

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INTERCONEXIÓN INALÁMBRICA PARA
PROVEER SERVICIOS DE TELEMEDICINA EN CENTROS Y PUESTOS DE
SALUD EN UNA ZONA RURAL DE CUNDINAMARCA**

JENNIFER ALEXANDRA MÉNDEZ RANGEL
SANDRA MILENA PALMA ROMERO

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.-COLOMBIA
2009

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INTERCONEXIÓN INALÁMBRICA PARA
PROVEER SERVICIOS DE TELEMEDICINA EN CENTROS Y PUESTOS DE
SALUD EN UNA ZONA RURAL DE CUNDINAMARCA**

JENNIFER ALEXANDRA MÉNDEZ RANGEL
SANDRA MILENA PALMA ROMERO

Proyecto de Grado como requisito para optar
al título de Ingeniero de Telecomunicaciones

ASESOR
M.Sc. Ing. Carlos Andrés Lozano Garzón

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.-COLOMBIA
2009

Nota de Aceptación:

Firma del Jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C., 28 de mayo 2009

Gracias a Dios por permitirme vivir con ángeles que todo el tiempo han cuidado de mi, han estado allí en los momentos más importantes de mi vida, que sin importar nada han entregado pedacito a pedacito todo de sí para permitir que mis sueños se vuelvan realidad.

A los ángeles de mi vida, Lucas Méndez; mi papi, Alicia Rangel; mi mami, Catherine Méndez y Paula Méndez; mis hermanitas. A ellos les dedico este proyecto, todo el esfuerzo fue por ellos, porque los amo con todo mi corazón.

Jennifer Alexandra Méndez Rangel

Doy gracias a Dios en el nombre de Jesús y dedico este gran esfuerzo a mis padres Luis Antonio Palma y Margarita Romero, a mi hermana Margarita Palma, a mi hermano José Romero y a mis sobrinos Hasolin y María Fernanda.

Sandra Milena Palma Romero

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a aquellas personas que contribuyeron al desarrollo de este proyecto, entre ellos:

A nuestros padres, Lucas Méndez y Alicia Rangel, Luis Antonio Palma y Margarita Romero, quienes desde el comienzo de la carrera nos brindaron su apoyo incondicional para llegar al final de esta etapa académica.

A Abelardo Alvarez—Ingeniero de Sonido y Director de Proyectos AMG—, por su valioso aporte de conocimientos y experiencia en el desarrollo de la investigación del proyecto.

A Alex Duarte y Margarita Palma—Asesor Metodológico y Enfermera Profesional—, por la asesoría metodológica en el trabajo de investigación y contribución desde el campo de la salud.

A Ana Calle —Profesional en Estudios Literarios y Asistente editorial de la Revista Palimpsestvs, Universidad Nacional de Colombia—, por la asesoría que nos brindó a partir de su experiencia en la escritura de documentos y corrección de estilo.

A Carlos Jaramillo—Ingeniero de Sistemas y Funcionario del E.S.E Hospital Nazareth—, por permitirnos conocer el proyecto de telesalud implementado en la UPA San Juan de Sumapaz.

A Carlos Lozano —M.Sc., Ingeniero de Sistemas y Coordinador de Investigación de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá—, por la guía y asesoría a lo largo del proyecto, por su constante dedicación e interés en culminar el proyecto con un resultado satisfactorio que contribuyera a la sociedad.

A Cesar Vilorio —Ingeniero Electrónico e Investigador Grupo de Telecomunicaciones y Señales de la Universidad del Norte—, por permitirnos acceder a una licencia de la herramienta de simulación OPNET Modeler.

A la E.S.E Hospital Nazareth, por permitirnos tener un acercamiento real con la institución y su proyecto de telesalud.

A la E.S.E Hospital el Salvador, por permitirnos ofrecerles una solución tecnológica a sus necesidades, por facilitarnos información y por permitirnos ingresar a cada uno de los centros de salud con el fin de interactuar con los funcionarios y conocer la infraestructura.

A Gustavo Quiroga —Ingeniero Civil y Docente de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá—, por sus valiosos conocimientos en diseño de radioenlaces que fueron de gran ayuda para la orientación y desarrollo del proyecto.

A Hugo Malaver —M.Sc. Ingeniero de Sistemas y Docente de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá—, por las asesorías brindadas para la estructuración del desarrollo ingenieril del proyecto.

A Jorge Potes —Ingeniero Electrónico y Gerente de Cuentas Corporativas INSITEL—, por asesorarnos en el mercado de equipos de telecomunicaciones y guiarnos en el uso de la herramienta Radio Mobile.

A Martha Gregory —Directora del programa de Trabajo Social de la Universidad Externado de Colombia—, por su gran apoyo en la búsqueda de personas que estuvieran involucradas en el campo de la salud y fueran de ayuda para el desarrollo del proyecto.

A Mauricio Marulanda —Gerente Hospital el Salvador Ubaté—, por su interés en el proyecto, brindando información y facilitando el acceso a cada uno de los centros de salud que componen la red hospitalaria.

A Patricia Carreño —Comunicadora Social y Docente de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá—, por su interés y colaboración en la revisión de forma del documento.

Y a todos los profesores, amigos y familiares que de una u otra forma contribuyeron al desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.1 ANTECEDENTES	22
1.1.1 A nivel mundial	22
1.1.2 A nivel Latinoamérica y Caribe	23
1.1.3 A nivel nacional.	26
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	27
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	27
1.4 JUSTIFICACIÓN	27
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	28
1.5.1 Objetivo general	28
1.5.2 Objetivos específicos.	28
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES	28
2. MARCO DE REFERENCIA	30
2.1 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	30
2.1.1 Clasificación o categorización de los servicios de telemedicina según el Ministerio de Protección Social	30
2.1.1.1 En el tiempo	31
2.1.1.2 Por tipo de servicio	32
2.1.1.3 Por especialidades	33
2.1.2 Tecnologías inalámbricas de comunicaciones	34
2.1.2.1 Microondas	34
2.1.2.2 Comunicaciones móviles	39
2.1.2.3 Wi-Fi.	44
2.1.2.4 WiMAX	46
2.1.3 Banda de frecuencias no licenciadas en Colombia	48
2.1.3.1 Aplicaciones industriales, científicas y médicas ICM	49
2.1.3.2 Sistemas de espectro ensanchado	49
2.1.3.3 Unlicensed National Information Infrastructure (U-NII)	49

2.1.4 Topologías de red para entornos inalámbricos.	50
2.1.4.1 Punto a punto	50
2.1.4.2 Punto a multipunto	50
2.1.4.3 Multipunto a multipunto	51
2.1.5 Zonas de Fresnel	52
2.1.5.1 Definición de zona de Fresnel	52
2.1.5.2 Refracción atmosférica	54
2.1.6 Videoconferencia en telemedicina	54
2.1.6.1 Clasificación de videoconferencia.	54
2.1.6.2 Etapas básicas para prestar videoconferencia.	56
2.1.6.3 Componentes de los sistemas de videoconferencia.	57
2.1.7 Tecnologías usadas en videoconferencia IP	57
2.1.7.1 H.323	57
2.1.7.2 SIP	60
2.1.8 CODECs usados para el transporte de video sobre una red IP	61
2.1.8.1 CODEC H.261	61
2.1.8.2 CODEC H.263	63
2.1.8.3 CODEC H.264	64
2.1.9 Modelado y simulación de redes inalámbricas	65
2.1.9.1 Clases de simulaciones	66
2.1.9.2 Tiempo de simulación	67
2.1.9.3 Clases de herramientas de M&S	67
2.1.9.4 Costo de una simulación	68
2.1.9.5 Herramientas de M&S para la capa física	68
2.1.9.6 Herramientas de M&S para la propagación de ondas	69
2.1.9.7 Herramientas de M&S para la capa de red	70
2.2 MARCO LEGAL O NORMATIVO	72
3. DISEÑO METODOLÓGICO	73
3.1 PARÁMETROS DE INVESTIGACIÓN	73
3.2 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	74
3.3 MÉTODO ESTADÍSTICO	74
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	75

3.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN	76
3.5.1 Información suministrada.	77
4. DESARROLLO INGENIERIL	78
4.1 ESTADO EN MATERIA DE SALUD DE CUNDINAMARCA Y DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE DISEÑO	78
4.1.1 Provincias de Cundinamarca	78
4.1.2 Criterio de población por provincia.	80
4.1.3 Criterio de infraestructura de salud existente por provincia	85
4.1.4 Criterio de problemáticas en el sector salud.	88
4.1.5 Criterio de principales casos de morbilidad.	90
4.1.6 Criterio de principales casos de epidemiología	92
4.1.7 Selección del área de trabajo	95
4.1.8 Área de trabajo	97
4.2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS	99
4.2.1 Análisis e interpretación de la información suministrada por el Hospital el Salvador	99
4.2.1.1 Razón de pacientes atendidos por los diferentes tipos de consulta.	99
4.2.1.2 Características de las llamadas telefónicas realizadas por los centros de salud y el hospital	102
4.2.1.3 Características técnicas de los equipos informáticos y de comunicaciones	102
4.2.1.4 Servicios prestados en el Hospital el Salvador	103
4.2.2 Análisis e interpretación de la encuesta.	104
4.2.2.1 Análisis de la primera y segunda pregunta	104
4.2.2.2 Análisis de la tercera pregunta.	106
4.2.2.3 Análisis de la cuarta y quinta pregunta	107
4.2.2.4 Análisis de la sexta pregunta	108
4.2.2.5 Análisis de la séptima pregunta	109
4.2.2.6 Análisis de la octava pregunta	110
4.2.2.7 Análisis de la novena pregunta	111
4.3 DETERMINACIÓN DE LOS SERVICIOS DE TELEMEDICINA A IMPLEMENTAR	112
4.3.1 Selección de servicios	112

4.4 ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO	112
4.4.1 Tráfico de voz	113
4.4.1.1 Análisis del tráfico VoIP.	113
4.4.1.2 Protocolos del plano de control	113
4.4.1.3 Protocolos del plano de datos	116
4.4.1.4 Opciones de CODECs.	117
4.4.1.5 Elección del CODEC	119
4.4.1.6 Cálculo del tráfico generado por los CODECs	121
4.4.1.7 Cálculo del tráfico total de voz	126
4.4.2 Tráfico de video	130
4.4.2.1 Teleconsulta y teleeducación	130
4.4.2.2 Tecnología de videoconferencia	132
4.4.2.3 Cálculo de tráfico de videoconferencia	133
4.4.3 Tráfico de datos	135
4.4.3.1 Análisis de tráfico de datos	136
4.4.4 Cálculo del tráfico total	138
4.4.5 Estimación del crecimiento de tráfico	138
4.5 DISEÑO LÓGICO	138
4.5.1 Comparación de las tecnologías inalámbricas a utilizar	138
4.5.2 Tecnología seleccionada.	140
4.6 DISEÑO FÍSICO	141
4.6.1 Descripción geográfica de los puntos a interconectar.	141
4.6.2 Selección de topología de red	143
4.6.3 Cálculo de los radioenlaces	146
4.6.3.1 Selección de la banda de frecuencias	146
4.6.3.2 Cálculo de distancias entre los puntos a enlazar	147
4.6.3.3 Cálculo de la primera zona de Fresnel y los perfiles de los enlaces	148
4.6.3.4 Potencia de transmisión	154
4.6.3.5 Ganancia de la antena	155
4.6.3.6 Cálculo de pérdidas	155
4.6.4 Equipos de comunicaciones	157
4.6.4.1 Antena parabólica	159

4.6.4.2 ODU externa	157
4.6.4.3 ODU interna	160
4.6.4.4 PoE	161
4.6.4.5 HSS	161
4.6.4.6 BDU	162
4.6.4.7 Cable coaxial.	163
4.6.4.8 Cable UTP	163
4.6.4.9 Mástil	163
4.6.4.10 UPS	163
4.6.4.11 Configuración final de la red	164
4.6.4.12 Costo de los equipos	166
4.7 SIMULACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO	167
4.7.1 Simulación de propagación	167
4.7.1.1 Configuración Inicial de la simulación	168
4.7.1.2 Diseños de red propuestos	173
4.7.1.3 Interpretación de los resultados y pruebas	175
4.7.1.4 Capacidad del sistema	179
4.7.2 Simulación de red	182
4.7.2.1 Configuración inicial de la simulación	184
4.7.2.2 Ejecución de la simulación	190
4.7.2.3 Resultados de la simulación	190
5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	192
5.1 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE PROPAGACIÓN	192
5.1.1 Comparación del radio de la primera zona de Fresnel	192
5.1.2 Comparación del nivel de potencia de recepción	193
5.2 RESULTADOS FINALES	194
6. CONCLUSIONES	195
7. RECOMENDACIONES	197
BIBLIOGRAFÍA	199
INFOGRAFÍA	201
GLOSARIO	207
ACRÓNIMOS	213
ANEXOS	215

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Población total por provincias del departamento de Cundinamarca	80
Gráfica 2. Población por provincia que vive en la zona urbana	82
Gráfica 3. Población por provincia que vive en la zona rural	84
Gráfica 4. Principales causas de morbilidad en el departamento de Cundinamarca	91
Gráfica 5. Epidemias predominantes en el departamento de Cundinamarca año 2007	92
Gráfica 6. Índices de varicela presentados en las provincias de Cundinamarca	93
Gráfica 7. Índices de accidente rábico presentados en las provincias de Cundinamarca	93
Gráfica 8. Índices de hepatitis A presentados en las provincias de Cundinamarca	94
Gráfica 9. Consultas médicas en el año 2008 del Hospital el Salvador y los centros de salud	100
Gráfica 10. Consultas de medicina general en el año 2008 en los centros de salud	101
Gráfica 11. Porcentaje de población que acudió a los centros de salud a consulta general.	102
Gráfica 12. Resultados pregunta uno de la encuesta.	105
Gráfica 13. Resultados pregunta dos de la encuesta.	105
Gráfica 14. Resultados pregunta tres de la encuesta.	106
Gráfica 15. Resultados pregunta cuatro de la encuesta.	107
Gráfica 16. Resultados pregunta cinco de la encuesta.	107
Gráfica 17. Resultados pregunta seis de la encuesta.	109
Gráfica 18. Resultados pregunta siete de la encuesta.	110
Gráfica 19. Resultados pregunta nueve de la encuesta.	111
Gráfica 20. CODECs soportados por dispositivos comerciales	121
Gráfica 21. Ancho de banda requerido para un BHT de 2.15 Erlang, en relación a la duración del paquete, con GoS de 1%	125
Gráfica 22. Ancho de banda requerido para un BHT de 2.15 Erlang, en relación a la duración del paquete, con un GoS de 2%	125

Gráfica 23. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Simijaca-Repetidor 1	150
Gráfica 24. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Susa-Repetidor1	150
Gráfica 25. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Repetidor1-Repetidor2	151
Gráfica 26. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Capellanía-Repetidor2	152
Gráfica 27. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Fúquene-Repetidor2	152
Gráfica 28. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Ubaté-Repetidor2	153
Gráfica 29. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Sutatausa-Repetidor2	153
Gráfica 30. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Lenguazaque-Repetidor2	154
Gráfica 31. BER y throughput para el enlace Simijaca-Repetidor1	191
Gráfica 32. Radio de la primera zona de Fresnel en el enlace Simijaca-Repetidor1 trabajando en la banda de 5.8 GHz, datos teóricos Vs datos arrojados por Radio Mobile	192
Gráfica 33. Radio de la primera zona de Fresnel en el enlace Repetidor1-Repetidor2 trabajando en la banda de 5.8 GHz, datos teóricos Vs datos arrojados por Radio Mobile	193

