelec/Solar/Comunicacion/Redes/index_files/Modelos.html.

Consulta: marzo de 2015.

3.3.1. Capa de aplicación

La capa de aplicación es la encargada de proporcionar la interfaz y servicios que soportan las aplicaciones de usuario, y se encarga de ofrecer acceso a la red. Suministra las herramientas que son observadas por el usuario. Ofrece servicios de red relacionados con estas aplicaciones de usuario, como por ejemplo la transferencia de archivos, la gestión de mensajes, y las consultas a bases de datos. Esta capa suministra estos servicios a los distintos programas con los que cuenta el usuario en su computadora. Entre los

diferentes servicios de intercambio de información que gestiona se encuentran la web, aplicaciones especiales de bases de datos cliente/servidor, así como los servicios de correo electrónico.

3.3.2. Capa de presentación

La capa de presentación tiene tres funciones principales:

- Codificación y conversión de datos de la capa de aplicación, lo cual garantiza que los datos del dispositivo de origen puedan ser interpretados por la aplicación utilizada en el dispositivo de destino.
- Compresión de los datos de forma que puedan ser descomprimidos por el dispositivo de destino.
- Encriptación de los datos para transmisión y descifre de los datos cuando se reciben en el destino.

Las implementaciones de la capa de presentación generalmente no se vinculan con una *stack* de protocolos determinada. Los estándares para gráficos y vídeos son algunos ejemplos. Los estándares más conocidos para video son QuickTime y MPEG.

Dentro de los formatos de imagen más conocidos están el formato de intercambio y el formato de archivo de imagen etiquetada. GIF y JPEG son estándares de compresión y codificación para imágenes gráficas, y TIFF es un formato de codificación estándar para imágenes.

3.3.3. Capa de sesión

La capa de sesión se encarga de establecer el enlace de comunicación o sesión entre las computadoras de origen y destino. Esta también gestiona la sesión establecida entre ambos nodos. Al tener establecida la sesión entre los nodos, esta capa pasa a encargarse de ubicar puntos de control en la secuencia de datos. De esta forma se tiene cierta tolerancia a fallos dentro de la sesión de comunicación. En una sesión que falla la comunicación entre los nodos se pierde; cuando se vuelve a establecer la sesión solo se requiere que los datos situados detrás del último punto de control recibido sean enviados y con esto se evita el tener que enviar nuevamente todos los paquetes que incluía la sesión. Los protocolos que operan en esta capa pueden proporcionar distintos tipos de enfoques para que los datos sean transmitidos del emisor al receptor; estos son: la comunicación orientada a la conexión y la comunicación sin conexión.

3.3.4. Capa de transporte

Esta capa se encarga del control del flujo de datos entre los nodos establecida en una comunicación; los datos deben entregarse sin errores y con la secuencia que proceda. La capa de transporte también se ocupa de evaluar el tamaño de los paquetes para asegurar que tengan el tamaño que requieren las capas inferiores del protocolo. El tamaño de los paquetes lo dicta la arquitectura de red que es utilizada. La división de los datos en porciones pequeñas y el envío del origen hacia el destino permiten que se puedan multiplexar distintas comunicaciones en la misma red. La segmentación de los datos proporciona los medios para enviar y recibir datos cuando se ejecutan varias aplicaciones en una computadora. Sin utilizar la segmentación, la corriente de video podría funcionar sin ningún problema, pero por otra parte no

se podrían recibir correos electrónicos, mensajes instantáneos ni *chats*, ni tampoco visualizar páginas web y ver un video al mismo tiempo.

En la capa de transporte existe un concepto que es la conversación; esto se refiere a la fluidez del conjunto de secciones desde un punto de origen a uno de destino. Para poder ser identificados todos los segmentos de datos, la capa de transporte agrega un encabezado que contiene datos binarios, conocidos como campos de *bits*. Gracias a los valores de estos campos es que se permite que los protocolos de esta capa lleven a cabo diversas funciones.

Figura 23. **Servicios de la capa de transporte del modelo OSI**



Fuente: *Capa de transporte de OSI*. <http://elblogdejuandavidcq.blogspot.com/p/capas-de-modelo-osi.html>. Consulta: marzo de 2015.

La función principal en la capa de Transporte es la aplicación que administra los datos transmitidos para las conversaciones entre *hosts*. Estas aplicaciones tienen diferentes requerimientos para sus datos, y por ello desarrollan diferentes protocolos para el transporte y satisfacción de estos requerimientos. Un protocolo de esta capa tiene la capacidad de implementar un método para asegurar que la entrega de los datos sea confiable. En términos de redes esta capacidad de completar la transferencia de datos es conocida como confiabilidad. Esta posee tres operaciones básicas:

- Seguimiento de datos transmitidos
- Acuse de recibo de los datos recibidos
- Retransmisión de cualquier dato sin acuse de recibo

3.3.5. Capa de red

La capa de red encamina y se ocupa de la entrega de los paquetes. La ruta que deben seguir los datos es determinada en esta capa, lo mismo que los intercambios efectivos que se dan dentro de dicha ruta. La capa de red es donde las direcciones lógicas (por ejemplo, las direcciones IP de una computadora conectada a la red) pasan a ser convertidas en direcciones físicas (las direcciones de hardware de la Tarjeta de Interfaz para Red (NIC), para esa computadora específica). Para realizar este transporte de extremo a extremo la capa 3 utiliza cuatro procesos básicos:

- Direccionamiento
- Encapsulamiento
- Enrutamiento
- Desencapsulamiento

3.3.5.1. Direccionamiento

La capa de red se encarga de proporcionar un mecanismo para direccionar estos dispositivos finales. Cuando las secciones individuales de datos son dirigidas a un dispositivo final, el dispositivo tiene que tener una dirección única. Por ejemplo, en una red IPv4, cuando es agregada esta dirección a un dispositivo, al dispositivo se lo denomina *host*.

3.3.5.2. Encapsulación

La capa de red debe proveer encapsulación. Los dispositivos integrados en la red no deben ser identificados únicamente con una dirección; las secciones individuales, las PDU de la capa de red, también deben contener estas direcciones. Durante este proceso la capa de red recibe de la capa de transporte una PDU y agrega una etiqueta o encabezado para crear la PDU de la capa de red. Cuando se habla sobre la capa de red, se denomina paquete a esta PDU. Cuando el paquete es creado, el encabezado debe contener la dirección del *host* hacia el cual se le envían los datos. A esta dirección se la conoce como dirección de destino. En el encabezado de la capa de red también se agrega la dirección del *host* de origen y a esta dirección se la llama dirección de origen. Después de que es completado el proceso de encapsulación por la capa de red, la capa de enlace de datos recibe el paquete enviado y lo prepara para el transporte a través de los medios.

3.3.5.3. Enrutamiento

Los servicios para dirigir estos paquetes a su destino los provee la capa de red. Los *hosts* de destino y de origen no siempre deben estar conectados a la misma red, en realidad, el paquete podría recorrer muchas redes diferentes.

A través de la ruta, cada paquete debe ser guiado dentro de la red para que pueda llegar a su destino final. Los dispositivos intermedios que conectan las redes son conocidos como *routers*. Estos tienen la función de seleccionar las rutas y dirigir paquetes hacia su destino. Este proceso es conocido como enrutamiento. Mediante el enrutamiento a través de una red, el paquete puede recorrer diferentes dispositivos intermediarios. A cada ruta que toma un paquete para llegar al próximo dispositivo se la llama salto. El contenido del paquete (la PDU de la capa de transporte) permanece intacto a través de cada salto que tiene, hasta que llega al *host* destino.

3.3.5.4. Desencapsulamiento

Finalmente, el paquete es procesado por la capa de red al llegar al *host* destino. El *host* verifica la dirección de destino para confirmar que el paquete fue direccionado a ese dispositivo. Si la dirección es la correcta, el paquete es desencapsulado por la capa de red, convirtiéndose nuevamente en la PDU de la capa de transporte contenida en el paquete.

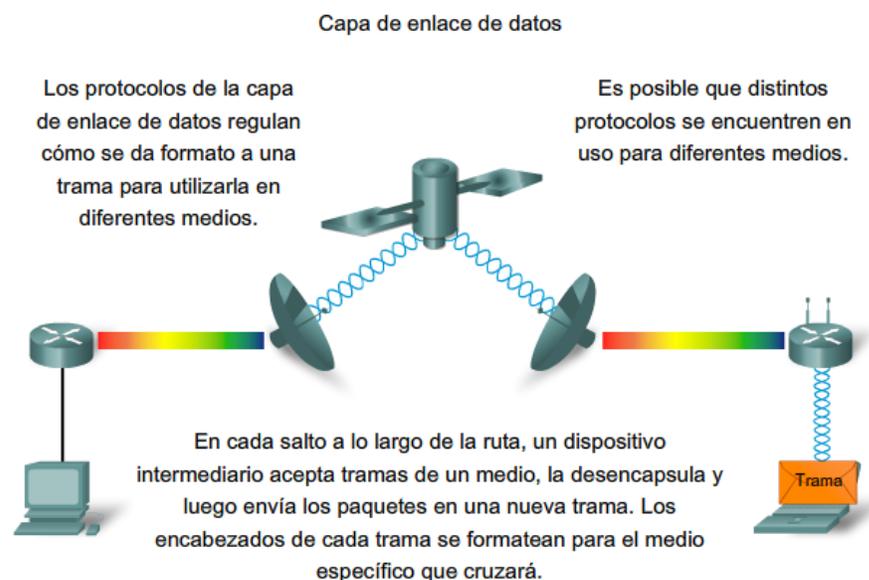
La administración del transporte de datos entre los procesos que se ejecutan en cada *host* final y la estructura y el procesamiento del paquete que es utilizado para que los datos sean llevados de un *host* a otro, son aspectos especificados por los protocolos. Operar ignorando los datos de aplicación que son llevados en cada paquete le permite a la capa de red llevar paquetes para múltiples tipos de comunicaciones entre *hosts* múltiples.

3.3.6. La capa de enlace de datos

La capa de enlace de datos se encarga de preparar los paquetes de capa de red para que puedan ser colocados en un medio físico que transporta los

datos. En esta capa los datos pasan a ubicarse en tramas (unidades de datos), que son definidas por la arquitectura de red que se está utilizando (como Ethernet, Token Ring, entre otras). Esta desplaza los datos por el enlace físico de comunicación hasta el nodo receptor e identifica cada computadora incluida en la red conforme su dirección de hardware, que viene integrada en la NIC

Figura 24. **Capa de Enlace de Datos del modelo OSI**



Fuente: *Capa de enlace de OSI*. http://fitorec.github.io/ieso/admin_funcion_informatica/enlace-de-datos2.png Consulta: marzo de 2015.

La información del encabezamiento es añadida a cada trama que contenga las direcciones de envío y recepción. La capa de enlace de datos se asegura de que las tramas sean enviadas mediante el enlace físico y que sean recibidas sin error alguno. Para ello los protocolos que operan en esta capa deben adjuntar un Chequeo de Redundancia Cíclica (CRC) al final de cada trama. El CRC, básicamente, es un valor que se calcula tanto en la computadora emisora como en la receptora. Si los dos valores CRC coinciden,

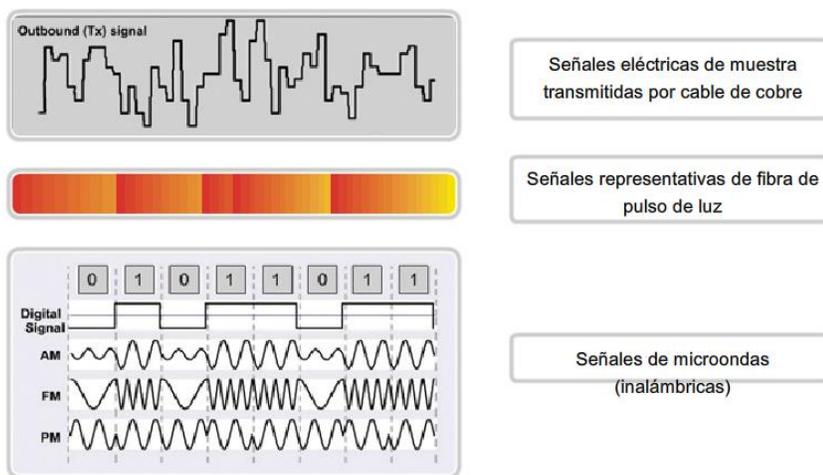
entonces la trama se recibió correcta e íntegramente, y no sufrió ningún error durante su transferencia.

3.3.7. Capa física

En la capa física las tramas que vienen de la capa de enlace de datos se convierten en una secuencia única de *bits* que es transmitida por el entorno físico de la red. La capa física determina los aspectos físicos sobre la forma en que el cableado está enganchado a la NIC de la computadora.

Figura 25. **Representación de señal en medio físico**

Representaciones de señales en los medios físicos



Fuente: *Señal en medio físico*.

http://1.bp.blogspot.com/_RZmcTTD4hcA/TDwe1l3ML5I/AAAAAAAAACg/qb6ef1sTZuA/s1600/patrones+fisicos.png. Consulta: marzo de 2015.

Existe una serie de eventos que son importantes, producidos durante la comunicación entre sistemas y abarcados por el modelo OSI. Proporcionan las normas básicas para una serie de procesos distintos de conexión en red:

- La forma en que los datos se traducen al formato apropiado según la arquitectura de red que se está utilizando. Cuando es enviado un mensaje de correo electrónico o un archivo a otra computadora, se está trabajando con una aplicación determinada, como un cliente de correo electrónico o un cliente FTP. Estos datos son transmitidos utilizando dicha aplicación y deben convertirse a un formato más genérico si van a viajar por la red.
- Para el modo en que las computadoras u otro tipo de dispositivos de la red se comunican cuando son enviados datos desde una computadora tiene que existir algún tipo de mecanismo que proporcione un canal de comunicación entre el origen y destino.
- Para la manera en que los datos son transmitidos entre diferentes dispositivos y la forma como se resuelve la secuenciación y comprobación de errores una vez establecida la sesión de comunicación entre dos computadoras, tiene que existir un conjunto de reglas que controlen la forma en que los datos van de una a otra.
- El direccionamiento lógico de los paquetes se convierte en el direccionamiento físico que proporciona la red. Las redes informáticas utilizan direcciones IP como direccionamientos lógicos. Dichas direcciones lógicas deben ser convertidas en las direcciones reales de hardware que determinan las NIC instaladas en las distintas computadoras.

En este momento del proceso de comunicación, los datos han sido segmentados por la capa de transporte y la capa de red los ha colocado en paquetes y luego la capa de enlace de datos los ha encapsulado como tramas. La capa física tiene como objetivo crear la señal eléctrica, óptica o de microondas que representa a los *bits* en cada trama. Luego, son enviadas por los medios una a la vez.

El modelo OSI define las operaciones que no son exclusivas de un conjunto de protocolos de una red particular, por ejemplo, el conjunto de protocolos de red OSI implementa las siete capas del modelo OSI. TCP/IP no utiliza todas las capas del modelo OSI, sino que combina otras capas. Existen diferentes protocolos de red, como SNA, el cual agrega una octava capa.

3.4. Modelo de arquitectura del protocolo TCP/IP

Tabla IV. **Pila de protocolo TCP/IP**

Ref. OSI N° de capa	Equivalente de capa OSI	Capa TCP/IP	Ejemplos de protocolos TCP/IP
5,6,7	Aplicación, sesión, presentación	Aplicación	NFS, NIS, DNS, LDAP, telnet, ftp, rlogin, rsh, rcp, RIP, RDISC, SNMP y otros.
4	Transporte	Transporte	TCP, UDP, SCTP
3	Red	Internet	IPv4, IPv6, ARP, ICMP
1, 2	Física, Vínculo de datos	Acceso a la red	Ethernet (IEEE 802.3), Token Ring, RS-232, FDDI, PPP, IEEE 802.2 y otros.

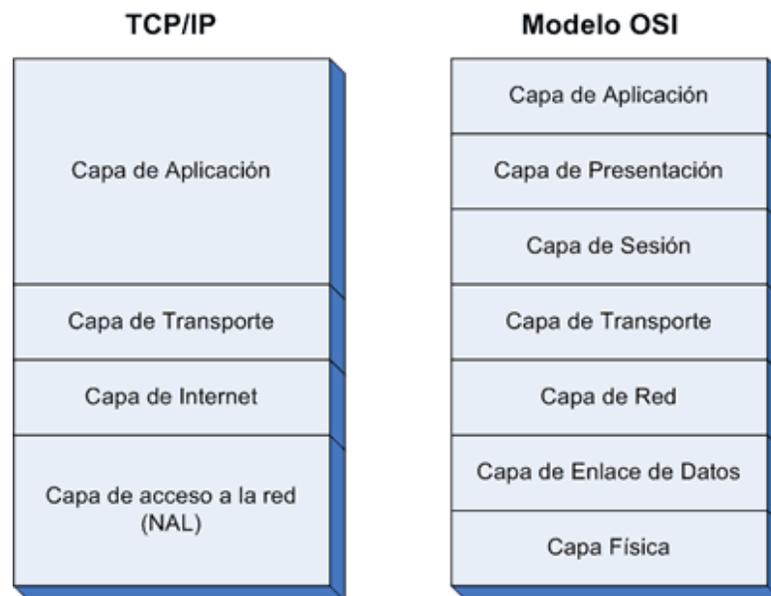
Fuente: *Pila de protocolo TCP/IP*. elaboración propia con base en: *Pila de protocolo TCP/IP*. https://christiansotelo.files.wordpress.com/2010/04/tcp_ip_frente_a_iso.png. Consulta: marzo de 2015.

El modelo OSI describe las comunicaciones como redes ideales con un grupo de protocolos. TCP/IP no se representa directamente con este modelo. TCP/IP toma varias capas OSI y las combina en una única capa, o no utiliza determinadas capas. La Tabla IV enumera las capas desde la capa superior (aplicación) hasta la capa inferior (red física).

La Figura 26 muestra las capas de protocolo TCP/IP comparándolas con las del modelo OSI. También se muestran ejemplos de los protocolos que están disponibles en cada nivel de la pila del protocolo TCP/IP. Cada sistema que

está involucrado en una transacción de comunicación ejecuta una sola implementación de la pila del protocolo.

Figura 26. **Capas de protocolo TCP/IP y su equivalencia con modelo OSI**



Fuente: *Capas de protocolo TCP/IP*. <http://www.textoscientificos.com/imagenes/redes/tcp-ip-osi.gif>. Consulta: marzo de 2015.

3.4.1. Capa de acceso a la red

Es la encargada de controlar los dispositivos de hardware, así como los medios de red. Es también conocida como capa de *host* de red, pues incluye todos los aspectos que requiere un paquete para establecer un enlace físico real con los medios en la red. Esta capa incluye los aspectos y detalles de tecnología LAN y WAN, así como detalles de la capa física y enlace de datos del modelo OSI mencionado anteriormente.

3.4.2. Capa de Internet

La capa de Internet es también conocida como capa IP o capa de red. Acepta y transfiere paquetes para la red. Incluye el Protocolo IP, el protocolo ICMP y el protocolo ARP.

3.4.2.1. Protocolo IP

La parte más importante del conjunto TCP/IP lo conforma el protocolo IP y los protocolos de enrutamiento asociados. El protocolo IP se encarga de:

- Direcciones IP: la conversión de direcciones IP son parte del protocolo IP, así como el diseñar un esquema de direcciones IPv4 y una descripción general de las direcciones IPv6.
- Comunicaciones de host a host: este protocolo es el que determina la ruta en la cual viaja un paquete, basándose en la dirección IP del sistema receptor.
- Formato de paquetes: en el protocolo IP los paquetes son agrupados en unidades que son conocidas como datagramas. Una descripción más completa de los datagramas se puede ver en la capa de Internet.
- Fragmentación: Cuando un paquete es demasiado grande para poder ser transmitido a través del medio de red, el protocolo IP del sistema de envío se encarga de dividirlo en fragmentos de menor tamaño. A continuación, el protocolo IP reconstruye los fragmentos y crea el paquete original.

3.4.2.2. Protocolo ARP

Este protocolo se encarga de dar la resolución de las direcciones, se encuentra entre el vínculo de datos y las capas de Internet. El ARP ayuda al protocolo IP para que dirija los datagramas al sistema receptor que se requiera, asignando direcciones Ethernet (48 *bits* de longitud) a direcciones IP conocidas (32 *bits* de longitud).

3.4.2.3. Protocolo ICMP

El protocolo de mensajes de control de Internet se encarga de detectar y registrar las condiciones de error de la red. ICMP registra:

- Paquetes sueltos: paquetes que llegan demasiado rápido para poder procesarse.
- Fallo de conectividad: no se puede alcanzar un sistema de destino.
- Redirección: redirige un sistema de envío para utilizar otro enrutador.

3.4.3. Capa de transporte

La capa de transporte en TCP/IP garantiza que los paquetes lleguen en secuencia y sin errores, mediante el intercambio de información de la recepción de los datos y de retransmitir los paquetes perdidos. Este tipo de comunicación es conocida como transmisión de punto a punto. Los protocolos utilizados en la capa de transporte de este nivel son el Protocolo de control de transmisión (TCP), el Protocolo de transmisión para el control de flujo (SCTP) y el Protocolo de datagramas de usuario (UDP). Los protocolos TCP y SCTP proporcionan un servicio completo y fiable, a diferencia del UDP que proporciona un servicio de datagrama poco fiable.

3.4.3.1. Protocolo TCP

TCP permite que las aplicaciones puedan comunicarse entre sí, como si estuvieran conectadas físicamente. TCP envía los datos en un formato tal que puedan ser transmitidos carácter por carácter, en lugar de transmitirlos por paquetes discretos. Esta transmisión consiste en lo siguiente:

- Transmisión completa en orden de *bytes*
- Punto de partida, que abre la conexión
- Punto de fin, que cierra la conexión

TCP incorpora un encabezado a los datos transmitidos. Este encabezado contiene varios parámetros que ayudan a los procesos del sistema transmisor a conectarse con sus procesos en el sistema receptor. Con TCP, el encabezado de cada segmento contiene un número de secuencia. Este número de secuencia permite que las funciones correspondientes a la capa de transporte del *host* de destino acoplen los segmentos en el mismo orden en el que fueron transmitidos. Con esto se asegura que la aplicación de destino reciba los datos en la forma exacta como fueron enviados. Por último, TCP confirma que un paquete ha alcanzado su destino por medio de una conexión de punto a punto entre los *hosts*: el que envía y el que recibe. Por esto se considera un protocolo fiable orientado a la conexión.

3.4.3.2. Protocolo SCTP

SCTP es un protocolo de capa de transporte que está orientado a la conexión y que ofrece los mismos servicios a las aplicaciones que TCP. El protocolo SCTP admite conexiones entre sistemas que poseen más de una dirección, o *hosts* múltiples. La conexión SCTP que se establece entre el

sistema transmisor y receptor es denominada asociación; estos datos son organizados en bloques. Puesto que el protocolo admite varios *hosts*, ciertas aplicaciones, y especialmente las que se utilizan en el sector de las telecomunicaciones, se necesita ejecutar SCTP en lugar de TCP.

3.4.3.3. Protocolo UDP

UDP es un protocolo simple y sin conexión. Una de las ventajas es que entrega los datos sin utilizar demasiados recursos. Estas porciones de comunicación en UDP son llamadas datagramas, este protocolo no verifica las conexiones entre los *hosts* transmisores y receptores. Dado que elimina la verificación de las conexiones y los procesos de establecimiento, resulta perfecto para las aplicaciones que envían pequeñas cantidades de datos. En la capa de transporte, el protocolo UDP envía estos datagramas como "mejor intento". Algunas de las aplicaciones que utilizan UDP son:

- Sistema de nombres de dominios
- *Streaming* de vídeo
- Voz sobre IP

Al protocolo UDP no le preocupa el orden en que fue transmitida la información ni saber si mantiene la conexión. No hay ningún número de secuencia en el encabezado UDP. Es un diseño bastante simple y genera menos carga en la transmisión que TCP, lo que da como resultado una transferencia de datos más rápida. Seguramente la información puede llegar en un orden diferente al que fue transmitida. Esto se debe a que los paquetes pueden tomar distintas rutas a través de la red. Una aplicación, al utilizar UDP, debe tolerar el hecho de que los datos lleguen desordenados y sin acuse de recibido.

3.4.4. Capa de aplicación

Define los servicios de Internet estándar y las aplicaciones de red que puede utilizar el usuario. Estos servicios utilizan la capa de transporte para la transmisión de datos. Existen varios protocolos de capa de aplicación. Algunos son:

- Servicios TCP/IP estándar como los comandos ftp, tftp y telnet.
- Comandos UNIX "r", como rlogin o rsh.
- Sistema de nombre de dominio (DNS).
- Servicios de directorio (LDAP).
- Servicios de archivos, como el servicio NFS.
- Protocolo simple de administración de red (SNMP), que permite administrar la red.
- Protocolo RDISC (Router Discovery Server) y protocolos RIP (Routing Information Protocol).

3.4.5. Servicios TCP/IP estándar

- FTP y FTP anónimo: el protocolo de transferencia de archivos, como su nombre lo dice, transfiere archivos a una red remota. El protocolo FTP permite a un usuario especificar el nombre que desee al *host* remoto y las opciones de los comandos que se necesitan para la transferencia de archivos en la línea de comandos del *host* local. A diferencia de RCP, FTP funciona aun si el equipo remoto no trabaja bajo un sistema operativo basado en UNIX. Para poder realizar una conexión FTP, es necesario que el usuario inicie sesión en un sistema remoto, aunque este se haya configurado para permitir FTP anónimo. Al inicio de sesión a

este tipo de servidor, debe utilizarse el nombre de inicio de sesión *anonymous*, lo cual da nombre al "servidor FTP anónimo".

- Telnet: este protocolo permite la comunicación entre los procesos y las terminales de una red que ejecuta TCP/IP. Este protocolo es implementado como programa telnet en los sistemas locales y como daemon in telnet para los equipos remotos. Telnet proporciona una interfaz de usuario por la cual podrá establecer una comunicación entre dos *hosts*, carácter por carácter o línea por línea.
- TFTP: el protocolo trivial de transferencia de archivos ofrece funciones muy similares a las del FTP, pero sin establecer la conexión interactiva que posee este. Debido a esto, los usuarios no podrán ver el contenido de un directorio ni cambiarlo. Los usuarios tendrán que conocer el nombre completo del archivo que van a copiar. La página del comando `man tftp` describe el conjunto de comandos tftp.

4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE RED FIJA Y WIFI

4.1. Funcionamiento del equipo wifi

Wifi es una tecnología de redes inalámbricas de área local que utiliza dispositivos basados en los estándares IEEE 802.11. Previamente a la descripción de las características y funcionalidades propias de esta tecnología se describen a continuación algunos conceptos esenciales para su comprensión.

4.1.1. Qué es WLAN

Una red inalámbrica de área local, o WLAN, por sus siglas en inglés, es la implementación física (capas 1 y 2 del modelo OSI) de una red de área local que utiliza frecuencias de radio en lugar de cables para la transmisión de los datos.

Figura 27. **Hotspot wifi**



Fuente: *Hotspot wifi*. www.netacad.com/es/group/landing/v2/learn/. Consulta: febrero de 2015.

La carencia de cables proporciona obvias ventajas al usuario: movilidad, comodidad y versatilidad en las conexiones; optimización de los espacios, reducción de costos, mayor facilidad de despliegue, escalabilidad; sin embargo, también supone riesgos y consideraciones adicionales, especialmente en lo referente a confiabilidad y seguridad de las transmisiones.

Las redes inalámbricas de área local, o WLAN, son principalmente preferidas por los usuarios y son cada vez más frecuentemente implementadas, debido a su principal diferencia con respecto a su contraparte, las Redes de Área Local (LAN). Actualmente las WLAN no son un reemplazo para las LAN, sino que generalmente son utilizadas en simultáneo con el objetivo de mejorar la cobertura de las redes cableadas previamente instaladas.

4.1.2. Qué es wifi

Wifi es una tecnología desarrollada para interconectar dispositivos electrónicos en una WLAN. Dichos dispositivos pueden ser computadoras personales, consolas de videojuegos, *smartphones*, teléfonos VoIP, cámaras digitales, tabletas, reproductores de audio, televisores, impresoras y demás. Las frecuencias comunes de operación son UHF y SHF ISM (2.4 GHz y 5GHz, respectivamente).

Aunque wifi es una marca registrada de la wifi Alliance, aplicable a cualquier WLAN basada en el estándar 802.11 de la IEEE, el término es usado en general como un sinónimo de WLAN, ya que la mayoría de las redes inalámbricas implementadas en la actualidad están basadas en dichos estándares. Sin embargo, la denominación "Wifi Certified" solamente puede ser utilizada en productos que cumplen satisfactoriamente con las pruebas de interoperabilidad establecidas por la wifi Alliance.

Los dispositivos compatibles con wifi pueden conectarse a Internet vía una red WLAN y un punto de acceso o *hotspot*. La cobertura de un *hotspot* puede ser tan pequeña como una habitación o tan grande como una superficie de algunos kilómetros cuadrados, cubierta por múltiples *hotspots* distribuidos en el área de manera que sus coberturas se traslapen.

Figura 28. **Enrutador wifi**



Fuente: *Enrutador wifi*. www.netacad.com/es/group/landing/v2/learn/. Consulta: febrero de 2015.

Por no requerir de una conexión física, un intruso puede acceder más fácilmente a una wifi que a una red cableada. A causa de esto, wifi ha adoptado varias tecnologías de encriptación; inicialmente WEP (seguridad débil) y posteriormente WPA y WPA2.

4.1.3. El estándar IEEE 802.11

Está constituido por el conjunto de especificaciones que deben cumplir las capas 1 (física) y 2 (acceso a la red) para implementar una WLAN en las bandas de frecuencia de 2,4, 3,6, 5, y 60 GHz. Estas especificaciones fueron creadas por la IEEE en 1997 y a partir de entonces la comisión ha introducido modificaciones al estándar a través de diversas enmiendas o revisiones. En un principio contemplaba velocidades de transmisión de entre 1 y 2 Mbps, pero posteriormente han surgido estas revisiones:

- 802.11a: el rendimiento total máximo es de 54 Mbps, aunque en la práctica es de 30 Mbps. Provee hasta ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 GHz. Tiene un alcance de 100 metros aproximadamente.
- 802.11b: ofrece un rendimiento total máximo de 11 Mbps (6 Mbps en la práctica). Utiliza el rango de frecuencia de 2,4 GHz con tres canales de radio disponibles. Tiene un alcance de hasta 300 metros en un espacio abierto.
- 802.11c: estándar que define las características que necesitan los APs para actuar como puentes (*bridges*). Ya está aprobado y se implementa en algunos productos.
- 802.11d: estándar que permite el uso de la comunicación mediante el protocolo 802.11 en países que tienen restricciones sobre el uso de las frecuencias que este es capaz de utilizar.
- 802.11e: estándar sobre la introducción del QoS en la comunicación. Actúa como árbitro de la comunicación. Esto permitirá el envío de video y de voz sobre IP.
- 802.11g: su rendimiento total máximo es de 54 Mbps, pero en la práctica solo consigue los 30 Mbps. Está en el rango de frecuencia de 2,4 GHz. Tiene un alcance de 300 metros. Es compatible con el estándar 802.11b, lo que significa que los dispositivos que admiten el estándar 802.11g también pueden funcionar con el 802.11b.
- 802.11h: estándar que sobrepasa al 802.11a al permitir la asignación dinámica de canales para permitir la coexistencia de este con el HyperLAN. Además, define el TPC (*Transmit Power Control*) según el cual la potencia de transmisión se adecúa a la distancia a la que se encuentra el destinatario de la comunicación.
- 802.11i: estándar que define la encriptación y la autenticación para complementar y mejorar el WEP.

En la siguiente tabla se describe cada uno de los estándares y sus principales características:

Tabla V. **Estándares IEEE 802.11**

Normas (capa física y del acceso al medio)	Velocidad transmisión máxima (Mbps)	Troughput máximo típico (Mbps)	Número máximo de redes colocalizadas	Banda de frecuencia	Radio de cobertura típico (interior)	Radio de cobertura típico (exterior)
IEEE 802.11a/h	54 Mbps	22 Mbps	14 (5.7 Ghz)	5 Ghz	85 m	185 m
IEEE 802.11b	11 Mbps	6 Mbps	3	2.4 Ghz	50 m	140 m
IEEE 802.11g	54 Mbps	22 Mbps	3	2.4 Ghz	65 m	150 m
IEEE 802.11n (40Mhz)	>300 Mbps	>100 Mbps	1 (2.4 Ghz) 7 (5.7 Ghz)	5 Ghz	120 m	300 m
IEEE 802.11n (20Mhz)	144 Mbps	74 Mbps	3 (2.4 Ghz) 14 (5.7 Ghz)	2.4 Ghz y 5 Ghz	120 m	300 m

Fuente: *Estándares IEEE 802.11*. www.netacad.com/es/group/landing/v2/learn/. Consulta: febrero de 2015.

4.1.4. Usos

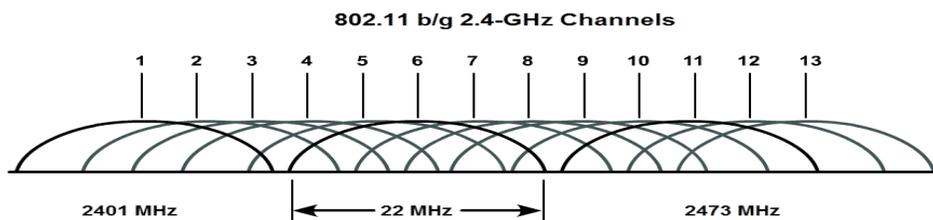
Redes wifi proveen conectividad interna y hacia el exterior en hogares, negocios, espacios públicos, aeropuertos, hoteles, restaurantes, instituciones educativas, por mencionar algunos. Estos servicios de conectividad pueden ser de pago o gratuitos, según lo decida el propietario de la red. Actualmente algunos gobiernos municipales han implementado redes wifi que dan cobertura a ciudades completas, es el caso de Mysore en India, St. Cloud Florida y Sunnyvale California en EEUU.

4.1.5. Interferencia

Aunque todas las señales de radio son susceptibles de ser interferidas, las tecnologías de WLAN disponibles en la actualidad y los espacios reducidos en que suelen implementarse, limitan mucho la posibilidad de interferencia y

resultan en señales estables y con una integridad de datos tan confiable como la de redes alambradas. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que las conexiones wifi pueden ser interrumpidas, o la velocidad de transferencia de datos verse disminuida al tener otros *hotspots* irradiando en la misma área. Muchos puntos de acceso 2,4 GHz 802.11b y 802.11g vienen configurados inicialmente con los mismos canales, lo cual causa saturación en esas frecuencias, disminuyendo la relación señal a ruido (SNR) o incluso impidiendo la conexión de los dispositivos. Es aconsejable utilizar únicamente los canales 1, 6 y 11, ya que estos no se traslapan entre sí, tal como se muestra en la Figura 29.