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Clasificación de los servicios de telemedicina según el Ministerio de Protección Social.	30
Figura 2. Designación de bandas de frecuencia del IEEE	37
Figura 3. Sistema celular	39
Figura 4. Primera zona de Fresnel	52
Figura 5. Representación del radio en un punto dado para la primera zona de Fresnel	53
Figura 6. Componentes principales de un sistema H.323	58
Figura 7. Pila de protocolos de H.323	59
Figura 8. Arquitectura de una red SIP	60
Figura 9. Ejemplo de un sistema de simulación inalámbrico	66
Figura 10. Mapa de provincias de Cundinamarca, Colombia	79
Figura 11. Mapa político del área metropolitana de Bogotá definida por el censo nacional realizado por el DANE en el año 2005	81
Figura 12 Ubicación de los centros de salud que dependen de la E.S.E Hospital El Salvador II nivel.	99
Figura 13. Configuración de MEGACO *	115
Figura 14. Paquete que transporta la voz.	117
Figura 15. Probable opinión de los oyentes respecto a los valores del MOS.	119
Figura 16. Parámetros seleccionados para trabaja en VoIP	126
Figura 17. Topología punto a punto	131
Figura 18. Topología punto multipunto	131
Figura 19. Pila de protocolos involucrados en videoconferencia	134
Figura 20. Centros de salud en sesión simultanea con el Hospital	135
Figura 21. Ubicación en el mapa político de Cundinamarca, de los puntos a interconectar*	143
Figura 22. Primera opción de configuración de los nodos de red	145
Figura 23. Segunda opción de configuración de los nodos de red	145

Figura 24. Representación del radio en un punto dado para la primera zona de Fresnel	149
Figura 25. Disposición de los equipos de comunicaciones necesarios en cada centro de salud	158
Figura 26. Diagrama de equipos de red	165
Figura 27. Cotización de los equipos de comunicaciones	166
Figura 28. Propiedades de los mapas cargados en RadioMobile	168
Figura 29. Propiedades de las redes. Parámetros de la red de TELEMEDICINA	169
Figura 30. Características de la topología de la red de TELEMEDICINA	170
Figura 31. Propiedades de las unidades	171
Figura 32. Miembros de la red	172
Figura 33. Radioenlace con las antenas apuntadas	172
Figura 34. Primer diseño de red de telemedicina	174
Figura 35. Segundo diseño de red de telemedicina	175
Figura 36. Ejemplo Repetidor1 - Susa	176
Figura 37. Ejemplo con nivel de recepción deficiente	177
Figura 38. Capacidad del sistema	180
Figura 39 Link Budget WinLink 1000 Ubaté-Repetidor 2	181
Figura 40. Link Budget RADWIN 2000 Ubaté-Repetidor 2	182
Figura 41. Jerarquía de diseño en OPNET	183
Figura 42. Crear un estado en un proceso de modelo en OPNET	185
Figura 43. Importar el código en estado "punto"	185
Figura 44. Objetos que componen el nodo transmisor	186
Figura 45. Configuración inicial de la red	189
Figura 46. Disposición de los nodos	189
Figura 47. Valor asignado a los parámetros promovidos	190

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación de las microondas	35
Tabla 2. Valores de microondas digitales típicos	36
Tabla 3. Ventajas y desventajas de IMT-2000	41
Tabla 4. Ventajas y desventajas de Wi-Fi	45
Tabla 5. Características básicas de los diferentes estándares 802.16	47
Tabla 6. Parámetros de la trama de video para H.261	62
Tabla 7. Atributos de los vectores de movimiento para H.261	62
Tabla 8. Parámetros de la trama de video para H.263	63
Tabla 9. Atributos de los vectores de movimiento para H.263	64
Tabla 10. Parámetros de la trama de video para H.264	65
Tabla 11. Atributos de los vectores de movimiento para H.264	65
Tabla 12. Herramientas de Modelado y Simulación para propagación de RF	70
Tabla 13. Herramientas de simulación de red	71
Tabla 14. Definición de variables e indicadores para la posterior realización de la encuesta.	75
Tabla 15. Objetivos de la encuesta aplicada	76
Tabla 16. Índices de población de los municipios pertenecientes al área metropolitana de Bogotá	83
Tabla 17. Servicios prestados en las instituciones públicas de salud de acuerdo con su nivel	86
Tabla 18. Infraestructura de salud existente en Cundinamarca	87

Tabla 19. Penetración de hospitales por provincia	88
Tabla 20. Principales problemáticas en el sector salud expuestas en las audiencias provinciales del departamento de Cundinamarca.	89
Tabla 21. Clasificación de las provincias por número de casos presentados de las principales causas de morbilidad	92
Tabla 22. Clasificación de las provincias respecto al número de incidencias de las principales epidemiologías del departamento	95
Tabla 23. Relación de criterios de selección frente a las provincias preseleccionadas	97
Tabla 24. Instituciones de salud pública existentes en la provincia de Ubaté	98
Tabla 25. Requerimientos mínimos del PC para videoconferencia	103
Tabla 26. Servicios prestados en el Hospital el Salvador	104
Tabla 27. Protocolos involucrados en VoIP	116
Tabla 28. Planes fijos de telefonía en los centros de salud	121
Tabla 29. Número de oficinas por centro de salud	122
Tabla 30. Tráfico adicional causado por las cabeceras de los protocolos	127
Tabla 31. Valores típicos de la capacidad de los servicios	136
Tabla 32. Tráfico de datos generado de acuerdo al personal de cada centro de salud	137
Tabla 33. Comparación de tecnologías inalámbricas	138
Tabla 34. Información geográfica de los municipios	142
Tabla 35. Coordenadas de los repetidores.	146
Tabla 36. Restricciones del transmisor	147
Tabla 37. Distancias entre los diferentes radioenlaces	148
Tabla 38. Mapas topográficos utilizados en el proyecto	148
Tabla 39. Cálculo de pérdidas de espacio libre	155

Tabla 40. Potencia de recepción para la frecuencia de 2400 MHz	157
Tabla 41. Potencia de recepción para la frecuencia de 5800 MHz	157
Tabla 42. Características técnicas de las a antenas seleccionadas para el diseño	159
Tabla 43. Características técnicas de las ODU externa	160
Tabla 44. Características técnicas que diferencian la ODU externa con la interna	161
Tabla 45. Características técnicas de PoE	161
Tabla 46. Características técnicas de la BDU	162
Tabla 47. Características técnicas de la UPS Capacidad	164
Tabla 48. Parámetros de los cinco sistemas usados en la simulación	173
Tabla 49. Resultados de la simulación en la banda de frecuencia de 2400MHz - 2483,5MHz	178
Tabla 50. Resultados de la simulación en la banda de frecuencia de 5725MHz - 5850MHz	178
Tabla 51. Parámetros configurados en el generador de paquetes	186
Tabla 52. Parámetros configurados en el módulo transmisor	187
Tabla 53. Parámetros configurados en el módulo de antena	187
Tabla 54. Parámetros configurados en el módulo de antena	188
Tabla 55. Parámetros configurados en el módulo receptor	188
Tabla 56. Cifras obtenidas del nivel de recepción de potencia	194
Tabla 57. Resultados del diseño	194

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. BHT	123
Ecuación 2. BHT para el CAF	123
Ecuación 3. BHT para Lenguazaque	123
Ecuación 4. BHT para Simijaca	123
Ecuación 5. BHT para Susa	123
Ecuación 6. BHT para Capellanía	123
Ecuación 7. BHT para Fúquene	123
Ecuación 8. BHT para Sutatausa	124
Ecuación 9. BHT para Ubaté	124
Ecuación 10. BHT total	124
Ecuación 11. Overhead que se añade a cada paquete	127
Ecuación 12. Tasa de paquetes*	128
Ecuación 13. Overhead para un canal de voz	128
Ecuación 14. Overhead total	128
Ecuación 15. Tráfico parcial de VoIP	129
Ecuación 16. Tráfico añadido por RTCP	129
Ecuación 17. Tráfico añadido por SIP	129
Ecuación 18. Tráfico total generado por telefonía IP	129
Ecuación 19. Tráfico requerido por sesión de videoconferencia	135
Ecuación 20. Tráfico total videoconferencia	135
Ecuación 21. Tráfico total	138
Ecuación 22. Distancia entre dos puntos	147
Ecuación 23. Radio de la n zona de Fresnel	149
Ecuación 24. Pérdidas de espacio libre	155
Ecuación 25. Pérdidas del cable	156
Ecuación 26. Pérdidas misceláneas	156
Ecuación 27. Potencia de recepción	157

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Instrumento de encuesta
- Anexo B. Comparación de protocolos del plano de control para VoIP
- Anexo C. Tabla comparativa de CODECs de voz
- Anexo D. CODECs de voz soportados por dispositivos comerciales
- Anexo E. Ancho de banda requerido por cada CODEC de voz
- Anexo F. Tabla comparativa entre SIP y H.323 para videoconferencia IP
- Anexo G. Estándares de videoconferencia soportados por equipos comerciales
- Anexo H. Mapas topográficos de los municipios a enlazar
- Anexo I. Cálculo de perfiles y primera zona de Fresnel para cada enlace de la red
- Anexo J. Comparación de valores de potencias de transmisión en equipos comerciales
- Anexo K. Ganancias típicas de antenas comerciales que operan en bandas de frecuencia libre.
- Anexo L. Cotización de equipos necesarios para desplegar la red de interconexión
- Anexo M. Resultados arrojados por Radio Mobile para cada uno de los enlaces de la red de Telemedicina
- Anexo N. Archivos generados por la simulación en Radio Mobile
- Anexo O. Radio de la primera zona de Fresnel: datos teóricos vs datos arrojados por Radio Mobile
- Anexo P. Información suministrada por el departamento de estadística del Hospital el Salvador

INTRODUCCIÓN

La telemedicina es una de las aplicaciones de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), utilizada por países desarrollados y en vía de progreso para mejorar la calidad y oportuna atención de pacientes del sector salud. A través de ella se puede hacer un uso eficaz de los recursos tanto físicos como humanos con los que cuenta una determinada red de salubridad distante, para ofrecer servicios con mayor calidad y cobertura a los habitantes de poblaciones de difícil acceso.

Sólo un diseño consecuente con una situación de atención en salud y una ubicación geográfica particulares hará posible un correcto funcionamiento de un sistema de telemedicina; en concordancia con lo anterior y los objetivos del presente proyecto, es loable llevar a cabo el diseño de un sistema de telemedicina para una región de Cundinamarca, en su búsqueda inicial está su limitación: el proyecto no busca poner en funcionamiento la red. Sin embargo, el diseño mismo y todo el conocimiento previo que implica es, sin duda, un avance significativo para la implementación de estos servicios no sólo a nivel regional sino nacional.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 A nivel mundial. Se han venido desarrollando programas encaminados a la penetración de la tecnología en áreas rurales, como los proyectos: Digital Gangetic Plains (DGP) y Ashwini implementados en áreas rurales de la india.

-La investigación y la tecnología son los factores más necesitados cuando carece el desarrollo en algunas regiones del mundo. Sin embargo, la tecnología en telecomunicaciones en el sentido del desarrollo de la economía, es a menudo muy costosa o inadecuada, para el uso en regiones rurales del tercer mundo. Por lo tanto a pesar de los enormes beneficios disfrutados por la gente a través de la revolución celular en áreas metropolitanas de países en desarrollo como India, la penetración de la tecnología en áreas rurales es pobre o inexistente. Dos causas de esto son la baja densidad de población en áreas rurales (en comparación con las ciudades), y la baja capacidad de pago de los usuarios de estas zonas. El costo de una tecnología, es un factor importante al decidir su aplicabilidad para uso rural.

El acceso a las comunicaciones puede jugar un papel fundamental en el desarrollo socioeconómico de regiones rurales del tercer mundo. La accesibilidad es un aspecto significativo en la elección de una tecnología. En estos proyectos se escogió el estándar 802.11 (Wi-Fi), como una tecnología rentable para proveer conectividad rural. Estos proyectos tienen en cuenta los siguientes aspectos en el uso de Wi-Fi para proveer conectividad rural:

- Planeación de red y desarrollo.
- Protocolos de red.
- Gestión de red y operaciones.
- Ahorro de energía.
- Servicios y aplicaciones⁻¹.

¹ Texto original: Digital Gangetic Plains.RuralNet, Digital Gangetic Plains (DGP) 802.11-based Low-Cost Networking for Rural India [en línea]. Marzo 2007 [citado en noviembre 2007]. Disponible en internet: <URL:<http://www.cse.iitk.ac.in/users/braman/dgp.html>>.

-Para áreas rurales donde la mayoría de la gente se encuentra en el lado equivocado de la brecha digital, se requiere la aplicación selectiva de servicios para obtener el mayor beneficio del acceso a las comunicaciones digitales².-

En primera medida respecto a este proyecto interesa el aspecto referente a los servicios y aplicaciones que soporta la red, porque de allí parte todo el estudio y análisis del desarrollo de la investigación. -Los servicios soportados por estos proyectos se clasifican en:

- Comunicaciones en tiempo real, uno de los servicios es VoIP, este servicio adquirió popularidad, desde que el teléfono más cercano se encontraba a 6km de distancia de la región donde se implementó el servicio.
- Mejoras en la educación.
- Capacitación en salud a través de sesiones de video.
- Información agrícola.-³

1.1.2 A nivel Latinoamérica y Caribe. Existen fundaciones y organizaciones en Latinoamérica que se han involucrado en la búsqueda de soluciones a los problemas de salud de las poblaciones desfavorecidas. Uno de estos casos es la Fundación EHAS (Enlace Hispano Americano de Salud). Esta es una institución cuyo fin es la mejora de los sistemas públicos de asistencia de salud en las zonas rurales de los países hispanoamericanos, y todos aquellos otros que se encuentren en vías de desarrollo, a través del uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

La Fundación EHAS fue constituida inicialmente por la Universidad Politécnica de Madrid y la ONGD Ingeniería Sin Fronteras, y a la misma se han ido uniendo progresivamente actores de cada una de las instituciones que colaboran dentro del Programa. EHAS trabaja desde hace años en Perú, Colombia y Cuba, y acaba de comenzar a desarrollar sus actividades en Ecuador⁴. Algunos de los proyectos llevados a cabo esta fundación son:

- -Proyecto EHAS-@lis. Treinta y seis sistemas de comunicación de voz y datos en establecimientos de salud rurales de Perú, Colombia y Cuba, desarrollo de

² Ibid

³ k. Chebrolu, B. Raman, "Experiencias In Using WiFi for Rural Internet in India," IEEE Communications Magazine, Vol. 45, No. 1, Enero 2007.

⁴ EHAS, Enlace Hispano Americano de Salud. Quienes Somos [en línea].[citado en octubre 2007] Disponible en internet: <URL:<http://www.ahas.org/>>.

servicios de formación a distancia y mejora de los procesos de vigilancia epidemiológica, gestión de medicamentos y transferencia de pacientes.

- Proyecto de Telemedicina Rural para Salud Materno-Infantil. En el que participan grupos de investigación de Argentina, Brasil, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Cuba, República Dominicana y México⁵.

Otra fundación que ha trabajado en el fortalecimiento de los servicios esenciales de salud en Latinoamérica es E-Forces, que por medio de su proyecto PESCA (plataforma para la e-salud en código abierto), busca reforzar la atención primaria en salud a través del uso de TIC basadas en Software de código fuente abierto (FOSS), por medio del desarrollo, prueba y análisis de aplicaciones que puedan ser accedidas a través de dispositivos móviles para responder a las prioridades de salud de poblaciones vulnerables en Argentina y Colombia (Fundación Santa Fe)⁶.

De igual forma Argentina ha lanzado varios proyectos de telemedicina, entre los cuales se encuentran:

- Los desarrollados por TELECOM Argentina. Proyecto Facultad de Medicina de la U.B.A. Este proyecto fue completado e inaugurado a finales del año 1994 y consistió, básicamente, en la instalación de equipamiento multimedia, sobre un soporte de transmisión de fibra óptica dedicado, entre la Facultad de Medicina y el Hospital de Clínicas General José de San Martín⁷. Este sistema multimedia brinda actualmente dos tipos de servicios: teleducación o Educación a Distancia y telemedicina.
- Proyecto Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Córdoba. Este proyecto tiene por finalidad dotar a la Facultad de Medicina de la Universidad de Córdoba de un sistema de comunicaciones de avanzada, para su utilización con fines científicos y educativos⁸. El sistema multimedia implementado brinda tres tipos de servicio: telemedicina, videoconferencia y teleducación.
- La red experimental de telemedicina. La Secretaría de Comunicaciones de la Nación impulsó, la creación de una Red Experimental de Telemedicina que

⁵ EHAS, Enlace Hispano Americano de Salud. Proyectos llevados a cabo por la fundación [en línea]. [citado en octubre 2007] Disponible en internet: <URL: <http://www.ehas.org/>>.

⁶ PESCA, plataforma para la e-salud en código abierto. ¿Qué es PESCA? [en línea]. Bogotá, agosto de 2007 [citado en septiembre 2007]. Disponible en internet: <URL: http://www.fsb.edu.co/pesca/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1>.

⁷ UIT. Telemedicina: de lo experimental al uso cotidiano [en línea]. Junio de 1999 [citado en octubre 2007]. Segundo simposio mundial de telemedicina. Disponible en internet: <URL: <http://www.itu.int/ITU-D/hrd/publications/reports/1999/telemed/pdf/r12-ARG-TELECOM%20ARG-E.pdf>>.

⁸ Ibid., p. 2.

permitió generar un marco referencial y un ámbito de reflexión y evaluación de los alcances de la Telemedicina⁹.

-En Venezuela se han dado varias iniciativas para el desarrollo de la telemedicina, específicamente en grupos de investigación de la Universidad de Carabobo, Universidad de Los Andes y la Universidad Simón Bolívar, entre otros. La Universidad Central de Venezuela adelanta en la actualidad un programa de telemedicina, coordinado por el Instituto de Medicina Tropical de la Facultad de Medicina. Sin embargo, la única iniciativa privada y sin fines de lucro en telemedicina, y en funcionamiento desde hace 10 años, se dio en la región de Maniapure, específicamente en el Centro La Milagrosa, del Estado Bolívar. Este programa, ha beneficiado a una región con más de 10.000 habitantes, entre criollos e indígenas de la etnia Panare. Dado el éxito obtenido, este programa se ha convertido en modelo de referencia, tanto para entes gubernamentales como privados, sobre como las Tecnologías de la Información y Comunicación, aplicadas en áreas como la atención médica a distancia, educación y orientación preventiva, han contribuido a mejorar la calidad y condiciones de vida de los habitantes de las regiones más apartadas de la geografía nacional.

Se creó la empresa; Telesalud de Venezuela S.A. (pagina web www.telesalud.com), cuyo objetivo fundamental es replicar la experiencia y resultados obtenidos en la región de Maniapure en otras regiones rurales y desprotegidas de la geografía nacional. En la actualidad Telesalud de Venezuela, cuenta con centros instalados en localidades remotas como Uriman, Wonken y Kamarata en la región de la gran Sabana venezolana, adicional a esto ofrece servicios sin costo alguno para los centros de la región de Maniapure, integrados por los Centros de La Milagrosa, la Urbana y el Guarray.

La solución de telemedicina aplicada, se apoya en el uso del Internet y en una aplicación tipo Web desarrollada bajo los estándares de software abierto. Esta incorpora la historia clínica del paciente, protocolos de consulta de segunda opinión médica, acceso a bases de datos y a publicaciones médicas especializadas. Esta herramienta le permite al profesional de la salud ubicado en una población remota interactuar con médicos especialistas, sin importar su ubicación, así como mantenerse actualizado en los últimos avances de la medicina¹⁰-.

⁹ Ibid., p. 3.

¹⁰ ORTA Morel, SANABRIA Tomás. Telemedicina en poblaciones rurales de Venezuela: una iniciativa privada [documento en línea]. [citado en noviembre 2007]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.ahciet.net/portales/1000/10002/10007/10733/21797/docs/112007.pdf>>.

-En Panamá se lleva a cabo un sistema de telemedicina en un área rural e indígena, el cual tiene como finalidad mejorar la calidad de vida de estas poblaciones indígenas que en su totalidad representan un 10 por ciento de la población panameña, unos 300,000 habitantes. Se inicia el trabajo mediante dos aplicaciones de la telemedicina: la telerradiología y la telepatología en tres sitios remotos: uno en las Tablas, otro en Chitré y otro en Changuinola y dos sitios locales en la ciudad de Panamá; uno en el Complejo Hospitalario Metropolitano y el otro en el Instituto Oncológico Nacional. La experiencia panameña ha sido presentada en diversos foros médicos nacionales e internacionales como en la Reunión de la Sociedad Americana de Telemedicina (ATA) en Atlanta, E.U y en la reunión de la Sociedad Iberoamericana de Informática Médica y Telemedicina, en Cartagena, Colombia¹¹-

1.1.3 A nivel nacional. Existen diferentes grupos y semilleros de investigación en el país desarrollándose en el desarrollo de la salud en Colombia, uno de ellos es el Grupo de Ingeniería Telemática (GIT) de la universidad del Cauca, el cual tiene entre sus objetivos la utilización de las tecnologías telemáticas en el desarrollo de nuevos servicios de telecomunicación e información para los usuarios, el incremento de la calidad de los mismos, la ampliación de su cobertura a zonas de menor densidad o con menores ingresos.

EL grupo ha venido trabajando en un sistema de comunicaciones que garantice facilidad de información y capacitación permanente como herramienta fundamental para la prestación de los servicios de salud con enfoque de red, y consecuentemente para la articulación de los establecimientos de salud, buscando brindar al usuario una atención oportuna en el sitio necesario y acorde a la complejidad de la patología. A partir de los estudios de necesidades y de la situación sanitaria y de comunicaciones de las zonas rurales de países de Latinoamérica, el programa EHAS ha propuesto una serie de servicios de información que tienden a cubrir las necesidades detectadas. Estos servicios se prestan a través de correo electrónico, y son implementados y ofrecidos desde centros proveedores de servicios establecidos en cada uno de los países donde se extienda la red, hacia los centros y puestos de salud. Los servicios se dividen en cuatro categorías: educación a distancia, listas de discusión, acceso a documentación médica y consultas a especialistas médicos¹².

¹¹ Traxeasa. Proyecto nacional de telemedicina y telesalud [en línea] Panamá, septiembre 2007[citado en noviembre 2007]. Disponible en internet:<URL: <http://www.telemedicina.org/index.html>>.

¹² GIT, Grupo de Ingeniería Telemática. EHAS, Subprograma EHAS Colombia [en línea] Universidad del Cauca [citado en octubre 2007]. Disponible en internet:<URL: <http://git.ucauca.edu.co/ehas/#obje>>.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Existen centros y puestos de salud ubicados en zonas rurales que no cuentan con los recursos necesarios para la prestación de un buen servicio de salud; además el personal existente a cargo no es especializado (médicos generales, auxiliares de enfermería, promotores de salud y agentes comunitarios de salud) para atender situaciones de mayor complejidad, lo cual obliga a los pacientes a desplazarse hacia los hospitales de segundo y tercer nivel. De igual forma el personal a cargo debe realizar desplazamientos para recibir capacitaciones o algún tipo de información necesaria para el desarrollo de sus actividades.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De ofrecer servicios con calidad y fiables surge la pregunta: ¿Qué características técnicas y funcionales debe tener un sistema que permita la interconexión inalámbrica entre centros y puestos de salud con el hospital más cercano?

1.4 JUSTIFICACIÓN

La implementación de la Telemedicina beneficiará directamente a los usuarios del sistema de salud de las zonas apartadas de Cundinamarca. Los beneficios futuros que genera este proyecto, se deben en gran medida a la solución de problemas de tipo económico, social, tecnológico y técnicos en la prestación de servicios de salud. Además la distancia dejaría de ser un factor crítico a la hora de atender pacientes que necesiten tratamiento especializado y de capacitar al personal existente a cargo; de igual forma habría una reducción de costos en cuanto a desplazamientos; por otro lado se facilitaría el acceso a los servicios de salud a personas que viven en zonas de población escasa o aislada u otras personas con problemas de movilidad, se tendrían diagnósticos más acertados, ya que debido a la implementación de este recurso tecnológico los diagnósticos serán emitidos por profesionales, centros hospitalarios y clínicos de alto nivel. Actualmente en el mercado existe gran variedad de tecnologías diferentes a la inalámbrica, sin embargo, éstas no son la solución más apropiada, ya que, debido a los elevados costos de su implementación no se ajustan a los recursos con los que cuentan los Centros y Puestos de Salud de la zona investigada¹³.

¹³ HURTADO Julián, LOZANO Diana, MÉNDEZ Guefry. Diseño y simulación de una red inalámbrica en malla Para el transporte de voz en un entorno rural, artículo presentado al Congreso colombiano de Comunicaciones (COLCOM) 2007.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo general. Diseñar un sistema de interconexión inalámbrica, a fin de que soporte servicios de telemedicina en centros y puestos de salud de una zona rural de Cundinamarca.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Determinar el área geográfica más propicia para el diseño del sistema teniendo en cuenta los problemas y necesidades en salud de la población de Cundinamarca.
- Definir la tecnología inalámbrica más adecuada y acorde con los requerimientos técnicos de los servicios seleccionados.
- Diseñar el sistema de interconexión inalámbrico entre los puestos, centros de salud y el Hospital de nivel superior más cercano.
- Ensayar el correcto funcionamiento del sistema, mediante la simulación del diseño propuesto.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

Con este proceso se busca contribuir al desarrollo de la telemedicina aplicada a las necesidades reales de una población específica del país. Para el desarrollo del proyecto se tienen limitaciones en el aspecto legal, normativo y regulatorio, debido a que en Colombia hasta la fecha, se han presentado proyectos de ley que establecen bases para la estructuración de un Modelo Nacional de TELEMEDICINA sin existir aún normas para regular estos servicios.

El presente proyecto, únicamente contempla el diseño de un sistema de interconexión inalámbrica y la simulación de la misma, esto se debe a las limitaciones económicas que plantea el alto costo que conlleva generar un prototipo de la red tecnológica propuesta.

Por otro lado, se encuentra que el apoyo y aceptación por parte de la comunidad y del personal encargado de los centros, en el desarrollo e implementación del sistema, resulta una limitante a superar. Ya que la connotación cultural y social de los propios y extraños de la región o zona de trabajo o influencia de la citada red, puede acarrear rechazos operacionales o daños en los equipos y protocolos técnicos de funcionamiento.

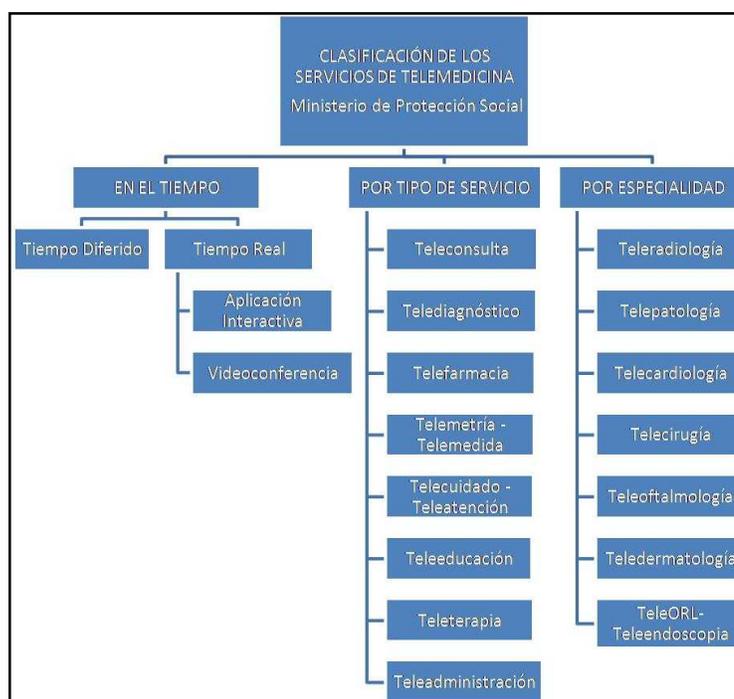
De igual forma, los recursos tecnológicos con los que cuentan los centros y puestos de salud, son otra limitante, ya que, la red mencionada requiere soportes físicos y técnicos específicos para desempeñar un buen servicio.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

2.1.1 Clasificación o categorización de los servicios de telemedicina según el Ministerio de Protección Social. Dada la variedad de especialidades existentes en la medicina y las diversas maneras de adaptar o utilizar las tecnologías para hacer telemedicina se presentan distintas maneras de clasificarla: -en el tiempo, en las especialidades y en el tipo de aplicación médica¹⁴. Esta clasificación se puede ver reflejada en la Figura 1.

Figura 1. Clasificación de los servicios de telemedicina según el Ministerio de Protección Social.



Fuente: creado por autoras a partir del documento Aplicaciones de telecomunicaciones en salud en la subregión andina.

¹⁴ Organización Panamericana de la Salud OPS/OMS. Aplicaciones de telecomunicaciones en salud en la subregión andina [documento en línea]. Comunidad Andina, nov. 2000 [citado nov, 2008]. Serie de documentos institucionales. Disponible en Internet http://www.comunidadandina.org/telec/Documentos/Telecomunicaciones_salud.pdf

2.1.1.1 En el tiempo. -La clasificación en el tiempo hace referencia al momento en que se realiza la intervención médica a distancia y la comunicación entre el proveedor del servicio y el cliente, existen dos tipos tiempo diferido y tiempo real.

- Tiempo Diferido: en este caso el cliente de un servicio de telemedicina no se encuentra en comunicación directa con el proveedor del servicio, o que quiere decir que no está en línea (off-line). A esta modalidad también se le conoce como store-and-forward o de “almacenamiento y envío”. El proveedor acumula las solicitudes de telemedicina y en un momento dado las atiende y al terminar su trabajo devuelve al cliente los resultados de su servicio. En el caso de la telemedicina los estudios a diagnosticar se almacenarán en el computador del especialista o en un servidor y luego serán tratados uno a uno por el especialista, quien podrá enviar todos los resultados al mismo tiempo, o hacerlo uno por uno, a medida que va haciendo sus diagnósticos. La gran mayoría de aplicaciones diagnósticas de telemedicina funcionan en tiempo diferido a menos que se presenten casos de urgencia que ameriten una transmisión en tiempo real.
- Tiempo Real: el tiempo real hace referencia al hecho de que el cliente y el proveedor se encuentran en comunicación directa a través de un medio de comunicación. Casos típicos son la teleconsulta, la teleasistencia y la teleeducación interactiva. Esto permite una interacción entre los dos actores que puede ser más eficaz que si se hiciera en tiempo diferido. Sin embargo, esto requiere anchos de banda superiores (por tanto más costosos) adicional a que los actores remotos estén disponibles simultáneamente. Existen dos herramientas básicas para la telemedicina en tiempo real: videoconferencia, que es el sistema común de videoconferencia interactiva a través de cámaras de video y aplicación Interactiva, se trata de programas de software que utilizando un protocolo determinado permite sincronizar dos aplicaciones remotas para que los actores de telemedicina puedan compartir la información. Por ejemplo, una aplicación interactiva de telepatología permite a un patólogo mostrar detalles de una lámina a otro patólogo en tiempo real y aplicar una función de filtro que será ejecutada igualmente en la aplicación remota, esto para que los dos actores vean exactamente los mismos o aún mejor: si dispone de un microscopio robotizado podría manipularlo a distancia.¹⁵

¹⁵ Ibid., p. 16.

2.1.1.2 Por tipo de servicio. -En esta clasificación se tiene:

- Teleconsulta. Esta se divide en consulta general, la cual es la consulta a través de sistemas de videoconferencia a un médico general y la consulta de especialista: consulta a través de sistemas de videoconferencia a un médico especialista con o sin examen diagnóstico asociado. Por ejemplo, una consulta a un dermatólogo en el cual se hace una observación de la epidermis sin necesidad de practicar un procedimiento diagnóstico.
- Telecuidado-Teleatención. Cuidado de pacientes en casa asistido por enfermeras remotas gracias al uso de equipos de videoconferencia o parlantes conectados vía telefónica al activar el paciente una alarma inalámbrica de pánico y que lleva siempre consigo. Se utiliza con fines educativos y de prevención de complicaciones en pacientes de cuidado ambulatorio.
- Telemetría-Telemedida. Permite el monitoreo de signos vitales: ECG, EEG, EMG, Presión Arterial, Temperatura, Pulso, Oximetría, Espirometría y exámenes de laboratorio mediante punción digital para medición de enfermedades metabólicas que requieren controles frecuentes.
- Teleeducación. Existen muchas aplicaciones de educación remota en tiempo real o diferido. La teleeducación permite realizar entre otras: capacitación a distancia, educación continuada, apoyo a estudiantes en práctica, campañas de prevención, enseñanza de procedimientos mediante técnicas interactivos o de módulos de realidad virtual, evaluación y posibilidad de retroalimentación entre docente y alumnos.
- Telediagnóstico. Los diagnósticos por telemedicina pueden ser los resultantes de una consulta de primera vez rutinaria (primer diagnóstico) en el caso de pacientes que no tienen acceso físico a una consulta o de segunda opinión. Esta última se puede dar como resultado de una interconsulta entre especialistas o de una solicitud de nuevo diagnóstico por parte del paciente que desea tener otro concepto.
- Teleadministración. Aplicada a los sistemas de gestión de salud para realizar a distancia la administración de procesos tales como control de citas, remisiones,

referencias, facturación, control de cartera, inventarios, planeación estratégica y orientación al usuario, orientados a dar servicios de mejor calidad.-¹⁶

- -Teleterapia. Por medio de sistemas de videoconferencia es posible realizar tratamiento y consulta de pacientes para: Telepsiquiatría, Telefisioterapia, Teleoncología, Teleprescripción.
- Telefarmacia. Por medio de sistemas de comunicación de diverso tipo pueden realizarse procesos de prescripción, dispensación, facturación y seguimiento de formulas elaboradas para los pacientes, evitando el desplazamiento para su consecución.