Figura 29. **Canalización según estándar 802.11**



Fuente: *Canalización según estándar 802.11*. www.netacad.com/es/group/landing/v2/learn/.

Consulta: febrero de 2015.

Adicionalmente, otros dispositivos que operan en 2,4 GHz, tales como hornos de microondas, cámaras de seguridad, dispositivos Bluetooth, teléfonos inalámbricos, equipos de radio aficionados, pueden provocar significativa interferencia.

4.1.6. Cobertura

El área de disponibilidad del servicio se ve afectada por la dirección de propagación, configuración del espacio, obstáculos como paredes, objetos metálicos y hasta personas. Un sistema típico provee coberturas en un radio de

hasta 150 metros, en condiciones óptimas. Sin embargo, siempre es posible aumentar la cobertura configurando una red de equipos radiantes.

4.1.7. Tasa de transferencia

La velocidad de transmisión de datos dependerá del tipo de equipo utilizado, la configuración del mismo, la cantidad de usuarios y la congestión que estos producen, así como de la configuración de los espacios y la capacidad de transmisión de las partes alambradas de la red.

4.1.8. Interoperabilidad con redes cableadas

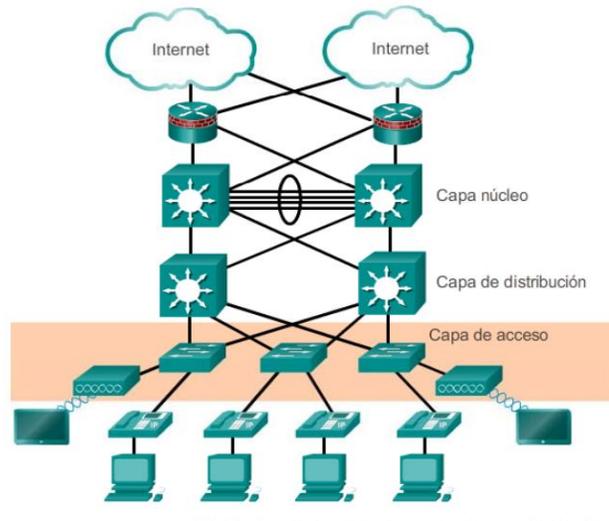
Debido a que los protocolos Ethernet son los estándares actuales, tanto para redes LAN como WLAN, la interconexión de las mismas no supone mayores complicaciones y la integración resulta transparente.

4.2. Estudio del área para la instalación del equipo de Red Fija

La implementación de una red con servicios convergentes y con capacidad de crecer en todas sus áreas son los principales retos a los que se enfrentan las redes y la disponibilidad de los puntos de red para poder conectarse por medio de una red cableada. El diseño de la presente red se presenta a manera de propuesta de mejora de la red de datos que existe actualmente en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la USAC. Se realizó con base en los puntos que ya se tienen cableados y agregando nuevos, con el fin de tener todos los servicios necesarios en un mismo cableado,

optimizar el tiempo para la implementación de servicios futuros y reducir los costos de mantenimiento.

Figura 30. **Jerarquía de una red convergente**



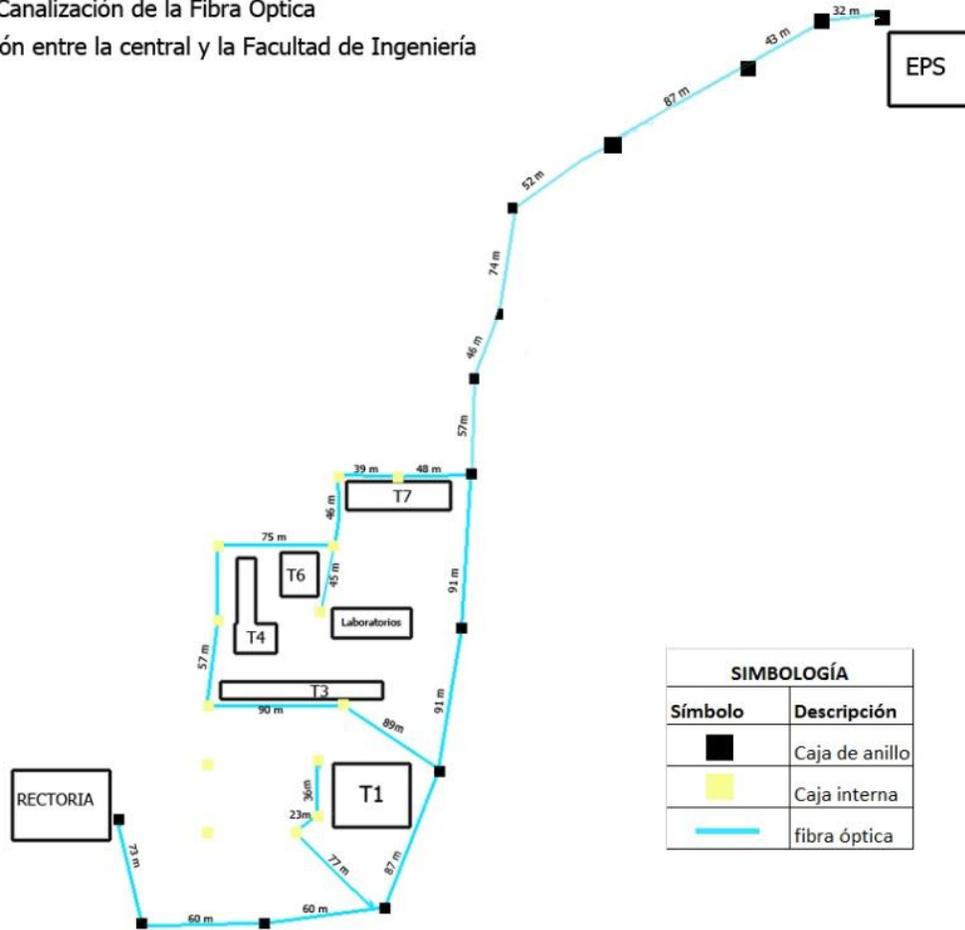
Fuente: *Red convergente*. www.netacad.com/es/group/landing/v2/learn/. Consulta: febrero de 2015.

Como primer punto se tomó en cuenta la red de campus ya implementada para la conexión de todos los edificios hacia el edificio de Rectoría, en donde se centraliza la información. En la Figura 31 se presenta el mapa de las interconexiones por medio de fibra óptica y la conexión que se plantea para que el edificio de EPS sea integrado dentro de la red.

En el mapa se tomaron en cuenta las cajas de anillo, las cuales contienen los hilos de fibra de todo el circuito principal y las derivaciones hacia las cajas internas en donde los hilos continúan dividiéndose hacia las salas de los equipos que se encuentran en cada edificio.

Figura 31. Interconexión de fibra óptica con la red general USAC

Plano Canalización de la Fibra Optica
 Conexión entre la central y la Facultad de Ingeniería



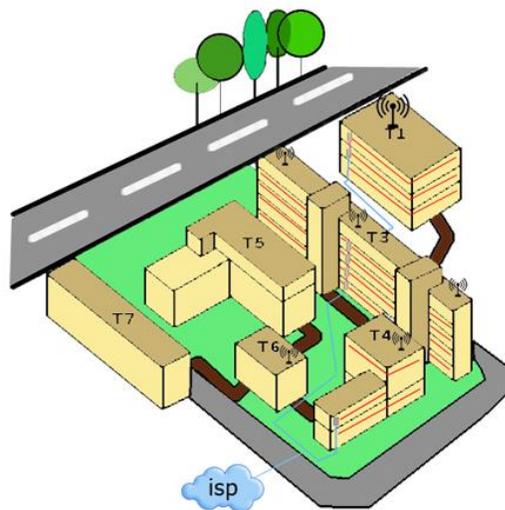
SIMBOLOGÍA	
Símbolo	Descripción
■	Caja de anillo
■	Caja interna
—	fibra óptica

Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

Lo siguiente a tomar en cuenta son los puntos de acceso para la red inalámbrica y la conexión externa a Internet, esto con referencia a las fibras de los proveedores a los puntos de entrada de cada edificio, ubicados en las cajas de derivación interna. Debe recordarse que en el segundo nivel del edificio T4 se encuentra ubicado el centro de datos de la Facultad de Ingeniería, a donde llegan todas las conexiones de los proveedores y la conexión principal con la

red interna de Rectoría. A partir de ahí se obtienen las interfaces y las subredes para la conexión de cada edificio incluyendo la red inalámbrica (ver Figura 32). Con el conocimiento de las conexiones anteriores se inició con el mapeo de la red propuesta en cada edificio de la facultad y con la integración del edificio de EPS.

Figura 32. **Ubicación del Centro de Datos**



VISTA EXTERIOR FACULTAD DE INGENIERIA
Red cableada y wifi

Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

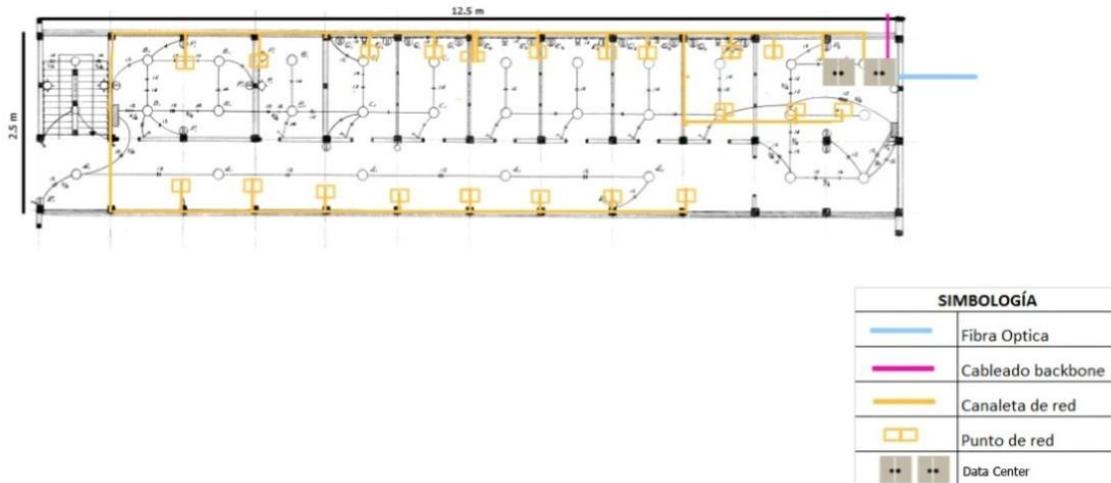
4.2.1. Edificio T4

La distribución de la red inicia en el segundo nivel del edificio T4, donde se sugiere adecuar un centro de datos con las reglas necesarias para que sea categorizado como T1, el cual presentará medidas de seguridad dentro de las

instalaciones para proteger la integridad de los datos y la seguridad de los usuarios al momento de utilizar la red.

Al tener en cuenta las medidas de seguridad necesarias, se propone la siguiente estructura: en el centro de datos se sugiere tener un armario de equipos dedicado para los proveedores del servicio de Internet; uno más para la capa Core que contendrá dos equipos marca Cisco modelo Nexus 9000, con 48 puertos Ethernet, los cuales servirán para el cableado interno con cada *switch* de la capa de distribución, y que cada uno posea como mínimo 8 puertos SFP para las conexiones que se necesiten por medio de fibra óptica. Los dos equipos en paralelo recibirán la carga de todos los equipos de las capas inferiores del modelo jerárquico de redes y se distribuirán la misma, también contarán con configuraciones idénticas para que en caso de falla se tenga redundancia para las conexiones y así poseer una red con alta disponibilidad. Se requiere un tercer armario para los servidores de bases de datos y equipo de almacenamiento y un cuarto armario para los *switches* de distribución para el edificio, que se sugiere sean dos marca Cisco modelo Catalyst 2960S de 48 puertos Ethernet con 4 puertos SFP, y un equipo marca Cisco modelo Catalyst 2960S de 24 puertos Ethernet, que tendrá la función de la capa de acceso para los puntos de la red en el nivel; por último, un *patch panel* para que se tenga control de todas las conexiones cableadas y poder evitar fallas que puedan perjudicar directamente los puertos de los equipos principales.

Figura 33. Red de acceso sugerida para nivel 2 del edificio T4



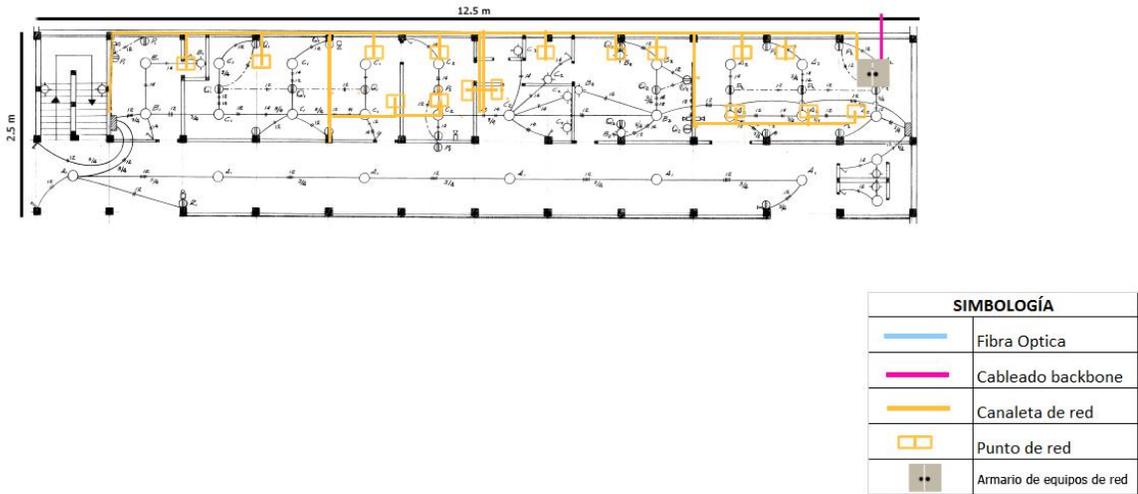
EDIFICIO T4

Diseño de Red Cableada Segundo Nivel

Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

En la Figura 33 se muestra la estructura sugerida de la red en el segundo nivel del edificio T4. Se sugieren 21 puntos de red en todo el nivel, que serán distribuidos entre las oficinas y la biblioteca de la facultad. Cabe resaltar que estos puntos serán solo para las estaciones administrativas que necesitan conexión física y acceso a la red convergente que contiene el servicio de Voz sobre IP.

Figura 34. Red de acceso sugerida para nivel 1 del edificio T4



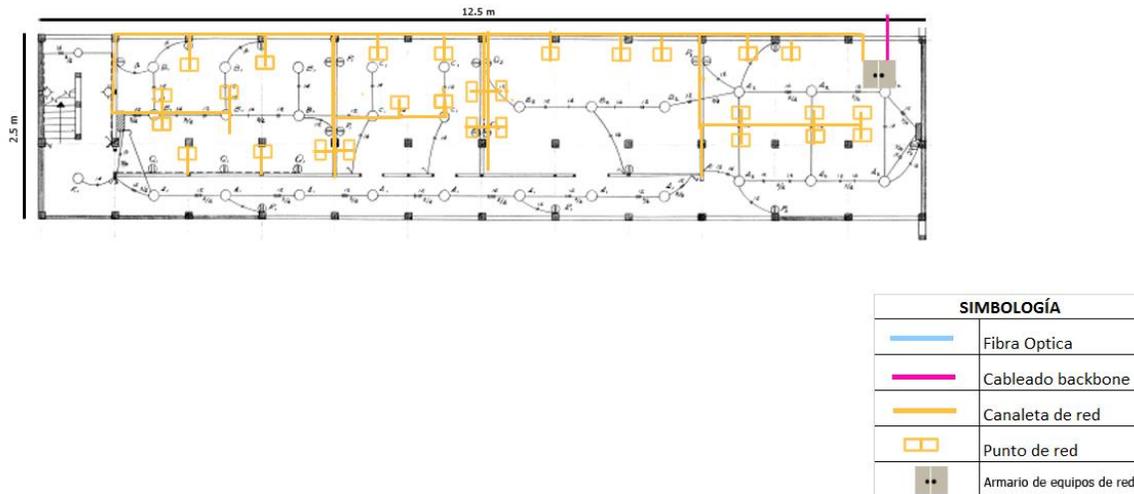
EDIFICIO T4

Diseño de Red Cableada Primer Nivel

Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

Para el nivel 1 del edificio T4 (ver Figura 34) se plantea un *switch* Catalyst 2960S de 24 puertos Ethernet con 4 puertos SFP, para la capa de acceso de todos los puntos de red y que tendrá la interconexión con los *switches* de distribución ubicados en el segundo nivel del edificio. El nivel contará con 32 puntos de toma de red, los cuales serán de uso administrativo y, al mismo nivel de donde se encuentra el centro de datos, se ubicará un cableado vertical que llegue a un armario donde se encontrará un *rack* para poder ubicar los equipos de forma segura.

Figura 35. Red de acceso sugerida para sótano del edificio T4



EDIFICIO T4

Diseño de Red Cableada Sótano

Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

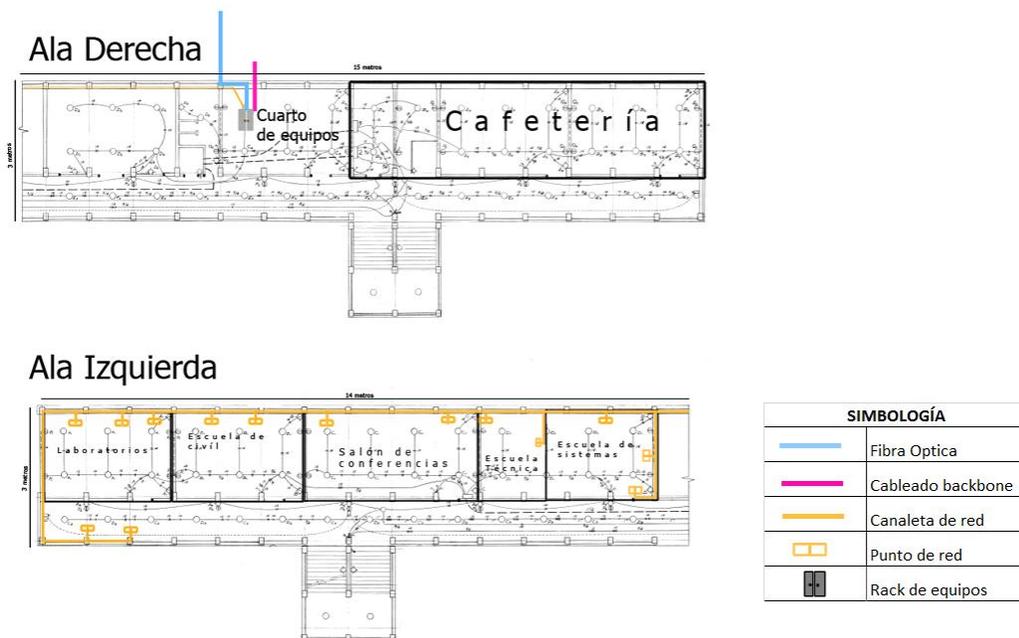
En el sótano del edificio, como se muestra en la Figura 35, se sugiere instalar 56 puntos de red convergente, los cuales tendrán acceso a todos los servicios de la misma y se conectarán a un *switch* Catalyst 2960S de 24 puertos Ethernet con 4 puertos SFP, para que por medio del cableado vertical obtenga una conexión con los *switches* de la capa de distribución ubicados en el segundo nivel.

4.2.2. Edificio T3

En el subsuelo del edificio se sugiere adecuar de forma correcta el cuarto de equipos que se encuentra en el pasillo que conecta con el edificio T1, de tal forma que este pueda garantizar la seguridad de los equipos. Dicho lugar tendrá

una conexión por medio de fibra óptica desde los equipos Nexus 9000 ubicados en el centro de datos hacia un *switch* que estará en la capa de distribución para el edificio. Se sugiere que sea marca Cisco modelo Catalyst 2960S de 24 puertos Ethernet y 6 puertos SFP, para la conexión con fibra óptica, que también formará parte del cableado vertical para los switches de acceso de los niveles superiores.

Figura 36. Red de acceso sugerida para subsuelo del edificio T3



EDIFICIO T3

Diseño de Red Cableada subsuelo

Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

Como se muestra en la Figura 36, se sugieren 14 puntos de red para el ala derecha del edificio, ya que dicha red no abarca el área de la cafetería, por no ser un punto administrativo y donde las conexiones existentes se realizan

por medio de la red inalámbrica y únicamente requieren acceso al servicio de Internet.

El cuarto de equipos en la actualidad se encuentra en el baño de mujeres de cada nivel, a excepción del correspondiente al subsuelo, que está en una bodega a donde solo el personal de limpieza tiene acceso. Se sugiere colocarlo en un lugar con las correctas medidas de seguridad para evitar sabotaje e intrusiones en la red y designar un encargado para garantizar la seguridad.

Figura 37. Red de acceso sugerida para nivel 1 del edificio T3



EDIFICIO T3

Diseño de Red Cableada Primer Nivel

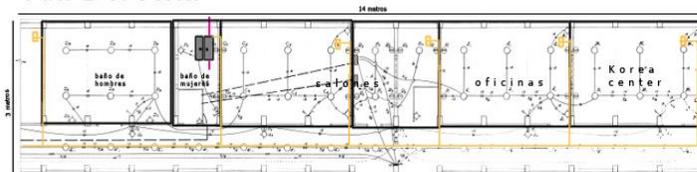
Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

Para los niveles 1 (Figura 37), 2 (Figura 38) y 3 (Figura 39), se sugiere la misma estructura con igual cantidad de puntos de red, es decir colocar 33 puntos de red convergente para el cuarto de equipos, desde donde se dará

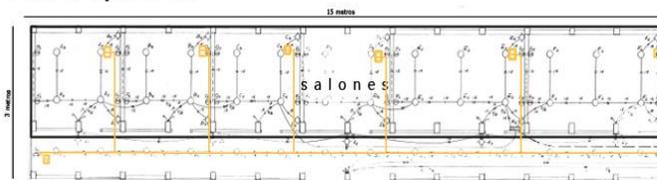
acceso por medio de un equipo marca Cisco modelo Catalyst 2960s de 48 puertos Ethernet y 4 puertos SPF de fibra óptica.

Figura 38. Red de acceso sugerida para nivel 2 del edificio T3

Ala Derecha



Ala Izquierda



SIMBOLOGÍA	
	Fibra Optica
	Cableado backbone
	Canaleta de red
	Punto de red
	Rack de equipos

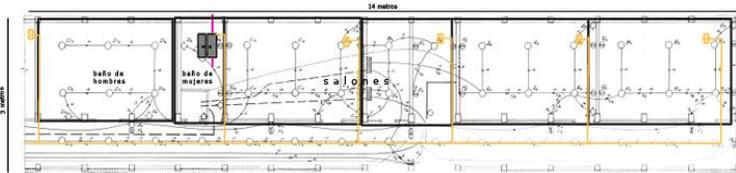
EDIFICIO T3

Diseño de Red Cableada Segundo Nivel

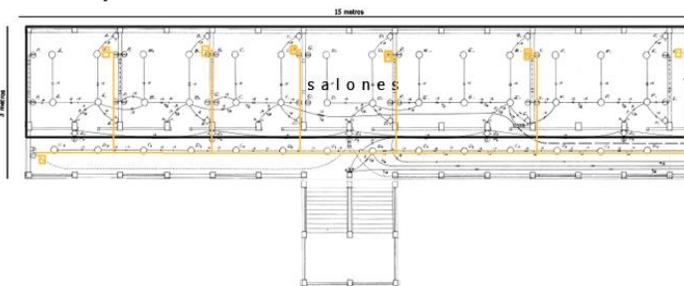
Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

Figura 39. Red de acceso sugerida para nivel 3 del edificio T3

Ala Derecha



Ala Izquierda



SIMBOLOGÍA	
	Fibra Óptica
	Cableado backbone
	Canaleta de red
	Punto de red
	Rack de equipos

EDIFICIO T3

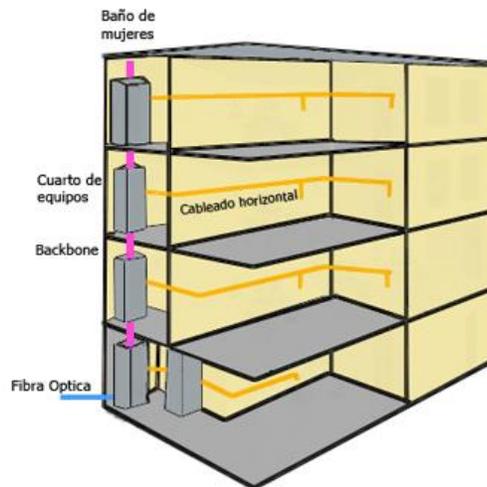
Diseño de Red Cableada Tercer Nivel

Fuente: elaboración propia, empleando Photoshop.

Se sugiere también colocar un *rack* para que pueda almacenar los equipos de telecomunicaciones y etiquetar cada uno de los puntos para poder tener un control del acceso que se les otorga. En la Figura 40 se muestra el diseño propuesto para el cableado estructurado en el edificio T3 del ala norte y el cableado horizontal de los armarios de equipos.

Figura 40. **Propuesta para despliegue de cableado estructurado, edificio T3**

Vista 3D edificio T3 ala Norte
Cableado estructurado

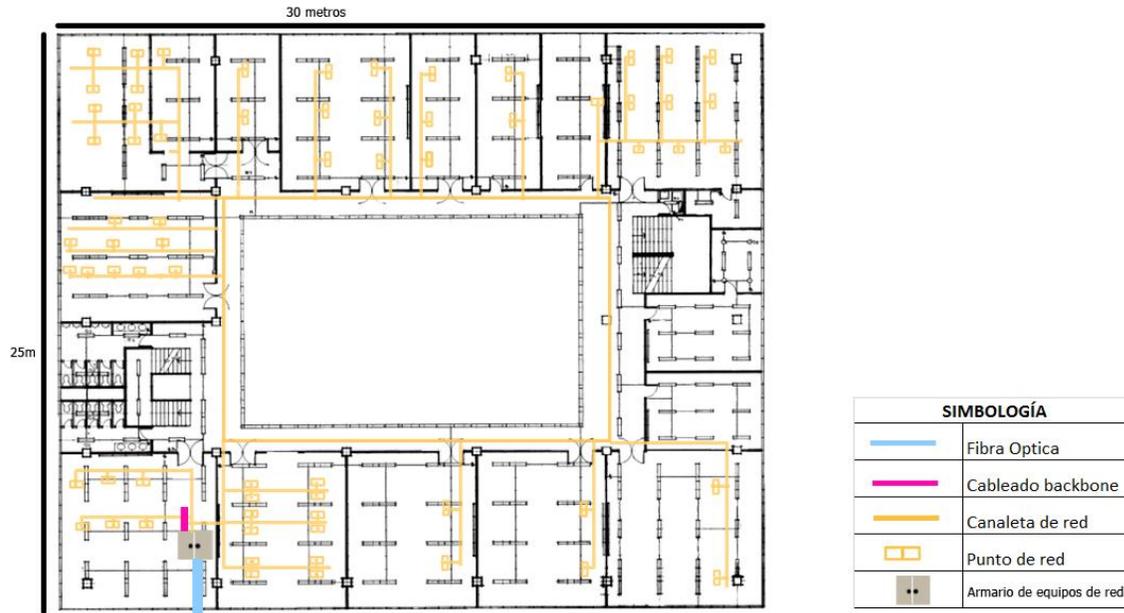


Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

4.2.3. EdificioT1

Desde el edificio T4 se sugiere una conexión por medio de fibra óptica que llegue hasta el segundo nivel del edificio T1 para que conecte a la red de ingeniería. En el segundo nivel se sugiere adecuar el cuarto de equipos, asegurando los equipos en un *rack* con llave para que solamente el administrador de la red tenga acceso a dicho lugar. Se sugieren 90 puntos de red ubicados en dicho nivel, como se muestra en la Figura 41. La conexión entre el centro de datos y el edificio se realizará por medio de un equipo *switch* Catalyst 2960S de 48 puertos Ethernet con 1 tarjeta extendible para 48 puertos Ethernet y 6 puertos para QSFP a donde se conectarán las fibras.

Figura 41. Red de acceso sugerida para nivel 2 del edificio T1



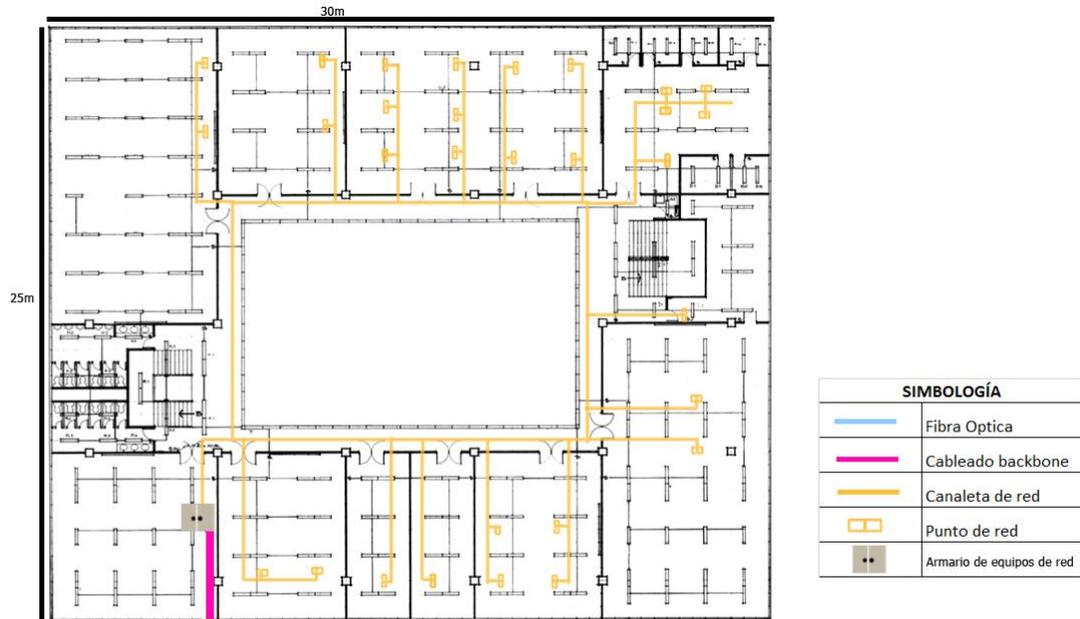
EDIFICIO T1

Diseño de Red Cableada Segundo Nivel

Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

Para el tercer nivel de dicho edificio se sugieren 60 puntos de red y la conexión de cableado vertical con el equipo ubicado en el segundo nivel. Se sugiere realizarlo con un equipo marca Cisco modelo *switch* Catalyst 2960S de 48 puertos Ethernet con 2 puertos QSFP para las fibras ópticas como se muestra en la Figura 42.

Figura 42. Red de acceso sugerida para nivel 3 del edificio T1



EDIFICIO T1

Diseño de Red Cableada Tercer Nivel

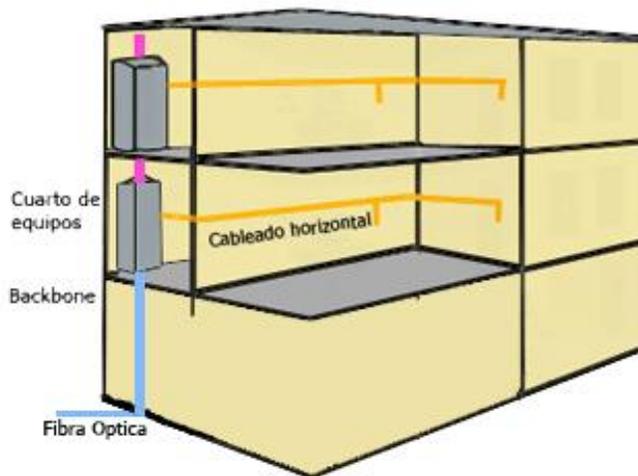
Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

En la Figura 43, en la página siguiente, se muestra el plano sugerido para el cableado vertical en el edificio T1.

Figura 43. **Propuesta para despliegue de cableado estructurado, edificio T1**

Vista 3D edificio T1

Cableado estructurado



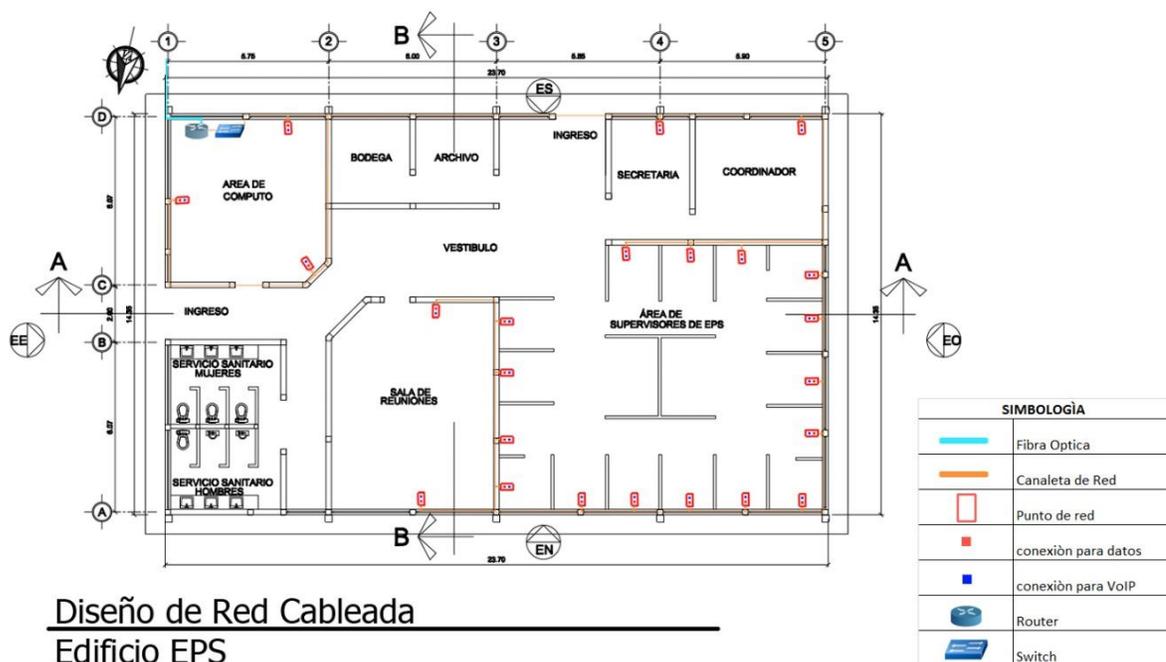
Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

4.2.4. Edificio EPS

El edificio de EPS tiene una red diferente a la manejada en la facultad de Ingeniería por lo que la conexión como se muestra en la Figura 31, se realiza desde el centro de datos de dicha Facultad hacia el edificio de EPS por medio de fibra óptica y llegando a un *media converter* para que posteriormente pase a un *router* que realizará el trabajo de ruteo entre las diferentes redes cuando se necesite una conexión. Se sugiere un *router* marca Cisco modelo 3750, y de dicho *router* una conexión hacia un *switch* que comunicará los 46 puntos de red sugeridos.