2.1.1.3 Por especialidades. En cuanto a esta clasificación se tiene:

- Telecardiología. A través de mecanismos de comunicación es posible realizar a distancia procedimientos típicos y transmitir sus datos a distancia como: ECG, ecocardiograma (2D, 3D, fijas, dinámicas), Angiografía, NM, RM y sonidos cardíacos.
- TeleORL – Teleendoscopia. En otorrinolaringología (ORL) se pueden realizar exámenes a través de sistemas de endoscopia de fibra óptica, conectados a un sistema de videoconferencia o de digitalización de imágenes de video que puede servir con fines diagnósticos o educativos.
- Telerradiología. Es una de las especialidades más utilizadas en telemedicina. Esto se debe a que en general el radiólogo no tiene contacto directo con el paciente, lo que hace esta disciplina más propicia para trabajarla a distancia. Adicionalmente, algunas modalidades son de por sí digitales lo que facilita el proceso de captura de información. Las especialidades radiológicas más usadas son:
 - RX - Radiología convencional.
 - CT - Escanografía (TAC - Tomografía Axial Computada).
 - MR - Resonancia Magnética.
 - NM - Medicina Nuclear.
 - US - Ultrasonido (Ecografía).

¹⁶ Ibid., p. 17.

- Telepatología. Se trabaja a partir de imágenes digitales o de video, obtenidas directamente del ocular del microscopio. Las imágenes pueden venir de estudios de tipo:¹⁷
 - Anatómico: Frotis, Especímenes de cirugía, Biopsias, Punciones, Citología, Autopsias.
 - Pueden acompañarse de otro tipo de exámenes anexos a la historia del paciente y de origen clínico: Banco de sangre, Citogenética, Hematología, Microbiología, Análisis de orina, etc.
- Teledermatología. Consiste en consultas, más que procedimientos, a distancia. En ella el dermatólogo utiliza mecanismos de videoconferencia para ver al paciente en tiempo real, o puede recibir fotografías digitales en tiempo diferido.
- Teleoftalmología. La práctica de la oftalmología se puede realizar en parte a través de sistemas de oftalmoscopios conectados a un sistema de videoconferencia o de digitalización de imágenes de video para diagnósticos de fondo de ojo, muy útiles en la prevención y seguimiento de enfermedades metabólicas.
- Telecirugía. Cirugía asistida por sistemas robotizados que dan mayor seguridad al acto quirúrgico como la cirugía de corrección de vicios de refracción ocular como la miopía. Ya se han realizado cirugías aisladas a distancia, que tienen indicaciones específicas como la cirugía en campo de batalla durante una confrontación bélica¹⁸.

2.1.2 Tecnologías inalámbricas de comunicaciones.

2.1.2.1 Microondas. -La ingeniería moderna de microondas y radio frecuencia (RF) es un campo dinámico, debido en gran parte a la simbiosis entre los avances recientes en tecnología de dispositivos electrónicos modernos y la explosión actual en demanda de capacidad de comunicación de voz, datos y vídeo. Antes de esta revolución en las comunicaciones, la tecnología de microondas era casi de dominio exclusivo de la industria militar; el reciente y drástico aumento de la demanda de sistemas de comunicaciones para aplicaciones de telefonía móvil, transmisión de video, y las redes de computadores han revolucionando la

¹⁷ Ibid., p. 19.

¹⁸ Ibid., p. 20.

industria. La diversidad de aplicaciones y entornos operativos ha llevado, a través del acompañamiento de grandes volúmenes de producción, a alcanzar avances en la capacidad de fabricación de productos rentables de RF y microondas. Esto, a su vez, ha reducido el costo de su implementación¹⁹.

El término microondas se usa para describir ondas electromagnéticas en el intervalo de frecuencias de 300MHz a 300GHz, las cuales corresponden a longitudes de onda en espacio libre de 1 metro a 1 milímetro. La Tabla 1 ilustra el espectro electromagnético de las microondas y sus características.

Tabla 1. Clasificación de las microondas

Banda de frecuencia	Nombre	Datos analógicos		Datos digitales	Velocidad de transmisión	Aplicaciones principales
		Modulación	Ancho de banda	Modulación		
300 - 3000 MHz	UHF (frecuencia ultra alta)	FM, SBB	Para 20 MHz	PSK	Para 10 Mbps	Televisión VHF, microondas terrestres
3 - 30 GHz	SHF (frecuencia super alta)	FM, SBB	Para 500 MHz	PSK	Para 100 Mbps	Microondas terrestres, microondas por satélite
30 - 300 GHz	EHF (frecuencia extremadamente alta)	FM, SBB	Para 1 GHz	PSK	Para 750 Mbps	Enlaces punto a punto cercanos experimentales

Fuente: HERNÁNDEZ. Comunicación de datos [en línea] México [citado en feb 2009], unidad dos, Disponible en internet: <URL: <http://www.itlalaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/COMUNICACION%20DE%20DATOS/Unidad%20II/UNIDAD%20II-8.pdf>>

Cuanto mayor sea la frecuencia utilizada, mayor es el ancho de banda potencial, y por tanto, es posible una mayor velocidad de transmisión, en la Tabla 2 se indican diversos valores de anchos de banda y velocidad de transmisión para algunos sistemas típicos. Al igual que en cualquier sistema de transmisión, la principal causa de pérdidas en las microondas es la atenuación.

¹⁹ Fuente: GOLIO, Mike. The RF and Microwave Handbook. Boca Raton Florida: CRC Press LLC, 2000. Pag 1356. ISBN 0-8493-8592-X.

Tabla 2. Valores de microondas digitales típicos

Banda (GHz)	Ancho de banda (MHz)	Velocidad de transmisión (Mbps)
2	7	12
6	30	90
11	40	135
18	220	274

Fuente: HERNÁNDEZ. Comunicación de datos [en línea] México [citado en feb 2009], unidad dos, Disponible en internet: <URL: <http://www.itlalaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/COMUNICACION%20DE%20DATOS/Unidad%20II/UNIDAD%20II-8.pdf>>

- Características de las microondas.
 - -Las microondas se reflejan en superficies terrestres planas.
 - La trayectoria de propagación de microondas cambia por refracciones que sufre cuando pasa por el límite de medios diferentes.
 - Las microondas sufren reflexión irregular por las irregularidades de la superficie terrestre (árboles, pequeñas colinas, etc.), las olas del mar y las masas de aire irregulares que existen en el medio atmosférico.
 - Las microondas, al encontrar un obstáculo a su paso, sufren difracción en el borde exterior del obstáculo²⁰.

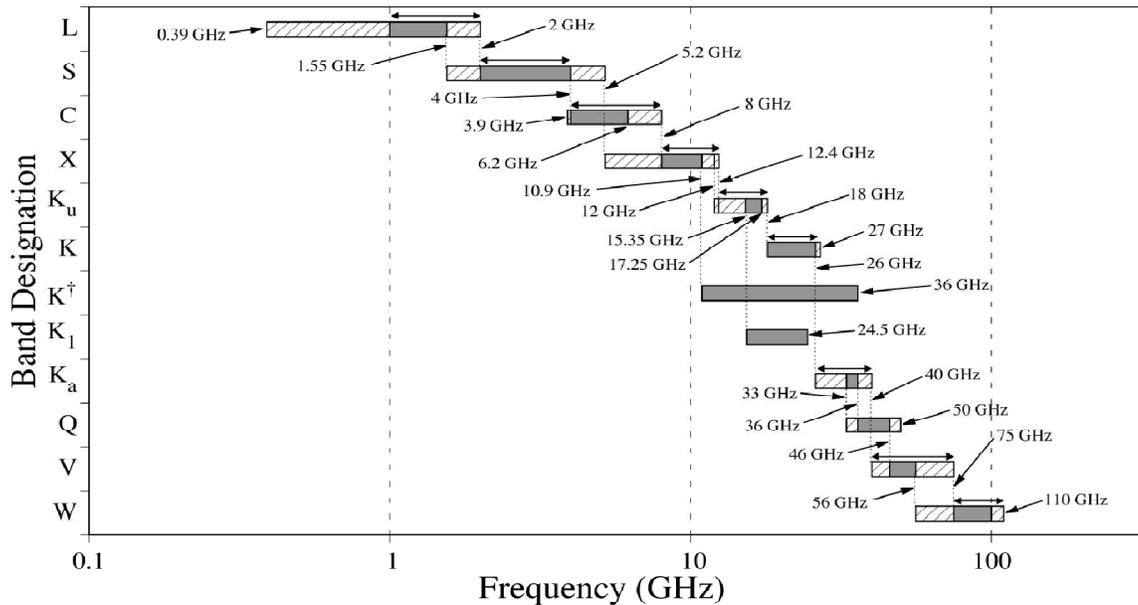
- Bandas de frecuencia: -el campo de la ingeniería de microondas y RF es impulsado por las aplicaciones originalmente militares, como el radar y, más recientemente, con fines comerciales, científicos, y de consumo. Como consecuencia de esta base de diversas aplicaciones, la terminología de microondas y la designación de banda de frecuencia no están totalmente estandarizadas, con diversos organismos, empresas y otras partes interesadas contribuyendo a la terminología de la ingeniería de microondas.

La Figura 2 muestra algunas de las bandas de frecuencias más comunes, con su límite superior e inferior. Las barras con líneas diagonales indican las variaciones en las definiciones de los diferentes grupos y autores; las barras con regiones oscuras indican las frecuencias para las cuales hay un acuerdo generalizado en la literatura²¹.

²⁰ YAMANE, Noboru. Fundamentos De Propagación De Microondas. México: Publicaciones Telecomex, 1981. pag 160.

²¹ Fuente: GOLIO, Mike. The RF and Microwave Handbook. Boca Raton Florida: CRC Press LLC, 2000. Pag 1356. ISBN 0-8493-8592-X.

Figura 2. Designación de bandas de frecuencia del IEEE



Fuente: GOLIO, Mike. The RF and Microwave Handbook. Boca Raton Florida: CRC Press LLC, 2000. Pag 1356. ISBN 0-8493-8592-X.

- Aplicaciones: -históricamente, el campo ha sido impulsado por aplicaciones que requieren el máximo rendimiento con poca preocupación por costos o fabricación. Estos sistemas han sido principalmente para aplicaciones militares, donde el rendimiento en casi cualquier precio podía ser justificado.

La transformación actual del campo implica un cambio dramático desde las aplicaciones, con un cambio de enfoque de diseño de rendimiento a diseño de fabricación, manteniendo un grado aceptable de rendimiento a un mínimo costo, este cambio también aplica para aplicaciones inalámbricas.

Durante muchos años el manejo de aplicaciones de la tecnología de microondas fue el radar militar. La pequeña longitud de onda permite la realización de haces estrechamente centrados que deben lograrse con antenas lo suficientemente pequeñas para ser prácticamente direccionado, resultando una adecuada resolución de la ubicación de destino.

Entre las aplicaciones de microondas se tiene la telefonía móvil celular, acceso de banda ancha inalámbrico, redes de área local inalámbrica WLAN, redes de área personal inalámbrica WPAN, sistemas de comunicaciones satelitales,

comunicaciones celulares basadas en satélites, sistemas electrónicos de navegación, aviónica, radar, radar automotriz y medicina terapéutica²²-.

- Antenas para microondas. La antena para microondas, por su carácter, tiende fuertemente a dirigir las ondas que transmite hacia el objetivo, por lo cual la concentración de energía es muy intensa. Lo anterior permite que la transmisión entre el punto emisor y el receptor, sea más eficiente y las interferencias de onda, menores. De esta manera, el logro del carácter propagatorio de las ondas, depende del tipo de antenas que se utilice, tanto de transmisión como de recepción. No se puede pensar en las características de propagación de las ondas y los tipos de antena, como elementos independientes.

Las antenas direccionales tiene la característica de dirigir las radiaciones que emite hacia una dirección determinada, con mayor intensidad que hacia el resto de las direcciones. Las utilizadas para las microondas (SHF) son: la antena parabólica, la antena tipo lente, la tipo bocina, la antena grid y flat.

Las antenas de microondas se sitúan a una altura apreciable sobre el nivel del suelo para con ello conseguir mayores separaciones entre ellas, y para evitar posibles obstáculos en la transmisión. Si no hay obstáculos intermedios, la distancia máxima entre antena es:

$$d = 7.14 \sqrt{Kh} \text{ (km)}$$

Donde:

d= distancia de separación entre antenas expresada en kilómetros

h = altura de la antena en metros

K = factor de corrección que tiene en cuenta que las microondas se desvían o refractan con la curvatura de la tierra. Una aproximación es considerar K = 4/3

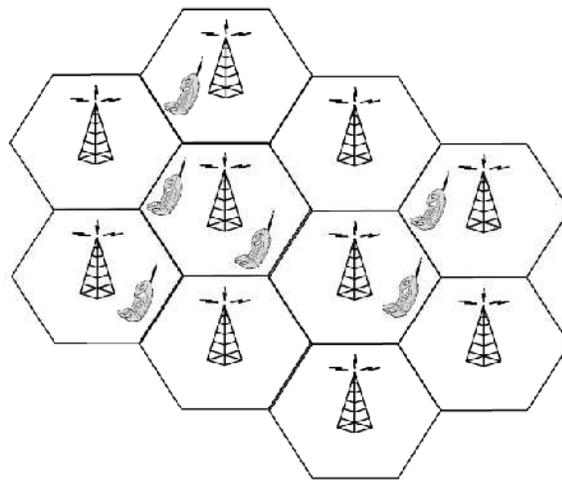
- Receptor -Umbral del receptor 10^{-6} y 10^{-3} es un parámetro crítico de obtener dado que este es usado para determinar el margen de desvanecimiento. Estrictamente hablando, es un valor de 10^{-3} que es usado para el margen de desvanecimiento. Los usuarios a menudo prefieren el valor de 10^{-6} como un nivel de calidad mínimo para datos. Los valores de umbral del receptor serán valores negativos, típicamente alrededor de -70dBm a -90dBm²³-.

²² GOLIO, Mike. The RF and Microwave Handbook. Boca Raton Florida: CRC Press LLC, 2000. Pag 1356. ISBN 0-8493-8592-X.

²³Universidad Nacional de Ingeniería, Instituto de investigación de la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica. Capítulo4: características de radio-enlaces de Microondas [en línea] Lima, Perú. Publicado en noviembre de 2008 [citado en febrero 2009]. Serie de Clases por capítulos. Disponible en internet: <URL:http://aniak.uni.edu.pe/sdemicro/Cap%204%20MW%202005-1.pdf>

2.1.2.2 Comunicaciones móviles. Un sistema celular, significa que la red está dividida en una serie de celdas, o áreas de cobertura geográfica, como se muestra en la Figura 3. Dentro de cada celda hay una estación base, que contiene el equipo de transmisión y recepción. La estación base es la que proporciona la comunicación para los teléfonos móviles que están dentro de la celda. El área de cobertura de una celda depende de una serie de factores como la potencia de transmisión de la estación base, la potencia de transmisión del móvil, la altura de las antenas de la estación base y la topología del paisaje

Figura 3. Sistema celular



Fuente: SMITH Clint, COLLINS Daniel. 3G Wireless Networks. McGraw-Hill's Professional, 2004. Pag 500. ISBN 9-7800-71363-815.

En cada celda se asignan frecuencias de radio específicas de manera que dependen de la tecnología en cuestión. En la mayoría de sistemas, un número de frecuencias individuales son asignadas a una celda y las mismas frecuencias son reutilizados en otras celdas que están lo suficientemente lejos para evitar interferencias. Es común sectorizar las celdas, la configuración más común es tres sectores por estación base en áreas urbanas y dos sectores en carreteras. Es necesario que la estación base esté conectada a una red conmutada y esa red conectada a otras redes como la Red de Telefonía Pública Conmutada (RTPC) con el fin que los abonados móviles hagan y reciban llamadas de teléfonos fijos.

- Segunda Generación²⁴. En muchos sentidos, la segunda generación de sistemas se dio a causa de deficiencias fundamentales en la primera generación de tecnologías móviles celulares. Las tecnologías de primera generación limitan la capacidad del sistema, tienen muy poca protección contra fraude, corren el riesgo de ser interceptadas fácilmente, y tienen pocas características avanzadas para ofrecer. Los sistemas de segunda generación están diseñados para hacer frente a todas estas necesidades. Los sistemas como el IS-95, GSM, y ES-136 son mucho más seguros, ofrecen mayor capacidad y más funciones de llamada. Sin embargo, son todavía optimizados para servicio de voz y no están bien adaptados a las comunicaciones de datos.

En el entorno actual de Internet, el comercio electrónico y las comunicaciones multimedia, el soporte limitado a las comunicaciones de datos, es un grave inconveniente. Aunque los suscriptores quieren hablar como siempre, ahora quieren comunicarse de nuevas maneras, como: el correo electrónico, la mensajería instantánea, el World Wide Web entre otras. Además los usuarios no sólo desean estos servicios, sino que también demandan movilidad. Proveer todas estas características, significa que se requiere un nuevo avance tecnológico, es decir, la migración hacia tercera Generación.

La necesidad de la tercera generación para comunicaciones móviles, fue reconocida desde diferentes puntos de vista, y diversas organizaciones comenzaron a abordar el tema en la década de los 80s. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se involucró fuertemente y su trabajo fue originalmente conocido como Future Public Land Mobile Telecommunications Systems (FPLMTS). Luego pasó a denominarse International Mobile Telecommunications - 2000 (IMT-2000).

El esfuerzo de IMT-2000 dentro de la UIT, ha dado lugar a una serie de recomendaciones. Estas recomendaciones se refieren a parámetros como: ancho de banda de usuario (144 Kbps para servicio móvil, y hasta 2 Mbps para el servicio fijo), abundancia de oferta de servicios (servicios multimedia), flexibilidad (redes que soportan pequeños o grandes números de abonados). Las recomendaciones también especifican que IMT-2000 debe funcionar en la banda de los 2 GHz.

Sin embargo, las recomendaciones de la UIT son un conjunto de requisitos que no especifican soluciones técnicas detalladas. Para hacer frente a las

²⁴ SMITH Clint, COLLINS Daniel. 3G Wireless Networks. McGraw-Hill's Professional, 2004. Pag 500. ISBN 9-7800-71363-815.

soluciones técnicas, la UIT solicitó propuestas técnicas a las organizaciones interesadas y luego, seleccionó y aprobó algunas de esas propuestas. En 1998, se presentaron numerosas propuestas técnicas de interfaz de aire y fueron revisadas por la UIT, seleccionando las siguientes cinco tecnologías para servicio terrestres (no basadas en satélite): Wideband CDMA (WCDMA), CDMA 2000 (una evolución de of IS-95 CDMA), TD-SCDMA (time division-synchronous CDMA), UWC-136 (una evolución de IS-136), DECT. Estas tecnologías representan la base para una serie de servicios avanzados de comunicaciones móviles multimedia y están empezando a ser desplegados en todo el mundo.

- Tercera Generación. Está definida en la especificación de la UIT IMT-2000. IMT 2000 es una especificación de acceso de radio y red, que define varios métodos o plataformas tecnológicas, que cumplen con los objetivos generales de la especificación. Permite servicios de datos móviles y fijos de alta velocidad para usar uno o varios canales con plataformas de red fija. Las ventajas y desventajas de esta especificación se listan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de IMT-2000

Ventajas	Desventajas
Es un estándar global	Las licencias de servicio 3G son costosas.
Compatibilidad de servicio dentro de IMT-2000 y otras redes fijas	Muchas diferencias en las condiciones de licencia.
Alta calidad	Costo de los móviles 3G.
Banda de frecuencia común en todo el mundo 806 - 960 MHz, 1710 - 1885 MHz y 2500 - 2690 MHz	Falta de cobertura por tratarse de un nuevo servicio.
Pequeños terminales para uso mundial	Precios altos de los servicios de los móviles 3G en algunos países, incluyendo el acceso a Internet.
Capacidad de roaming en todo el mundo	Cobertura limitada. Dependiendo de la localización la velocidad de transferencia puede disminuir drásticamente (o incluso carecer totalmente de cobertura).
Aplicaciones de servicios y terminales multimedia	
Eficiencia espectral mejorada	Disminución de la velocidad si el dispositivo desde el que se conecta el usuario está en movimiento
Flexibilidad para la evolución a la siguiente generación de sistemas inalámbricos	No orientado a conexión. Cada uno de los paquetes puede seguir rutas distintas entre el origen y el destino, por lo que pueden llegar desordenados o duplicados.
Altas velocidades	

Fuente: Autoras.

A fin de obtener la itinerancia mundial, el proyecto IMT-2000 formó dos grupos para la normalización de redes terrenales²⁵:

- El 3GPP para preparar la evolución del sistema mundial para comunicaciones móviles (GSM) hacia el sistema de telecomunicaciones móviles universales (UMTS).
 - El 3GPP2 para preparar la evolución de la norma provisional 95 (IS-95) hacia el acceso múltiple por división de código 2000 (CDMA 2000).
- 3GPP. Es una organización formada por varios socios, a saber: ARIB y TTC del Japón; ETSI de Europa; ATIS de EE.UU., y TTA de Corea.

Alrededor del mundo, la tecnología 3G entrega aplicaciones de banda ancha a sus suscriptores. Los operadores que usan GSM están desarrollando las siguientes tecnologías como parte de su evolución 3G.²⁶

- UMTS. Representa una evolución en cuanto a la capacidad, las velocidades de datos y los nuevos servicios posibles con respecto a las redes móviles de segunda generación. UMTS es un miembro esencial de la familia mundial de tecnologías móviles 3G. El 3G/UMTS ofrece a las empresas de servicios móviles una capacidad considerable y el uso de banda ancha para trabajar con un número mayor de clientes de voz y datos, además de velocidades de datos más altas a un costo incremental más bajo que la 2G. El 3G/UMTS ha sido especificado como solución integral para los servicios móviles de voz y datos con gran área cubierta. El 3G/UMTS emplea el WCDMA como tecnología de acceso radioeléctrico. Esta tecnología se basa en una técnica radioeléctrica con un espectro ensanchado de banda ancha propuesta por el grupo Alpha del ETSI, y su especificación fue ultimada en 1999. Usando una itinerancia internacional automática, el 3G/UMTS añade funciones de seguridad y facturación integrales, permitiendo a las empresas explotadoras migrar fácilmente de la 2G a la 3G.
- HSDPA. Es una interfaz de aire únicamente en bajada definido en 3GPP, es capaz de proveer una velocidad máxima de datos de usuario de 14.4Mbps, usando un canal de 5MHz. La realización de este tipo de datos

²⁵ Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. Normas de acceso inalámbrico para NGN [en línea] Washington, D.C, diciembre de 2006 [citado en nov 2008]. Boletín electrónico número 30. Disponible en internet: <URL:http://www.citel.oas.org/newsletter/2006/diciembre/ngn_e.asp>.

²⁶ ANDREWS, Jeffrey. Fundamentals of WiMAX: understanding broadband wireless networking. Estados Unidos: Prentice Hall, 2007. Pag 478. ISBN0-13-222552-2.

requiere el uso de los 15 códigos, lo que es poco probable de ser implementado en terminales móviles. Usando 5 y 10 códigos, HSDPA soporta una velocidad máxima de datos de 3.6Mbps y 7.2Mbps respectivamente. Las velocidades promedio típicas que obtienen los usuarios, están en el rango de 250Kbps a 750Kbps, las mejoras como transformación espacial, recepción diversa y detección de multiusuario, pueden proveer un rendimiento más alto de los sistemas basados en HSDPA. Se debe notar que HSDPA es una interfaz únicamente de bajada; por lo tanto, hasta completar un enlace ascendente de esta aplicación, las velocidades máximas de enlace de subida serán menores que 384kbps, en la mayoría de los casos un promedio de 40Kbps a 100Kbps- Una versión de uplink, HSUPA, soporta velocidades de hasta 5.8Mbps, HSDPA y HSUPA se denominan como HSPA. Se están llevando a cabo esfuerzos de desarrollo en las redes UMTS/HSPA, para soportar VoIP, video, juegos, servicios de multicast y broadcast con una eficiencia espectral que es 4 veces que la de HSPA. Con el fin de lograr esas altas velocidades de datos y eficiencia espectral, la interfaz de aire está basada en OFDM/OFDMA y MIMO.

- 3GPP2. La GPP2 también es una organización formada por varios socios, los cuales son: TTA de los EE.UU, ARIB/TTT del Japón, TTA de Corea y CWTS de China. Se debe recordar, el 3GPP2 ofrece la evolución de IS-95 al CDMA 2000.

IS-95 es el primer estándar celular digital basado en CDMA, también es conocido como TIA-EIA-95, es una norma de telecomunicaciones móviles 2G, un esquema de acceso múltiple para radio digital para transmitir voz, datos y datos de señalización entre teléfonos móviles y ubicaciones celulares. La transmisión se efectúa en trenes de bits. CDMA permite que varios radios compartan las mismas frecuencias y a diferencia de TDMA todos los radios pueden estar activos todo el tiempo, porque la capacidad de la red no limita directamente el número de radios activos. Como una mayor cantidad de teléfonos puede ser atendida por un número menor de estaciones base, las normas CDMA tienen una gran ventaja económica respecto de las TDMA. IS-95 se reemplaza por IS-2000 (CDMA2000), una norma posterior basada en CDMA. La CDMA2000 ha sido introducida en varias redes, y es totalmente compatible con IS-95B.

Los operadores de CDMA2000 utilizan 1x EV-DO y TD-SCDMA como su solución de datos 3G. Todas estas soluciones 3G proveen capacidades de

datos en el orden de unos pocos kilobits por segundo a unos pocos megabits por segundo.

- 1x EV-DO es un estándar de alta velocidad de datos, definido como una evolución de la segunda generación de sistemas CDMA IS-95. El estándar soporta una velocidad máxima de bajada de 2.4Mbps en un canal de 1.25MHz. Las experiencias típicas de velocidad de datos están en el orden de 100Kbps a 300Kbps. La revisión A de 1x EV-DO soporta una velocidad pico de 3.1Mbps par un usuario móvil; revisión B soporta 4.9Mbps. Esas versiones también pueden soportar velocidades de datos de subida de hasta 1.8Mbps. La revisión B también tiene opciones de operar usando una canal grande (hasta 20MHz), ofreciendo potencialmente hasta 73Mbps en el enlace de bajada y hasta 27Mbps en el enlace de subida. Los sistemas 3G además de proveer servicios de datos de alta velocidad, están evolucionando a soportar servicios multimedia, por ejemplo 1x EV-DO Revisión A permite video y voz sobre IP. Para hacer esto posible 1x EV-DO Revisión A reduce la latencia del enlace aéreo a casi 30ms, introduce QoS, y rápidos interceptores de handoff, los servicios de multicast y broadcast también son soportados en 1X EV-DO.

2.1.2.3 Wi-Fi. Los sistemas basados en Wi-Fi pueden ser usados para proveer banda ancha inalámbrica. Wi-Fi está basado en la familia de estándares IEEE 802.11 y es principalmente una tecnología de redes LAN. Comparte la mayoría de su funcionamiento interno con Ethernet, sin embargo difiere en la especificación de la capa física (PHY) utilizando señales de radio en lugar de cable y en su capa de control de acceso al medio (MAC), ya que para controlar el acceso al medio Ethernet usa CSMA/CD, mientras que Wi-Fi usa CSMA/CA. Actualmente los sistemas basados en IEEE 802.11 a/g soportan velocidades máximas de datos de 54Mbps experimentando velocidades típicas alrededor de 20Mbps a 25Mbps, y provee una cobertura indoor de 30 metros. Wi-Fi ha empezado a ser el estándar por defecto de conectividad en casas, oficinas y ubicaciones públicas de hotspots.

No obstante, pueden ser utilizadas (bajo ciertas restricciones legales de potencia) en exteriores, si se introducen antenas externas, amplificadores adecuados, entre otros. Los municipios y las comunidades locales alrededor del mundo han tomado la iniciativa de conseguir sistemas Wi-Fi en configuraciones outdoor para proveer acceso de banda ancha a los centros de la ciudad y áreas rurales y sin servicio. Los desarrollos de área metropolitana de Wi-Fi cuentan con transmisores de alta potencia que están instalados en postes de luz o techos de los edificios y radian a una potencia cerca o igual a la máxima potencia permitida para operar en la banda

no licenciada. Incluso con transmisores de alta potencia los sistemas Wi-Fi proveen un rango de cobertura de 300 metros desde el punto de acceso. Sin embargo Wi-Fi ofrece velocidades de datos más altas que los sistemas 3G, principalmente porque opera a través de un mayor ancho de banda de 20MHz.

La ineficiencia del protocolo CSMA usado por Wi-Fi influye en las limitaciones de operar en la banda no licenciada y la capacidad de sistemas outdoor. Adicional a esto no está diseñado para altas velocidades de movilidad. Una de las ventajas más significativas es la amplia disponibilidad de dispositivos terminales. La gran cantidad de terminales facilita a los consumidores el uso de servicios de banda ancha usando Wi-Fi. En este momento las capacidades de Wi-Fi se están mejorando para soportar mayores velocidades de datos y un mejor soporte de QoS (estándar 802.11n).²⁷ Las ventajas y desventajas de esta especificación se listan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Ventajas y desventajas de Wi-Fi

Ventajas	Desventajas
Uso de frecuencias sin licencia de las bandas ISM 2.4 / 5.8 GHz con ciertas limitaciones de potencia.	Al ser una tecnología creada para redes de corto alcance, hay que solventar ciertos problemas relacionados con su utilización para distancias de decenas de Km
Velocidades desde 1 hasta 54 Mbps, siempre teniendo en cuenta que el throughput ²⁸ neto obtenido está alrededor de un 50-70% de esos valores	
Tecnología con estándar ampliamente conocido y fácil de configurar, lo que favorece los bajos costos de los equipos	El número de colisiones aumenta en relación con el número de usuarios.
Bajo consumo de potencia, menor a 10 W por enrutador	Tiene un número limitado de canales no interferentes, 3 en 2.4 GHz y 8 en 5.8 GHz.
Un nodo puede adherirse a la red si puede ver a uno de los nodos vecinos (las zonas rurales aisladas normalmente no siguen una distribución geométrica ordenada alrededor de un punto central).	Requiere línea de vista directa (esto podría elevar, en algunos casos, el número de repetidores necesarios aumentando demasiado el costo).
Hardware fácilmente integrable en un sistema impermeable que soporte condiciones meteorológicas adversas.	

Fuente: Grupo de Telecomunicaciones Rurales, Pontificia Universidad Católica del Perú. Redes inalámbricas para zonas rurales. Lima: GTR-PUCP, 2008. Pag 252. ISBN978-9972-42-843-2.

²⁷ ANDREWS, Jeffrey. Fundamentals of WiMAX: understanding broadband wireless networking. Estados Unidos: Prentice Hall, 2007. Pag 478. ISBN0-13-222552-2.

²⁸ Cantidad de datos transmitidos que contiene información útil y no redundante.

2.1.2.4 WiMAX. El grupo IEEE 802.16 se formó en 1998 para desarrollar un estándar para la interfaz de aire para banda ancha inalámbrica. Inicialmente el grupo se enfocó en desarrollar un sistema inalámbrico punto a multipunto con LOS, para operar en la banda de ondas milimétricas de 10GHz-66GHz. El resultado fue el estándar original 802.16 (finalizado en diciembre de 2001) el cual se basó en una única portadora para la capa física y TDM para la capa MAC.

Luego el grupo IEEE 802.16 produjo el 802.16a, una corrección de la norma, para incluir aplicaciones NLOS en la banda de 2GHz-11GHz, usando en la capa física OFDM y adicionando en la capa MAC soporte para OFDMA. Nuevas revisiones dieron como resultado un nuevo estándar llamado IEEE 802.16-2004, que sustituyó todas las versiones anteriores y constituyó la base para la primera solución WiMAX. Las primeras soluciones de este tipo se enfocaron a aplicaciones fijas. En diciembre de 2005, el grupo IEEE finalizó y aprobó el IEEE 802.16e-2005 el cual adicionó soporte de movilidad.