Por medidas de seguridad, se sugiere colocar un *rack* para los equipos dentro de un armario con llave, para que solamente el administrador pueda tener acceso a los mismos y evitar sabotajes dentro de la red. En la Figura 44 se muestra el diseño de red sugerido para este edificio.

Figura 44. Red de acceso sugerida para edificio de EPS



Diseño de Red Cableada
Edificio EPS

Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

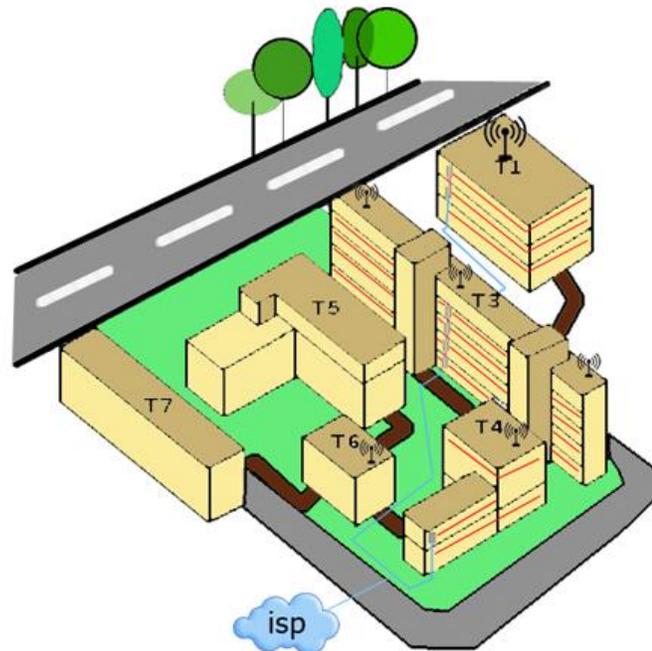
4.3. Estudio del área para la instalación del equipo wifi

4.3.1. Red WLAN

La red inalámbrica solamente tendrá acceso al servicio de Internet. Para el uso del personal de la Facultad de Ingeniería, como para los estudiantes, se sugiere que dicha red funcione en todos los puntos, tanto externos como

internos de la Facultad, y se coloquen los puntos de acceso en la azotea de los edificios de T1, T3, T4 y T6, como lo muestra la Figura 45.

Figura 45. **Propuesta para ubicación de antenas wifi**



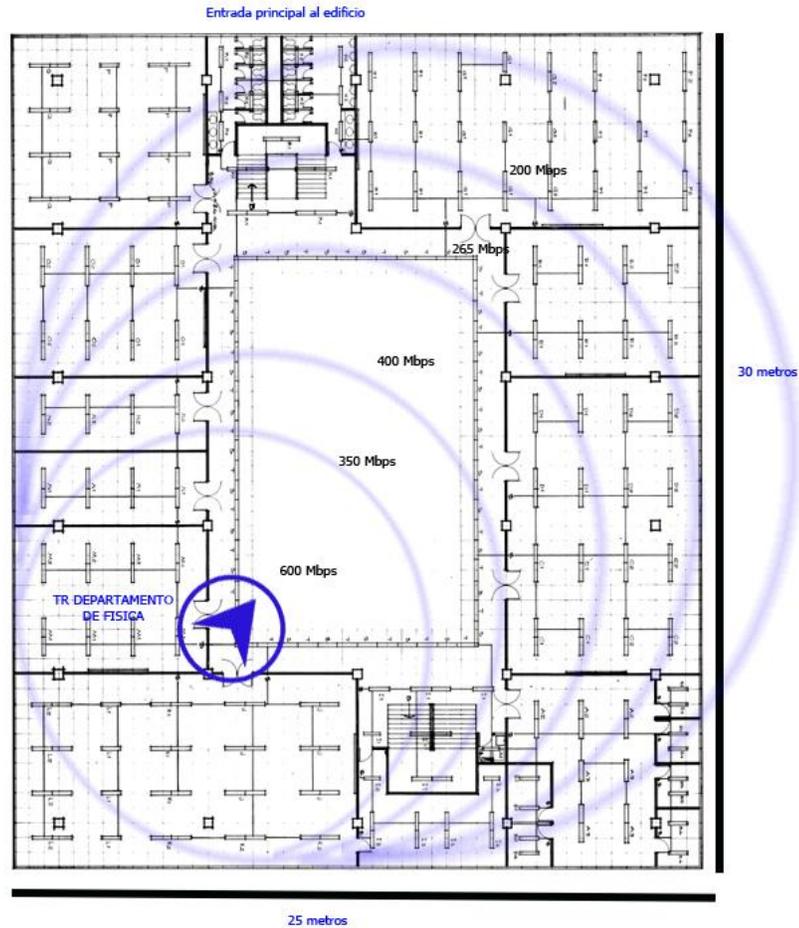
VISTA EXTERIOR FACULTAD DE INGENIERIA Red cableada y wifi

Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

Para dicha red se sugieren 6 puntos de acceso marca Cisco modelo Aironet serie 1560 para puntos exteriores y una controladora de los puntos de acceso marca Cisco modelo Aironet serie 2504 con licencia para 25 puntos de acceso, teniendo en cuenta el crecimiento que puede tener la red.

Figura 46. Propuesta para ubicación de *hotspot*, edificio T1

VISTA SUPERIOR EDIFICIO T1



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

En la Figura 46 se sugiere la estructura de la red inalámbrica para el edificio T1, tomando en cuenta las mediciones realizadas y el alcance de la señal a transmitir, por lo que, con un punto de acceso que ofrezca alta disponibilidad, y con los últimos estándares para dicha tecnología, se garantizaría la estabilidad de la señal.

4.4. Cotización

A continuación, se presentan los precios promedio vigentes en el mercado actual para cada uno de los elementos requeridos:

Tabla VI. **Cotización de equipos, cables, instalación y soporte**

	Ítem	Código	Descripción	Can t	Precio unitario	Precio total
EQUIPO DE RED FIJA	1	WS-C2960X-48TD-L	Catalyst 2960-X 48 GigE, 2 x 10G SFP+, LAN Base		\$. 2 629,65	\$. 18 407,55
	1.1	CAB-L620P-C13-US	Power Cord, 250VAC, 15A, NEMA L6-20 to C13, US		\$ -	\$ -
	1.2	PWR-CLP	Power Retainer Clip For Cisco 3560-C and 2960-C Compact Swit		\$ -	\$ -
	1.3	EW-JX-50SW	Key for Cisco EnergyWise Mgmt (JouleX) 45-day trial License		\$ -	\$ -
	2	WS-C2960X-24TD-L	Catalyst 2960-X 24 GigE, 2 x 10G SFP+, LAN Base		\$. 1 783,65	\$. 5 350,95
	2.1	CAB-L620P-C13-US	Power Cord, 250VAC, 15A, NEMA L6-20 to C13, US		\$ -	\$ -
	2.2	PWR-CLP	Power Retainer Clip For Cisco 3560-C and 2960-C Compact Swit		\$ -	\$ -
	3	N9K-C9372PX-E-B18Q	2 Nexus 9372PX-E with 8 QSFP-40G-SR-BD		\$. 21 150,00	\$. 21 150,00
	3.1	N9K-C9372PX-E-BUN	Nexus 9372PX-E bundle PID		\$ -	\$ -
	3.2	N3K-C3064-ACC-KIT	Nexus 3K/9K Fixed Accessory Kit		\$ -	\$ -
	3.3	QSFP-40G-SR-BD	QSFP40G BiDi Short-reach Transceiver		\$ -	\$ -
	3.4	NXA-FAN-30CFM-B	Nexus 2K/3K/9K Single Fan, port side intake airflow		\$ -	\$ -
	3.5	CAB-9K12A-NA	Power Cord, 125VAC 13A NEMA 5-15 Plug, North America		\$ -	\$ -
	3.6	N9K-PAC-650W	Nexus 9300 650W AC PS, Port-side Intake		\$ -	\$ -
	3.7	NXOS-703I2.2	Nexus 9500, 9300, 3000 Base NX-OS Software Release 7.0(3)I2(2)		\$ -	\$ -
	3.8	N9K-C9372PX-E-BUN	Nexus 9372PX-E bundle PID		\$ -	\$ -

Continuación tabla VI.

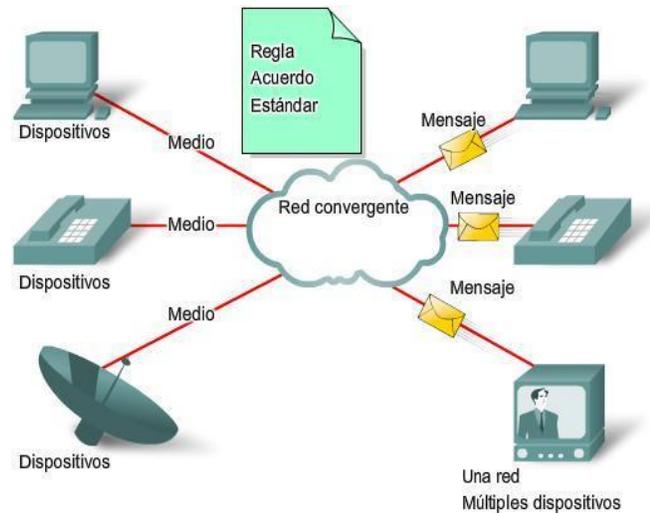
	3.9	N3K-C3064-ACC-KIT	Nexus 3K/9K Fixed Accessory Kit		\$ -	\$ -
	3.10	QSFP-40G-SR-BD	QSFP40G BiDi Short-reach Transceiver		\$ -	\$ -
	3.11	NXA-FAN-30CFM-B	Nexus 2K/3K/9K Single Fan, port side intake airflow		\$ -	\$ -
	3.12	CAB-9K12A-NA	Power Cord, 125VAC 13A NEMA 5-15 Plug, North America		\$ -	\$ -
	3.13	N9K-PAC-650W	Nexus 9300 650W AC PS, Port-side Intake		\$ -	\$ -
	3.14	NXOS-703I2.2	Nexus 9500, 9300, 3000 Base NX-OS Software Release 7.0(3)I2(2)		\$ -	\$ -
	4	CON-SNT-WSC298DL	SNTC-8X5XNBD Catalyst 2960-X 48 G		\$ 329,12	\$ 2 303,84
	5	CON-SNT-WSC24TDL	SNTC-8X5XNBD Catalyst 2960-X 24 G		\$ 223,47	\$ 670,41
	6	CON-SNT-72PEB18Q	SNTC-8X5XNBD 2 Nexus 9372PX-E with 8 QSFP-40G-SR-BD		\$ -	\$ -
	6.1	CON-SNT-372PXEBN	SNTC-8X5XNBD Nexus 9372PX-E bundle PID		\$ 972,40	\$ 972,40
	6.2	CON-SNT-372PXEBN	SNTC-8X5XNBD Nexus 9372PX-E bundle PID		\$ 972,40	\$ 972,40
					Subtotal	\$ 49 827,55
					Soporte	\$ 4 919,05
					Total	\$ 54 746,60
CABLEADOS E INSTALACIÓN			Descripción	Cant	Precio unitario	Precio total
			Cable categoría 6a	500	\$ 1,80	\$ 2 700,00
			Dados para RJ45 Cat 6a	417	\$ 2,60	\$ 1 084,20
			Placa para datos rj45 Quest	75	\$ 0,95	\$ 261,25
			Bolsa de 100 conectores RJ45	5	\$ 115,00	\$ 575,00
			metros de Canalizaciones y Bandejas para cableado estructurado	400	\$ 2,40	\$ 960,00
			Armario de Telecomunicaciones - Rack de Pared de 20 U de alto como mínimo	10	\$ 149,00	\$ 1 490,00
			Patch Panel 24 puertos RJ45 Cat 6 ^a	3	\$ 1 500,00	\$ 4 500,00
			Patch Panel 48 puertos RJ45 Cat 6 ^a	7	\$ 2 600,00	\$ 18 200,00

Continuación tabla VI.

		metros de canaleta de 3 pulgadas para Instalación de Cableado Estructurado para puestos de Trabajo en Cat 6a	17	\$ 43,50	\$ 18 139,50	
		Horas de instalación y soporte a la red	500	\$ 8,60	\$ 4 300,00	
			Total		\$ 52 209,95	
EQUIPOS DE RED INALÁMBRICA						
			Descripción	Cant	Precio unitario	Precio total
			Cisco Access Point Series 1560 AIR-AP113IAG- E-K9	6	\$ 576,25	\$ 3 457,50
			Controladora de WLAN de CISCO AIR-CT2504- 50-K9 modo inalámbrico de AP	1	\$ 16 243,25	\$ 16 243,25
				Subtotal		\$ 19 700,75
				Soporte		\$ 5 047,50
			Total		\$ 24 748,25	
TOTAL DEL PROYECTO					\$ 131 704,80	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 47. Integración de servicios en una red convergente



Las redes de datos convergentes transportan múltiples servicios en una red.

Fuente: *Integración de servicios en una red convergente*. www.netacad.com/es/group/landing/v2/learn/. Consulta: febrero de 2015.

La implementación de esta red convergente facilitará la futura adición de soluciones, tales como voz sobre IP, centros de contacto virtuales, mensajería unificada, *e-learning*, TV Broadcast y demás, a la vez que ahorrará costos de instalación y administración de los mismos.

5. VOZ SOBRE IP

5.1. Sistema de voz

También conocidos como sistemas PBX o PABX, son plataformas propias del cliente y evitan que las conexiones de todos los teléfonos salgan de forma individual a la Red de Telefonía Pública, evitando el costo de mantenimiento individual por línea.

Figura 48. **PABX**



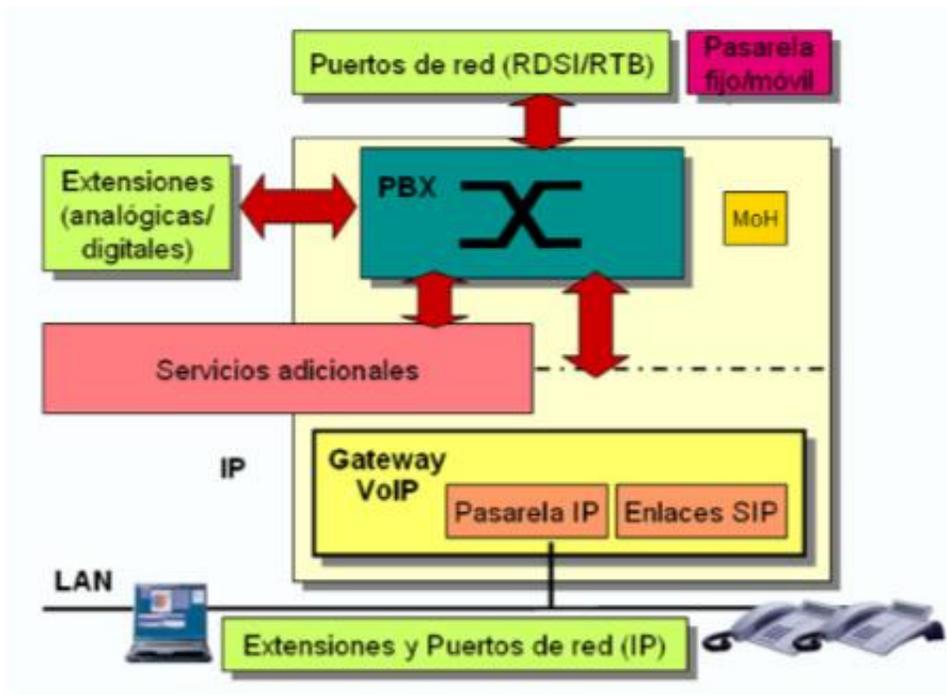
Fuente: SOLER PALACIN, Ericka. *Diseño e implementación de una Solución de VoIP*. Trabajo de Graduación de Ingeniería en Sistemas. Pág. 3.

5.1.1. Elementos en un sistema de voz

Este apartado refleja los componentes principales que habitualmente se pueden encontrar en un sistema de comunicaciones. En la siguiente figura se

observa la arquitectura básica de las PABX, así como los elementos básicos del sistema:

Figura 49. **Arquitectura básica genérica de un servidor de comunicaciones**



Fuente: *Servidor de*

comunicaciones.upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8373/Memoria%20PFC%20-%20Erika%20Soler.pdf. Consulta: febrero de 2015.

El núcleo de este sistema es el módulo PBX que es el conmutador, permitiendo el intercambio de información entre puertos de red, componentes IP, extensiones y servicios adicionales. Cada vez es más habitual la incorporación del MoH (Módulo de música en espera), esto permite a la persona que llama escuchar la reproducción de un audio mientras espera que se establezca la comunicación, ya sea porque está en espera o bien porque aún no ha sido atendido en una transferencia de llamada.

Actualmente, los avances alcanzados permiten mantener comunicaciones entre una gran diversidad de opciones, logrando trazar una verdadera convergencia de tecnologías, desde las comunicaciones tradicionales, Internet, las comunicaciones móviles y demás. Gracias a la incorporación de la llamada de voz sobre Protocolo de Internet (VoIP), las comunicaciones viven un cambio drástico, también llamada Telefonía IP o Telefonía por Internet; esta es otra forma de hacer llamadas telefónicas, pero con la ventaja de que las llamadas son más baratas, ya que el tráfico no se hace a través de las redes tradicionales y privadas de telefonía, sino que a través de redes de datos. Con VoIP, las llamadas son convertidas a paquetes de datos, estos paquetes viajan como cualquier otro tipo de datos, a través de la Internet pública o por una red IP privada. Las llamadas no son realizadas únicamente con un terminal telefónico sino que también se pueden establecer por medio de una computadora que posea un micrófono, audífonos y, por supuesto, conexión a Internet. También se puede hacer posible con un teléfono móvil o un teléfono tradicional (utilizando un adaptador o ATA).

5.2. ¿Por qué utilizar VoIP?

Por sus múltiples ventajas se considera que VoIP es la tecnología que reemplazará a los medios tradicionales de comunicación de voz; las principales se describen a continuación:

- Costos de instalación inferiores a los de un sistema de telefonía convencional.
- Los costos de operación también disminuyen en relación al servicio, por ejemplo, en llamadas nacionales e internacionales.
- Por utilizar la red de datos propia, las llamadas internas no tienen costo en este tipo de comunicación. Esto resulta conveniente para las

empresas que poseen sucursales que con este sistema pueden comunicarse entre sí de forma gratuita. Es por ello que los primeros que han comenzado a utilizar la Telefonía IP sean empresas, ya que necesitan de un sistema de comunicación eficaz, confiable y al mismo tiempo que reduzca los costos de uso.

- Por lo general estos sistemas proveen reportes de llamadas en tiempo real, permitiendo un mejor nivel de supervisión de las comunicaciones realizadas.
- La configuración suele ser relativamente fácil, lo cual permite reducir los costos de mantenimiento porque generalmente pueden ser administradas por los propios usuarios.
- Mayor flexibilidad y movilidad en las comunicaciones ya que los usuarios del sistema pueden acceder y escuchar los mensajes de voz recibidos, desde su propia cuenta de correo electrónico o utilizando la Web.
- Es posible transferir automáticamente las llamadas desde la oficina hacia el teléfono móvil del usuario cuando este no se encuentre en su lugar de trabajo.
- Además de las terminales de escritorio estos sistemas ofrecen la posibilidad de utilizar dispositivos inalámbricos especiales, teléfonos móviles, PDAs y demás.
- Reducen significativamente el cableado, pues la Telefonía IP funciona de manera diferente a los métodos tradicionales y permite utilizar simultáneamente tanto segmentos cableados como segmentos inalámbricos de la red, según la infraestructura disponible y las necesidades de uso.

Sacándole provecho a sus redes privadas, cada vez en mayor cantidad las empresas están migrando sus sistemas a tecnologías de telefonía IP, pues estas les permiten gestionar de mejor manera la seguridad y la calidad del

servicio. Aprovechando esto las compañías tienen más control y con una calidad de voz tan buena o mejor que la de los servicios que utilizaba con anterioridad.

5.3. Propuesta de solución

Comúnmente los beneficios de la tecnología se pueden dividir en cuatro categorías:

- Reducción de costos
- Simplificación
- Consolidación
- Aplicaciones Avanzadas

Sin embargo, la verdadera importancia de un sistema a implementar es la facilidad que tendrá de resolver los problemas que se presentan en una institución. En este caso se consideraron tres posibles soluciones Cisco, Asterix y Elastix, siendo este último el finalmente propuesto como mejor solución debido a que posee las siguientes ventajas:

- Es un software libre o gratuito y el código fuente se encuentra disponible para quien interese desarrollar sus propias modificaciones
- Existe una gran diversidad de tarjetas de marcas distintas que son compatibles con Elastix
- Sistemas compatibles con Linux pueden utilizarse con Elastix
- No se requiere que los usuarios ni administradores sean conocedores de Linux
- Existen también aplicaciones que facilitan las configuraciones de Elastix

- En el mercado hay diversidad de precios de las terminales que se pueden utilizar con este sistema
- Satisfaría los requerimientos de la Facultad de Ingeniería de la USAC, considerando la distribución de espacios, infraestructura y necesidades actuales

5.3.1. Arquitectura de la solución

La telefonía IP permite construir redes utilizando una solución que puede ser centralizada o distribuida, lo que permite a las compañías elegir si implementan una red compleja con terminales muy simples o una red simple que proporcione los servicios a través de terminales más complejos.

5.3.1.1. Arquitectura centralizada

La arquitectura centralizada es asociada a protocolos MGCP y MEGACO. Estos fueron diseñados para un dispositivo centralizado llamado Controlador *Media Gateway* o *Call Agent*, que maneja lógicamente la conmutación y control de llamadas. El dispositivo comunica al Media Gateway, enrutando y transmitiendo la porción audio/media de las llamadas.

5.3.1.2. Arquitectura distribuida

En una topología distribuida hay un servidor instalado en cada sede. Mediante las PABX y por medio de los enlaces con los operadores, establecen una conversación entre sedes o con terceros. Hay enlaces con el operador en cada localidad por, por lo que las llamadas salientes tienen el prefijo telefónico correspondiente a su provincia. Está arquitectura se asocia con protocolos H.323 y SIP, los cuales permiten que la comunicación de la red sea entre

dispositivos *endpoints* y de control de llamadas; dicho de otra manera se trata de establecer las llamadas, características de llamadas, enrutamiento, facturación o cualquier otro aspecto relacionado con el manejo de llamadas. Los *endpoints* pueden ser los *Gateways* VoIP, servidores media, teléfonos IP o cualquier otro dispositivo que pueda iniciar o finalizar cualquier llamada VoIP.

Los dispositivos de control de llamadas son llamados *gatekeepers* en una red H.323, y *redirect* en una red o SIP servidores Proxy.

5.3.2. Propuesta de la solución con ELASTIX

Elastix es un software libre de servidor de comunicaciones unificadas, el cual integra en un solo paquete algunas tecnologías como:

- VoIP PBX
- *Fax*
- Mensajería instantánea
- *E-mail*
- Colaboración

Elastix implementa a través de cuatro programas gran parte de su funcionalidad estos son Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix. Brindando funciones de PBX, Fax, mensajería instantánea e *E-mail*, respectivamente. Parte del sistema operativo es basado en CentOS, una popular distribución Linux la cual es orientada a servidores. Diferentes compañías y comunidades mantienen y desarrollan estos programas. La grandeza de Elastix radica en que es dispone de una interface web para la administración de estos servicios e integración de los mismos de forma fácil y sencilla.

Para instalar Elastix es necesario que se tenga una computadora dedicada exclusivamente para estos fines. Los requerimientos mínimos sugeridos para un adecuado funcionamiento se listan a continuación:

- Computadora AMD SEMPRON, procesador 2,5Ghz, memoria 384 MB y 240 GB en disco.
- Tarjeta análoga a400p Openvox con un puerto FXO y un FXS.
- Tarjeta TE121P Digium de primario.

5.3.2.1. Principales programas de Elastix

- Asterisk.
- vTigerCRM® and ®, Sistemas de CRM.
- A2Billing® – Plataforma de tarjetas de llamadas y facturación para Asterisk.
- Flash Operator Panel, Consola de Operadora vía Web • Hylafax® un software bastante depurado y estable para sistemas de faxes.
- Openfire® - Servidor de mensajería instantánea y algo más.
- FreePBX® Interface de administración Web de Asterisk y componente esencial en Elastix.
- Sistemas de Reportes – Este se encarga de brindar información detallada de las operaciones de la pbx.
- OSLEC - Cancelador de Eco basado en software.
- Postfix®, servidor de correos sumamente estable y ampliamente difundido.

Se tiene ventaja con Elastix pues todos los componentes los trae instalados o preinstalados al momento de realizar la instalación. Además se distribuye con un CD autoinstalable con los componentes, por lo que no es

necesario ser un experto para ponerlo en marcha. Sus características son muchas y variadas, cada uno de los programas incluye las propias. Adicionalmente a esto Elastix incorpora nuevas interfaces para reportes y el control de sí mismo. Algunas características generales son:

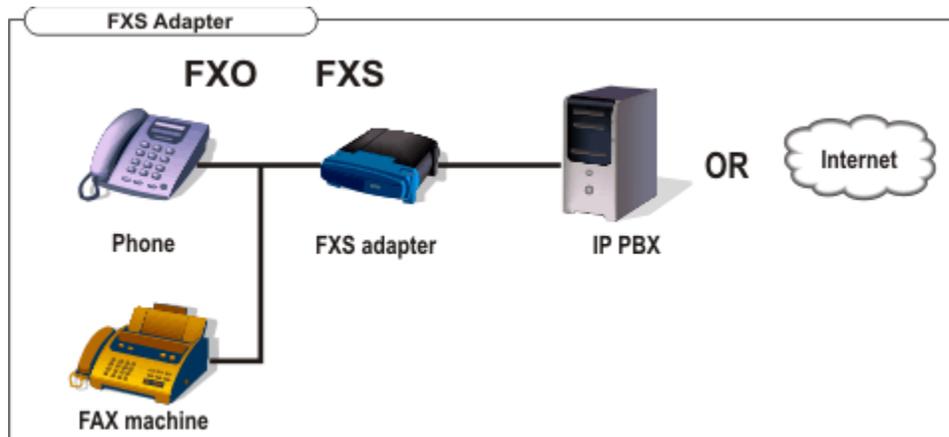
- Soporte para video.
- Soporte para virtualización: es posible correr sobre el mismo equipo múltiples máquinas virtuales de Elastix.
- Interfaz *web* para el usuario.
- “*Fax a e-mail*” para faxes entrantes; por medio de una impresora virtual es posible enviar documentos a diferentes números de fax.
- Interfaz para tarifas.
- Configuración gráfica de parámetros de red.
- Reportes de uso de recursos.
- Opciones para reiniciar/apagar remotamente.
- Reportes de llamadas entrantes/salientes y uso de canales.
- Módulo de correo de voz integrado.
- Interfaz *web* para correo de voz.
- Módulo de panel operador integrado.
- Módulos extras *SugarCRM* y *CallingCard* incluidos (*Ast2billing*).
- Sección de descargas con accesorios comúnmente usados.
- Interfaz de ayuda embebido.
- Servidor de mensajería instantáneo (*Openfire*) integrado.
- Módulo de *Call Center* (se debe descargar para su posterior instalación).
- Soporte multilinguaje.

5.3.3. Formas de conexión con el exterior a través de la PSTN (*Public Switched Telephone Network*)

Existen dos formas básicas para poder conectar una central Elastix con la red telefónica pública: por medio de circuitos análogos y por medio de circuitos digitales. Se propone implementar la análoga porque esta interconecta los teléfonos convencionales a la red de VoIP mediante el uso de adaptadores telefónicos analógicos (ATA), los cuales son dispositivos analógico-digitales que convierten la señal analógica de un teléfono tradicional en datos digitales que pueden ser transmitidos a través de Internet o la red IP interna. Entre las marcas más utilizadas están Cisco, Linksys y Grandstream. Los ATA generalmente son interconectados a Elastix con el protocolo SIP utilizando un troncal.

Los puertos usados por líneas análogas se conocen como FXS (*Foreign eXchange Subscriber*) y FXO (*Foreigne Xchange Office*), también son llamados POTS (Servicio Telefónico Básico y Antiguo). El FXO es el puerto que recibe la línea analógica y prácticamente es un enchufe del teléfono o de su central telefónica analógica; se encarga de enviar un indicador de colgado/descolgado. Mientras que el FXS es el puerto que envía la línea analógica al abonado, es decir que es el “enchufe de la pared” encargado de enviar el tono de marcado, energía para la batería y tensión de llamada. Para explicarlo de otra manera el FXS genera el tono además del voltaje necesario para que el dispositivo FXO timbre.

Figura 50. **Conexión de equipo análogo a una central Elastix**



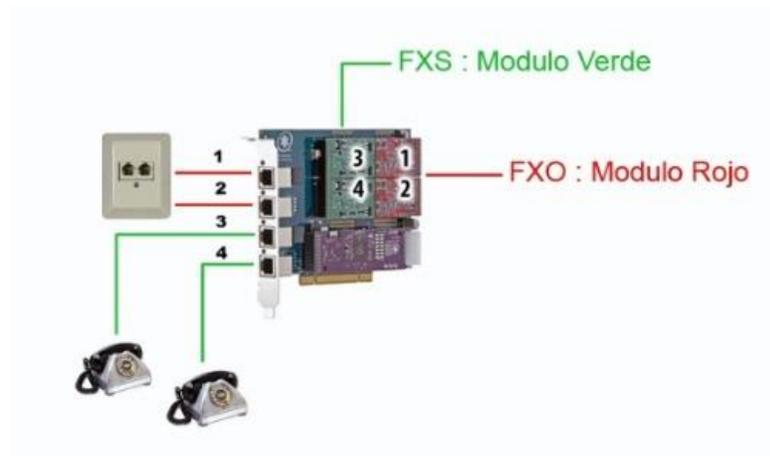
Fuente: *¿Qué significan los términos FXS y FXO?* www.3cx.es/voip-sip/fxs-fxo. Consulta: febrero de 2015.

FXS y FXO siempre van conectados en pares a manera de una conexión hembra-macho. Algunas de las opciones en tarjetas PCI (Peripheral Component Interconnect) son:

- Modelos de Digium:
 - Digium TDM410 4 Puertos Análogos + Cancelador de eco a nivel de hardware.
 - Digium AEX800 8 Puertos Análogos (PCIe).
 - Digium AEX2400 24 Puertos Análogos (PCIe).
 - Wildcard TDM400P 4 Puertos Análogos.
 - Wildcard TDM800P 8 Puertos Análogos.
 - Wildcard TDM2400P 24 Puertos Análogos.
- Modelos Openvox:
 - A400E PCI-e Card-TDM 4 Puertos Análogos
 - A400P PCI Card - TDM400 4 Puertos Análogos

- A800P PCI Card - 8 port FXS/FXO 8 Puertos Análogos
- A1200P PCI Card - 12 port FXS/FXO 12 Puertos Análogos

Figura 51. Tarjeta PCI para conexión FXS



Fuente: *AsteriskDigium Tdm410 (fxs/fxo)*. articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-550627895-asterisk-digium-tdm410-fxsfxo-de-1-a-4-modulos-nuevas-_JM. Consulta: febrero de 2015.

Debe tenerse en cuenta que existe disponibilidad de tarjetas con diferentes combinaciones de puertos. Por ejemplo la tarjeta Digium TDM410 existe en el mercado con los cuatro puertos FXS o con los 4 puertos FXO o combinados 2 puertos FXO y 2 puertos FXS; por lo que la es posible hacer una selección acorde a la necesidad que se tenga.

5.3.4. Teléfonos IP Físicos o Hardphones

Se denomina así a cualquier tipo de teléfono IP que pueda soportar protocolos SIP, IAX2 o H323. Las marcas más conocidas que se encuentran en el mercado son Polycom, Aastra, Cisco, Linksys, Snom, Atcom, Centronics* y Grandstream. Se analizará el modelo AT-610/AT-610P que es un teléfono IP

que posee las funciones de un teléfono clásico, permitiendo además marcación rápida, conferencias y re-llamadas, entre otras.

Figura 52. **Teléfono IP**



Fuente: *Teléfono IP*. <http://www.nivo.co.za/#home>. Consulta: febrero de 2015.

5.3.5. **Softphone**

Figura 53. **Softphone**



Fuente: *Softphones*. <http://www.globalassetsupport.com/unified-communications/solutions/softphones/>. Consulta: febrero de 2015.

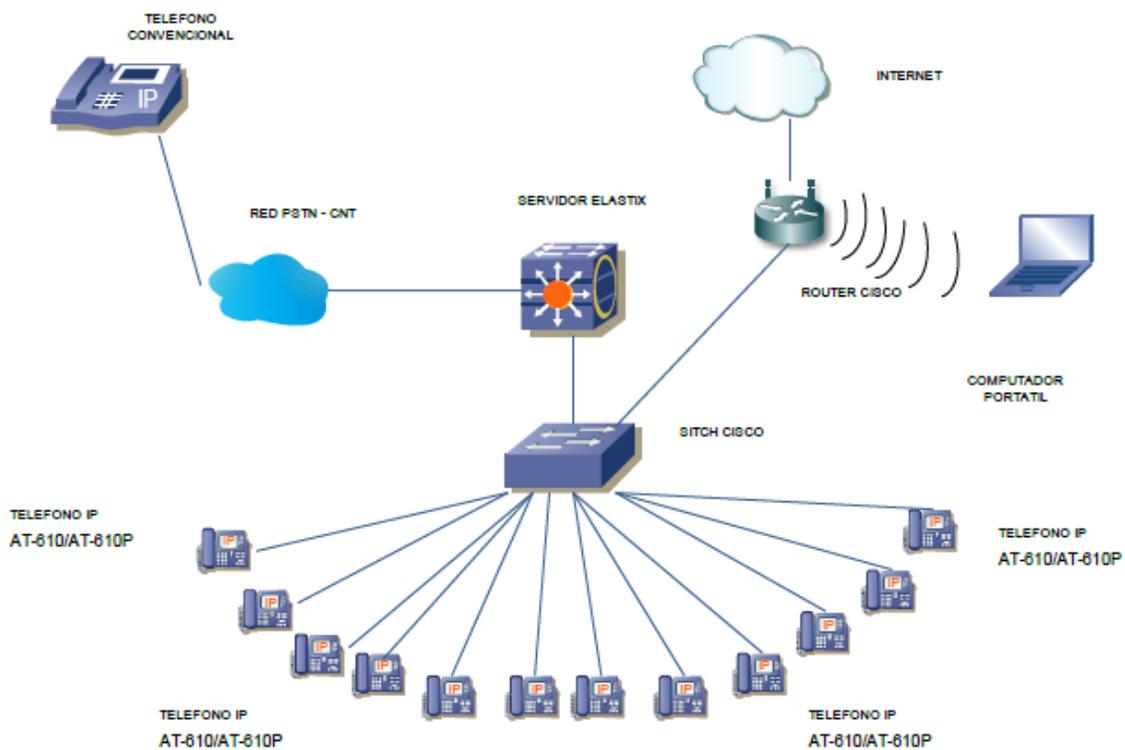
Es un teléfono virtual que, a través de un software, es capaz de realizar llamadas por una computadora u otro dispositivo en que se pueda instalar la aplicación. Es decir, permite que un dispositivo pueda comunicarse con otros *softphones* o teléfonos convencionales. Los típicos *softphones* están basados

en SIP como: - eyeBeam de CounterPath (anteriormente Xten), Ekiga, Adore Softphone, sipXphone, Nexge, SJphone, Express Talk, OpenWengo y Zoiper. Este último viene para soportar SIP e IAX2.