Las características básicas de los diferentes estándares 802.16 se resumen en la Tabla 5. Se puede observar que las diferentes opciones ofrecen una variedad de diseños posibles. Por ejemplo hay múltiples opciones para la capa física, similarmente hay diferentes opciones para la capa MAC; en cuanto al tipo de arquitectura, duplexación, bandas de frecuencias de operación. Estos estándares fueron desarrollados para satisfacer una gran variedad de aplicaciones y escenarios de despliegue, por tanto, ofrecen opciones de diseño para los desarrolladores. Por este motivo se puede decir que IEEE 802.16 es una colección de estándares y no un único estándar interoperable.

Tabla 5. Características básicas de los diferentes estándares 802.16

	802.16	802.16-2004	802.16e-2005
Ancho de banda de canales	20MHz, 25MHz, 28MHz	1.75MHz, 3.5MHz, 7MHz, 14MHz, 1.25MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 8.75MHz	1.75MHz, 3.5MHz, 7MHz, 14MHz, 1.25MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 8.75MHz
Aplicación	Fijo LOS	Fijo NLOS	Fijo y móvil NLOS
Arquitectura MAC	Punto a multipunto, Malla	Punto a multipunto, Malla	Punto a multipunto, Malla
Banda de frecuencia	10GHz-66GHz	2GHz-11GHz	2GHz-11GHz para aplicaciones fijas 2GHz-6GHz para aplicaciones móviles
Duplexación	TDD, FDD	TDD, FDD	TDD, FDD
Esquema de transmisión	Única portadora	Única portadora, 256 OFDM ó 2048 OFDM	Única portadora, 256 OFDM ó OFDM escalable con subportadoras de 128, 512, 1024 ó 2048
Estado	Terminado en diciembre de 2001	Terminado en junio de 2004	Terminado en diciembre de 2005
Modulación	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Multiplexación	TDM/TDMA	TDM/TDMA/OFDMA	TDM/TDMA/OFDMA
Velocidad de transmisión teórico	32-137,4 Mbps	1-75 Mbps	1-75 Mbps

Fuente: ANDREWS, Jeffrey. Fundamentals of WiMAX: understanding broadband wireless networking. Estados Unidos: Prentice Hall, 2007. Pag 478. ISBN0-13-222552-2.

Por razones prácticas de interoperabilidad, el ámbito de aplicación debe ser reducido, y se necesita definir un conjunto pequeño de opciones de diseño para implementación. El WiMAX Forum se encarga de esta tarea, definiendo un número limitado de perfiles de sistemas y de certificación.

- Perfil de sistema. Define el subconjunto de las características obligatorias y opcionales de la capa física y MAC, seleccionadas del estándar IEEE 802.16-2004 ó IEEE 802.16e-2005. Se debe tener en cuenta que una característica

obligatoria u opcional, debe ser distinta de como es en el estándar original. Actualmente el WiMAX Forum tiene dos perfiles de sistema; uno basado en el 802.16-2004 llamado perfil de sistema fijo y uno basado en 802.16e-2005 llamado perfil de sistema móvil.

- Perfil de certificación. Se define como una asignación particular de un sistema, el cual especifica la frecuencia de operación, el ancho de banda del canal, el modo de duplexación entre otros. Los equipos de WiMAX están certificados para la interoperabilidad en cuanto a un perfil de certificación.

2.1.3 Banda de frecuencias no licenciadas en Colombia. En Colombia, el Ministerio de Comunicaciones es el ente encargado de expedir los permisos para la operación de los sistemas de acceso inalámbrico y WLAN y atribuir las bandas de frecuencias radioeléctricas de libre utilización para sistemas inalámbricos que empleen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia, para operación sobre una base de no-interferencia y no protección contra interferencia.

-Dentro de la banda SHF existe un rango de frecuencias muy utilizado como son los 2,4 GHz y 5 GHz. La banda de 2,4 GHz se encuentra dividida en dos sub bandas atribuidas mundialmente a la investigación espacial, exploración de la tierra por satélite, servicio fijo por satélite, servicio de aficionados, servicio de radiolocalización, servicios fijos y móviles terrestres y los sistemas de espectro ensanchado.

- Banda de 2,025 a 2,400 MHz.
- Banda de 2,400 a 2,483.5 MHz.

La banda de 2,400 a 2,483.5 MHz, se encuentra atribuida para la Región 2 (América) a las aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM)²⁹, donde funcionan los hornos microondas y demás aplicaciones industriales. Igualmente, la banda de 5 GHz se encuentra dividida en seis sub bandas atribuidas mundialmente a la Radionavegación Marítima y Aeronáutica, investigación espacial; la exploración de la tierra por satélite, servicio fijo por satélite, servicio de aficionados, servicio de radiolocalización y a los sistemas de espectro ensanchado.

²⁹ Aplicaciones cuyo fin es el desarrollo de la industria, del sector científico y médico con beneficio general

- Banda de 5,150 a 5,250 MHz
- Banda de 5,250 a 5,350 MHz
- Banda de 5,350 a 5,460 MHz
- Banda de 5,460 a 5,725 MHz
- Banda de 5,725 a 5,850 MHz
- Banda de 5,850 a 5,925 MHz

Una característica común de las bandas de 2,4 y 5 GHz es que en ella funcionan los “sistemas de baja potencia y corto alcance”, desarrollados sobre las sub-bandas dedicadas a las aplicaciones ICM consideradas como de “uso libre al público” a nivel mundial. Así, bajo la sombra de los ICM, nacieron tecnologías como el espectro ensanchado, los sistemas U-NII, los sistemas inalámbricos de área local, etc., que bajo la premisa de no-interferencia, poco a poco se han ido implantando a nivel internacional.³⁰

2.1.3.1 Aplicaciones industriales, científicas y médicas ICM. En la Región 2 (América), y de acuerdo con la Nota Internacional S5-150, las bandas de 2,4 GHz y de 5,725 a 5,875 GHz están designadas para aplicaciones industriales científicas y médicas (ICM), los servicios de radiocomunicación que funcionen en estas bandas deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones, pero fuera de esta banda, el nivel de radiación de los ICM debe ser tal que no cause interferencia a otros servicios, en particular a un servicio de radionavegación o cualquier otro servicio de seguridad.

2.1.3.2 Sistemas de espectro ensanchado. Colombia, al igual que otros países americanos, en el año de 1995, atribuyó a título secundario, conforme la Resolución 3382 del Ministerio de Comunicaciones, la misma banda de 5,725 a 5,850 MHz para la operación de Sistemas de Espectro Ensanchado (Spread Spectrum); sistemas de banda ancha y baja densidad de potencia, que minimizan la posibilidad de interferencia y brindan la posibilidad de coexistir con otros sistemas tradicionales de banda angosta. En tal sentido, los servicios de radiocomunicaciones que funcionen en la banda de 5,725 a 5,850 MHz (radiolocalización, aficionados y los sistemas de espectro ensanchado), deberán aceptar la interferencia perjudicial resultante de las aplicaciones ICM.

2.1.3.3 Unlicensed National Information Infrastructure (U-NII). -Hacia 1998 se desarrollaron nuevas tecnologías inalámbricas de baja potencia y corto alcance en

³⁰ Ministerio de Comunicaciones. Tecnologías Wi-Fi , bandas radioeléctricas sin licencia. 2003. Serie de cuadernos de Política No1.

la banda de 5 GHz, consideradas como de soporte fundamental para el desarrollo de las denominadas “Infraestructuras Nacionales de la Información” ya que facilitan la incorporación de redes de banda ancha al interior de entidades privadas y públicas, al permitir diferentes aplicaciones de telecomunicación de beneficio general. Así las bandas comprendidas entre 5,150 a 5,250 MHz, 5,250 a 5,300 MHz y 5,725 a 5,825 MHz, son conocidas en América como: U-NII, y en Europa como Hiperlan.-³¹

2.1.4 Topologías de red para entornos inalámbricos. Las redes inalámbricas se clasifican en tres configuraciones lógicas: enlaces punto a punto, enlaces punto a multipunto, y multipunto a multipunto. El diseño de una red puede hacer uso de estas configuraciones simultáneamente pero cada enlace va a estar solo dentro de una de esas topologías.

2.1.4.1 Punto a punto. Los enlaces de este tipo son el legado de los tipos de arquitectura y posiblemente ha sido la topología de red más usada en microondas en los últimos años³². Por años e incluso décadas, los operadores de microondas han establecido enlaces punto a punto para extensiones de redes LAN, para conectar sitios remotos con la RTPBC y para backhaul³³ celular.

Se usa para comunicar únicamente dos nodos, en una red como esta los dispositivos enlazados trabajan a la par. Los enlaces que interconectan los nodos de una red punto a punto se pueden clasificar en tres tipos según el sentido de las comunicaciones que transportan:

- Simplex: la comunicación sólo se efectúa en un solo sentido
- Half-dúplex: la comunicación se realiza en ambos sentidos, pero en una sola dirección a la vez, es decir solo uno puede transmitir en un momento dado.
- Full-Dúplex: la comunicación se puede llevar a cabo en ambos sentidos simultáneamente.

2.1.4.2 Punto a multipunto. Cada vez que se tiene varios nodos hablando con un único punto de acceso central se trata de una aplicación punto a multipunto. El ejemplo típico de un trazado punto a multipunto es el uso de un punto de acceso inalámbrico que provee conexión a varios computadores portátiles. Los computadores portátiles no se comunican directamente unos con otros, pero

³¹ Ibid., p. 9.

³² SWEENEY, Daniel. WiMax : operator´s manual, segunda edición. Nueva York: Apress, 2006. 210 pag. ISBN 1-59059-574-2.

³³ Parte de una red de comunicaciones que conecta a otras redes y que transporta tráfico pesado.

deben estar en el rango de cubrimiento del punto de acceso para poder utilizar la red.³⁴

Para las redes que utilizan microondas de baja frecuencia (rango considerado entre 1-8GHz)³⁵ una arquitectura punto a multipunto es recomendable. Esta configuración permite alcanzar un mayor número de usuarios y disminuir el número de routers y switches requeridos por la red. Los desarrollos en esta topología generalmente se usan para dar conectividad a zonas completas ya que implica el uso de antenas sectoriales que permiten dar servicio a un sector determinado.

2.1.4.3 Multipunto a multipunto. También denominado red ad-hoc o en malla, en una red multipunto a multipunto, no hay una autoridad central. Cada nodo de la red transporta el tráfico de tantos otros como sea necesario, y todos los nodos se comunican directamente entre sí, el beneficio de esta configuración es que aún si ninguno de los nodos es alcanzable desde el punto de acceso central, igual pueden comunicarse entre sí.³⁶

Conceptualmente la arquitectura malla sugiere una forma diferente de estructurar un sistema de comunicaciones. Una malla pura esencialmente no es jerárquica, es decir forma una organización homogénea en la cual desaparecen las distinciones entre LAN, metro y el longhaul³⁷, así como las distinciones entre terminales de suscriptores y punto de acceso a la red. La inteligencia es distribuida a través de la red, no hay necesidad de centrales, o grandes routers o switches para gestionar la red.

Dos grandes desventajas de esta topología son el aumento de la complejidad y la disminución del rendimiento. La seguridad de esta red también es un tema importante, ya que todos los participantes pueden potencialmente transportar el tráfico de los demás. La resolución de los problemas de las redes multipunto a multipunto tiende a ser complicada, debido al gran número de variables que cambian al moverse los nodos. Las redes multipunto a multipunto generalmente no tienen la misma capacidad que las redes punto a punto, o las punto a

³⁴ FLICKENGER Rob, AICHELE Corinna, BUSTRICH Sebastian. Redes Inalámbricas en los países en desarrollo, tercera edición. Hacker Friendly, 2008. p 65. ISBN 978-0-9778093-7-0.

³⁵ SWEENEY, Daniel. WiMax : operator's manual, segunda edición. Nueva York: Apress, 2006. 210 pag. ISBN 1-59059-574-2.

³⁶ FLICKENGER Rob, AICHELE Corinna. Redes Inalámbricas en los países en desarrollo, tercera edición. Hacker Friendly, 2008. p 66. ISBN 978-0-9778093-7-0.

³⁷ Enlace de larga distancia

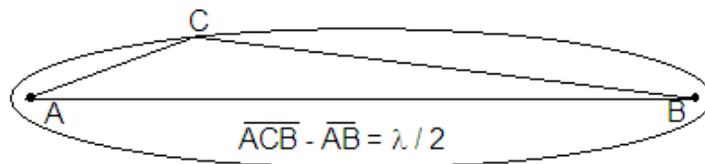
multipunto, debido a la sobrecarga adicional de administrar el enrutamiento de la red y el uso más intensivo del espectro de radio.³⁸

2.1.5 Zonas de Fresnel. Cuando se desarrollan enlaces RF para frecuencias en la banda UHF y microondas se necesita estar seguro de que se tiene LOS entre las dos antenas. Pero a esas frecuencias LOS no solo significa que de un sitio se pueda ver al otro. Cuando la distancia entre los puntos excede los 8Km, se necesita tomar en cuenta los siguientes factores:

- La curvatura de la tierra
- El despeje de las zonas de Fresnel
- La refracción atmosférica

2.1.5.1 Definición de zona de Fresnel. Es un elipsoide prolongado que se extiende entre dos antenas. La primera zona de Fresnel es la diferencia entre el camino directo (AB como se puede ver en la Figura 4) y el camino indirecto que toca un solo punto en la zona de Fresnel (ACB), es decir, es igual a la mitad de la longitud de onda.

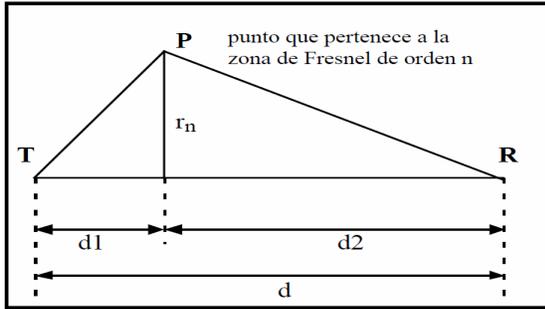
Figura 4. Primera zona de Fresnel



Si una porción significativa de la zona de Fresnel es obstruida la potencia de la señal recibida en la antena receptora puede ser atenuada significativamente. Típicamente se determina que se necesita al menos el 60% de la primera zona despejada totalmente de cualquier obstáculo, a fin de que la radiopropagación se comporte como si estuviera en el espacio libre. Este valor significa un elipsoide más estrecho, con un radio que es el 60% de la primera zona de Fresnel.

³⁸ FLICKENGER Rob, AICHELE Corinna, Op. cit., p.66.

Figura 5. Representación del radio en un punto dado para la primera zona de Fresnel



Fuente: CONSTANTINI, Sandro [en línea]. Universidad Metropolitana [citado en Marzo 2009]. Serie de guías. Disponible en internet: <URL:http://medusa.unimet.edu.ve/sistemas/bpis03/radiocomunicaciones/guiaspdf/guia05telecomunicaciones.pdf>

La ecuación para hallar el radio del elipsoide del punto que nos interesa se describe a continuación.

De acuerdo con la Figura 5, P pertenece a una zona de Fresnel de orden n sí:

$$\overline{TP} + \overline{PR} - \overline{TR} = n \left(\frac{\lambda}{2} \right)$$

$$\overline{TP} = \sqrt{d1^2 + r_n^2} = d1 \sqrt{1 + \frac{|r_n|^2}{d1^2}}$$

$$\overline{PR} = \sqrt{d2^2 + r_n^2} = d2 \sqrt{1 + \frac{|r_n|^2}{d2^2}}$$

Se hace $r_n \ll d1$ y $r_n \ll d2$, en los radicales se desarrollan en series de Mc Laurin:

$$\overline{TP} \approx d1 \left| 1 + \frac{1}{2} \frac{|r_n|^2}{d1^2} + \dots \right|$$

$$\overline{PR} \approx d2 \left| 1 + \frac{1}{2} \frac{|r_n|^2}{d2^2} + \dots \right|$$

Sustituyendo en la primera ecuación, se obtiene que el radio de la n zona de Fresnel para un punto dado es:

$$r_n = \sqrt{\frac{n \cdot \lambda \cdot d1 \cdot d2}{d}}$$

2.1.5.2 Refracción atmosférica. Bajo condiciones atmosféricas normales las ondas de radio no se propagan en una línea recta, en realidad se curvan ligeramente. Esto se debe a la refracción en la atmosfera la cual afecta la propagación horizontal de las ondas de radio. Para tomar esta curvatura en cuenta, se desarrollaron todos los cálculos de los enlaces usando el valor más grande del radio de la tierra, tal que se pueda considerar la propagación de las ondas de radio como si fuera en línea recta. Para una alta fiabilidad del enlace se debería usar un valor bajo del factor k.