5.3.6. Arquitectura de red telefónica

La Figura 54 muestra los principales elementos y sus interconexiones dentro de una red de voz sobre IP

Figura 54. **Arquitectura genérica de una red de VoIP**



Fuente: SALAZAR MOLINA, Diego Javier. *Diseño e implementación de un sistema de comunicación en tiempo real basado en Voip para la "Secretaría Nacional de Transparencia de Gestión"*. Página 85.

5.3.7. Selección de protocolos y CODECs

Al momento de implementar físicamente los dispositivos de voz en la red se necesita tener definidos los protocolos que se utilizarán. Los necesarios para la implementación de un servicio VoIP comprenden las siguientes capas:

- Nivel físico
- Nivel de red
- Señalización

Los principales protocolos son:

- H.323: es el protocolo más antiguo, y probablemente el más completo porque en la actualidad está ya completamente definido aunque carece de flexibilidad para funcionar debido a que en sus inicios se orientó a servicios de video y audio conferencia.
- SIP: aún no está completamente definido, sin embargo tiene suficiente flexibilidad para funcionar en diferentes escenarios. La ventaja de este protocolo es que existe una gran variedad de terminales compatibles con él.
- IAX: fue desarrollado como una parte del proyecto Asterix; soluciona muchos de los problemas que tienen los dos anteriores, además sirve de base para una interconexión sólida entre centrales Elastix. Cubre todas las necesidades eliminando la complejidad adicional y proporciona un sistema de puertos que permite utilizar con sistemas de VoIP a través de configuraciones NAT. La desventaja que tiene es que no existen muchas terminales que implementen IAX.

Elastix puede soportar cualquier protocolo de señalización de los tres mencionados, pero tiene mayor implementación con IAX y SIP, siendo recomendable el uso de SIP en la central telefónica y para el traspaso de llamadas de central a central e IAX como protocolo de señalización. Utilizar IAX reduce el ancho de banda gracias a la funcionalidad de *trunking* porque encapsula la señalización bajo un único grupo de cabeceras, de esta manera reduce sensiblemente el ancho de banda que se necesita al interconectar centrales.

5.3.8. Codificación (CODEC)

Los codificadores convierten una señal de voz analógica en una señal digital. La calidad de sonido, requisitos computacionales y anchos de banda necesarios varían de acuerdo al codificador. Cada *gateway*, servicio, teléfono o programa soporta varios *codec*'s diferentes y, al utilizarlo para hablar uno con otro, hacen una negociación para definir que *codec* utilizarán. Elastix soporta los siguientes *codec*'s:

- GSM: 13Kbps
- iLBC: 13,3 Kbps
- ITU G.711: 64Kbps
- ITU G.723.1: 5,3/6,3 Kbps
- ITU G.726: 16/24/32/40 Kbps
- ITU G.729: 8Kbps
- Speex: 2,15 to 44,2 Kbps
- LPC10: 2,5Kbps

5.3.8.1. Elección de CODEC

Para la elección del *códec* a utilizar se debe tener en cuenta varios factores, como el uso de banda ancha, la calidad de llamadas, resistencia a pérdidas de paquetes, necesidad de procesamiento basado en mips (millones de instrucciones por segundo), disponibilidad en Elastix y en los teléfonos.

Tabla VII. Datos técnicos por tipo de CODEC

Codec	Tasa transferencia kbits/seg	Tamaño muestra (Bytes)	Intervalo muestras	MoS	Ancho Banda Nominal Kbytes/seg	Método Algoritmo
G711	64 kbps	80 bytes	10 ms	4,10	87,2 Kbps	PCM
G723	6,3kbps	24 bytes	30 ms	3,90	21,9 Kbps	
G726	24 kbps	15 bytes	5 ms	3,85	47,2 Kbps	AD-PCM
G728	16 kbps	10 bytes	5 ms	3,61	31,5 Kbps	
G729	8 kbps	10 bytes	10 ms	3,92	31,2 Kbps	CS-ACELP

Fuente: *Datos técnicos por tipo de códec*. <https://www.sinologic.net/blog/tag/codec>. Consulta: febrero de 2015.

De la evaluación de la tabla anterior, en donde se observa que es el que proporciona un mayor MOS, se concluyó que el Codec G.711 es el recomendable para ser utilizado en una red de telefonía de VoIP estándar, tal como la de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

5.3.9. Despliegue de la red VoIP

La base que el nuevo modelo de telefonía operará será una red sencilla en la implementación, será de altas prestaciones, con soporte de tecnología POE y sin bucles. Para lograr la implementación se debe utilizar la infraestructura actual de cableado estructurado de la Facultad de Ingeniería. Cuando se logre el cambio y se consolide la nueva solución se podrá retirar la antigua central. Para la comunicación que se debe tener entre edificios se recomienda sean

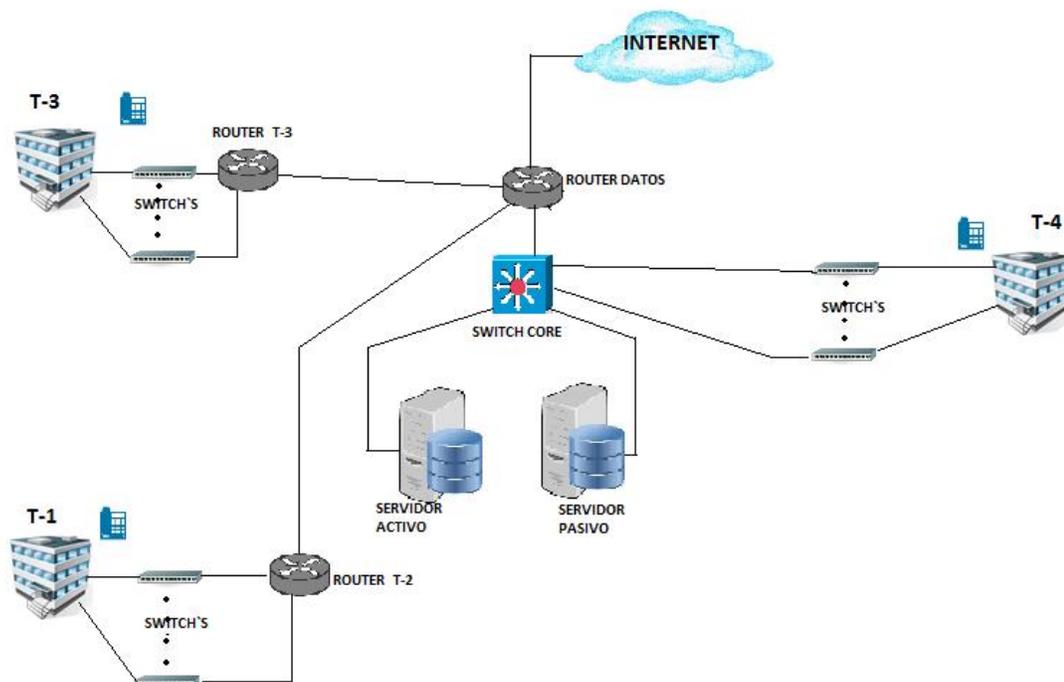
conectados los conmutadores centrales de la red VoIP a los *switches* de la red de datos que se encuentran en cada edificio y que por medio de una VLAN dedicada se establezca un puente entre las diferentes redes. Los conmutadores de la red deben ser configurados con una dirección IP que pertenezca a la nueva red, de tal forma poder explotarla independientemente de las otras redes.

5.3.10. Escenarios de implementación

5.3.10.1. Diagrama esquemático de implementación de una red VoIP

En la siguiente figura se encuentra el diagrama completo de la red física de la Facultad de Ingeniería en conjunto con la telefonía IP.

Figura 55. Red física en conjunto con la red VoIP



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

5.3.11. Instalación de los equipos en bastidores

La instalación de los equipos en las centrales comienza con los dos servidores en la central de datos de forma paralela en un rack, un servidor es activo y otro es pasivo, estos dos servidores son los que componen la central de VoIP. A estos servidores se les nombrará con cierta nomenclatura según se requiera, como por ejemplo:

- Servidor Activo: sntgpbxC1
- Servidor Pasivo: sntgpbxC2

5.3.12. Instalación del sistema operativo

Elastix se instalará en los servidores que se encuentran en los *racks*, lo que permitirá que puedan actualizarse de forma automática; estas actualizaciones son una ventaja para mantener los servidores fuera de problemas de seguridad. La primera parte de la instalación de Elastix es saber qué tipo de configuración se utilizará al momento de la instalación ya que puede ser de modo texto o gráfico, también hay opciones disponibles para modificar el arranque en Elastix. La administración de Elastix lo puede hacerse de dos formas: por línea de comandos CLI como administrador o por una interfaz *web*. Comúnmente se utiliza la interfaz *web* y al final se revisan configuraciones por medio de CLI para comprobar su funcionamiento.

Para los fines de uso de la Facultad de Ingeniería de la USAC es factible aplicar esta solución, ya que la comunicación entre departamentos se realizará de una mejor forma en la Facultad, aprovechando en gran medida la infraestructura ya instalada; ayudará a reducir los costos en llamadas telefónicas; se tendrá una comunicación digital de alta disponibilidad,

permitiendo la realización de reuniones virtuales a través de vídeo conferencias; todo lo anterior dando como resultado una comunicación de alta tecnología para la Facultad de Ingeniería.

5.4. Análisis de costos

Después del análisis de instalación y equipos que se deben incorporar se ha determinado la inversión para cubrir los costos para la compra del equipo necesario para la implementación de una red de VoIP.

Tabla VIII. **Costos de implementación**

Equipo	Modelo	Cantidad	Costo unitario	Total
Appliances	ELX-5000	2	\$ 4 049,00	\$ 8 098,00
Teléfonos IP gerenciales	VP-2009P	15	\$ 490,00	\$ 7 350,00
Teléfonos IP workstation	AT-610/AT-610P	200	\$ 75,00	\$ 15 000,00
			Total	\$ 30 448,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

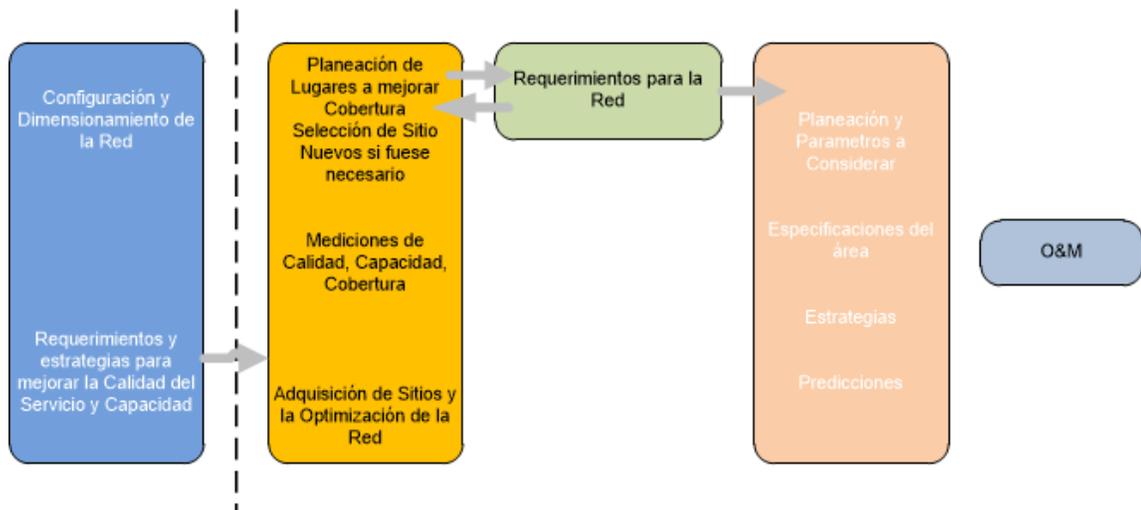
6. ESTUDIO PARA LA MEJORA DE COBERTURA 3G

6.1. Mejora de cobertura 3G

En telefonía celular, se le llama cobertura de red al área geográfica a la que se le brinda servicio. Regularmente se crean mapas de cobertura con el objetivo de cumplir a los usuarios los servicios ofrecidos. En este capítulo se indican los principales conceptos y actividades que se desarrollaron para realizar el trabajo de EPS y realizar una propuesta de solución para la mejora de cobertura en 3G.

6.2. Planificación medición y optimización de la red 3G

Figura 56. Definición, planificación e implementación de una red



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Para desplegar una red de telefonía móvil hay dos factores fundamentales: la planificación y la optimización. En todo proyecto en donde se requiera acceso a una red de radiofrecuencia éstos dos puntos son vitales para el buen desempeño futuro y el cumplimiento de los objetivos de lo que se espera implementar en el diseño de mejora de cobertura.

6.3. Cobertura de redes celulares

La estimación de la cobertura en interiores a partir de mediciones de *drive test* y/o *walk test* presenta una nueva forma de calcular las pérdidas de propagación. Este estudio se basó en el desarrollo de un modelo de propagación *outdoor to indoor* (o2i) en frecuencias alrededor de 1900 MHz con el objetivo de detectar los factores que permitirán al operador de la red móvil mejorar la cobertura de la misma en interiores con el fin de brindar un mejor servicio a los usuarios ubicados en el área de la Facultad de Ingeniería. Para comprobar la fiabilidad del modelo de propagación se realizó una comparación entre las pérdidas ajustadas y las pérdidas medidas con *drive test*. El modelo de propagación o2i propuesto permite predecir las pérdidas en el interior a partir de la potencia transmitida desde el exterior considerando los parámetros de diseño de los edificios del área.

6.3.1. Indicadores a medir

Para la optimización de soluciones de acceso de radio existe un gran número de parámetros utilizados para medir la calidad de la cobertura y de la comunicación cuando una llamada está desarrollándose. Es tal la diversidad de parámetros que definen una red UMTS que intentar definir la totalidad de éstos sería muy extenso, por lo tanto, se mencionarán aquellos que serán de

importancia en el presente trabajo para poder explicar de mejor manera el trabajo a realizar en la Facultad de Ingeniería. Las mediciones a tomar en cuenta de la tecnología 3G en los 3 edificios principales se explican a continuación.

6.3.1.1. RSCP (Received Signal Code Power)

Es la potencia de RF (Radio Frecuencia) que mide el receptor del teléfono móvil en el canal piloto, o CPICH, el cual es transmitido de manera continua por el nodo-B; por lo general está dada en dBm. Esta potencia es de interés para las siguientes etapas del receptor ya que con base en ella determinará el nivel de potencia recibida y calculará los criterios para solicitar un *handover*. Valores superiores a -80 dBm se consideran buenos. Entre -80 dBm y -90 dBm es posible mantener una comunicación de calidad aceptable en exteriores, sin embargo no se garantiza cobertura en áreas interiores. Por debajo de 90 dBm se considera una señal deficiente y más allá de -100 dBm no se garantiza una comunicación efectiva.

6.3.1.2. Ec/No

Es la razón de la energía por chip sobre el ruido; una medida de la calidad de la señal.

6.3.1.3. Ec/Io

Es la relación entre la energía recibida por chip y el nivel de interferencia total en el medio, está dada en dB. El nivel de interferencia puede ser mayor que el nivel de señal, por tanto el valor de Ec/Io suele ser negativo y en una red típica varía de 0 a -24, siendo 0 mejor. Se consideran buenos los niveles

superiores a -10 dB, regulares entre -10 dB y -14 dB y malos los que están por debajo de este rango.

6.3.1.4. Scrambling Codes

Son los códigos de aleatorización que cada transmisor asigna a sus propias transmisiones para distinguirlas de otras transmisiones que viajan en el mismo espacio de aire. Cada código corresponde a una secuencia de bits pseudo aleatoria con la cual se modula cada transmisión. Son ortogonales, por lo que tienen la particularidad de que no pueden confundirse con cualquier otro código y la información portada solamente puede ser demodulada al aplicarle exactamente el mismo código en el extremo receptor. En el caso del enlace descendente WCDMA, se utiliza código de cifrado para separar las diferentes celdas en un punto. En el caso del enlace ascendente WCDMA, se utiliza código de cifrado para separar diferentes UE en un portador.

6.3.1.5. PSC (Primary Scrambling Code)

Este, realmente, no es un parámetro de medición, sino solamente es el código de *scrambling* asignado a la celda dominante en el área, es decir la que se elige por ser aquella cuya señal se recibe con mayor potencia. Es importante conocer el PSC en cada punto específico del área de cobertura, ya que si este cambia constantemente al desplazarse cortas distancias significa que los móviles estarán continuamente evaluando la posibilidad de cambiarse de celda servidora, lo que incrementa la probabilidad de una caída de llamada o pérdida de conexión.

6.3.1.6. Throughput

El *throughput* es un término comúnmente utilizado en ámbitos de telecomunicaciones, aunque recibe múltiples definiciones según el entorno o aplicación. Típicamente se define como medida de la tasa de transferencia de datos a través de un sistema de comunicaciones. Por lo tanto, las unidades del *throughput* son bits/s o bytes/s.

En sistemas de comunicaciones donde el canal debe ser compartido por diversos usuarios, el *throughput* es uno de los parámetros más relevantes en la medida de la eficiencia de un sistema y dependerá de la relación entre los intervalos destinados a la transmisión de datos (*slot* de datos) y los destinados a tráfico de control (principalmente períodos de contención y paquete de *downlink*). Por lo tanto, cuanto mayor sean los paquetes transmitidos en el slot de datos y menor sean los intervalos destinados a tráfico de control, mayor será el *throughput*.

6.3.1.7. Call Drop

Un intento de llamada invoca un procedimiento de establecimiento de llamada que, si tiene éxito, se traduce en una llamada conectada. Una llamada conectada es susceptible de ser terminada, debido a cualquier razón técnica, antes de que las partes que hacen la llamada desearían hacerlo (en llamadas telefónicas ordinarias esto significaría antes de que cualquiera de las partes cuelgue). Estas llamadas se clasifican como llamadas caídas (*dropped calls*). Esto por lo general se mide como un porcentaje de todas las llamadas realizadas. Es también común que en lugar de este indicador se exprese su KPI antagónico: el índice de retención de llamada.

El índice de caída de llamadas, o *call drop*, es uno de los indicadores clave utilizados por los operadores de red para evaluar el rendimiento de sus redes. Se supone que tiene influencia directa en el nivel de satisfacción del cliente con el servicio recibido. Entre las medidas que deben adoptarse para mejorar este indicador los operadores deben invertir recursos y esfuerzos en mejorar la cobertura de radio, ampliar la capacidad de la red y optimizar el rendimiento de sus elementos.

6.4. Análisis del problema y definición de la solución

En este capítulo se definirá el problema o caso práctico que se resuelve en este trabajo, se darán los alcances y limitaciones del proyecto y se dará una propuesta de solución sobre la cual se hará un diseño posterior.

6.4.1. Descripción

La Facultad de Ingeniería de la USAC brinda educación superior en las carreras de Electrónica, Eléctrica, Mecánica Eléctrica, Sistemas, Industrial, Mecánica Industrial, Química, además de las licenciaturas en física y matemáticas; atiende aproximadamente 20,000 alumnos diariamente.

El personal administrativo, docente y estudiantes de esta facultad se distribuyen principalmente en los edificios:

- T1, con tres niveles
- T3, con cuatro niveles
- T4, con tres niveles
- Auditórium Francisco Vela, con un nivel
- T5 Laboratorios, consta de un nivel
- T6 con un nivel

- T7 con un nivel

Figura 57. **Ubicación edificios de la Facultad de Ingeniería**



Fuente: *Ubicación edificios de la Facultad de Ingeniería*. Google Earth. Consulta: marzo de 2015.

En varios de estos edificios, especialmente en interiores, se dan inconvenientes de cobertura, en llamadas de voz y capacidad de transmisión de datos en horas pico. Estos problemas serán descritos posteriormente en este capítulo, cuando se expongan los resultados de las mediciones realizadas en campo. Tales problemas de comunicación en una universidad pueden comprometer el rápido accionar en situaciones de emergencia, investigación, docencia y limitar el buen funcionamiento de la Facultad. Por otro lado, se encuentra el tema económico puesto que es un lugar de gran afluencia y el hecho de que las personas no puedan concretar llamadas o cursar datos significa pérdida de oportunidad para el operador del servicio ya que no puede facturar si las comunicaciones no se establecen.

Figura 58. Ubicación de radio bases (Nodos B) USAC



Fuente: *Ubicación de radio bases (Nodos B) USAC*. Google Earth. Consulta: marzo de 2015.

Los sitios de celda que dan cobertura de telefonía 3G a los edificios de la facultad están ubicados como se muestra en la Figura 58, en la que puede observarse que el nodo B más cercano se encuentra a 200 metros, en la azotea del edificio de la Biblioteca Central. Esta es una distancia relativamente corta sin embargo la estructura de los edificios, por ser construcciones de acero y concreto, atenúa considerablemente la señal de telefonía móvil. El otro nodo B que se muestra está ubicado en la azotea del edificio S-12 aproximadamente a 500 metros de la Facultad de Ingeniería y está diseñado para dar cobertura a otras áreas por lo que dentro del perímetro de la facultad son pocos los espacios donde se percibe esta celda como dominante. Adicionalmente a la atenuación por distancia y obstáculos que afectan la propagación de la señal el volumen de tráfico que requiere la gran cantidad de usuarios excede la capacidad de los canales existentes actualmente. Se consideró también el

hecho de que una de las salidas de la universidad está en los alrededores de la facultad y es la misma celda de Biblioteca Central la que provee cobertura a los usuarios que permanecen en las congestiones de tránsito vehicular que suelen producirse en las horas pico de salida de las tardes y noches.

6.5. Mediciones realizadas

Se hicieron mediciones de los principales parámetros de cobertura de telefonía móvil que permitieron conocer la situación dentro de los principales edificios de la Facultad de Ingeniería. Las herramientas de medición utilizadas fueron Nemo Handy y Nemo Outdoor. El primero es un teléfono móvil de última generación que cuenta con un software incorporado que permite medir diversos parámetros de la señal celular tanto en 2G o 3Gz. Esta solución permite cargar un plano real de las instalaciones en formato JPG (*Joint Photographic Expert Group*) y realizar las mediciones colocando puntos dicho plano. Mientras se camina con el teléfono y colocan más puntos el programa grafica los niveles de los principales parámetros a medir; el color de cada punto varía según los valores medidos, de acuerdo a una escala de colores definida y editable. Posteriormente al *walk test* se debe procesar la información obtenida, esto se hace con la aplicación Nemo *Outdoor*, la cual es un software que permite trabajar con los archivos generados con el Nemo Handy y permite ver a detalle los resultados de la medición y exportar los gráficos a formatos compatibles con otros programas.

6.6. Resultados e interpretación

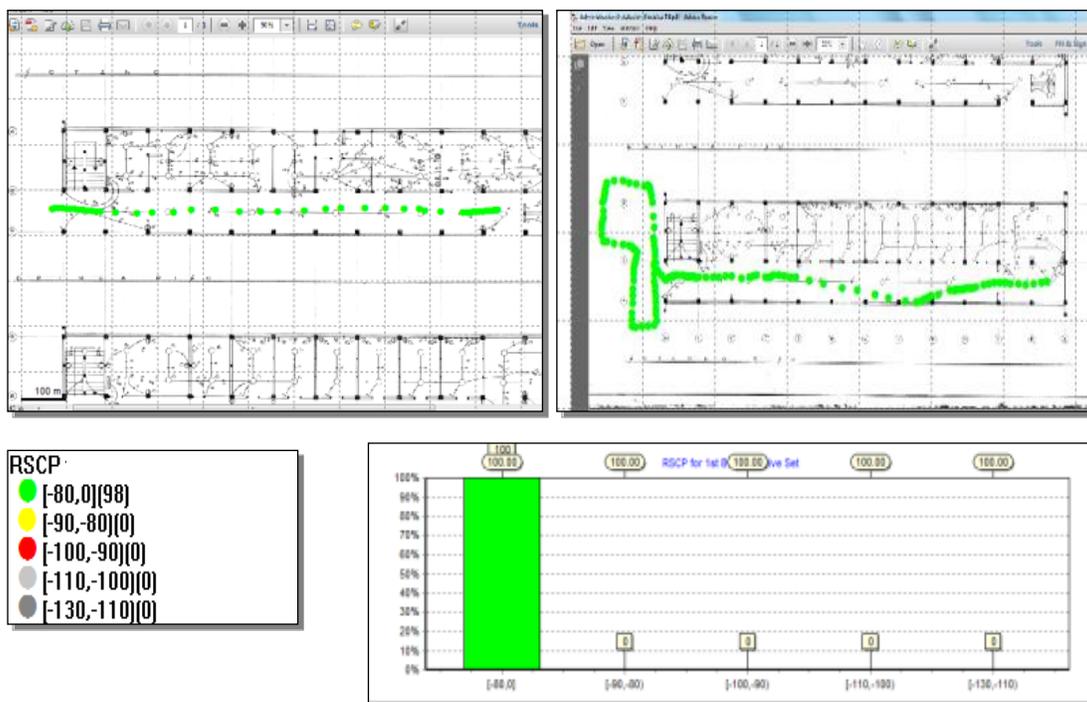
A continuación, se presentan los resultados de las mediciones tomadas en los principales edificios de la Facultad de Ingeniería de la USAC. Algunas áreas no pudieron medirse por ser de acceso restringido. Por razones de espacio se

muestran solamente las gráficas que corresponden a los espacios donde se observan necesidades urgentes de mejora de cobertura.

6.6.1. Edificio T4

6.6.1.1. Valores de RSCP

Figura 59. Valores de RSCP 1er y 2do nivel T4

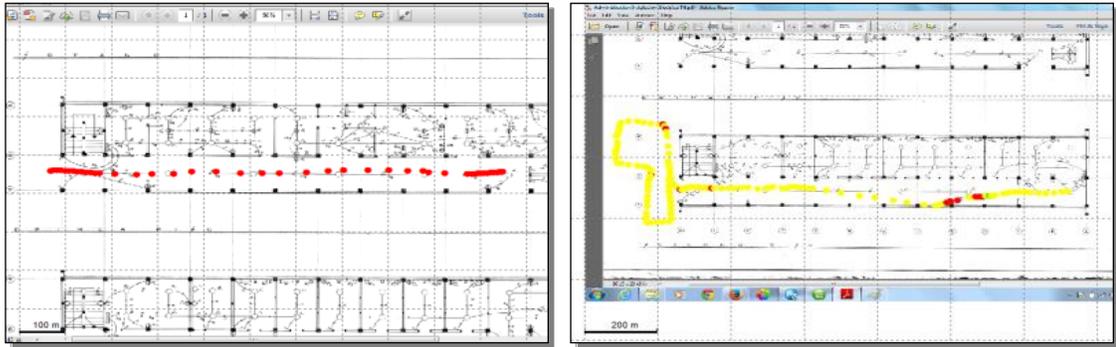


Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

En la Figura 59 se observa que los valores de RSCP son buenos, un 100% están por arriba de -80dBm, indicando esto que sí se puede establecer con facilidad una llamada.

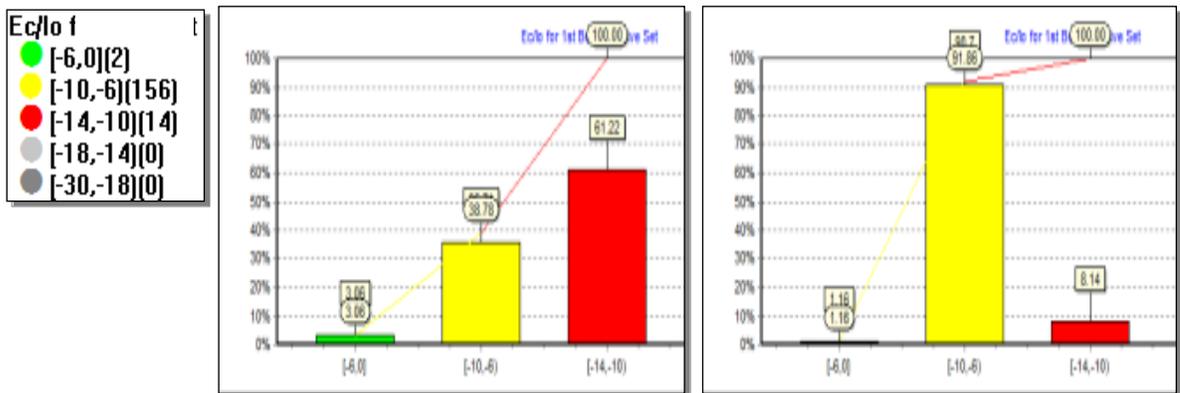
6.6.1.2. Ec/lo

Figura 60. Ec/lo 1er y 2do nivel T4



Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

Figura 61. Valores de Ec/lo 1er y 2do nivel T4



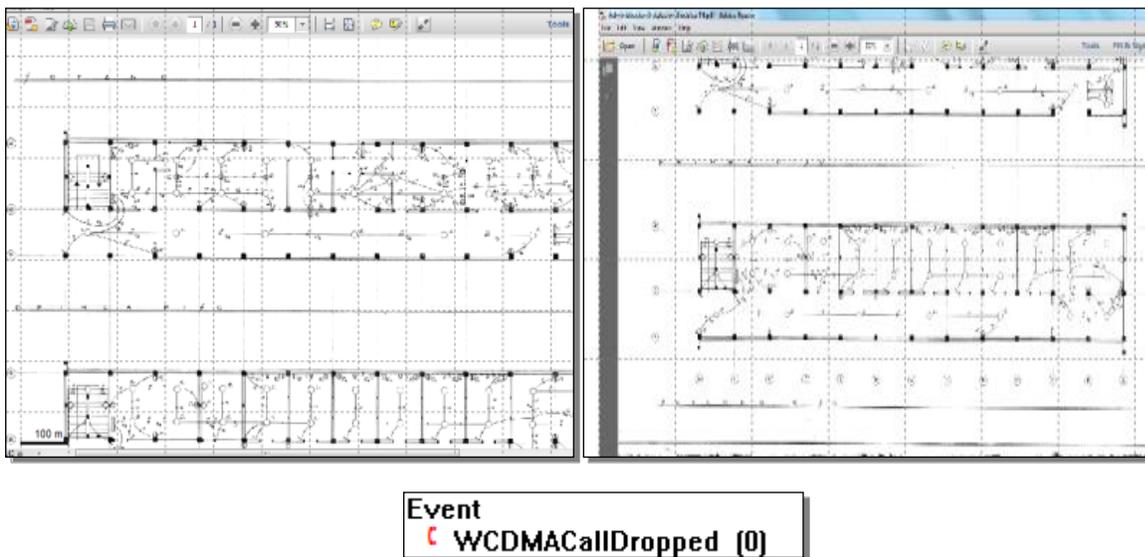
Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

En las Figura 60 y Figura 61 se observan los altos niveles de ruido medidos en ambos niveles, pero principalmente en el primero del edificio T4. El 61,22 % de las muestras tomadas en el primer nivel tienen valores entre -14 dB y -10 dB. Esto indica muy altos niveles de ruido y explican la razón por la cual

es la calidad del servicio se percibe muy deficiente (audio entrecortado y bajas velocidades de transferencia de datos). Además, el 38,78% de las muestras en el rango entre -10 dB y -6 dB. En el segundo nivel la situación, aunque no tan mala, también refleja un servicio deficiente ya que casi la totalidad del área tiene niveles inferiores a -10 dB.

6.6.1.3. Call Drop

Figura 62. *Call Drop* 1er y 2do nivel T4

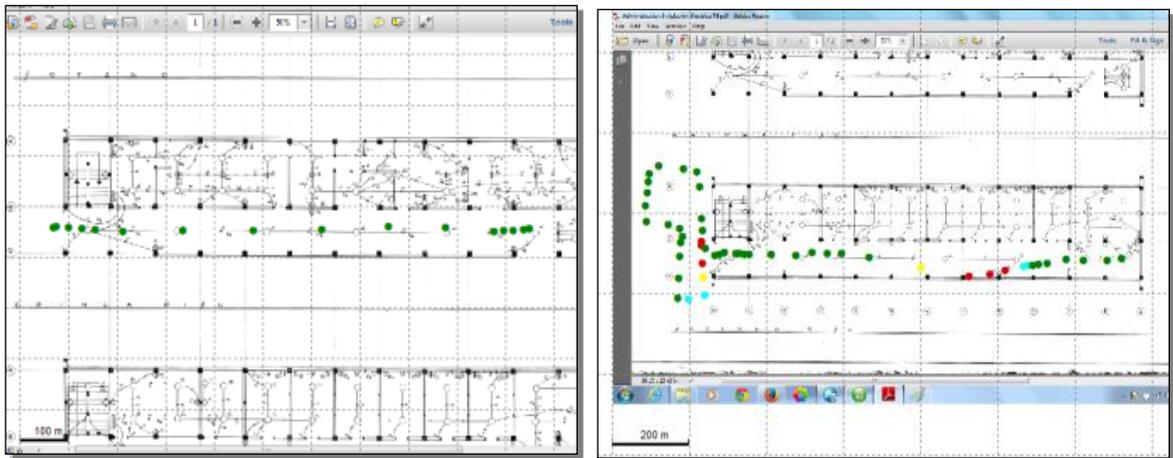


Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

En la Figura 62 se puede visualizar que, a pesar de los altos niveles de interferencia la tasa de retenibilidad de llamadas es buena ya que no se registró ningún evento de caída de llamada.

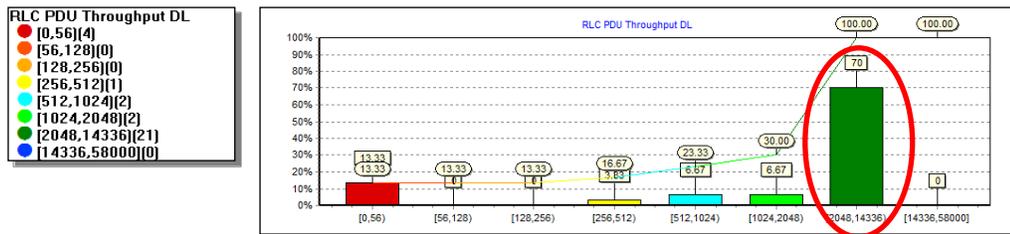
6.6.1.4. RLC PDU throughput DL

Figura 63. RLC PDU throughput DL 1er y 2do nivel T4



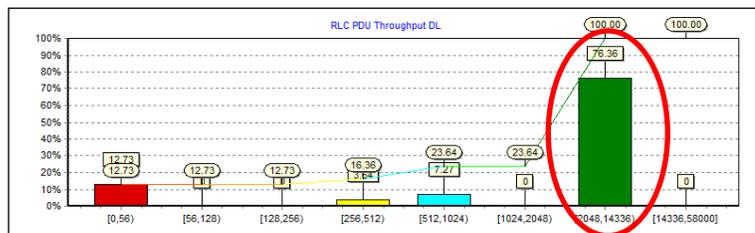
Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

Figura 64. Valores RLC PDU throughput DL 1er nivel T4



Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

Figura 65. Valores RLC PDU throughput DL 2do nivel T4

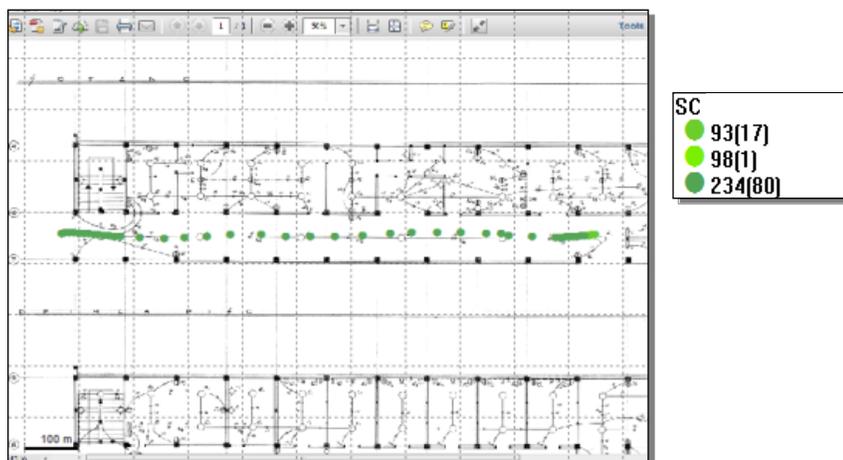


Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

En las gráficas de la Figura 64 y la Figura 65 se muestran las pruebas de *throughput* en donde se observa que en el 70 % de las muestras la velocidad de descarga está por arriba de 2Mbps, aunque alrededor del 12 % del área está por debajo de los 256 Kbps, denotando problemas de lentitud.

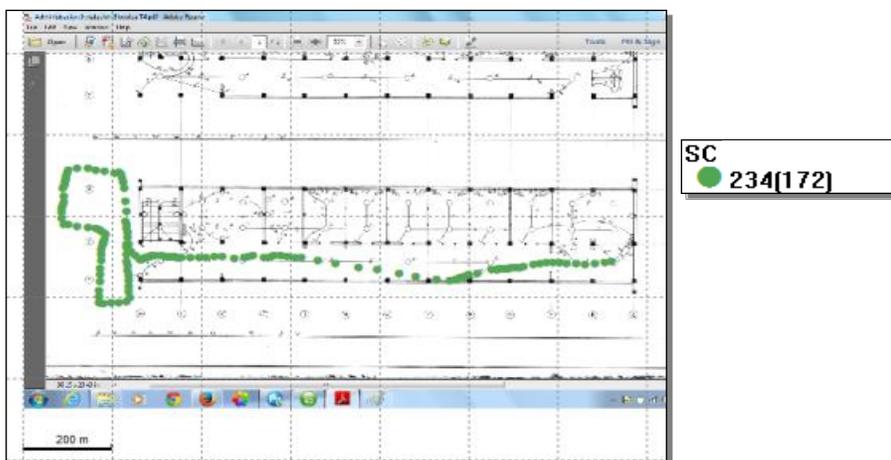
6.6.1.5. Scrambling Code

Figura 66. SC 1er nivel T4



Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

Figura 67. SC 2do nivel T4



Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

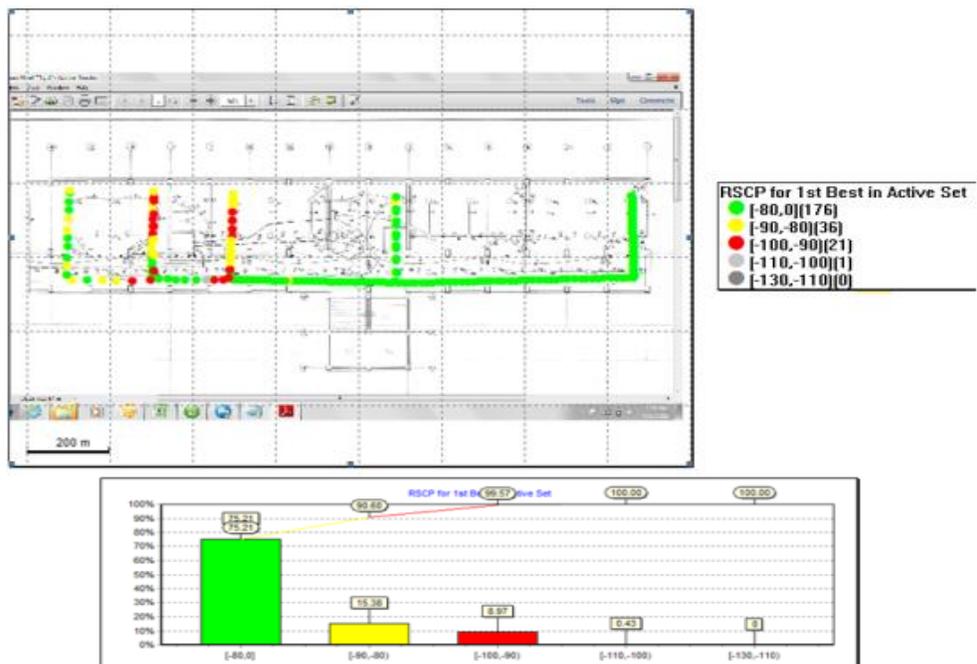
En las gráficas de la Figura 66 y Figura 67 se observa que hay un *scrambling code* dominante, por lo que alta certeza de que las llamadas y sesiones de datos son atendidas por una misma celda, haciendo más eficiente la comunicación y menos probable una caída de llamada o desconexión.

6.6.2. Edificio T3

Se mostrarán únicamente los resultados obtenidos en el primer nivel, ya que en los otros niveles se observan las mismas deficiencias del servicio, pero no tan acentuadas. Por su posición este nivel es el menos expuesto a la propagación de la señal y corrigiendo los problemas de cobertura en el mismo mejorarán el servicio en los otros niveles.

6.6.2.1. Valores de RSCP

Figura 68. Valores de RSCP 1er nivel T3

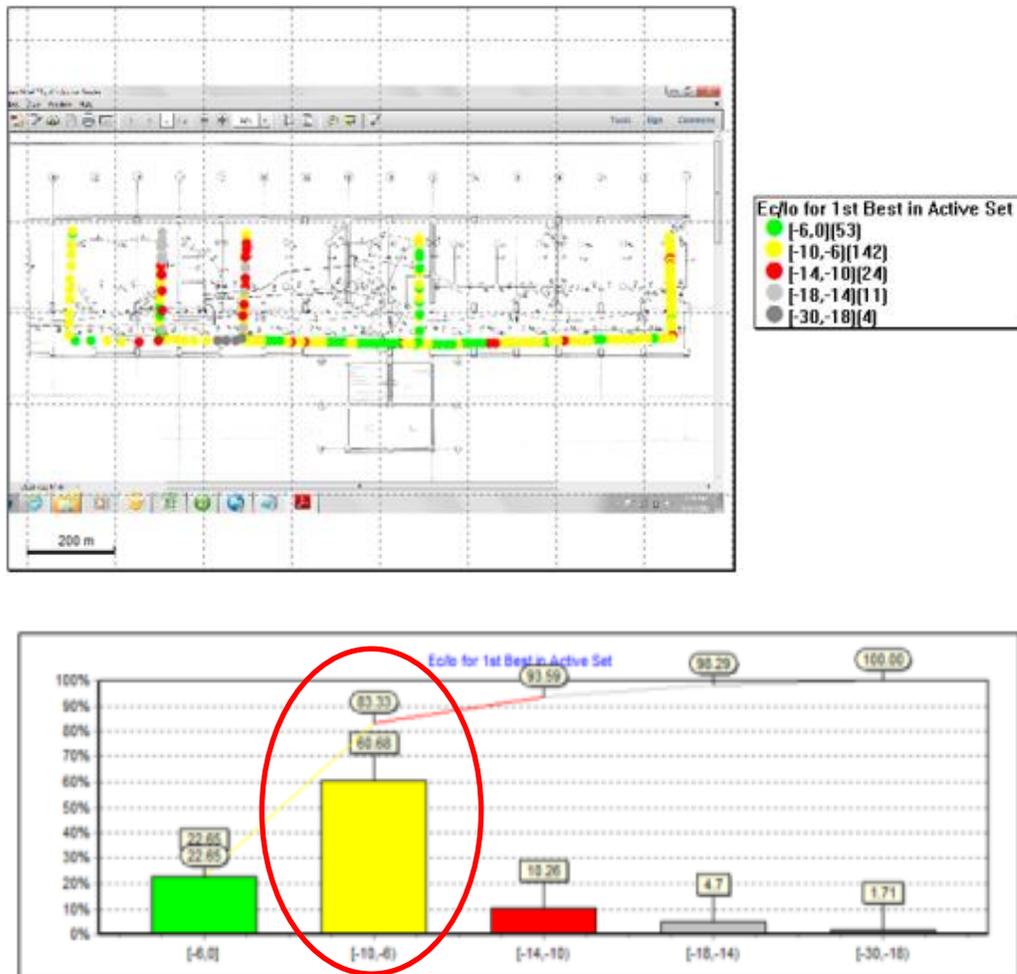


Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

En la gráfica de la Figura 68 se observa que en buena parte de este nivel los valores de RSCP son buenos en este nivel. Sin embargo no es este el caso en las aulas situadas en la parte más occidental que muestran niveles entre -80 dBm y -100 dBm; los puntos de color rojo pueden considerarse prácticamente como áreas “fuera de cobertura”.

6.6.2.2. Ec/Io

Figura 69. Ec/Io 1er nivel T3

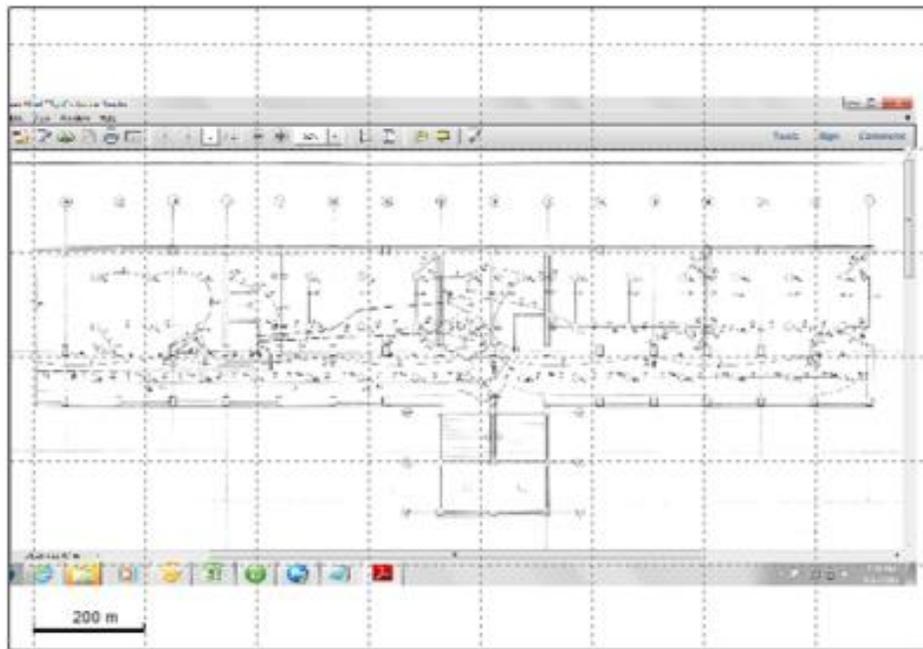


Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

En la Figura 69 se muestra que alrededor del 60% del área se encuentra entre -6 dB y -10 dB y alrededor del 17% de muestras están por debajo de -10 dB indicando niveles de ruido un tanto elevado y por lo tanto muy probable afectación en las comunicaciones.

6.6.2.3. Call Drop

Figura 70. *Call Drop* 1er nivel T3

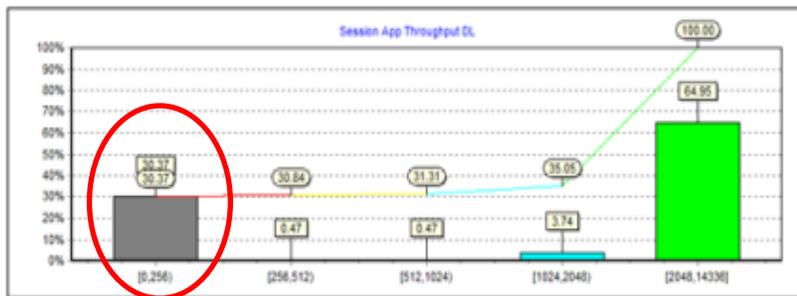
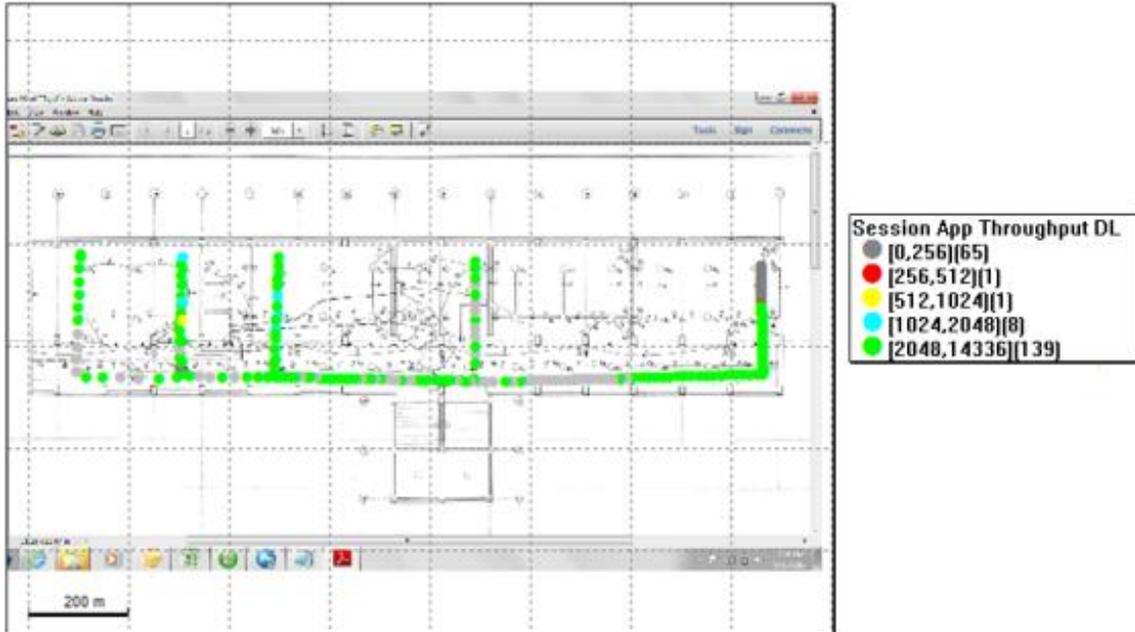


Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

Se muestra en la Figura 70 que no hubo ningún evento de *call drop*, por lo que no existen inconvenientes urgentes que resolver en cuanto a retenibilidad de llamadas.

6.6.2.4. RLC PDU throughput DL

Figura 71. RLC PDU Throughput DL 1er nivel T3

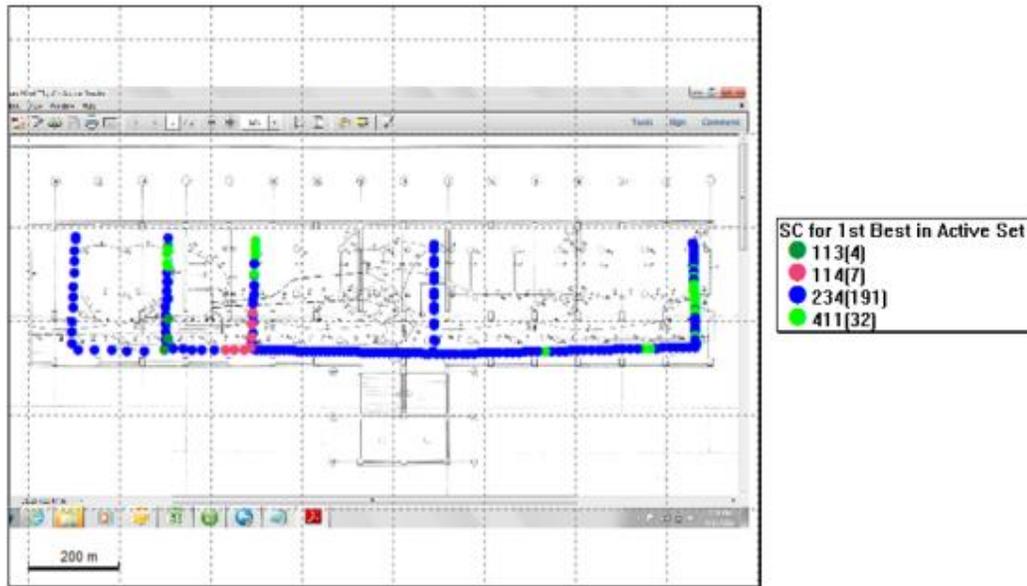


Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

Se muestra en la gráfica de la Figura 71 que alrededor del 65 % están arriba de 2Mbps de velocidad de descarga en las pruebas de *throughput*, y que un 30% del área que está por debajo de los 256KBps, reflejando problemas de lentitud en la navegación en el área los cuales son notables.

6.6.2.5. SC (Scrambling Code)

Figura 72. SC 1er nivel T3



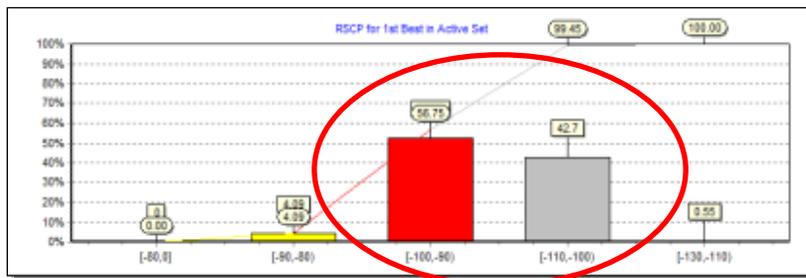
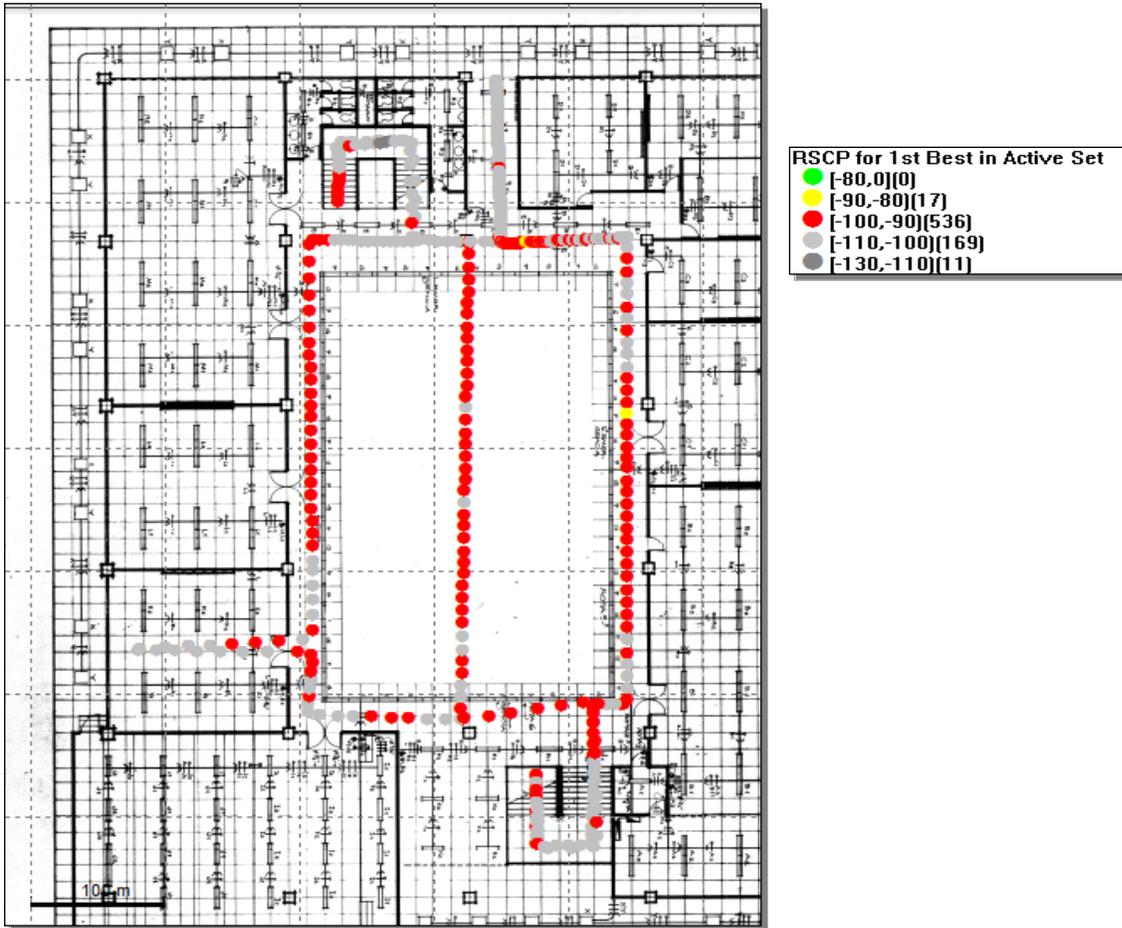
Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

En la Figura 72 se observa que no hay un piloto dominante, por el contrario, existen 4 diferentes *scrambling codes*, por lo que es bastante probable que cada comunicación tenga que pasar por frecuentes procesos de handover lo cual incrementa el riesgo de que la llamada se corte o que la navegación del móvil sea más lenta.

6.6.3. Edificio T1

6.6.3.1. Valores de RSCP

Figura 73. RSCP 1er nivel T1



Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

Es en este nivel donde se observan los peores niveles de cobertura. Puede verse en la Figura 73 que alrededor del 95% de las muestras están por debajo de -90 dBm y el 43% está incluso por debajo de -100 dBm; con estos niveles de recepción es muy difícil, sino imposible, establecer y mantener una conexión.

Figura 74. RSCP 3er nivel T1

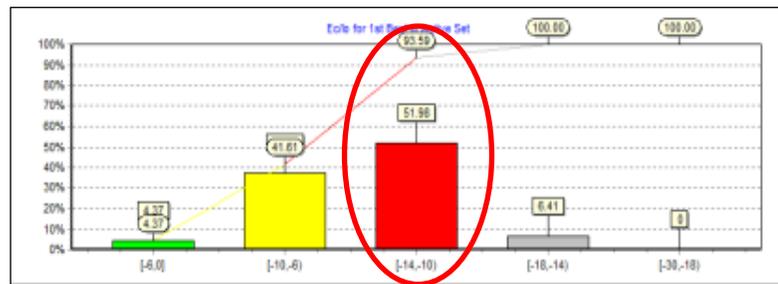
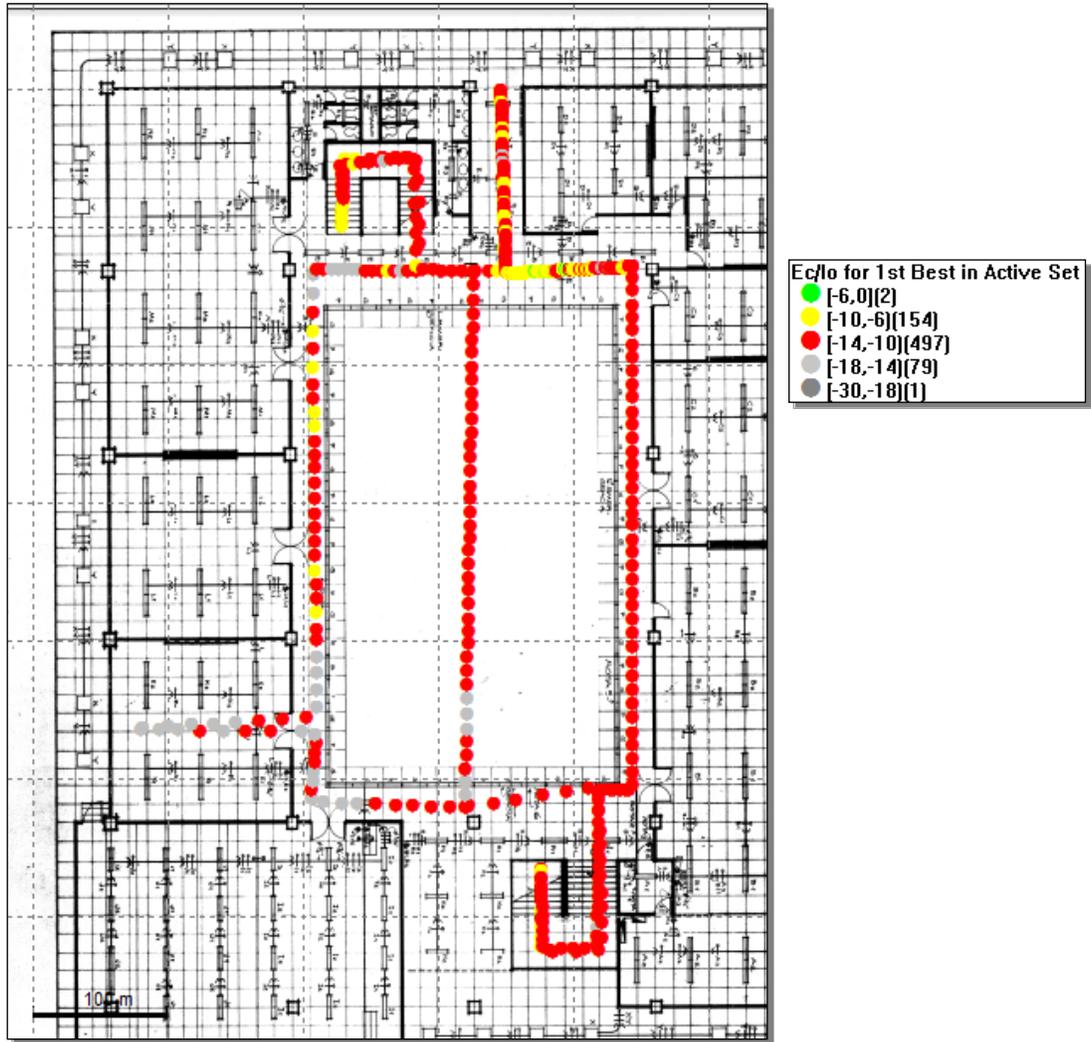


Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

Según la gráfica de la Figura 74 los valores de RSCP en el 3er nivel son notablemente mejores que los del 1er nivel, sin embargo siguen siendo bajos y no garantizan conexiones estables pues aproximadamente el 73% de muestras tienen niveles entre -90 dBm y -80 dBm. Solamente el 2% de muestras tienen un nivel aceptable de RSCP.

6.6.3.2. Ec/lo

Figura 75. Ec/lo 1er nivel T1



Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

En la Figura 75 se observa que alrededor del 56% del área del 1er nivel se encuentra por debajo de los -10dB, indicando altos niveles de ruido que degradan severamente la calidad del servicio.

Figura 76. **Ec/lo 3er nivel T1**

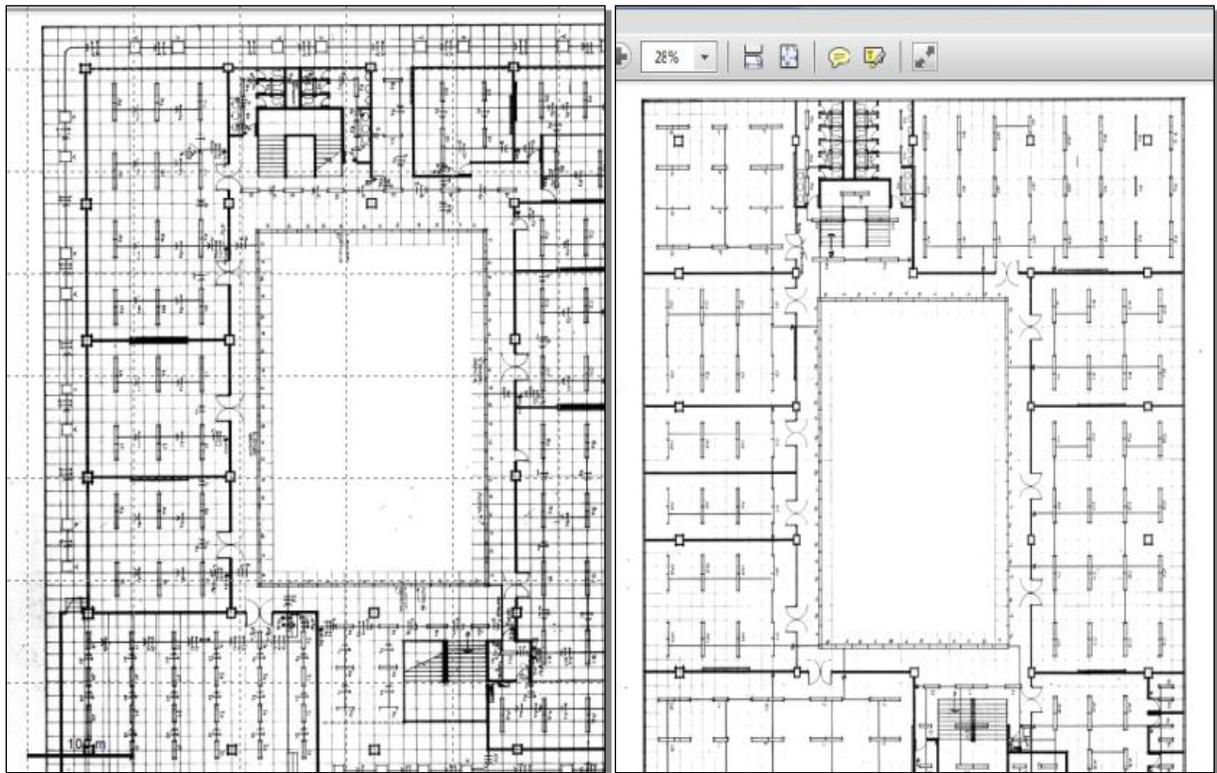


Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

Similares niveles de ruido se observan en la Figura 76, donde se muestra que más del 60 % del área del 3er nivel se encuentra por debajo de los -10dB. También es importante mencionar el porcentaje alto de Ec/Io, 30 %, entre -10 dB y -6 dB, que igualmente no está dentro de los valores esperados para una buena comunicación.

6.6.3.3. *Call Drop*

Figura 77. *Call Drop* 1er nivel T1



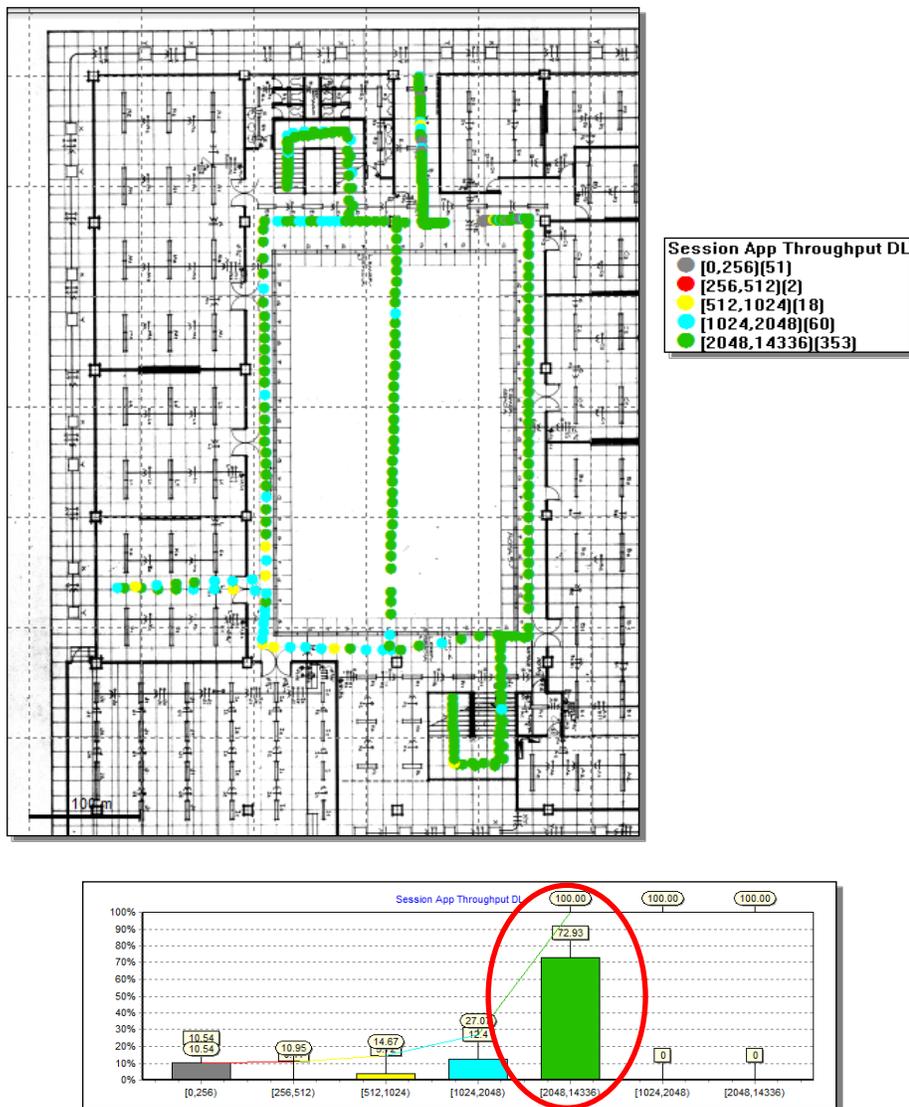
WCDMA Call Dropped (0)

Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

Se muestra en la Figura 77 que no hubo ningún evento de *call drop* por lo que no existen inconvenientes urgentes que resolver en retenibilidad de llamadas de datos y/o voz.