2.1.6 Videoconferencia en telemedicina. Consiste en la infraestructura física y funcional a través de la cual se transfiere y/o se interactúa información, en tiempo real, con el propósito de difundir y compartir conocimientos y experiencias médicas, así como de atender consultas de pacientes con dolencias. Debe permitir la transmisión al mismo tiempo de señales de vídeo, voz, imágenes, sonidos y en general todas aquellas señales que permitan llevar información médica.

2.1.6.1 Clasificación de videoconferencia. De acuerdo con la información encontrada, existen diferentes clasificaciones de videoconferencia en función del parámetro que se tenga en cuenta. Algunas clasificaciones son:

- De acuerdo con los equipos usados.³⁹
 - Sistemas de grupo tipo appliance. Los sistemas de grupo fueron introducidos a finales de los 1990s y su facilidad de uso se mejoro respecto a los sistemas tradicionales, que generalmente requerían de un técnico para que administrara la llamada. Con base en el principio de los electrodomésticos, los cuales están diseñados para un propósito específico y son fáciles de usar, estos sistemas de grupo se hicieron una herramienta fácil de manejar y le dieron poder a los usuarios de video conferencia. Están diseñados para colocarlos encima de un monitor estándar de TV y correr en redes ISDN o IP. La cámara y la tecnología de procesamiento están en una caja que se puede controlar de manera remota, mediante menús gráficos en la pantalla. Hacer las llamadas, los acercamientos y alejamientos, tanto en el sitio local como en el remoto. Opciones adicionales de conectividad incluyen la capacidad de conectar micrófonos

³⁹ POLYCOM. Guía de conferencias y colaboración [en línea] Noviembre2006 [citado en noviembre 2008]. Disponible en internet: <URL:<http://latinamerica.polycom.com/index.html>>.

extra, una segunda o tercera cámara y más monitores de TV. Para la colaboración de datos, se pueden usar interfaces de PC.

- Sistemas instalados en salas. A veces, la sala en la que tendrá lugar la videoconferencia o la aplicación misma, requiere que se diseñe un sistema específico para la instalación. Estos se conocen como sistemas instalados o personalizados. Las salas ejecutivas de consejo y las aulas, son ejemplos clásicos en que se prefieren este tipo de sistema. El CODEC de este sistema está separado de la cámara y los micrófonos para que se pueda colocar en gabinetes especiales, y colocar las cámaras y micrófonos estratégicamente alrededor de la sala para lograr máximo impacto.
- DTVC (Desktop Video Conferencing). La videoconferencia sobre el escritorio también ha alcanzado una gran aceptación. Existen diferentes clases dentro de este tipo de VC: las que se realizan mediante el uso de un PC una pequeña cámara, comercialmente conocida como Webcam, y un programa de comunicaciones, en las que los usuarios instalan tarjetas de video en sus computadores para tener un sistema completamente integrado, estos ofrecen mejor calidad, pero su costo es alto para instalaciones masivas dentro de una organización y por último se ha introducido una tercera categoría que permite tener un dispositivo externo al PC el cual tienen todas las funcionalidades necesarias integradas y puede ser usado en diferentes PC por su característica portable.
- De acuerdo con la dirección de la información.
 - -La asíncrona. La difusión de la información va en un solo sentido, lo cual se aplica fundamentalmente para conferencias médicas de tipo magistral, ya sea desde un sitio donde se encuentra el conferencista hacia una sala auditorio, donde se encuentran los asistentes a la teleconferencia, o a varios sitios o salas-auditorios, en forma simultánea.
 - La interactiva. La información se presenta en ambos o múltiples sentidos, permitiendo de esta manera que exista intercambio de opiniones, preguntas y demás información médica requerida para compartir criterios, diagnósticos y demás conceptos que fortalecen finalmente los veredictos o los conocimientos de los médicos⁴⁰.

⁴⁰ Aparicio Pico, Lilia. Ramírez Artunduaga, Jaime. Arquitectura de red de telemedicina. Bogotá, D.C. Colombia: Fondo de Publicaciones Universidad Distrital, 2003. ISBN 958-8175-67-4. p. 65.

- De acuerdo con el número de sitios enlazados.
 - Punto a punto. Cuando se comunican únicamente dos sitios remotos.
 - Punto multipunto. Situación en la que uno de los participantes difunde su información al resto, pero los demás no producen ninguna retroalimentación.
 - Multipunto. Cuando son más de dos sitios enlazados, y se hace necesario un equipo que sea capaz de unir todos los terminales que participen en multivideoconferencia.

- Según la tecnología de red.
 - ATM. Permite la mejor calidad, igual a la calidad de la televisión digital.
 - RDSI. No utiliza internet para realizar la videoconferencia, sino que utiliza la red telefónica RDSI.
 - IP. Sistema de videoconferencia por Internet pensado para ser utilizado por usuarios finales.
 - RTPBC.

2.1.6.2 Etapas básicas para prestar videoconferencia.

- -Captura y emisión. La etapa de captura y emisión de la información a compartir la conforman las siguientes funciones: adquisición de las señales de vídeo, audio, textos, gráficos, datos y/o imágenes a ser compartidos. Captación, digitalización, manejo y compresión de las señales adquiridas y generación y emisión de las señales a ser compartidas.
- Transmisión. La conforman básicamente las siguientes funciones: aceptación de las señales a ser transmitidas, transmisión de las señales y entrega de las señales a los sitios de difusión o coparticipación.
- Recepción. En la etapa de recibo, reproducción y manejo de las señales compartidas la conforman las siguientes funciones: recibo de las señales transmitidas, conversión y despliegue de las señales recibidas y manejo, impresión y grabación de las señales multimedia recibidas.-⁴¹

Se debe tener en cuenta que como la comunicación es bidireccional es decir entre el médico general y el especialista se requiere de las mismas etapas en los dos sentidos de comunicación.

⁴¹ Ibid., p. 67.

2.1.6.3 Componentes de los sistemas de videoconferencia.

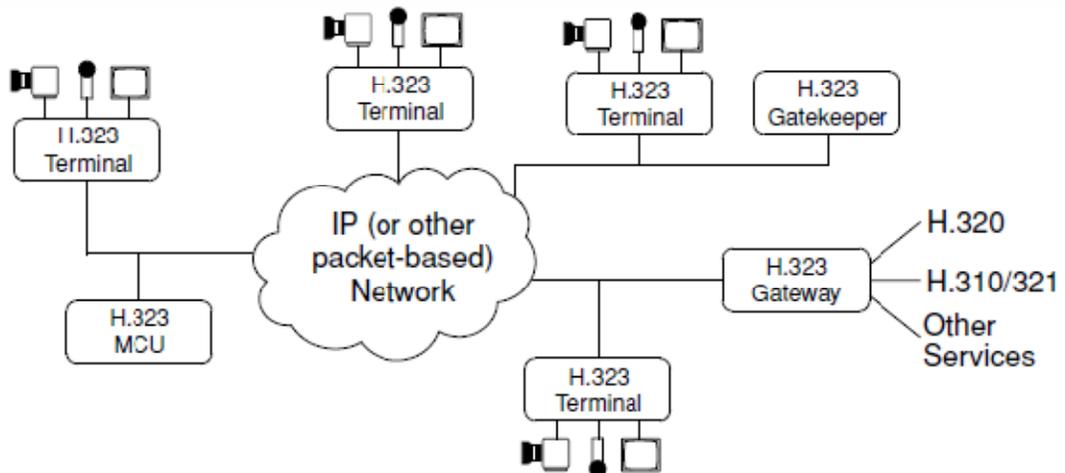
- Sala de videoconferencia. Es el área especialmente acondicionada en la cual se alojará el personal de videoconferencia, así como también, el equipo de control, de audio y de video, que permitirá el capturar y controlar las imágenes y los sonidos que habrán de transmitirse hacia el(los) punto(s) remoto(s).
- Códec. Las señales de audio y video que se desean transmitir se encuentran por lo general en forma de señales analógicas, para poder transmitir esta información a través de una red digital, ésta debe de ser transformada mediante algún método a una señal digital, una vez realizado esto se debe de comprimir y multiplexar esta señal para su transmisión. El dispositivo que se encarga de este trabajo es el CODEC (Codificador/Decodificador) que en el otro extremo de la red realiza el trabajo inverso para poder desplegar y reproducir los datos provenientes desde el punto remoto.
- Red de comunicaciones. Para poder realizar cualquier tipo de comunicación es necesario contar primero con un medio que transporte la información del transmisor al receptor y viceversa o paralelamente (en dos direcciones). En los sistemas de videoconferencia se requiere que este medio proporcione una conexión digital bidireccional y de alta velocidad entre los dos puntos a conectar.

2.1.7 Tecnologías usadas en videoconferencia IP. -Se usa una variedad de tecnologías para implementar videoconferencia en redes IP. Las dos primeras tecnologías, H.323 y Session Initiation Protocol (SIP), soportan las funciones de negociación y configuración de la conexión, requeridas para una videoconferencia. H.323 evolucionó de la primera generación de estándares (H.320) y es ampliamente usada para salones especialmente equipados para videoconferencia. SIP ha sido promovido como un método simplificado para la implementación de llamadas de voz sobre IP, pero también incluye la habilidad de establecer video y otro tipo de conferencias.

2.1.7.1 H.323. Es un estándar internacional para comunicaciones multimedia basadas en paquetes. Trabaja en una variedad de tecnologías de red, incluyendo TCP/IP, UDP/IP y ATM. Es multimedia porque soporta video, audio, y comunicaciones de datos. La videoconferencia sobre IP, como la implementada en H.323, es orientada a conexión, es decir, una conexión tiene que ser establecida entre las partes antes de que la comunicación de datos inicie, cada dispositivo de

las partes a comunicarse necesita ser configurado para enviar y recibir, video y audio⁴². Como se puede ver en la Figura 6, los cuatro dispositivos más frecuentes en una red H.323 son:

Figura 6. Componentes principales de un sistema H.323



Fuente: Simpson, Wes. Video Over IP: A Practical Guide to Technology and Applications. Burlington, Massachusetts: Focal Press, 2006. 515 p. ISBN 978-0-240-80557-3.

- -Terminales H.323. Es un terminal de la red que proporciona en tiempo real comunicación bidireccional con otro terminal H.323, pasarela, o MCU (unidad de control multipunto). El intercambio de información incluye controles, indicaciones, audio, video y datos. Un terminal debe soportar al menos transmisión de voz, voz y datos, voz y video o voz datos y vídeo.
- Gateway H.323. Es un elemento de la red que permite interoperar a los terminales H.323 con terminales en otras redes. Los gateways se conectan directamente con terminales H.323 o bien con otras pasarelas o terminales en otras redes y realiza las funciones de adaptación entre flujos de información así como entre los protocolos de control de ambos entornos. La recomendación H.323 incluye los terminales compatibles con las recomendaciones: H.310, H.320 (B-RDSI), H.320 (RDSI), H.321 (ATM), H.322 (IsoEthernet), H.324 (GSTN), H.324M (Redes Móviles) y V.70 (DSVD).
- Unidad de Control Multipunto (MCU). Permite soportar comunicaciones multipunto. A diferencia de entornos como la RDSI, la capacidad de

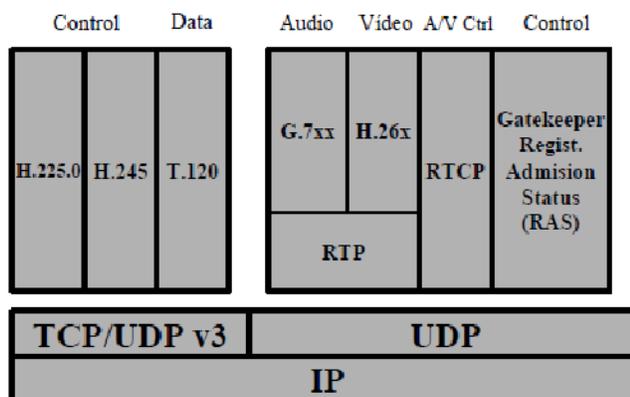
⁴² Simpson, Wes. Video Over IP: A Practical Guide to Technology and Applications. Burlington, Massachusetts: Focal Press, 2006. 515 p. ISBN 978-0-240-80557-3

transmisión multicast de las redes IP no requiere la utilización de un elemento externo a los terminales para realizar funciones de mezclado de medios. Por esta razón, la MCU está dividida en dos partes: el controlador multipunto (MC) que proporciona capacidad de negociación y control de los miembros del grupos, y el procesador multipunto (MP) que se encarga de realizar las funciones de mezcla de medios (audio, vídeo, datos). La funcionalidad de MCU puede ser integrada en un terminal H.323.

- GateKeeper (GK). Es un elemento de la red H.323 que proporciona servicios al resto de elementos. Constituye la base para el desarrollo de servicios y para la aplicación de esta tecnología en entornos con un número considerable de terminales. El GateKeeper es un elemento opcional de la arquitectura, sin embargo la inexistencia de uno, limita el servicio de transferencia de medios. Las funciones que proporciona son: traslación de direcciones, autorización de llamadas, control de admisión, control de zonas, gestión de ancho de banda, gestión de llamadas, reserva de ancho de banda, servicios de directorio, entre otros.⁴³

La arquitectura de protocolos de H.323 se representa en la Figura 7, incluyendo tanto el transporte de medios (voz, video y datos), como el transporte de protocolos de señalización. La mayor parte de canales de control utilizan conexiones TCP, mientras el transporte de medios utiliza UDP.

Figura 7. Pila de protocolos de H.323



Fuente: Moreno, Jose.Soto, Ignacio. Larrabeiti, David. Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre redes IP [on line] Madrid, España. Univesidad Carlos III [citado, enero 2009]. Disponible en internet: <URL:<http://www.it.uc3m.es/~jmoreno/articulos/protocolssenalizacion.pdf>>

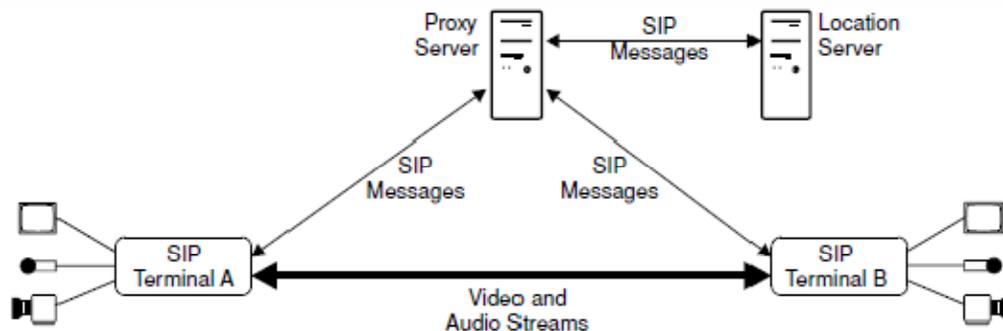
⁴³ Moreno, Jose.Soto, Ignacio. Larrabeiti, David. Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre redes IP [on line] Madrid, España. Univesidad Carlos III [citado, enero 2009]. Disponible en internet: <URL:<http://www.it.uc3m.es/~jmoreno/articulos/protocolssenalizacion.pdf>>

2.1.7.2 SIP. Es un estándar de rápido desarrollo para comunicaciones multimedia sobre redes IP. La mayoría de los actuales desarrollos en SIP están enfocados en comunicaciones de voz (VoIP), pero el estándar tiene recursos que pueden ser usados para soportar video y otros tipos de flujos de datos en tiempo real.

SIP es un protocolo de señalización, es usado para configurar sesiones, pero no para transportar los datos multimedia. Los dispositivos que desean conectarse, usan SIP para publicar la dirección de cada uno, como están configurados, y el tipo de flujo de datos que quieren enviar y recibir. SIP provee funciones de control de llamadas, como el timbre, establecimiento y desconexión, también puede soportar cambios en el estado de la llamada, por ejemplo, una llamada empieza como llamada de voz y cambia a videoconferencia.