6.6.3.4. Session App throughput DL

Figura 78. Session App Throughput DL 1er nivel T1



Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

En la Figura 78 se observa que en el 70 % de las conexiones de datos en el 1er nivel del edificio T1 se logran tasas de transferencia superiores a los 2 Mbps, lo cual es aceptable y es lo esperado para una red 3G. Sin embargo, también se observa un 10 % menor a 256Kbps, reflejando problemas de lentitud en la navegación en el área los cuales son considerables para tomar en cuenta.

Figura 79. **Session App Throughput DL 3er nivel T1**

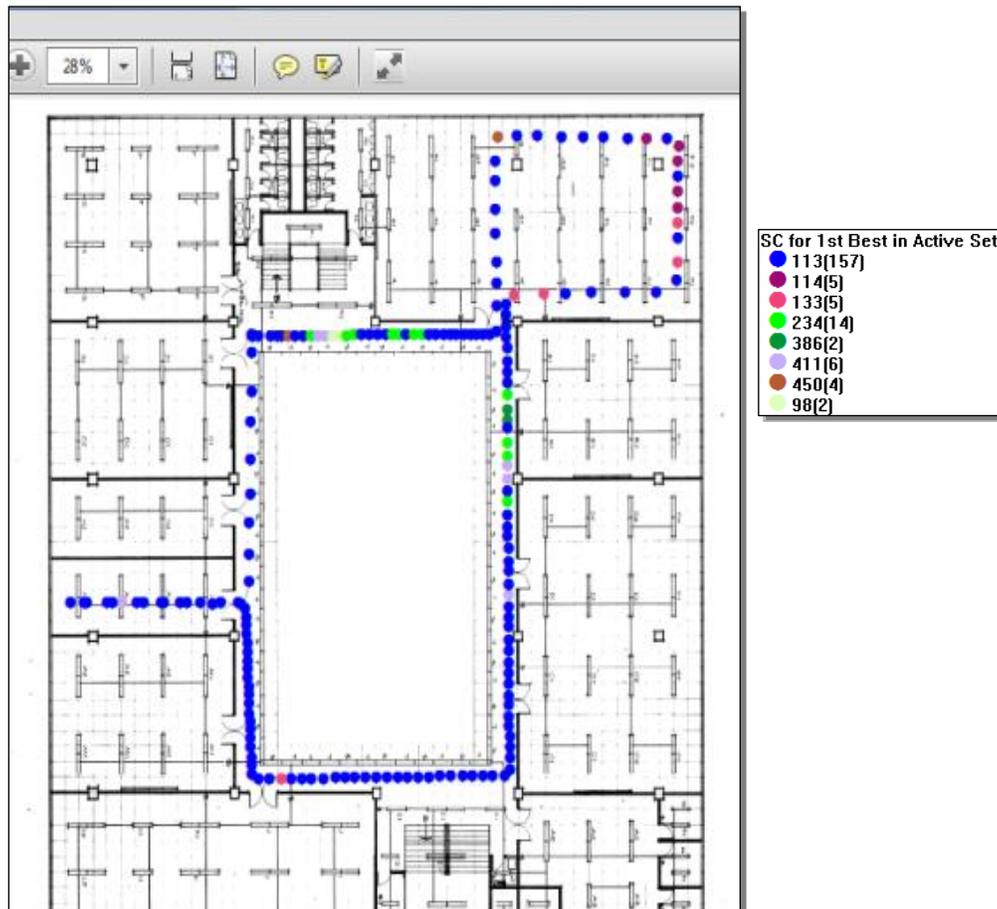


Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

Se observa en la Figura 79 que en las pruebas de *throughput* en el 3er nivel un porcentaje mayor al 57% del área está por encima de los 2Mbps de velocidad de descarga, lo cual es aceptable y lo esperado. Sin embargo, existe un 25% menor a 256Kbps de velocidad de descarga, indicando problemas de lentitud en la navegación y descargas en el área indicada.

6.6.3.5. Scrambling Code

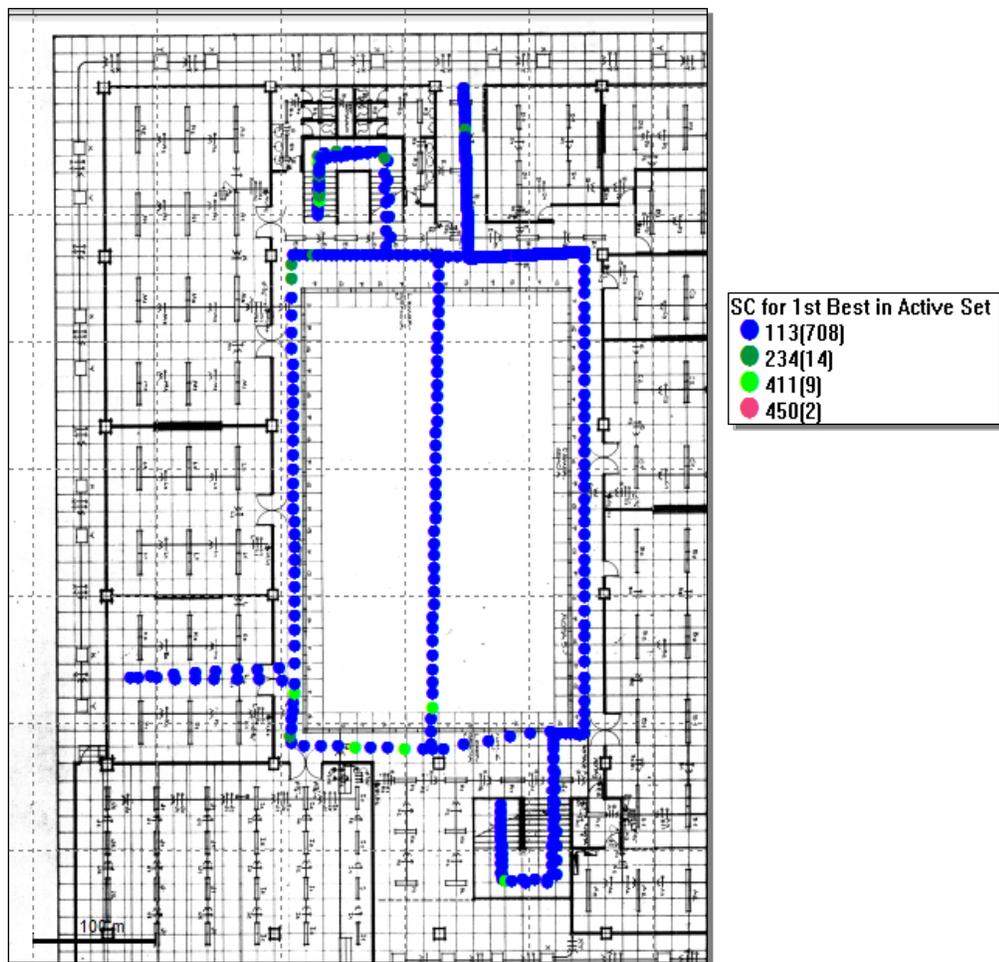
Figura 80. SC del 1er nivel T1



Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

En la Figura 80 se observa que hay lugares específicos del 1er nivel donde no hay un *scrambling code* predominante, lo cual indica que las conexiones en estas áreas recurrirán constantemente a procesos de *handover*, con el consiguiente incremento al riesgo de que la llamada se corte o que la navegación del móvil sea más lenta.

Figura 81. SC 3er nivel T1



Fuente: elaboración propia, empleando Nemo Utilities.

En la Figura 81 puede observarse que en casi toda el área estudiada hay un *scrambling code* dominante. Muy probablemente toda llamada o sesión se

mantiene con un piloto dominante haciendo más eficiente la comunicación y hace más difícil una caída de llamada o sesión de datos.

6.7. Propuesta de solución

Las mediciones presentadas anteriormente permitieron conocer la situación actual del servicio de telefonía móvil 3G y fueron la base para un planteamiento de mejora de cobertura para los edificios que integran la Facultad de Ingeniería, dándole prioridad a las áreas comunes, pasadizos y áreas con gran tránsito de personas. El objetivo de la solución es conseguir que en un 95% del área de cobertura se obtengan niveles RSCP mayores a -75 dBm y de E_c/I_0 mayores o iguales a -6 dB. Así mismo, que en un 99.7% del área de cobertura el sistema distribuido de antenas proporcione homogeneidad de *scrambling codes*. Por último, en un 90% del área de cobertura se debería lograr un *throughput* mayor o igual a 1.5 Mbps en el *downlink* y mayor o igual a 350 kbps para el *uplink*. El servicio de telefonía celular propuesto será brindado por el operador Claro, debido a la infraestructura que este operador tiene ya en la Universidad y la facilidad de interconexión que se tiene para llevar a cabo la solución.

Después de haber realizado el análisis de campo y el estudio de las necesidades que se requieren en el área de la Facultad de Ingeniería presentaremos la posible solución utilizando la implementación de un sitio con una RBS (Nodo B) con tecnología 3G. La señal se tomará de la red principal del operador de CLARO, por esto es necesario determinar cuáles serán los equipos específicos que se usarán para realizar el diseño, y la elección de estos equipos se tratará con el principal objetivo de cubrir las necesidades de la Facultad de Ingeniería para mejorar la cobertura en las áreas principales anteriormente vistas. La cual llegará a una BTS del fabricante Huawei la cual soportará la

tecnología 3G propuesta, así como LTE en simultáneo si hubiera la necesidad posteriormente habilitar. El fabricante de la BTS propuesto está diseñado en base a lo que el operador CLARO tiene instalado en su red con lo cual se evitan problemas de tener equipo instalado no compatible con su red.

6.8. Planificación de red

La planificación de una red móvil es el primer paso antes que ésta pueda ser diseñada o planteada. En esta etapa se definen los componentes a utilizar, la forma en que se instalarán, y cuáles serán los niveles de los parámetros de radio. Esto es teniendo en cuenta factores técnicos para el correcto funcionamiento de la red, puesto que cada edificio de la facultad tendrá elementos distintos, y la limitante económica ya que el costo siempre es un factor a tomar en cuenta cuando se planifica. Por otro lado, nuestro planteamiento para la optimización significa el modificar o plantear mejoras de lo que ya esté desplegado o realizar cambios sobre un proceso que se esté llevando a cabo con el fin de mejorar el desempeño o ampliar los servicios. Es muy común en la red de telecomunicaciones la optimización periódica debido al continuo avance de las tecnologías y lo cambiante de las demandas del mercado que impulsan la constante mejora de equipos e incremento de capacidades.

Para realizar un correcto planteamiento sobre la mejora en las redes de telefonía celular en la etapa de acceso de radio para la facultad de Ingeniería, es preciso considerar, en primer lugar, un pronóstico de tráfico lo más ajustado a la realidad posible y usando herramientas especializadas; esto permitirá dimensionar debidamente la red, contemplando el crecimiento futuro. También deben realizarse visitas técnicas o *technical site surveys* (TSS) para conocer con exactitud el estado del sitio donde se va a trabajar e identificar los

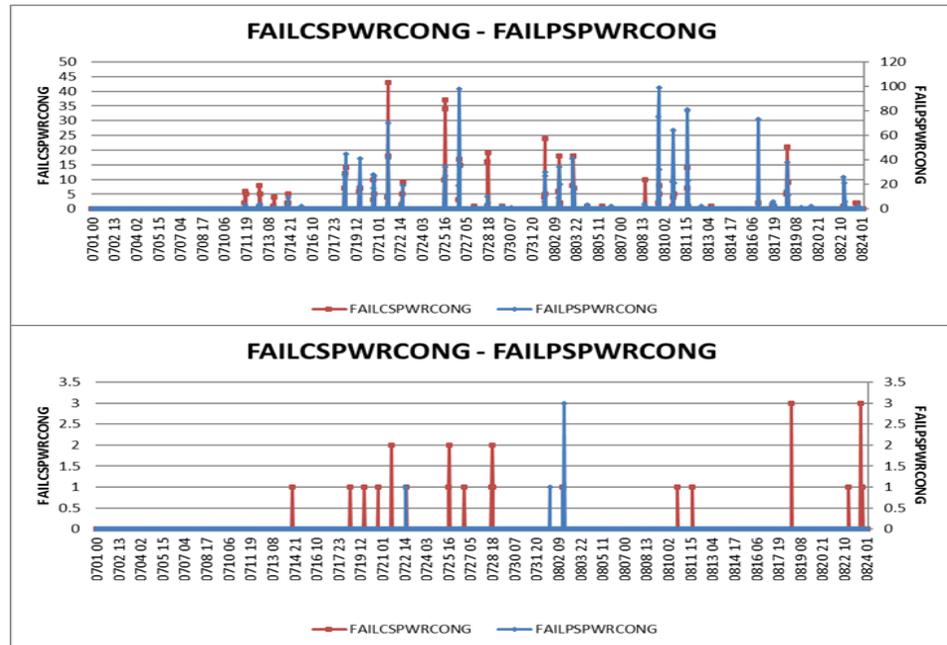
problemas más relevantes a superar. También se debe predecir cómo será la movilidad de los usuarios para considerar los *handovers* que probablemente serán realizados por la red y así evitar interrupciones en las llamadas.

Por otro lado se tiene la optimización que, como en el ámbito de la tecnología el tiempo de obsolescencia de las prestaciones es corto, debe ser un proceso iterativo en el cual se debe constantemente mejorar en cuatro aspectos principalmente. Primero se debe buscar periódicamente el aumentar la capacidad de la red, constantemente reducir el costo de operatividad de red ya sea sustituyendo equipos que no tengan un costo alto de operatividad o aumentando el *revenue* implementando valores agregados sobre la arquitectura ya desplegada, incrementar la cobertura y mejorar constantemente la calidad y el rendimiento de la red para mantener contentos a los clientes de la red y no perder terreno frente a la competencia.

6.8.1. Situación actual de tráfico

Con la infraestructura y capacidad actualmente instalada en la Universidad de los sitios 3G anteriormente mencionados se muestran las siguientes gráficas donde es visible la falta de capacidad debido a la cantidad de usuarios simultáneos que hacen uso de la red móvil de Claro que brinda cobertura actualmente.

Figura 82. **Fallas de Acceso por congestión en servicios de voz y datos**
Nodo B USAC Expansión



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La muestra tomada es de aproximadamente 1 mes con 15 días, claramente se nota la limitación que actualmente está presente congestión en voz y datos limitando la comunicación.

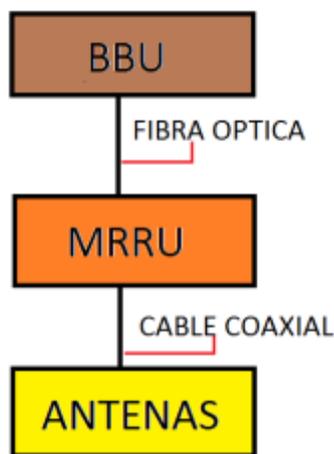
Actualmente la infraestructura instalada está diseñada para dar servicio a casi todo el campus de la USAC, por lo que son frecuentes los períodos de congestión y de ahí la importancia que tiene el planteamiento de una solución delimitada para el área de la Facultad de Ingeniería.

6.8.2. Equipamiento

Se propone utilizar una RBS, consistente en una BBU (Base Band Unit) con su respectivo módulo de rectificadores los cuales soportarán a todo el equipamiento de la BTS del proveedor Huawei modelo RBS3900.

También se utilizará un RRU el cual soporta la frecuencia de 1900 MHz que es la frecuencia con la que opera la red 3G y LTE del proveedor Claro. En este RRU es donde se hará el cambio frecuencia y se pasará a transmitir por cable coaxial para que sea transportada a través de las antenas que finalmente darán la cobertura a la facultad.

Figura 83. **Arquitectura básica de la solución**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

En la Figura 83 se puede apreciar de forma gráfica la arquitectura que tendrá la solución propuesta de forma intuitiva. Se debe precisar el número de RRUs y antenas el mostrado en la figura es solamente referencial.

6.8.3. Tecnología de la solución

Teniendo definida la arquitectura para la solución se debe especificar la definición y función de los bloques de la arquitectura. Por lo cual se dará un pequeño resumen a los componentes que compone la RBS del proveedor Huawei como son la BBU, MRRU y antenas.

La BBU 3900 responde a las siglas en inglés (*Base Band Unit*) Unidad de Banda Base, y como su nombre en inglés dice, es la unidad de procesamiento de banda base y es la unidad donde se procesan las señales de banda base de la BTS, es decir con la información previa a la asociación con una portadora y un canal de transmisión. Esta unidad se encargará de recibir la información redirigiéndola y asignando canales y los *scrambling codes* de cada sector, también será la encargada del control de potencia del sistema radiante y el de gestionar los *handovers*. Será la encargada de la comunicación entre la BTS y RNC, se encarga de la comunicación entre la BBU y las unidades de RF (RRU). La BBU será el elemento que está conectado directamente a la red principal del operador siendo la salida de toda la arquitectura hacia la red pública.

La MRRU es una Unidad de Radio que procesa la señal de la banda base y procesa la señal RF para 3G o UMTS, será la encargada de realizar el cambio de banda base a la banda de operación de la red, para el caso de la solución propuesta esta subida de frecuencia se dará a la banda de 1900MHz. Además de esto, la MRRU delimitará un área de cobertura con las antenas que estén conectadas a él así como también asignará un *scrambling code* a esta área de cobertura, el código a utilizar por cada MRRU será elegido por la BBU. Este módulo de radio soporta 3 sectores de 160 Watts de salida cada uno que será dividido equitativamente en la cantidad de portadoras que posea por sector.

La MRRU procesa las señales de RF de enlace ascendente recibidas desde la antena a través de la conversión hacia abajo, amplifica, realiza la conversión de analógico a digital, conversión descendente digital, filtrada adaptada, control automático de ganancia (AGC) y a continuación, transmite la señal a BBU para su posterior procesamiento.

Las antenas son dispositivos (conductor metálico) diseñadas con el objetivo de emitir y/o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma energía eléctrica en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa. La señal 3G será propagada por las antenas que finalmente darán la cobertura necesaria para solucionar los inconvenientes de baja potencia, polución de pilotos y demanda en horas pico para la Facultad de Ingeniería. Estas antenas brindarán cobertura 3G ya que tienen un amplio rango de frecuencias de operación lo cual hace esto posible.

6.8.4. Diseño de la solución

Ya teniendo en cuenta la arquitectura y la definición de estos módulos podemos determinar el tipo de estructura y el lugar donde colocar los equipos para poder resolver los problemas de cobertura, se presentarán dos tipos de solución los cuales son.

6.8.5. Propuesta 1

Como propuesta 1, se plantea la instalación de un Nodo B del operador Claro en la azotea del edificio T3, y como se mencionó anteriormente se interconectará por medio de fibra óptica y es una solución del Tipo Azotea (*Roof Top*) como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 84. Forma gráfica de la ubicación de la solución propuesta



Fuente: Forma gráfica de la ubicación de la solución propuesta. Google Earth. Consulta: marzo de 2015.

Figura 85. Tipo de solución propuesto para la instalación del modo Tipo Azotea (Roof Top) en la azotea del edificio T3.



Fuente: Tipo de solución propuesto para la instalación del modo Tipo Azotea (Roof Top) en la azotea edificio T3. Google Earth. Consulta: marzo de 2015.

Figura 86. **Solución Azotea (Roof Top) T3 mimetizada**



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad.

6.8.6. Propuesta 2

Para el segundo caso el cual se avala como diseño principal y final de la propuesta se propone la instalación de un Nodo B del operador Claro por medio de fibra óptica la cual es una solución denominada Centro de Carga y tiene una estructura tipo poste, la cual dará tecnológicamente más realce a la Facultad de

Ingeniería, pues se está proponiendo un sistema autónomo que funcionará con energía solar y tiene los siguientes beneficios, adicionales a la mejora de cobertura y capacidad:

- Área de estar para el estudiante.
- Puntos de recarga.
- Estructura para los paneles solares.
- Área para los equipos correspondientes al sistema de energía solar junto a los inversores para los puntos de carga.
- Área específica para los equipos de Claro.
- La mimetización puede aplicarse o modificarse según la facultad o los requerimientos de la universidad.

A continuación se muestra, en las Figura 87 y Figura 88, la ubicación y tipo de solución propuesta.

Figura 87. **Ubicación geográfica de sitio móvil, solución Centro de Carga**



Fuente: *Ubicación geográfica de sitio móvil, solución Centro de Carga.* GoogleEarth. elaboración propia, con base en imagen de Google Earth.

Figura 88. Punto geográfico propuesto para la instalación de los equipos a un costado del edificio T1



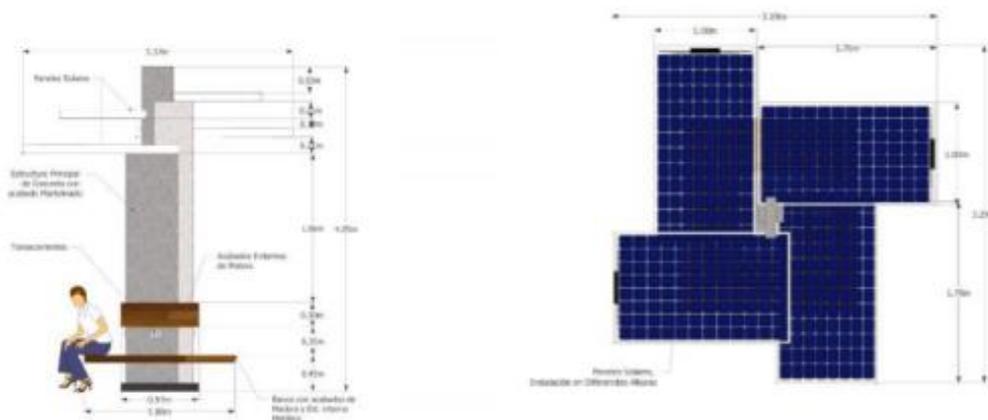
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

6.8.7. Diagramas de la solución. Centro de Carga T1

Figura 89. Vista frontal y planta

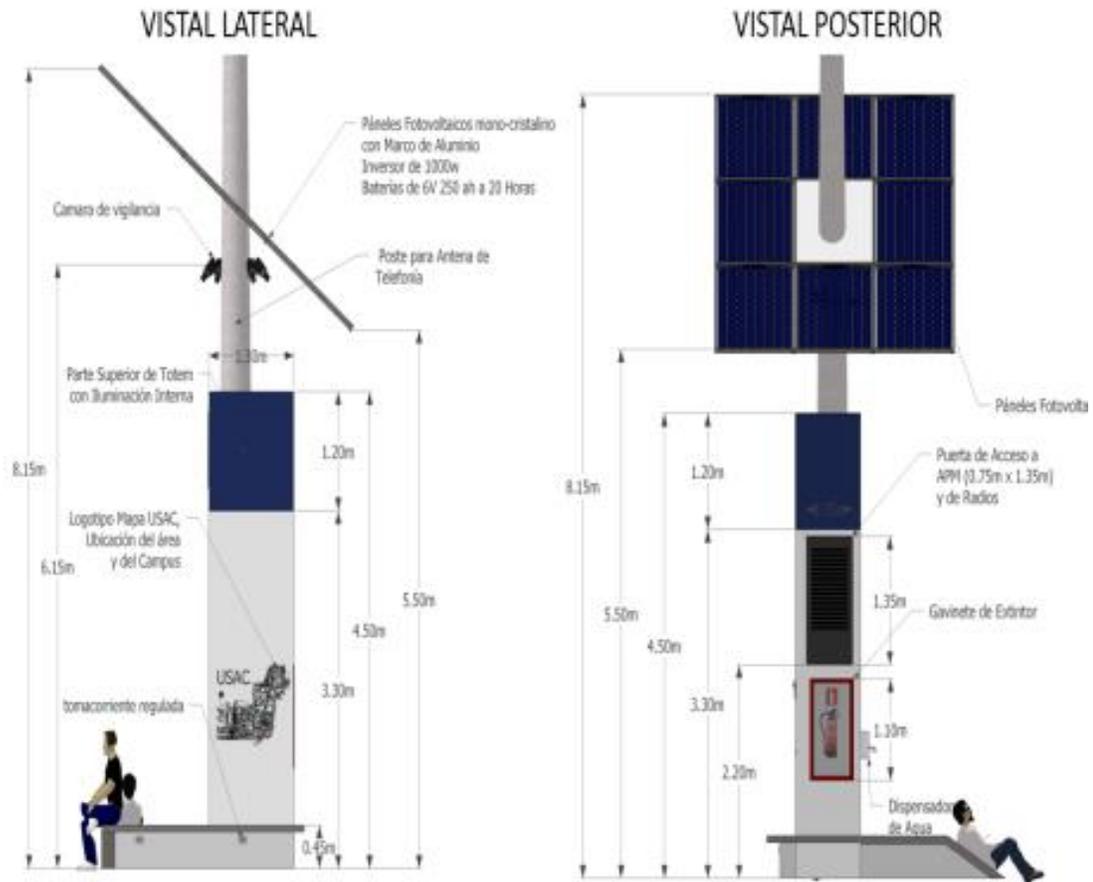
VISTA FRONTAL

VISTA EN PLANTA



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 90. Vista lateral y posterior de la solución Centro de Carga

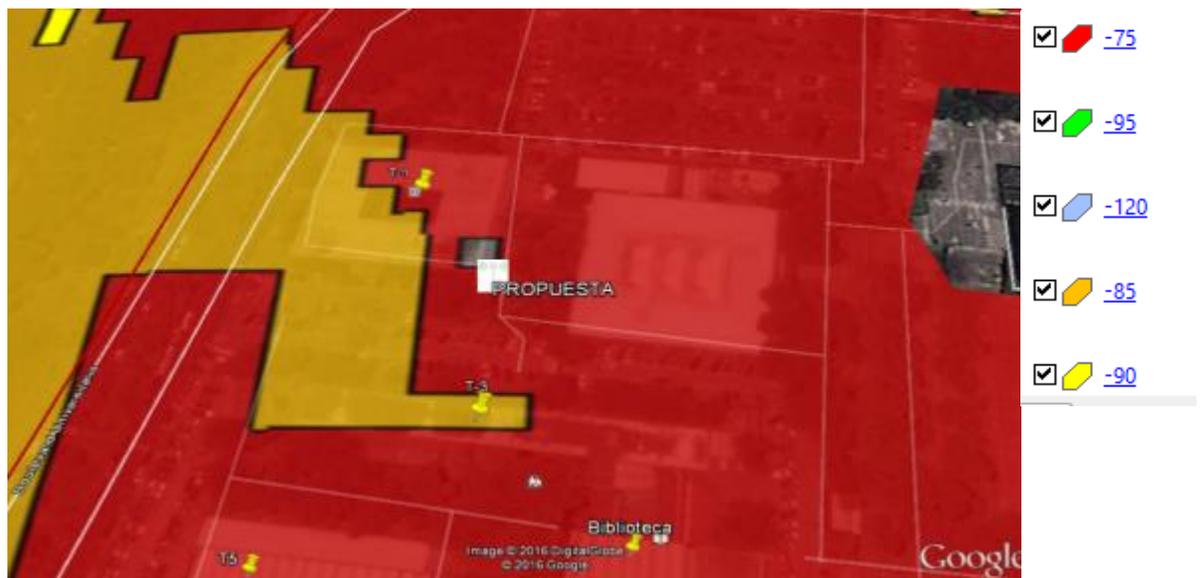


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

6.8.8. Predicción de cobertura

Para realizar la predicción de cobertura luego de instalada la solución de la estación de carga con la RBS, se utiliza un programa de nombre Arieso, una solución para soluciones de optimización. El software utiliza datos de una serie de eventos de red orientados al usuario con referencias cruzadas con la ubicación del evento, para construir una imagen geográfica de rendimiento de la red en tiempo real. Este programa es muy versátil y permite realizar predicciones de cobertura muy precisas, puesto que permite modelar el edificio en el que se pretende dar cobertura, simulando que el sitio propuesto está funcionando y radiando señal. Esto se muestra a continuación, no profundizando en conceptos del programa utilizado, pues no es el objetivo de este trabajo.

Figura 93. Predicción de cobertura y de niveles de potencia en dBm



Fuente: *Predicción de cobertura y de niveles de potencia*. elaboración propia, empleando Arieso sobre Google Earth.

Se puede observar en la Figura 93 que se lograría mejorar considerablemente la cobertura dentro del edificio T1, que es de las áreas más críticas según las mediciones realizadas en el levantamiento, y T3, con la instalación de la RBS propuesta, ya que los niveles de *Rx Level* y RSCP quedarían por encima de -75 dBm en más del 95 % del área de cobertura.

6.8.9. Materiales a utilizar

Una vez concluido el proceso de diseño se presenta el listado de materiales a utilizar para la implementación de la solución. Se inicia con las especificaciones de la RBS y más adelante veremos a detalle todos los demás.

La lista de materiales para la instalación de la RBS se muestra en la Tabla IX. Por la dificultad de cálculo y los inconvenientes que siempre se presentan en el momento de la instalación, en la tabla no se incluye el detalle de los materiales propios de la instalación, tales como cable eléctrico, cinchos, tornillería, etc. Sin embargo, el listado de equipos nos dará un valor estimado con suficiente aproximación al costo de implementación.

Tabla IX. **Listado de materiales para instalación de la RBS (Nodo B)**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
3	MRRU Unidad de Radio Multimodo con Potencia de Salida 160W, 2T4R
1	UMPT Tarjeta Universal Principal de Control y Transporte para (UMTS)
2	UBBP Unidad Universal de Procesamiento de Banda Base 6x20M 4T4R; 3600 RRC, DL: 900 Mbps UL: 450 Mbps
1	Unidad de Banda Base BBU3900 y BBU Cables para Alarmas y Potencia
1	APM30H Fuente de Alimentación y Respaldo de Baterías (APM30H Ver.D, 2 x PSU 50A)
1	IBBS Gabinete de Respaldo de Baterías

Continuación tabla IX.

	(IBBS200D Ver.D) y Baterías de 184 AH
3	<i>Antenna AWS/1900 MHz (Quad-Pol, 63° HBW)</i>
	7.5° VBW, 18 dBi, 0-10° <i>Downtilt</i> Eléctrico, Conector de 7/16" Tipo DIN
	Incluido Conector Tipo Hembra
	Kit de Instalación de <i>downtilt</i>
	Kit de Tierra <i>EasyRET</i> - A194518R0v01
1	Material de Instalación y Misceláneos
3	<i>Feeder kit</i> para conexión de RRU (Fibra, Cable DC)
9	HSDPA Paquete de Funciones con 15 códigos por Celda, funciones básicas
1	Instalación y Comisionamiento
1	Manejo de Proyecto (PM)

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

6.8.10. Propuesta económica de la solución

A continuación se realizará un análisis económico de la red a instalar. En primer lugar, se tomó en cuenta la inversión realizada en donde se consideró el precio de los equipos instalados, los materiales de construcción y los servicios de instalación. Para el caso de precio de los equipos se tomó de datos el valor de mercado de los elementos principales de la red. Luego se da un estimado del precio necesario en equipamiento. Por último se estima el precio de los servicios de instalación así como el del estudio de ingeniería.

Tabla X. Inversión por instalación de hardware de la RBS en USD

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIDAD	TOTAL
3	MRRU Unidad de Radio Multimodo con Potencia de Salida 160W, 2T4R	\$ 5 839,97	\$ 17 519,91
1	UMPT Tarjeta Universal Principal de Control y Transporte para (UMTS)	\$ 330,64	\$ 330,64
2	UBBP Unidad Universal de Procesamiento de Banda Base 6x20M 4T4R; 3600 RRC, DL: 900 Mbps UL: 450 Mbps	\$ 7 179,51	\$ 14 359,02
1	Unidad de Banda Base BBU3900 y BBU Cables para Alarmas y Potencia	\$ 1 633,17	\$ 1 633,17
1	APM30H Fuente de Alimentación y Respaldo de Baterías (APM30H Ver.D, 2 x PSU 50A)	\$ 3 453,53	\$ 3 453,53
1	IBBS Gabinete de Respaldo de Baterías (IBBS200D Ver.D) y Baterías de 184 AH	\$ 3 703,24	\$ 3 703,24
3	Antenna AWS/1900 MHz (Quad-Pol, 63° HBW) 7.5° VBW, 18 dBi, 0-10° Downtilt Eléctrico, Conector de 7/16" Tipo DIN Incluido Conector Tipo Hembra Kit de Instalación de <i>downtilt</i> Kit de Tierra <i>EasyRET</i> - A194518R0v01	\$ 452,48	\$ 1 357,44
1	Material de Instalación y Misceláneos	\$ 799,71	\$ 799,71
3	Feeder kit para conexión de RRU (Fibra, Cable DC)	\$ 565,67	\$ 1 697,01
9	HSDPA Paquete de Funciones con 15 códigos por Celda, funciones básicas	\$ 416,85	\$ 3 751,65
1	Instalación y Comisionamiento	\$ 5 889,42	\$ 5 889,42
1	Manejo de Proyecto (PM)	\$ 707,19	\$ 707,19
	TOTAL USD		\$ 55 201,93

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XI. **Inversión del software y licenciamiento para la RBS 3G en USD**

Tipo de Sitio	Nuevo Sitio UMTS						
	(U3/3/3) 160W						
Cantidad	1						
	Item	Modelo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio/U nidad	SubTotal
Hardware Software	2.1	HSDPA Paquete de Funciones	15 Códigos por Celda, funciones básicas	Celda	3	\$. 416,85	\$. 1 250,55
TOTAL							\$. 1 250,55
Precios							
Total Hardware	USD	0					
Total Software	USD	\$. 1 250,55					
Total Servicios	USD	0					
TOTAL	USD	\$. 1 250,55					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XII. **Inversión por comisionamiento, instalación y manejo de proyecto para la RBS en USD**

Tipo de Sitio		Nuevo Sitio UMTS					
		(U3/3/3) 160 Watts					
Cantidad		1					
	Item	Modelo	Descripción	U.	C.	Precio/Unidad	SubTotal
	1	Instalación y Comisionamiento 3G	Instalación y Comisionamiento 3G	Sitio	1	\$ 5 889,42	\$ 5 889,42
	22	Manejo de Proyecto	La organización del proyecto establecer la planificación y la gestión del trabajo diario	Sitio	1	\$ 710,00	\$ 710,00
TOTAL							\$ 6 599,42
Precios							
Total Hardware	USD	0					
Total Software	USD	\$ 6 599,42					
Total Servicios	USD	0					
TOTAL	USD	\$ 6 599,42					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XIII. **Estimación de instalación de infraestructura de la Estación de Carga en USD**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Limpieza del área contratada	M2	10.15	\$. 9,00	\$. 91,35
Demolición de concreto armado (incluye resanado)	M3	1.50	\$. 91,00	\$. 136,50
Bases de concreto armado tipo 3,000 PSI; para equipos, rack de tableros, banco de baterías, base de torre, mástiles, soportes y anclajes	M3	4.95	\$. 610,00	\$. 3 019,50
Levantado de block rustico (incluye fundición de columnas + soleras)	M2	4.30	\$. 93,00	\$. 399,90
Suministro de poste de 15 metros sobre el nivel del suelo, para 70 millas por hora con Bridas (según plano) incluye soporte circular	UNIDAD	1.00	\$. 4 754,64	\$. 4 754,64
Soporte para radios tipo bandera de tubería Hg n2"x 1.00m hasta 1.50m	UNIDAD	2.00	\$. 195,00	\$390,00
<i>Breaker</i> de protección 2 x 100 Amp, y caja RH	UNIDAD	1.00	\$. 88,00	\$. 88,00
Caja Socket Clase 100	UNIDAD	1.00	\$. 75,00	\$. 75,00
Cable THHN No. 2	ML	45.00	\$. 9,00	\$. 405,00
Cable THHN No. 6	ML	20.00	\$. 8,00	\$. 160,00
Cable THHN No. 12	ML	25.00	\$. 3,75	\$. 93,75
TSJ 3 x 12 para baliza	ML	15.00	\$. 10,00	\$. 150,00
Tablero de 12 Polos GE, 120 / 240 v. con ubicación para <i>mainbreaker</i> (incluye <i>flipon</i> 2x70A)	UNIDAD	1.00	\$. 295,00	\$. 295,00
Flip on 2 x 70 Amp. GE Industrial	UNIDAD	1.00	\$. 30,50	\$. 30,50
Flip on 2 x 40 Amp. GE Industrial	UNIDAD	1.00	\$. 25,50	\$. 25,50
Flip on 1 x 20 Amp. GE Industrial	UNIDAD	5.00	\$. 14,00	\$. 70,00
Tomacorriente Doble Polarizado	UNIDAD	2.00	\$. 20,00	\$. 40,00
Tramites empresa suministradora de energía eléctrica	UNIDAD	1.00	\$. 1 200,00	\$. 1 200,00

Continuación tabla XIII.

Suministro e instalación de supresor de transientes para AC 120/240 V	UNIDAD	1.00	\$. 1 150,00	\$. 1 150,00
Excavación cimentación con un mínimo de 1.30 m Ø y un mínimo de 3.60 de profundidad (incluye espesor de concreto de limpieza)	M3	3.14	\$. 85,15	\$. 267,37
Instalación de poste metálico liviano de 21 m libres	UNIDAD	1.00	\$. 616,25	\$. 616,25
Suministro e instalación de pararrayos STORMASTER ESE TELCO DE LPI	UNIDAD	1.00	\$. 761,90	\$. 761,90
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE bajantes de pararrayos con cable de 2/0, flejado al poste con cincho <i>bandit</i> de ½ @ 1m en cual se unirá a la varilla de cobre con soldadura <i>cadwell</i> , a una distancia mínima de 1 m del rostro del poste	M	19.00	\$. 49,11	\$. 933,09
Instalación de varilla de cobre de 5/8" x 8' y termo fusiones entre ellas, con máximo de 5 m de cable ACSR 3/0 y soldadura <i>cadwell</i> + 2 barra de acero galvanizado para BUS de tierras con sus respectivos aisladores de porcelana y terminal doble ojo cada una.	UNIDAD	2.00	\$. 714,28	\$. 1 428,56
Estudio de verticalidad del poste	GLOBAL	1.00	\$. 498,60	\$. 498,60
Quibanzol cubeta de 10 kg	UNIDAD	1.00	\$. 40,85	\$. 40,85
Canalización para acometida eléctrica	GLOBAL	1.00	\$. 44,64	\$. 44,64
Gestión acometida eléctrica	GLOBAL	1.00	\$. 1 200,00	\$. 1 200,00
Soporte para radios tipo bandera de tubería Hg n2"x 1.00m hasta 1.50m	UNIDAD	1.00	\$. 195,00	\$. 195,00
Caja de registro de 0.60x0.60x0.60 m de medida interna con tapaderas metálicas abatibles de 0.70x0.70m para acceso a azoteas con lamina lisa calibre 1/16" con angular de 1x1x1/16" con fondo de pintura anticorrosiva negro mate y pintura Sherwin Williams (del color sugerido por el supervisor de Claro) con adaptación para candado.	UNIDAD	4.00	\$. 145,00	\$. 580,00

Continuación tabla XIII.

Canalización PVC Ø 2" para conducción de energía eléctrica a la estación de recarga	ML	35.00	\$. 8,00	\$. 280,00
Canalización PVC Ø 1" para la conducción de fibra óptica a la estación de recarga	ML	35.00	\$. 6,00	\$. 210,00
Cerramiento con durock de 13mm de espesor con una sola plancha instalada+ cernido en 2 caras con perfil cuadrado cedula (chapa) 40 de 2x2"	M2	18.40	\$. 280,00	\$. 5,152.00
Muro verde o jardín vertical	M2	9.00	\$. 567,86	\$. 5 110,71
Puerta de acceso de 1.50x2.10m de Durock de 13mm de espesor a una (1) cara con perfil cuadrado de 2x2"; ya sea a doble banda o corrediza	UNIDAD	1.00	\$. 230,00	\$. 230,00
Cerramiento con Planchas de Fibra de Vidrio con espesor mínimo de 3mm de espesor, con estructura metálica de perfil cuadrado de 2x2" de cedula (chapa) 40 (PRECIO ESTIMADO PARA EL ACRILICO ESTAMPADO ILUMINADO)	M2	5.32	\$. 250,00	\$. 1 330,00
Sistema de Paneles solares, baterías de almacenamiento de energía, herrajes para la instalación de paneles, 4 luminarias led de 90W para exteriores públicos	GLOBAL	1.00	\$. 10 417,00	\$. 10 417,00
Bandeja lamina de acero de 3/16" de espesor con angulares formando ménsulas para colocar baterías sistema fotovoltaico aislado	GLOBAL	1.00	\$. 55,00	\$. 55,00
Tomacorriente USB con <i>Breakers</i> de 5 a 10 amperios	UNIDAD	4.00	\$. 17,00	\$. 68,00
Bebedero media luna con top de acero inoxidable	UNIDAD	1.00	\$. 1 945,00	\$. 1 945,00

Continuación tabla XIII.

Conexión de agua potable a 30 metros de longitud promedio incluye accesorios (codos y adaptadores para conexión a bebedero y sistema de riego muro verde), con su caja de registro y llave de paso con tapadera abatible de lámina de acero de 1/16" con adaptación para colocar candado.	GLOBAL	1.00	\$ 375,00	\$ 375,00
Conexión de drenaje (bebedero y muros verdes) a 30 metros de longitud promedio, con caja de registro de 0.60 x 0.60 con tapadera de concreto	GLOBAL	1.00	\$ 280,00	\$ 280,00
Pintura a base de agua para pintar muros en general	M2	13.60	\$ 7,00	\$ 95,20
Pintura a base de aceite para pintar muros en general	M2	1.45	\$ 8,00	\$ 11,60
Candados Yale de 70mm. (incluyen 3 copias de llaves)	UNIDAD	4.00	\$ 70,00	\$ 280,00
Extintor, incluye gabinete con vidrio	UNIDAD	1.00	\$ 580,00	\$ 580,00
CHAPAS YALE	UNIDAD	2.00	\$ 60,00	\$ 120,00
TOTAL ESTIMADO				\$ 45 680,42

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

6.8.11. Costo total del proyecto

Tomando en cuenta los materiales a utilizar, costos aproximados, pago a proveedores, licencias, hardware y software, a continuación se muestra una tabla consolidando el costo total del proyecto de la nueva RBS en la Estación de Carga ubicada cerca del edificio T2:

Tabla XIV. **Costo total del proyecto en USD**

ÍTEM	SUBTOTAL
Hardware RBS 3G	\$. 55 201,93
Software RBS 3G	\$. 1 250,55
Instalación, comisionamiento y manejo de proyecto	\$. 6 599,42
Infraestructura	\$. 45 680,42
Total del proyecto	\$. 108 732,32

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

7. PLANES CORPORATIVOS

Los capítulos previos fueron orientados al diseño y recomendaciones para la implementación de las redes internas en la Facultad de Ingeniería. En este capítulo, por otra parte, se presentan las opciones necesarias para interconectar dichas redes hacia el exterior y así dar salida a los servicios de datos y de telefonía que corren sobre las redes convergentes. Se evalúan distintas opciones que están disponibles actualmente en el mercado local y se presentan algunas que se consideran las que de mejor forma se adaptan a las necesidades de conexión de los usuarios de la Facultad de Ingeniería. Los planes corporativos que se presentarán a continuación son los que se encontraron durante el tiempo de la investigación de este trabajo. Estos están constantemente modificándose por varios factores que ya se han mencionado, pues los operadores constantemente están presentando modificaciones a los planes o creando nuevos para satisfacer las necesidades demandantes de los usuarios finales.

7.1. Planes pospago libres

La característica principal de estos planes es que se paga una cuota fija mensual, la cual incluye una cantidad fija de minutos de llamada, mensajes de texto y navegación; sin embargo, los servicios no están limitados a las cantidades iniciales, ya que permiten consumos adicionales que son cobrados en la factura mensual a un precio preferencial.

7.1.1. Beneficios

- Tarifa local para *roaming* y larga distancia en la región: México y Centroamérica.
- Planes móviles pospago exclusivos para empresas.
- Velocidad y experiencia de internet móvil.
- Tarifas preferenciales y excedentes a factura mensual.
- Incluye voz, mensajes y datos.
- Por solo un pequeño costo adicional por terminal, se tienen llamadas ilimitadas a todo Claro, incluyendo las líneas fijas de la actual infraestructura de la Facultad y demás unidades académicas.
- Opción de compra de paquetes adicionales de datos según necesidad.
- Variedad de terminales disponibles según necesidad

7.1.2. Tarifas

A continuación el detalle del costo de los planes mensualmente según lo incluido dentro del plan:

Tabla XV. Costo de planes móviles pospago libres Enterprise

Nombre del Plan	Minutos Incluidos	SMS	Navegación	Total	VPN	+Q20 Llamadas Ilimitadas
Claro Enterprise 375	375	300	250 MB	Q. 150,00	Aplica	Aplica
Claro Enterprise 750	750	400	250 MB	Q. 250,00	Aplica	Aplica

Continuación tabla XV.

Nombre del Plan	Minutos Incluidos	SMS	Navegación	Total	VPN	+Q20 Llamadas Ilimitadas
Claro Enterprise 1000	1,000	400	250 MB	Q. 350,00	Aplica	Aplica

Fuente: Departamento de Ventas Clientes Corporativos Claro Guatemala. *Costo Planes móviles postpago libres Enterprise*. <http://www.claro.com.gt>. Consulta: marzo de 2015.

Tabla XVI. **Costo de planes móviles postpago libres negocios**

Nombre del Plan	Minutos Incluidos	SMS	Navegación	Total	VPN	+Q20 Llamadas Ilimitadas
Claro Negocios 1	350	100	100 MB	Q. 100,00	Aplica	Aplica Q. 20
Claro Negocios 2	600	300	250 MB	Q. 170,00	Aplica	Aplica Q. 20
Claro Negocios 3	850	400	250 MB	Q. 230,00	Aplica	Aplica Q. 20

Fuente: Departamento de Ventas Clientes Corporativos Claro Guatemala. *Costo planes móviles postpago libre negocios*. <http://www.claro.com.gt>. Consulta: marzo de 2015.

7.1.3. Especificaciones adicionales

- Planes incluyen llamadas a tarifa local desde México hasta Panamá. No incluye Belice.
- Costo de SMS y minutos adicionales varían según plan contratado.

- Planes exclusivos para empresas con un mínimo de líneas a adquirir.
- Si necesita más minutos o navegación puede llamar a su ejecutivo de ventas.
- Por Q25 agregue llamadas sin cobro de *roaming*, ni tarifa internacional a USA & Canadá.
- Cobertura de Internet en: Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Costa Rica, Panamá y México, sin ningún costo Adicional
- Al consumirte el 100% de su Paquete de Internet puede adquirir paquetes adicionales para continuar navegando.

7.2. Planes pospago Control

Estos planes incluyen, por un costo fijo mensual, una cantidad establecida de minutos de llamada, mensajes de texto y navegación. Al alcanzar el límite de consumo es posible recargar saldo en modalidad prepago. Esto garantiza que montos de pago fijos en cada factura mensual.

7.2.1. Beneficios

- Planes que controlan el presupuesto y gasto de comunicación.
- Tarifa local para *roaming* y larga distancia en la región: México y Centroamérica.
- Facilidades de recarga a través de distintos medios.
- Planes móviles controlados exclusivos para empresas.
- Mejor velocidad y experiencia de Internet.
- Incluyen voz, mensajes y datos.
- Por sólo Q. 20 tiene llamadas ilimitadas a todos los números Claro.
- Opción de compra de paquetes adicionales de datos.
- Variedad de terminales disponibles según necesidad.

- Variedad de terminales disponibles según necesidad.

7.2.2. Tarifas

A continuación, el detalle del costo de los planes mensualmente según lo incluido dentro del plan.

Tabla XVII. **Costo de planes móviles pospago control (Controlado Enterprise)**

Nombre del Plan	Minutos Incluidos	SMS	Total	Navegación	+20 Llamadas Ilimitadas
Plan Controlado Enterprise 200	200	200	Q. 100,00	100 MB	Aplica
Plan Controlado Enterprise 420	420	300	Q. 250,00	250 MB	Aplica
Plan Controlado Enterprise 700	700	400	Q. 300,00	250 MB	Aplica

Fuente: Departamento de Ventas Clientes Corporativos Claro Guatemala. *Costo planes móviles pospago control (Controlado Enterprise)*. <http://www.claro.com.gt>. Consulta: marzo de 2015.

Tabla XVIII. **Costo planes móviles postpago control (negocios control)**

Nombre del Plan	Minutos Incluidos	SMS	Navegación	Renta Mensual	+20 Llamadas Ilimitadas
Claro Negocios Ctrl 1	350	200	100 MB	Q. 100,00	Aplica
Claro Negocios Ctrl 2	600	300	250 MB	Q. 170,00	Aplica
Claro Negocios Ctrl 3	850	400	250 MB	Q. 230,00	Aplica

Fuente: Departamento de Ventas Clientes Corporativos Claro Guatemala. *Costo planes móviles postpago control (negocios control)*. <http://www.claro.com.gt>. Consulta: marzo de 2015.

7.2.3. Especificaciones adicionales

- Planes incluyen llamadas a tarifa local desde México hasta Panamá. No incluye Belice.
- Planes exclusivos para empresas con un mínimo de líneas a adquirir.
- Costo de minuto y mensaje de texto (sms) adicional a tarifa vigente prepago.
- Si necesita más minutos o navegación puede llamar a su ejecutivo de ventas.
- Por Q25 agregue llamadas sin cobro de *roaming*, ni tarifa internacional a USA & Canadá.
- Cobertura de Internet en: Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Costa Rica, Panamá y México, sin ningún costo Adicional

- Al consumir el 100% de su paquete de internet puede adquirir paquetes adicionales para continuar navegando.

7.3. Planes pospago ilimitados

En estos planes la disponibilidad de los servicios de llamada, mensajes de texto y navegación, no están limitados al consumo y están disponibles en todo momento. Los consumos adicionales sobre lo contratado son cobrados a tarifas preferenciales.

7.3.1. Beneficios

- Llamadas y mensajes ilimitados a todas las redes.
- Planes móviles ilimitados exclusivos para empresas.
- Incluyen voz, mensajes y datos.
- La navegación y cobertura de datos es a nivel regional: México y Centroamérica.
- Opción de compra de paquetes adicionales de datos.
-

7.3.2. Tarifas

A continuación el detalle del costo de los planes mensualmente según lo incluido dentro del plan:

Tabla XIX. **Costo de planes móviles postpago ilimitados (Corporativo)**

Nombre del Plan	Minutos Incluidos	SMS	Navegación	Total	Claro Música	VPN
Plan Ilimitado Corp 3 Q340 / 3GB	Ilimitados	Ilimitados	3 GB	Q. 340,00	Ilimitados	Aplica
Plan Ilimitado Corp 1 Q590 / 5GB	Ilimitados	Ilimitados	5 GB	Q. 590,00	Ilimitados	Aplica
Plan Ilimitado Corp 2 Q790 / 10GB	Ilimitados	Ilimitados	10 GB	Q. 790,00	Ilimitados	Aplica
Plan Ilimitado Corp 4 Q995 / 15GB	Ilimitados	Ilimitados	15 GB	Q. 995,00	Ilimitados	Aplica

Fuente: Departamento de Ventas Clientes Corporativos Claro Guatemala. *Costo planes móviles postpago ilimitados (Corporativo)*. <http://www.claro.com.gt>. Consulta: marzo de 2015.

7.4. Plan colaborador

Estos planes están diseñados Para empresas e instituciones que desean brindar a sus colaboradores la facilidad de contratar servicios, con el beneficio de optar a planes y tarifas exclusivas. Esta resulta una muy buena opción para la Facultad de Ingeniería ya que permite establecer un presupuesto fijo y limitado para proveer a sus colaboradores de ciertos servicios básicos, teniendo ellos la opción de ampliarlos por cuenta propia.

7.4.1. Beneficios

- Planes que controlan el presupuesto y gasto de comunicación.
- Tarifa local para *roaming* y larga distancia en la región: México y Centroamérica, incluyendo a Panamá.
- Facilidades de recarga a través de distintos medios.
- Planes exclusivos para clientes individuales.
- Mejor velocidad y experiencia de Internet.
- Incluyen voz, mensajes y datos.
- Por sólo Q. 20 obtiene llamadas ilimitadas a todo Claro.
- Opción de compra de paquetes adicionales de datos.
- Modalidad de cobro individual.

7.4.2. Tarifas

A continuación el detalle del costo mensual de cada plan:

Tabla XX. **Costo de planes móviles colaborador (Enterprise)**

Nombre del Plan	Minutos Incluidos	SMS	Total	Navegación	+ 20 Llamadas Ilimitadas
Plan Controlado Enterprise 200	200	200	Q. 100,00	100 MB	Aplica
Plan Controlado Enterprise 420	420	300	Q. 200,00	250 MB	Aplica
Plan Controlado Enterprise 700	700	400	Q. 300,00	250 MB	Aplica

Fuente: Departamento de Ventas Clientes Corporativos Claro Guatemala. *Costo planes móviles colaborador (Enterprise)*. <http://www.claro.com.gt>. Consulta: marzo de 2015.

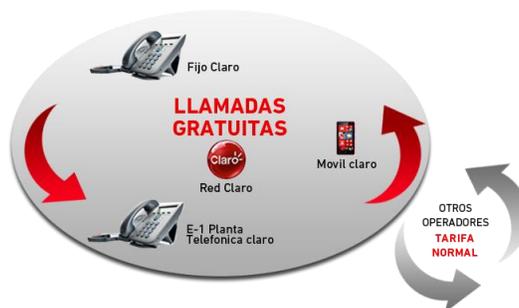
7.4.3. Características adicionales

- Planes incluyen llamadas a tarifa local desde México hasta Panamá. No incluye Belice.
- Planes exclusivos para empresas con un mínimo de líneas a adquirir.
- Costo de minuto y sms adicional a tarifa vigente prepago.
- Si necesita más minutos o navegación puede llamar a su ejecutivo de ventas.
- Por Q25 agregue llamadas sin cobro de *roaming*, ni tarifa internacional a USA & Canadá.
- Cobertura de Internet en: Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Costa Rica, Panamá y México, sin ningún costo Adicional
- Al consumir el 100% de su Paquete de Internet puede adquirir paquetes adicionales para continuar navegando.

7.5. VPN Empresarial

Este es un servicio que permite a las instituciones tener comunicación interna ilimitada dentro de la red de la empresa, sin costo adicional, tanto con números fijos como móviles.

Figura 94. VPN Empresarial



Fuente: *VPN empresarial*.www.claro.com.gt. Consulta: marzo de 2015.

7.5.1. Beneficios

- Ahorro en llamadas dentro de la institución.
- Comunicación sin límites de consumo.
- Tarifas competitivas por el servicio y sin limitaciones.
- Comunicación aplica a números fijos y móviles.
- Llamadas ilimitadas dentro de los colaboradores de la institución que cuenten con un número corporativo.
- Llamadas GRATIS al PBX de la institución.

7.6. Telefonía IP

Para instituciones que manejan alto volumen de llamadas y buscar potenciar sus comunicaciones con funcionalidades avanzadas de PBX como las ya existentes dentro de la Facultad de Ingeniería y requieren mayores capacidades e incluir la Volp.

7.6.1. Características

- El servicio de Telefonía IP es una solución óptima para mejorar la comunicación y la gestión de grandes volúmenes de llamadas. Permite agrupar todas las líneas fijas en un solo número y permite atender hasta 30 llamadas entrantes en simultáneo.
- Tarifas preferenciales en llamadas salientes, ahorrando costos y permitiendo hacer más eficientes su comunicación.

7.6.2. Beneficios

- Planes a la medida, con bolsones de minutos según sus necesidades.

- Tarifas preferenciales para destinos locales o nacionales.
- Cómodos paquetes de renta, que incluyen financiamiento de plantas telefónicas.
- Amplia cobertura, y respaldo de la red de telecomunicaciones más extensa del país.
- Disponibilidad de bolsones de minutos con destinos locales y nacionales.

7.7. Línea Fija Centrex

Permite a las instituciones añadir líneas fijas tradicionales a su Telefonía IP, a través de un servicio que permiten llamadas gratis dentro de la red privada.

7.7.1. Características

En la Facultad de Ingeniería que ya cuenta con servicios de línea fija, para integrarla a la red de extensiones de su PBX esta solución de líneas fijas Centrex, le permitiría integrar su línea fija y realizar llamadas ilimitadas con las demás extensiones, sin incurrir en gastos extras.

7.7.2. Beneficios

- Paquetes de servicios incluidos sin costo: Correo de Voz y Llamada en Espera, Identificador de Llamadas y transferencia, Conferencia, Bloqueo de Llamadas.
- Si su empresa requiere cambiar de ubicación geográfica dentro de la misma ciudad su número telefónico siempre será el mismo sin importar la zona en la que se encuentre.

- Disponibilidad de un bolsón de minutos, para realizar llamadas salientes fuera de su PBX.

7.7.3. Tarifas

A continuación el detalle del costo de los planes mensualmente según lo incluido dentro del plan:

Tabla XXI. Costo de planes línea fija Centrex

Planes Centrex según destino	Valor de la bolsa en Q	Bolsa de minutos
Local	Q. 105,00	450 minutos
Local y otros Operadores	Q. 160,00	500 minutos
Nacional	Q. 105,00	280 minutos
Nacional y operadores	Q. 160,00	375 minutos
Local, nacional y operadores	Q. 210,00	650 minutos

Fuente: Departamento de Ventas Clientes Corporativos Claro Guatemala. *Costo planes línea fija Centrex*. <http://www.claro.com.gt>. Consulta: marzo de 2015

7.8. Paquetes de internet

Este servicio provee conexión a Internet a óptimas velocidades y tarifas accesibles. Garantiza una red estable, permite transmisión de datos e

interconexión de plataformas en oficinas distribuidas en diversas locaciones mientras brinda una conexión estable y simétrica, con un ancho de banda dedicado, desde 2 hasta 45 Mbps.

7.8.1. Beneficios

- Planes de velocidad a la medida de las necesidades de la institución.
- Soporte garantizado, con disponibilidad de SLA'S.
- Entrega de conexión con equipamiento de alta gama.
- Disponibilidad de aumentos temporales, y servicios adicionales de monitoreo de red.
- Precios a la medida, acorde a su presupuesto.
- Anchos de banda desde 1Mbps hasta la necesidad del cliente, con entrega de conexión a través de fibra óptica.
- Todos los planes incluyen garantía de anchos de banda, simetría en conexión, y estabilidad. Obtenga precios exclusivos, acorde a sus necesidades, a través de un estudio de caso individual por cliente.

7.9. Internet empresarial

Para instituciones que desean contar con un servicio de Internet que ofrezca una mejor experiencia de navegación, a una tarifa accesible.

7.9.1. Características

Identifica y resuelve las principales necesidades del cliente:

- Acceder a Internet y optimizar las operaciones de su institución a través de una red estable y debidamente respaldada.

- Interconectar plataformas de transmisión de datos, gestión para oficinas y sitios en línea.
- Enviar y descargar información, mientras se está en contacto con colaboradores y contactos en todo el mundo.
- Evitar picos de consumo, y garantizarse una conexión estable y simétrica, con un ancho de banda dedicado.

7.9.2. Beneficios

- Planes de velocidad a la medida de las necesidades del cliente.
- Soporte garantizado, con disponibilidad de SLA'S.
- Entrega de conexión con equipamiento de alta gama.
- Disponibilidad de aumentos temporales, y servicios adicionales de monitoreo de red.
- Precios a la medida, acorde a su presupuesto.
- Anchos de banda desde 1Mbps hasta la necesidad del cliente, con entrega de conexión a través de fibra óptica.

7.10. Enlaces de datos

Para instituciones que desean tener conectividad a sus distintas sucursales u oficinas, a través de la red MPLS nacional del operador CLARO. Este servicio permite establecer conexión digital para la transmisión de datos entre dos o más oficinas en cualquier punto del país.

7.10.1. Beneficios

- Este servicio es ofrecido sobre una red digital, lo que permite enviar y recibir grandes volúmenes de información.

- Tarifas a la medida, acorde a las necesidades de la institución.
- Cobertura de red a nivel nacional.
- Servicios adicionales.
- Anchos de banda simétricos y estabilidad de red. precios, acorde a las necesidades de la institución.
- Enlaces desde 0,5 MB hasta 100MB de capacidad.

7.11. Aumento temporal de velocidad

Instituciones que requieren aumentar por demanda la capacidad en sus enlaces de datos, por alguna eventualidad y necesitan flexibilidad y tarifas accesibles.

7.11.1. Beneficios

- Solución, para picos de demanda del ancho de banda contratado.
- Aplicar un aumento temporal de ancho de banda, en sus enlaces de datos o Internet Empresarial, por la cantidad de días que le sea necesario.
- Cubrir eventos temporales que demanden mayor conexión, sin comprometer la renta de su servicio.
- Gestionar de manera personal y directa con un ejecutivo de cuentas.
- Tarifas proporcionales, que pueden ser en días, a la renta mensual.

7.12. Monitoreo de enlace

Para instituciones que cuentan con enlaces de datos es importante contar con una herramienta para monitorear el desempeño del servicio contratado, pues la información transmitida a través de los servicios de conectividad

contratados es de suma importancia para la institución, y es por ello que existe un costo adicional por el servicio de monitoreo de red. A través de la plataforma ORION NPM se podrán monitorear los enlaces de datos para medir el desempeño en carga de tráfico de una forma fácil, confiable, segura y en tiempo real. Esta herramienta también provee estadísticas a la medida, que le permite monitorear la productividad de la red y la disponibilidad de uso.

7.13. Administrador virtual

Si la institución requiere que los servicios contratados de su red móvil y fija como es parte de esta propuesta, de una manera efectiva, confiable, y sencilla.

7.13.1. Beneficios

- Control efectivo de consumo en telefonía móvil y fija.
- Optimización de recursos y ahorro en costos.
- Acceso a portal web de fácil uso y administración.
- Cliente administra en base a sus necesidades.
- Priorización de uso.
- Control y asignación de minutos.
- Detalle e historial de llamada.

7.13.2. Tarifas

La siguiente tabla muestra las tarifas ofrecidas por el Operador para brindar este servicio:

Tabla XXII. **Planes y costo de administrador virtual**

Estándar	<ul style="list-style-type: none"> • Consulta de detalle de llamadas en líneas • Numeración abreviada a cualquier destino • Historial de consumo de los últimos 3 meses en línea 	Q. 1,00 por número
Premium	<ul style="list-style-type: none"> • Control por destino de la llamada • Control de horario de oficina Control de días festivos / vacaciones • Opción de desvío a prepago 	Q. 2,50 por número

Fuente: Departamento de Ventas Clientes Corporativos Claro Guatemala. *Planes y costo administrador virtual*. <http://www.claro.com.gt>. Consulta: marzo de 2015.

8. FASE DE INVESTIGACIÓN: PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DESASTRES

Este capítulo tiene la finalidad de proveer del conocimiento al cuerpo docente, estudiantes y colaboradores administrativos de la Facultad de Ingeniería de la USAC, de los adecuados procedimientos de reacción ante un desastre natural cuya ocurrencia probable pudiese llegar a afectar o poner en riesgo la seguridad de quienes se encuentren en las áreas, oficinas, edificios y demás instalaciones correspondientes a la Facultad.

8.1. Definiciones y conceptos básicos

A continuación se definen algunos conceptos básicos y tecnicismos relativos a seguridad en caso de desastres:

8.1.1. Plan de contingencia

El plan de contingencia está orientado a procesos específicos y preestablecidos de movilización, alerta, coordinación y respuesta ante la manifestación de un fenómeno natural que puede ser peligroso para la institución. La finalidad de este plan es proveer una guía de acciones que se deben tomar ante una contingencia, para preservar el ambiente, así como salvaguardar la vida humana.

8.1.2. Prevención

Son todas las medidas que fueron creadas para dar resguardo o protección contra probables situaciones de desastres, siendo estas medidas legislativas y estratégicas.

8.1.3. Riesgo

Es la probabilidad de que ocurra un daño o la proximidad de un peligro en un lugar definido y en un lapso de tiempo determinado.

8.1.4. Amenazas

Una amenaza se define como el peligro que se expone, ya sea personal o la infraestructura de la Institución, esta amenaza puede ser natural o humana. Algunas de las amenazas más comunes a las que nos exponemos en el territorio nacional se encuentran:

8.1.4.1. Sismos

Las placas de la corteza terrestre siempre están sometidas a tensión muy alta, y si se supera la sujeción entre estas placas se generan movimientos violentos liberando una gran cantidad de energía a esto se le conoce como terremoto o sismo. La intensidad o fuerza de un sismo es medida en la escala de Richter, representa la energía que es liberada y es medida en forma logarítmica con un rango del 1 al 9.

8.1.4.2. Inundaciones

La inundación es el producto de cambios súbitos de los niveles de agua en la superficie terrestre, su nivel natural es sobre pasado y es cubierto partes de suelo que naturalmente no están cubiertas.

8.1.5. Desastre

Situación que se deriva de un fenómeno natural, tecnológico o humano, que afecta al deterioro de la salud, a los ecosistemas, a la sociedad o a la economía de la comunidad, y esto afecta seriamente al funcionamiento de una sociedad lo cual causa pérdidas humanas, materiales o ambientales.

8.1.6. Brigada de contingencia

Está formada por personas capacitadas que reaccionan ante la presencia de una emergencia, la cual combaten en forma preventiva o correctiva, protegiendo la integridad de las personas y la infraestructura dependiendo que tipo de desastre sea.

8.2. ¿Qué se necesita para un plan de contingencia?

Todo plan de contingencia describe de forma clara y precisa las medidas que deben tomarse estratégicamente a eventualidades que son adversas y de esta manera tener la capacidad para responder ante sus probables efectos. Para un plan de contingencia debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- Estrategias para controlar las situaciones de origen natural o antrópico.

- Riesgos que se puedan presentar en la Institución.
- Estrategias para capacitar al personal.
- Establecer comunicación con los miembros de la Institución para la asistencia y apoyo en las contingencias.
- Señalización y rutas para la evacuación.

Para la creación de un plan de contingencia hay instituciones que ofrecen pautas a considerar para preparar y ejecutar un plan, estas son la Cruz Roja Guatemalteca y la CONRED. Para esto se debe considerar:

- Identificación del plan
- Objetivos del mismo
- Cobertura geográfica
- Actividades a desarrollar

8.2.1. Diagnóstico de recursos

- Recursos humanos: es el personal de la Institución que son designados para realizar las acciones de respuesta ante posibles desastres.
- Recursos físicos: son enseres e insumos que se necesitan para realizar actividades por cualquier eventualidad que surja como: evacuación, transporte, primeros auxilios, búsqueda y rescate.
- Recurso financiero: es el financiamiento necesario para poder incurrir en los gastos que surjan durante la implementación del plan de contingencia.

8.2.2. Organización

En esta fase se debe de formar un comité el cual es el encargado de gestionar la reducción de desastres. Este debe de conformarse por brigadistas los cuales deben de auxiliar ante casos de:

- Evacuaciones
- Primeros auxilios
- Rescate y búsqueda
- Abastecimiento y suministros
- Control de incendios
- Seguridad

Y ser conscientes de la responsabilidad que conlleva cada eventualidad:

- Socorro
- Salvamento
- Evacuación de áreas de riesgo
- Refugios
- Saneamiento y promoción de la higiene
- Ubicación de los familiares de los damnificados
- Atención de albergues temporales
- Logística y transporte de heridos

8.2.3. Riesgos

La Institución que es estudiada debe de clasificar las distintas amenazas a las cuales queda expuesta de acuerdo a:

- Precedentes históricos de los desastres que ha tenido
- Identificar las amenazas y riesgos debido a la ubicación geográfica donde se encuentra la Institución
-

Se deben considerar ciertos aspectos en un análisis de riesgo, tales como:

- Grado de vulnerabilidad
- Mitigación de amenaza
- Clase de amenaza
- Impacto

8.2.4. Estrategia de respuesta

La institución debe de formular recomendaciones para atender diferentes tipos de amenazas. Las emergencias más comunes que son atendidas en cualquier tipo de institución son:

- Incendios
- Terremotos
- Inundaciones
- Primeros Auxilios
- Huracanes

Sin embargo, las estrategias serian desarrolladas y aplicadas dependiendo de los antecedentes y sus alrededores, para aplicarlas a un inmueble específico.

8.2.5. Evacuación

Un sistema de evacuación debe de abarcar principalmente vías o rutas las cuales deben ser utilizadas para evacuar a las personas durante un desastre, así como los simulacros para realizar una práctica preparativa ante la inesperada llegada de una emergencia.

8.3. Análisis situacional de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

El resultado obtenido del análisis de los riesgos y de la retroalimentación, obtenida de organizaciones que se encargan de velar por la salud y la seguridad, se detallan a continuación.

8.3.1. Instituciones guatemaltecas encargadas de regir la gestión de desastres

En la actualidad existen instituciones encargadas a la atención de desastres, tales como:

- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED)
- Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)
- Asociación Nacional de la Cruz Roja Guatemalteca
-

8.3.1.1. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED)

Es el encargado a nivel nacional de organizar, capacitar, supervisar y establecer una cultura de reducción de desastres, con acciones claras antes,

durante y después de su ocurrencia a través de la implementación de programas de organización, capacitación, educación, información, divulgación y otros que se consideren necesarios.

8.3.1.2. Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

Las funciones principales de esta institución son la prevención social y la atención médica, vela por la seguridad de la población, deterioro de la salud y brindando el sustento económico en caso de interdicción legal a los afiliados.

8.3.1.3. Asociación Nacional de la Cruz Roja Guatemalteca (CRG)

Es una entidad de servicio privado, no lucrativa y cumple con una misión humanitaria nacional e internacional. Su objetivo principal es el aliviar el sufrimiento y mejorar la vida de las personas sin ningún tipo de discriminación.

8.3.2. Legislación guatemalteca en materia de contingencia ante desastres

Esta es comprendida por reglamentos, leyes, decretos, acuerdos y manuales que regulan y velan por el buen desempeño de las labores diarias dentro de las instituciones del país.

8.3.2.1. Código de Trabajo de la República de Guatemala

El Código de Trabajo de la República de Guatemala, en su título quinto y capítulo único sobre higiene y seguridad en el trabajo, cita en los artículos 197 al 205 lo siguiente:

- Artículo 197: todo patrono está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida, la salud y la moralidad de los trabajadores. Para este efecto debe proceder, dentro del plazo que determine la Inspección General de Trabajo y de acuerdo con el reglamento o reglamentos de este capítulo, a introducir por su cuenta todas las medidas de higiene y de seguridad en los lugares de trabajo que sirvan para dar cumplimiento a la obligación anterior.
- Artículo 198: todo patrono está obligado a acatar y hacer cumplir las medidas que indique el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social con el fin de prevenir el acaecimiento de accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales.
- Artículo 199: los trabajos a domicilio o de familia quedan sometidos a las disposiciones de los artículos anteriores, pero las respectivas obligaciones recaen, según el caso, sobre los trabajadores o sobre el jefe de familia. Trabajo de familia es el que se ejecuta por los cónyuges, los que viven como tales o sus ascendientes y descendientes, en beneficio común y en el lugar donde ellos habiten.
- Artículo 200: se prohíbe a los patronos de empresas industriales o comerciales permitir que sus trabajadores, duerman o coman en los propios lugares donde se ejecuta el trabajo. Para una u otra cosa aquellos deben habilitar locales especiales.

- Artículo 201: son labores, instalaciones o industrias insalubres las que por su propia naturaleza puedan originar condiciones capaces de amenazar o de dañar la salud de sus trabajadores, o debido a los materiales empleados, elaborados o desprendidos, o a los residuos sólidos, líquidos o gaseosos. Son labores, instalaciones o industrias peligrosas las que dañen o puedan dañar de modo inmediato y grave la vida de los trabajadores, sea por su propia naturaleza o por los materiales empleados, elaborados o desprendidos, o a los residuos sólidos, líquidos o gaseosos; o por el almacenamiento de sustancias tóxicas, corrosivas, inflamables o explosivas, en cualquier forma que éste se haga. El reglamento debe determinar cuáles trabajos son insalubres, cuáles son peligrosos, las sustancias cuya elaboración se prohíbe, se restringe o se somete a ciertos requisitos y, en general, todas las normas a que deben sujetarse estas actividades.
- Artículo 202: el peso de los sacos que contengan cualquier clase de productos o mercaderías destinados a ser transportados o cargados por una sola persona se determinará en el reglamento respectivo tomando en cuenta factores tales como la edad, sexo y condiciones físicas del trabajador.
- Artículo 203: todos los trabajadores que se ocupen en el manipuleo, fabricación o expendio de productos alimenticios para el consumo público, deben proveerse cada mes de un certificado médico que acredite que no padecen de enfermedades infecto-contagiosas o capaces de inhabilitarlos para el desempeño de su oficio. A este certificado médico es aplicable lo dispuesto en el artículo 163.
- Artículo 204: todas las autoridades de trabajo y sanitarias deben colaborar a fin de obtener el adecuado cumplimiento de las disposiciones de este capítulo y de sus reglamentos. Estos últimos deben ser dictados por el Organismo Ejecutivo, mediante acuerdos emitidos por conducto

del Ministerio de Trabajo y Previsión Social, y en el caso del artículo 198, por el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

- Artículo 205: los trabajadores agrícolas tienen derecho a habitaciones que reúnan las condiciones higiénicas que fijen los reglamentos de salubridad.

8.3.2.2. Ley y Reglamento de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED)

Ley 109-96 y Acuerdo Gubernativo 443-2000: el objeto de esta ley es “crear la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres Naturales o Provocados, con el propósito de prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción por los daños derivados de los efectos de los desastres, que en el texto de la ley se denominará Coordinadora Nacional.

- Artículo 3. Finalidades. La Coordinadora Nacional tendrá como finalidades las siguientes:
 - Establecer los mecanismos, procedimientos y normas que propicien la reducción de desastres, a través de la coordinación interinstitucional en todo el territorio nacional.
 - Organizar, capacitar y supervisar a nivel nacional, regional, departamental, municipal y local a las comunidades, para establecer una cultura en reducción de desastres, con acciones claras antes, durante y después de su ocurrencia, a través de la implementación de programas de organización, capacitación, educación, información, divulgación y otros que se consideren necesarios.

- Implementar en las instituciones públicas su organización, políticas y acciones para mejorar la capacidad de su coordinación interinstitucional en las áreas afines a la reducción de desastres de su conocimiento y competencia e instar a las privadas a perseguir idénticos fines.
- Elaborar planes de emergencia de acuerdo a la ocurrencia y presencia de fenómenos naturales o provocados y su incidencia en el territorio nacional.
- Elaborar planes y estrategias en forma coordinada con las instituciones responsables para garantizar el restablecimiento y la calidad de los servicios públicos y líneas vitales en casos de desastres.
- Impulsar y coadyuvar al desarrollo de los estudios multidisciplinarios, científicos, técnicos y operativos sobre la amenaza, vulnerabilidad y riesgo para la reducción de los efectos de los desastres, con la participación de las Universidades, instituciones y personas de reconocido prestigio.
- La Junta Ejecutiva podrá: declarar de alto riesgo cualquier región o sector del país con base en estudios y evaluación científica y técnica de vulnerabilidad y riesgo para el bienestar de vida individual o colectiva. No podrá desarrollarse ni apoyarse ningún tipo de proyecto público ni privado en el sector, hasta que la declaratoria sea emitida en base a dictámenes técnicos y científicos de que la amenaza u ocurrencia ha desaparecido.
- Elaborar el reglamento de la presente ley.
- Artículo 4. Obligación de colaborar. Para los efectos de la presente ley, todos los ciudadanos están obligados a colaborar, salvo impedimento debidamente comprobado. Los Organismos del Estado, las entidades autónomas y descentralizadas de éste y en general los funcionarios y

autoridades de la administración pública, quedan obligados a participar en todas aquellas acciones que se anticipen a la ocurrencia de los desastres. Las personas naturales o jurídicas, entidades particulares y de servicio lo realizarán conforme su competencia y especialidad. En el proceso de atención de los efectos de los desastres, todas las instituciones antes indicadas deben prestar la colaboración que de acuerdo con esta ley les sea requerida.

- Artículo 5. Marco legal. La Coordinadora Nacional, el Consejo Nacional, la Junta Ejecutiva, la Secretaría Ejecutiva y las coordinadoras regionales, departamentales, municipales y locales, dentro de sus funciones en el proceso de reducción de desastres antes, durante y después, se regirán por esta ley y su reglamento, en el cual se normarán todas sus actividades, funciones, atribuciones y deberes.

8.3.3. Emergencias que ocurrieron en la institución en los últimos años

La institución que se evalúa y es sujeta a estudios, es la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería en la cual se investigó sobre alguna emergencia suscitada en los últimos años.

La investigación revela que no se ha tenido ninguna emergencia seria a lo largo de diez años, no han existido registros de huracanes, sismos u otra amenaza. Lo único que se encontró fue que en el edificio del T1 al tener lluvias prolongadas acumula un nivel alto de agua, provocando incomodidad al recorrer las áreas cercanas a la Escuela.

Debido a que no han ocurrido amenazas recientemente y las que se tienen identificadas son muy antiguas como el terremoto de 1976 y el huracán

Mitch en 1998, se tomaran como referencia para la Escuela de Mecánica Eléctrica.

8.4. Diseño de plan de contingencia ante desastres de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Debido a la posibilidad de que ocurra algún desastre es que se propone la implementación de un plan de contingencia, todo esto es elaborado con lineamientos proporcionados por la CONRED, aplicados a la Escuela de Mecánica Eléctrica, para reducir y facilitar la resolución de problemas y reducción de accidentes, de haberlos dentro de las instalaciones.

8.4.1. Información general

- Institución: Escuela de Mecánica Eléctrica
- Dirección: Ciudad Universitaria, zona 12 edificio T1 nivel 3
- Teléfono:
- Número de Estudiantes: 5900 aproximadamente
- Horario de trabajo en la institución: 8:00 a 21:00
- Años de construido el edificio: 38 años
- Material predominante en la construcción: está construido de concreto en lo que corresponde a paredes y techo, las puertas son de madera que se abren hacia adentro. El interior de la Escuela tiene piso cerámico y el del exterior es de granito, así como la baranda que circula el corredor hacia el patio central, las gradas también están hechas de granito y barandas de metal con pasamanos de madera.

8.4.2. Composición de brigadas de contingencia

Las brigadas de contingencia son los grupos de personas que se organizan y capacitan para reaccionar ante una emergencia y serán los responsables de combatirlas, están orientados a la protección de las personas que se encuentran en la institución, así como sus bienes y el entorno de los mismos. Las brigadas deben estar conformadas por docentes, administrativos, estudiantes o personal contratado para realizar estas actividades. No hay un máximo de brigadistas establecido, pero si deben ser como mínimo dos personas en caso de un incendio, comúnmente las brigadas están conformadas por tres personas pero siempre dirigidas por un coordinador de brigada. Según sea la emergencia que se presente en la Escuela de Mecánica Eléctrica, los brigadistas se pueden tomar diferentes funciones las cuales pueden ser:

- Primeros auxilios
- Evacuación
- Rescate
- Abastecimiento y suministros
- Control de incendios

8.4.2.1. Selección del personal para formar las brigadas

No existe ningún protocolo o patrón a seguir para la selección de brigadistas, pero si debemos tomar en cuenta ciertas características que deben poseer los aspirantes, se hace mención a algunas:

- Ser colaborador
- Disposición para participar como brigadista

- Salud física y mental
- Liderazgo
- Conocimientos en seguridad
- Optimista y dinámico
- Habilidad para resolver problemas bajo presión
- Vocación de servicio

8.4.2.2. Responsabilidades de los brigadistas

Son muchas las funciones que deben realizar los brigadistas, pero aquí se describen algunas de estas:

- Al momento de que ocurra alguna emergencia en la Escuela de Mecánica Eléctrica, el brigadista es el encargado de mantener la calma en las personas.
- Colaborar con los cuerpos de seguridad, como bomberos, paramédicos, etc.
- Ser el medio para alarmar a las personas de la Escuela, para que estén atentas al momento de presentarse una emergencia o desastre.
- Minimizar los daños que puede causar una emergencia o desastre a las personas que se encuentran en la Escuela de Mecánica Eléctrica.
- Estar atento para auxiliar a los miembros de otras brigadas de contingencia, y de ser necesario suplantarlos.
- Ayudar para que pueda ser creada una cultura de prevención de accidentes dentro de la Escuela de Mecánica Eléctrica.
- Estar pendiente en revisar periódicamente botiquines y medicamentos, para conservarlos en buen estado, solicitar reposición de medicamentos utilizados y que estén dentro del tiempo de caducidad.

- Examinar la carga de los tableros eléctricos, para que no se encuentre sobrecargada y que no exista material inflamable dentro de la Escuela de Mecánica Eléctrica.
- Garantizar que el equipo contra incendios este colocado en lugares de fácil acceso y que no tenga obstáculos que impidan su utilización.
- Implantar, colocar y conservar las señalizaciones de evacuación, de extintores, de puntos de reunión, botiquines ubicados en la Escuela de Mecánica Eléctrica.
- Velar que la ruta de evacuación se encuentre libre de obstáculos para que las personas puedan ser llevadas a las zonas seguras o puntos de reunión.
- Mantener la realización periódica de simulacros de emergencias por lo menos 2 por año.
- Tener el conocimiento del uso de extintores y mangueras para mitigar un incendio.

8.4.3. Riesgos a los que se expone la Escuela de Mecánica Eléctrica

De acuerdo a la CONRED y en acuerdo a recomendaciones dadas por dicha institución, se catalogan los riesgos a los que se puede enfrentar la Escuela de Mecánica Eléctrica:

8.4.3.1. Sismo

Es alta la vulnerabilidad ante este tipo de desastres debido a la zona geográfica en que se encuentra la Escuela de Mecánica Eléctrica y porque no cuenta con ningún mecanismo para poder hacerle frente a este tipo de desastre. Un desastre de este tipo puede causar una destrucción parcial o total

en el edificio así como la pérdida de vidas humanas. Como primer paso para evitar una tragedia de esta magnitud, se debe desarrollar un sistema de respuesta que ayude a minimizar las pérdidas humanas.

8.4.3.2. Inundación

Como en el anterior tampoco se posee un sistema de respuesta ante esta situación, la vulnerabilidad a la que se enfrenta la Escuela de Mecánica Eléctrica es de nivel medio, pudiendo causar lesiones, pérdida de mobiliario, pérdida de equipo de computación y papelería importante que se encuentra archivada.

8.4.3.3. Incendio

La Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica es vulnerable a este tipo de amenaza debido a la acumulación de papelería que es archivada. No se cuenta con rutas de evacuación que estén señalizadas ni equipo contra incendios. Para poder evitar cualquier tragedia se deben de cumplir con ciertos lineamientos.

8.4.4. Sistema de evacuación

El sistema que podría ser utilizado en la Escuela de Mecánica Eléctrica, será dividido en dos fases que son la ruta de evacuación y los simulacros que serán atendidos por el personal que conforma la Escuela.

8.4.4.1. Rutas

Todos los involucrados en ejecutar el plan de contingencia deben ser capacitados y sensibilizados sobre la ruta de evacuación, para que se pueda

lograr que se apeguen al plan de forma adecuada y llevar la evacuación de la mejor manera con la finalidad de alcanzar el máximo resguardo del personal de la Escuela, así como la infraestructura del edificio.

Las principales indicaciones que se deben seguir al momento de una evacuación son:

- La distancia que debe de recorrerse del punto más remoto del interior de la Escuela a una salida no debe exceder 40 metros, siendo el caso de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica pues es menor al límite expuesto.
- Se debe resaltar que si fuera el caso de que el trayecto excede los 40 metros, el tiempo límite para realizar la evacuación del personal y llegar al punto de reunión establecido debe ser de 3 minutos.
- Las puertas de las salidas al momento de una evacuación deben abrirse hacia afuera en dirección a la salida, el módulo de cierre debe poder abrirse desde adentro de forma sencilla, la Escuela de Mecánica Eléctrica no posee este tipo de puertas por lo que queda como recomendación para que en un futuro puedan rediseñarlas.
- Así mismo estas puertas deben estar libres de cualquier obstáculo, seguro o con algún candado durante el periodo de desempeño laboral.

8.4.4.2. Simulacros

Es un procedimiento que debe ser llevado a cabo a través de la capacitación brindada por la brigada para que el simulacro sea realizado de forma correcta, para ello es necesario que se incluya lo siguiente:

- Iniciar la alarma de emergencia en la Escuela.

- Al escuchar el sonido de la alarma, todo el personal debe de evacuar sus puestos de trabajo, así como las demás áreas ocupadas solicitando que en forma ordenada abandonen el edificio por la ruta de escape que debe ser establecida.
- Asegurarse que ninguna persona se quede dentro de las instalaciones de la Escuela, a excepción de los brigadistas.
- Mientras se desarrolla el simulacro, se debe tener vigilado el comportamiento de los involucrados y verificar que se realicen de manera correcta, es recomendado tomar tiempos de respuesta, la reacción que tienen las personas y acciones que deben ser corregidas en futuros simulacros.
- El encargado de coordinar el simulacro o el jefe de brigada debe de dar a conocer a los participantes que la actividad deberá de tardar un máximo de 3 minutos y que constantemente se estará tratando de reducir este tiempo.

En conclusión los pasos que deben de seguir al momento de ejecutarse un simulacro son:

- Planificación del simulacro con preaviso e imprevistos
- Inicio del simulacro
- Activar la alarma
- Valoración de las emergencias
- Actuación
- Evaluación de la situación
- Evacuación
- Recuento del personal
- Llegada de equipos profesionales
- Fin de la emergencia

- Evaluación de la emergencia
- Mejoras que deben tomarse en futuros simulacros
- Difusión e implementación

CONCLUSIONES

1. Durante el desarrollo de esta investigación, se fue observando la amplitud que conlleva estudiar la convergencia de redes, pues se supone que la convergencia solamente está orientada a la convergencia tecnológica, y que su estudio únicamente ayudará a entender la convergencia tecnológica reflejada en los servicios multimedia, el Internet y las telecomunicaciones. Sin embargo, a medida que se avanza en la investigación, la convergencia va transformándose y expandiéndose, abarcando perspectivas sociales, económicas y hasta jurídicas.
2. La implementación de una red convergente facilitará la futura adición de soluciones, tales como voz sobre IP, centros de contactos virtuales, mensajería unificada, *e-learning*, *TV Broadcast* y demás, a la vez que ahorrará costos de instalación y administración de los mismos.
3. El crecimiento y evolución de los servicios fijo-móvil es evidente para la atracción de nuevos servicios y la transformación de los servicios de datos, y obliga a los diferentes operadores a que puedan ofrecer más variedad de servicios, así como a obtener un servicio más alineado con las necesidades del usuario final.
4. El análisis de la red LAN, así como de la red wifi, da como resultado la localización de los puntos débiles de las redes en la Facultad de Ingeniería, pudiendo recomendar cuáles son los equipos que deben ser instalados y garantizar que la red estará lista para actualizarla, o que sea utilizada para futuras integraciones a nuevas tecnologías.

5. Con ayuda del estudio de RF a través del *walking test* realizado en los edificios T1, T3 y T4, se observaron los problemas de cobertura 3G que se tienen en la Facultad de Ingeniería. El problema más grande se genera en horas pico, pues al tener demasiados estudiantes tratando de generar una llamada o estableciendo una sesión de datos, se afecta directamente la disponibilidad de recursos, dando como resultado tonos de red ocupada, lentitud en la navegación, posible caída de llamadas, o que la experiencia de usuario no sea la esperada o necesaria. De ahí surge la necesidad de implementación de un nuevo sitio de celda para resolver este problema, aprovechando la tecnología que se tiene y evitando la contaminación visual de una torre. Por ello se propone una mimetizada, la cual funcionará como un centro de carga de computadoras y teléfonos celulares, funcionando con un sistema de energía solar, dando beneficio a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería y al medio ambiente.

6. Respecto al estudio de instalación del sistema de VoIP en la Facultad de Ingeniería, se llegó a la determinación de que la realización de este sistema es factible, ya que el beneficio de tener comunicada de una mejor forma a la Facultad de Ingeniería será el bajo costo de instalación debido a la utilización de la infraestructura actual. Será de mucha utilidad debido a la diversidad de servicios posibles que podrán ser utilizados, como por ejemplo tener reuniones sin salir de la oficina gracias a las video llamadas.

7. Un servidor Elastix, utilizado para un sistema de VoIP, favorece en el bajo costo de los equipos, los tiempos necesarios de implementación y el costo de operación.

RECOMENDACIONES

1. Con el estudio, análisis de costos y retorno de inversión realizados en la mejora de cobertura 3G para la Facultad de Ingeniería, debe solicitarse a la empresa operadora recomendada que gestione la instalación del equipo para la mejora de los servicios de telefonía móvil, y que adicionalmente sea la responsable de la operación y mantenimiento de la estación de carga, para que la Facultad no tenga responsabilidad de contratar a alguna empresa externa para su implementación y operación, y así poder garantizar que este servicio esté a disposición de los estudiantes, catedráticos y personal administrativo.
2. El equipo sugerido a utilizar para la modernización y mejora en las redes LAN y wifi para la Facultad de Ingeniería debe ser de alta calidad y actualizado, tomando en cuenta lo descrito en el análisis elaborado de estas redes, para que sean las que mejor se adapten y las más capaces de soportar futuras ampliaciones. Debe tratarse de un equipo con tiempo de vida operativo suficiente para poder soportar las necesidades propias de la Facultad.
3. Al momento de la implementación de los equipos wifi es importante tomar en cuenta que este quede en lugares óptimos, libres de humedad, poniendo mayor atención al aislamiento de los conectores de las antenas y de los puntos de red. Es de suma importancia verificar que todos los equipos estén debidamente aterrizados para evitar daño de los mismos por alguna descarga eléctrica o variación de voltaje.

4. Para el servicio de Internet deben tomarse en cuenta datos estadísticos y/o mediciones como el número promedio y máximo de usuarios que se conectan, para identificar las horas y días de mayor congestión y así regular el uso y ancho de banda, para aprovechar al máximo el enlace de Internet y que la experiencia del usuario sea satisfactoria.

5. Para la red de VoIP no debe olvidarse la importancia del uso del *appliance* y de no instalar un PBX, debido a la diversidad de servicios y unificación de los mismos, con el objetivo de tener todo en un solo equipo y de contar con tecnología para el servicio de telefonía. Debe pensarse en adquirir la instalación y servicios de los equipos a cualquier empresa certificada para el servicio y soporte de esta tecnología, pues el presente estudio de implementación de red sobre IP fue realizado con base en la tecnología VoIP y no sobre una empresa u operador específico para su implementación. De esta manera se garantiza la mínima cantidad de fallas, teniendo un sistema estable que brinda los servicios necesarios para la comunicación interna y externa de la Facultad de Ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

1. *AsteriskDigium Tdm410 (fxs/fxo)*. [en línea]. <[www. articulo.mercadolibre. com.mx/MLM-550627895-asterisk-digium-tdm410-fxsfxo-de-1-a-4-modulos-nuevas-_JM](http://www.mercadolibre.com.mx/MLM-550627895-asterisk-digium-tdm410-fxsfxo-de-1-a-4-modulos-nuevas-_JM)> [Consulta: febrero de 2015].
2. BENÍTEZ ALMEIDA, Daniela Mercedes. *Análisis e implementación de una red convergente para la empresa “Laboratorios René Chardón”*. Trabajo de Graduación de Ingeniería en Sistemas, Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, 2013. 182p.
3. BORJA SERRA, Escario. *Estudio, parametrización y desarrollo de herramientas para el diseño de redes de telefonía móvil*. Trabajo de graduación, Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, especialidad en Telemática. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad Rovira I Virgili, 2007. 183p.
4. CAIZA BARRERA, Mónica Gabriela. *Diseño de una red convergente para brindar una solución de voz y datos de Laboratorios Life a Nivel Nacional*. Trabajo de Graduación de Ingeniería Electrónica y Redes de la Información. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador, 2011. 176p.
5. *Canalización según estándar 802.11*. [en línea]. <[www.netacad.com /es/group/landing/v2/learn/](http://www.netacad.com/es/group/landing/v2/learn/)> [Consulta: febrero de 2015].

6. *Capa de enlace de OSI.* [en línea]. <http://fitorec.github.io/ieso/admin_funcion_informatica/enlace-de-datos2.png> [Consulta: marzo de 2015].
7. *Capa de transporte de OSI.* [en línea]. <<http://elblogdejuandavidcq.blogspot.com/p/capas-de-modelo-osi.html>> [Consulta: marzo de 2015].
8. *Capas de protocolo TCP/IP.* [en línea]. <<http://www.textoscientificos.com/imagenes/redes/tcp-ip-osi.gif>> [Consulta: marzo de 2015].
9. CASTILLO CAIZA, Juan Felipe. *Estudio, análisis y diseño de una solución de telefonía basada en tecnología de Voip para la agencia Ejido del Banco Universal, S.A., y su integración con las principales agencias.* Trabajo de Graduación de Ingeniería en Sistemas, Universidad Politécnica Salesiana de Quito, Ecuador, 2011. 230p
10. CELI TOAPANTA, Byron Rafael. *Análisis de las incidencias, tendencias y perspectivas tecnológicas y de mercado que inducen a la convergencia fijo-móvil y sus implicaciones en el ámbito regulador de las telecomunicaciones.* Trabajo de Graduación de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, 2007. 174p.
11. CHIMBO RODRÍGUEZ, Maritza Cecibel. *Análisis propuesta de evolución de redes 3G y su convergencia a la tecnología 4G para redes de telefonía móvil.* Trabajo de Graduación de Ingeniería en

Sistemas, Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, Ecuador, 2012. 173p.

12. CISCO, CCNA. *Exploration 4.0*. [en línea]. <<https://conalepdalia.files.wordpress.com/2013/09/ccna-exploration-4-0.pdf>> [Consulta: enero de 2015].
13. *Claro Empresas*. [en línea]. <<http://www.claro.com.gt>> [Consulta: abril de 2015].
14. *Convergencia de redes IP*. [en línea]. <http://convergenciaderedes.blogspot.com/2010_04_01_archive.html> [Consulta: marzo de 2015].
15. *Convergencia Fijo Móvil (FMC)*. [en línea]. <<http://es.slideshare.net/mundocontact/9-d-echauri>> [Consulta: febrero de 2015].
16. *Convergencia tecnológica*. [en línea]. <<http://convergencia-tecnologica-johana.blogspot.com/>> [Consulta: febrero de 2015].
17. *Convergencia, un concepto integrador de los servicios de la información*. [en línea]. <<http://es.slideshare.net/xcoloquio/convergencia-un-concepto-integrador-y-transformador-de-los-servicios-de-informacion>> [Consulta: febrero de 2015.]
18. CRUZ ÁVILA, Napoleón Antonio. *Administración de operación, ampliación y mantenimiento de la red de telecomunicaciones de servicios integrados de la Universidad de San Carlos de*

Guatemala. Trabajo de Graduación de Ingeniería Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. 205p.

19. *Curso CCNA 1*. [en línea]. <<https://sites.google.com/site/cursoenlineaccna1/unidad-1-la/1-1-la-comunicacion-en-un-mundo-centrado-en-la-red/1-1-1-redes-que-respaldan-la-forma-en-que-vivimos>> [Consulta: marzo de 2015].
20. *Datos técnicos por tipo de códec*. [en línea]. <<https://www.sinologic.net/blog/tag/codec>> [Consulta: febrero de 2015].
21. Departamento de Ventas Clientes Corporativos Claro Guatemala. *Costo planes*. [en línea]. <<http://www.claro.com.gt>> [Consulta: marzo de 2015].
22. *El Modelo OSI y los protocolos de Red*. [en línea]. <http://blyx.com/public/docs/pila_OSI.pdf> [Consulta: abril de 2015].
23. *Elementos de una red de datos*. [en línea]. <<http://es.slideshare.net/MaePadilla/elementos-de-una-red-de-datos>> [Consulta: marzo de 2015].
24. *Enrutador wifi*. [en línea]. <www.netacad.com/es/group/landing/v2/learn/> [Consulta: febrero de 2015].
25. *Escuela Superior de Ingenieros – Universidad de Sevilla. e- Reding. Conceptos UMTS*. [en línea]. <<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12065/fichero/2+Conceptos+UMTS.pdf>> [Consulta: abril de 2015].

26. *Estándares IEEE 802.11*. [en línea]. <www.netacad.com/es/group/landing/v2/learn/> [Consulta: febrero de 2015].
27. *Evolución de terminales móviles*. [en línea]. <<http://www.rememes.com/meme/evolucion-telefonos-moviles>> [Consulta: marzo de 2015].
28. *Hotspot wifi*. [en línea]. <www.netacad.com/es/group/landing/v2/learn/> [Consulta: febrero de 2015].
29. HUERTAS, Antonio. *Aspectos básicos de redes*. [en línea]. <<http://slideplayer.es/slide/1793127/>>. [Consulta: marzo de 2015].
30. *Internet, convergencia y la transformación de las telcos*. [en línea]. <<http://es.slideshare.net/glutzky/internet-convergencia-y-la-transformacin-de-las-telcos>> [Consulta: febrero de 2015].
31. *Introducción de WCDMA para UMTS*. [en línea]. <catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/fajardo_p_d/capitulo2.pdf> [Consulta: marzo de 2015].
32. MARTINEZ LEON, Juan Antonio. *Diseño y Configuración de un Sistema de VoIP Para la ETSIT de la Universidad Politécnica de Cartagena*. Trabajo de Graduación de Ingeniería en Telecomunicaciones. Universidad Politécnica de Cartagena, 2006. 145p.
33. *Medios de red más comunes*. [en línea]. <<http://bvdv.blogspot.com/2015/05/medios-de-transmision.html>> [Consulta: marzo de 2015].

34. MEDRANO MORALES, Fredy Javier. *Autoevaluación de la Maestría en Gestión Industrial de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, considerando el Modelo ACAP (Agencia Centroamericana de la Acreditación de Postgrado)*. Trabajo de Graduación de Ingeniería Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 177p.
35. MORALES PELLECCER, José Rafael Antonio. *Programa de mantenimiento de los servicios sanitarios de la Facultad de Ingeniería*. Trabajo de Graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 81p.
36. PAREDES GRIGNON, Gerardo Manuel. *Consideraciones de diseño para el despliegue de una red inalámbrica para la Facultad de Ingeniería*. Trabajo de Graduación de Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 199 p.
37. PEÑA ZAMUDIO, Paulina Natalia. *Estudio de arquitecturas para la convergencia de telefonía fija-móvil*. Trabajo de Graduación de Ingeniería Civil Electricista. Universidad de Chile, 2007. 192p.
38. Pila de protocolo TCP/IP. Elaboración propia con base en: *Pila de protocolo TCP/IP*. [en línea]. <https://christiansotelo.files.wordpress.com/2010/04/tcp_ip_frente_a_iso.png> [Consulta: marzo de 2015].

39. *PREZI, Telefonía VoIP.* [en línea]. <<https://prezi.com/noorrxrszzyt/telefonía-voip/>> [Consulta: abril de 2015].
40. *¿Qué significan los términos FXS y FXO?* [en línea]. <www.3cx.es/voip-sip/fxs-fxo/> [Consulta: febrero de 2015].
41. QUIZA MONTEALEGRE, Jhon Jair. *Tesis Modelo de Red para la Provisión de Servicios Convergentes por Parte de Operadores Actuales de Telefonía Fija y/o Móvil.* Trabajo de Graduación. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Maestría en Ingeniería-Telecomunicaciones, Bogotá 2010.
42. *Red convergente.* [en línea]. <www.netacad.com/es/group/landing/v2/learn/> [Consulta: febrero de 2015].
43. *Red de área local.* [en línea]. <<http://ciscobgl.blogspot.com/p/lanred-de-area-local-wanred-area-amplia.html>> [Consulta: marzo de 2015].
44. *Red VPN.* [en línea]. <<http://www.welivesecurity.com/la-es/2012/09/10/vpn-funcionamiento-privacidad-informacion/>> [Consulta: marzo de 2015].
45. *Red wifi.* [en línea]. <<http://www.pcworld.com.mx/Articulos/21840.html>> [Consulta: marzo de 2015].
46. *Redes 3G.* [en línea]. <https://www.123rf.com/photo_31946449_reactive-abstract-3g-digital-cellular-telecommunication-technology-

and-wireless-connection-business-.html.> [Consulta: marzo de 2015].

47. *Redes convergentes*. [en línea]. <<http://networkingxxi.blogspot.com>.> [Consulta: marzo de 2015].
48. *Redes de área amplia*. [en línea]. <<http://ciscobgl.blogspot.com/p/lanred-de-area-local-wanred-area-amplia.html>.> [Consulta: marzo de 2015].
49. *Redes WLAN*. [en línea]. <<http://www.ingenieriasystems.com/2013/09/Red-de-area-Local-Inalambrica-WLAN-Parte-1-de-3.html>.> [Consulta: marzo de 2015].
50. *RODRIGUEZ REYES, Carlos Daniel. Telefonía VoIP*. [en línea]. <<http://es.slideshare.net/kio89/voip-7540560>.> [Consulta: abril de 2015].
51. SALAZAR MOLINA, Diego Javier. *Diseño e implementación de un sistema de comunicación en tiempo real basado en Voip para la "Secretaría Nacional de Transparencia de Gestión"*. Trabajo de Graduación Ingeniería en Sistemas. Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, 2012. 206p.
52. *Señal en medio físico*. [en línea]. <http://1.bp.blogspot.com/_RZmcTTD4hcA/TDwe1l3ML5I/AAAAAA AACg/qb6ef1sTZuA/s1600/patrones+fisicos.png.> [Consulta: marzo de 2015].

53. *Servidor de comunicaciones*. [en línea]. <upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8373/Memoria%20PFC%20%20Erika%20Soler.pdf> [Consulta: febrero de 2015].
54. *Softphones*. [en línea]. <<http://www.globalassetsupport.com/unified-communications/solutions/softphones/>> [Consulta: febrero de 2015].
55. SOLER PALACIN, Ericka. *Diseño e implementación de una Solución de VoIP*. Trabajo de Graduación de Ingeniería en Sistemas. Universitat Politecnica de Catalunya Barcelona, España, 2012. 140p.
56. *Taller de Infraestructura comunitaria de comunicaciones*. [en línea]. <<http://es.slideshare.net/davidreautho/taller-infraestructura-comunitaria-de-comunicaciones-sesion-i>> [Consulta: marzo de 2015].
57. *Teléfono IP*. [en línea]. <<http://www.nivo.co.za/#home>> [Consulta: febrero de 2015].
58. Tipos, velocidades y distancia de diversos cables de redes. Elaboración propia, con base en: *Cables de redes*. [en línea]. <http://3.bp.blogspot.com/-rTu09iM3y_8/TxB2VWYF0_I/AAAAAAAAABw/LGbhKjr8rUI/s640/img4.png> [Consulta: marzo de 2015].

59. *Topologías de red*. [en línea]. <<http://itzamarazambrano.blogspot.com/2013/06/red-lan-topologia-proyecto-de-cafe.html>> [Consulta: marzo de 2015].
60. *VOIP*. [en línea]. <<http://www.bonuscom.com.ar/esp/images/Diagramas%20de%20funcionamiento%20de%20equipos%20Voip.pdf>> [Consulta: abril de 2015].
61. *VPN empresarial*. [en línea]. <www.claro.com.gt> [Consulta: marzo de 2015].