Ha sido diseñado para ser altamente compatible con otros protocolos y servicios de internet, por ejemplo, los mensajes SIP son basados en texto, similar a los mensajes HTTP. Además resuelve la dirección IP y los números de puertos que los dispositivos necesitan para poder comunicarse. Los flujos de señalización y de datos usan caminos diferentes, la Figura 8 muestra como los flujos de datos en una sesión SIP.

Figura 8. Arquitectura de una red SIP



Fuente: Simpson, Wes. Video Over IP: A Practical Guide to Technology and Applications. Burlington, Massachusetts: Focal Press, 2006. 515 p. ISBN 978-0-240-80557-3

Dentro de los mensajes de SIP, se usa el protocolo SDP para que los terminales describan sus capacidades y el tipo de flujo de datos que son capaces de soportar, SDP puede especificar cosas como el tipo de media (voz, video o datos), el formato de codificación y el protocolo de transporte a ser usado. Después de que ambos dispositivos estén de acuerdo con las especificaciones, la comunicación se puede llevar a cabo.

SIP no ofrece algunas funciones que otros protocolos más complejos proveen, por ejemplo, no ofrece mecanismos de control de conferencia multipunto, en vez de esto, provee un conjunto flexible de funciones⁴⁴ que pueden ser usadas para crear servicios avanzados. SIP tampoco está en capacidad de reservar en una sesión el ancho de banda de extremo a extremo.

2.1.8 CODECs usados para el transporte de video sobre una red IP. A través de los años han sido usados diferentes tipos de compresión de video para videoconferencia. El primer tipo de compresión desarrollado a principios de los 80s fue H.120, el cual trabaja sobre circuitos telefónicos a 1.544 ó 2.048 Mbps. Luego apareció H.261, el cual fue desarrollado a finales de los 80s para líneas telefónicas digitales que operan a velocidades múltiplos de 64Kbps. En los 90s se desarrolló H.263 que permitió mejor eficiencia de compresión, desde la primera edición se han incorporado una serie de mejoras al CODEC H.323 y por ultimo apareció H.264 con muchas mejoras en su desempeño.

Es importante entender que la elección de una tecnología de compresión para un sistema de videoconferencia es independiente de la tecnología de comunicación, en otras palabras, el CODEC H.264 puede ser usado con H.320 (para líneas RDSI), H.323 (para algunas redes basadas en paquetes) o con SIP (para redes IP). A continuación se describe cada CODEC útil para el transporte de video sobre una red IP.

2.1.8.1 CODEC H.261. Fue desarrollado por la UIT como un CODEC heredado para que: fuera soportado por H. 320, H.323 requiere que los terminales soporten el formato H.261 y ofreciera interoperabilidad entre terminales. En la Tabla 6 se detallan las características de la trama de video.

Técnicamente, H.261 define tramas que pueden ocurrir solo a intervalos de 29.97Hz. Sin embargo, el codificador permite enviar a una menor velocidad de trama. La Tabla 7 muestra las características de los vectores de movimiento (MV) para el CODEC H.261, permitiendo un único MV por macrobloque (MB).

⁴⁴Funciones llamadas primitivas.

Tabla 6. Parámetros de la trama de video para H.261

Parámetros de video	Opciones
Codificación entrelazado	No
Formato de Color	YCbCr, 4:2:0 interstitial
Tamaño de la trama	QCIF (obligatorio) CIF (opcional)
Velocidad de la trama	Soporta posiciones de trama a intervalos correspondientes a 29.97HZ
Relación de aspecto	04:03

Fuente: Cisco, Fisrestone Scott, Ramalingam Thiya and Fry Steve. Voice and Video Conferencing Fundamentals: desing, develop, select, deploy, and support advanced IP-based audio and video conferencing systems. Indianapolis: Cisco Press, 2007. p. 327. ISBN-13: 978-1-58705-268-2

Tabla 7. Atributos de los vectores de movimiento para H.261

Atributo de vector de movimiento	Opciones de atributo
MV por MB	1
Rango MV H/V	[-15,+16]
Resolución MV	Pixel único para luminancia y crominancia
Cálculo de crominancia de un MV	Dividir la luminancia del MV por 2, y luego multiplicar por la exactitud de un pixel
Restricciones de la trama de MV	Están restringidas dentro de los límites de la trama
Predicción de MV	H.261 codifica la diferencia entre un MB y el anterior
Compensación de sobreposición de bloques de movimiento (OBMC)	Ninguno

Fuente: Ibid., p. 328.

H.261 no cuenta con un filtro de desbloqueo y no tiene la función de escalabilidad temporal, SNR y espacial, además ofrece FEC como la unica función de resistencia a pérdida de datos. H.261 aplica un filtro de bucle a la trama prevista, este filtro de bucle borra la trama reconstruida antes de que que la trama es usada como una trama prevista. El filtro de bucle puede ser necesario cuando la secuencia de video tiene objetos con bodes afilados, porque H.261 esta limitado a MVs con solo un pixel de exactitud, y los bordes afilados en la trama original depronto no se alinean. El resultado es una imagen residual que contiene información de bordes de diferencia de alta frecuencia, esos bordes de alta frecuencia dan como resultado altos valores de coeficientes de DCT que incrementan la tasa de bits del flujo de salida.

2.1.8.2 CODEC H.263. Fue desarrollado por la UIT y paso por tres versiones. La primera versión del estándar finalizó en 1995 y añadió muchas mejoras en relación a H.261. Las dos siguientes versiones se publicaron en 1998 y 2000, con las siguientes mejoras:

- H263v2 (alias H.236+ o H.263 1998), se añadieron dieciseis anexos. Además incluye información complementaria.
- H263v2 (alias H.236++ o H.263 2000), esta versión añade los anexos U, V, W y X.

En el anexo X de la recomendación UIT, el CODEC define nueve perfiles y multiples niveles. Los perfiles definen las características permitidas, como el uso de tramas-B. Los niveles definen los tamaños de trama permitidos, tasas de bits, y velocidad de tramas.

Tabla 8. Parámetros de la trama de video para H.263

Parámetros de video	Opciones
Codificación entrelazado	No
Formato de Color	YCbCr, 4:2:0 interstitial
Tamaño de la trama	Cinco tamaños estándar: sub-QCIF, QCIF, CIF, 4CIF, 16CIF mas un tamaño personalizado
Relación de aspecto	Relaciones de aspecto estándares y personalizadas
Velocidad de la trama	Estándar 29.97HZ o una frecuencia personalizada.

Fuente: Ibid., p. 331

La segmentación de cada trama en MB es similar a H.261, a continuación se muestran las características y limitaciones de los vectores de movimiento.

Tabla 9. Atributos de los vectores de movimiento para H.263

Atributo de vector de movimiento	Opciones de atributo
MV por MB	Base H.263: 1
	Anexo F: 4 MV por MB
Rango MV H/V	Base H.263 : [-16,15.5]
	Anexo D: el rango máximo posibles es [-31.5, 31.5]
Resolución MV	½ Pixel para luminancia y crominancia
Cálculo de crominancia de un MV	Dividir la luminancia del MV por 2, y luego multiplicar por la exactitud de un pixel
Restricciones de la trama de MV	Base H.323 MV están restringidas dentro de los límites de la trama
	Anexo D, J,F, los MV se pueden referir a pixeles fuera de la trama.
Predicción de MV	Base H.263 es obtenida aplicando un filtro medio a los MV entorno de tres MB.
Compensación de sobreposición de bloques de movimiento (OBMC)	Base H.263 :Ninguno
	Anexo F

Fuente: Ibid., p. 331.

2.1.8.3 CODEC H.264. Fue desarrollado conjuntamente por la UIT e ISO/IEC, como resultado puede ser encontrado en dos documentos diferentes: el documento H.264 de la UIT, y el MPEG-4 parte 10 de ISO/IEC. También es conocido como Advanced Video Codec (AVC). H.264 tiene un rendimiento superior comparado con los estándares anteriores. H.264 genera tasa de bits en un 30% a 50% menos que H.263, sin embargo, esta mejora en rendimiento requiere mas ciclos del procesador, los codificadores pueden llegar a tener cuatro veces la carga de CPU en comparación a otros CODECs. H.264 tiene las siguientes características distintivas:

- Filtro de desbloqueo
- Los MV puede solicitar los bloques tan pequeños como 4.4 pixeles
- Cada MV puede especificar una imagen de referencia
- 1/4 pixel para resolución de luminancia de un MV
- 1/8 pixel para resolución de crominancia de un MV

Tabla 10. Parámetros de la trama de video para H.264

Parámetros de vídeo	Opciones
Codificación entrelazado	Si, sobre una base por-MB
Formato de Color	YCbCr, 4:2:0 co-situados/interstitial
Tamaño de la trama	Cinco tamaños estándar: sub-QCIF, QCIF, CIF, 4CIF, 16CIF mas un tamaño personalizado
Relación de aspecto	Relaciones de aspecto estándares y personalizadas
Velocidad de la trama	No hay ajustes o limites

Fuente: Ibid., p. 344.

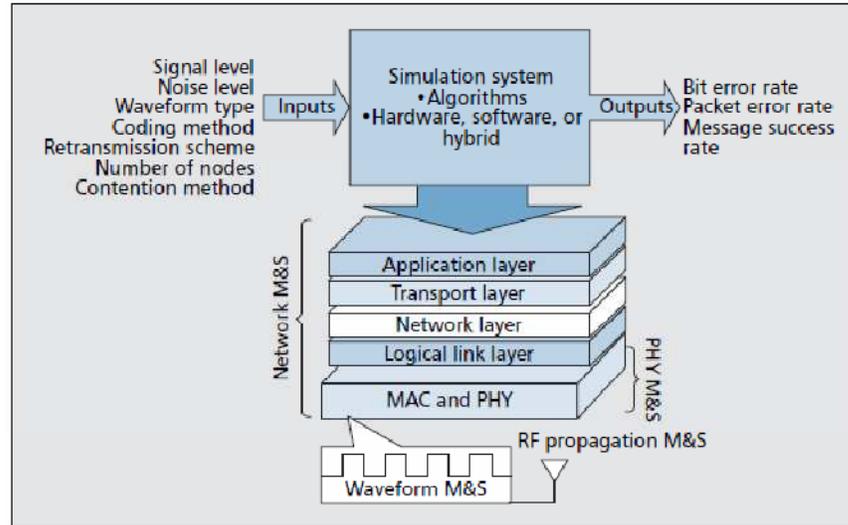
Tabla 11. Atributos de los vectores de movimiento para H.264

Atributo de vector de movimiento	Opciones de atributo
Tamaños de bloque de MV	Se pueden aplicar vectores de movimiento de tamaños de 16x16, 16x8, 8x16, 8x8, 8x4, 4x8 o 4x4
MV por MB	Hasta 32
Rango MV H/V	Asignado por el nivel
Resolución MV	¼ para luminancia , 1/8 para crominancia
Cálculo de crominancia de un MV	Dividir la luminancia del MV por 2, y luego multiplicar por la exactitud de un pixel
Restricciones de la trama de MV	ninguna

Fuente: Ibid., p. 346.

2.1.9 Modelado y simulación de redes inalámbricas. -Las herramientas de Modelado y Simulación (en adelante M&S) pueden ser muy poderosas en la obtención de conocimientos del comportamiento de un sistema complejo. Generalmente un sistema de red puede ser representado por un modelo implementado en hardware, software o la combinación de los dos. Una simulación representa la ejecución de ese modelo, que consiste en un conjunto típico de entradas, algoritmos, rutinas que modelan el comportamiento del sistema y un conjunto de salidas que proveen idea del rendimiento del sistema. Los sistemas pueden ser tan simples o complejos como el diseñador lo disponga. La Figura 9, muestra una representación de una herramienta de M&S para un sistema de comunicación, en esta, el usuario especifica las entradas, las cuales son procesadas por rutinas, que modelan la comunicación digital del sistema para crear salidas como el BER, PER o métricas de throughput, datos que son útiles para caracterizar el rendimiento de un sistema.

Figura 9. Ejemplo de un sistema de simulación inalámbrico



Fuente: Kasch William, Ward Jon y Andrusenko Julia. Wireless Network Modeling and Simulation Tools for Designer and Developers. En: Communications magazine. Vol 47, marzo de 2009, 188 p. ISSN 0163-6804.

Las ventajas de M&S incluyen la capacidad de ensayar escenarios que no son factibles a través de métodos empíricos (por ejemplo una prueba de escalabilidad de una red) y la capacidad de modificar los modelos para probar la sensibilidad del sistema y afinar el rendimiento. La principal debilidad de M&S sigue siendo que el sistema no es real, y como tal, los valores de los resultados son en gran medida una función de los aspectos del modelo del sistema y el grado de los detalles del modelo; sin embargo, los modelos de código abierto, basados en software de plataformas de hardware, están empezando a mitigar esta debilidad porque ofrecen la capacidad de producir resultados de alta fidelidad para escenarios operativos. Se debe resaltar que M&S no es un reemplazo de las pruebas empíricas, los modelos analíticos, prototipos, pruebas de laboratorio y pruebas de campo, todos estos son componentes críticos en un diseño exitoso.

2.1.9.1 Clases de simulaciones. Generalmente se usan tres tipos de simulaciones para M&S, estas son:

- **Software.** Se enfoca en proveer una idea del rendimiento conceptual del sistema y puede ayudar a los ingenieros a encontrar cuestiones relacionadas con el sistema antes de implementar el hardware. Además las simulaciones basadas en software se actualizan más fácil a nuevas características del modelo del sistema o experimenta las variaciones en los parámetros del sistema. Sin embargo, las simulaciones basadas en software usualmente son

lentas a menos que se utilicen técnicas distributivas para mejorar el tiempo de ejecución.

- **Hardware.** Generalmente esta técnica es más rápida en tiempo de ejecución en comparación con un software de fidelidad comparable; sin embargo, una simulación basada en hardware puede ser más cara de desarrollar y mantener, debido a los costos asociados al hardware. Además los cambios en este tipo de simulaciones pueden ser complicados y pueden incurrir en costos de rediseño.
- **Híbrido.** Combina los métodos de software y hardware, en particular las simulaciones de hardware en el bucle (HILT por sus siglas en inglés) pueden ser muy poderosas para probar plataformas de hardware existente y tener una idea de las características de rendimiento, mientras se modelan otros aspectos por medio del software.

Al desarrollar una simulación, es importante considerar las dimensiones del rendimiento; escalabilidad, velocidad de ejecución, fidelidad y costo. Generalmente estas son metas conflictivas, y como tal, las desventajas deben ser determinadas y expuestas contra todas las metas de la simulación. Para simulaciones de red, la escalabilidad se refiere al impacto del incremento de las características: número de nodos o incremento de tráfico cargado en las métricas de rendimiento de la simulación.

2.1.9.2 Tiempo de simulación. Las simulaciones que escalan y en general pueden manejar un incremento de nodos o nivel de tráfico tienen consecuencias mínimas en el tiempo de ejecución comparadas con la simulación que no escalan. La velocidad de ejecución se refiere específicamente al tiempo que la simulación utiliza para completar un conjunto de entradas (como escenario de red con topología y características de tráfico). Generalmente se desea una rápida ejecución, sin embargo esto es en gran medida una función de escalabilidad y fidelidad, en donde la fidelidad se refiere al grado de detalle del modelo que es desarrollado dentro de una simulación, para aproximarse al sistema, pero se debe tener en cuenta que una alta fidelidad puede incrementar sustancialmente el tiempo de ejecución y los costos.

2.1.9.3 Clases de herramientas de M&S. Como un enfoque general cuando se seleccionan métodos de M&S, los ingenieros pueden elegir un producto público de M&S o alternativamente pueden desarrollar su propia herramienta. Los desarrollos in-house tienen ciertas ventajas sobre las herramientas comerciales. Un diseñador

debe conocer más acerca de las características específicas, capacidades, hipótesis y limitaciones de la herramienta in-house comparada con la herramienta comercial, sin embargo desarrollar herramientas in-house puede requerir una importante investigación. Además con el creciente número de tecnologías de red que están siendo desarrolladas, escoger una opción in-house puede ser prohibitivo para las simulaciones donde interactúen varias de esas tecnologías.

Existen muchas herramientas disponibles, de tipo comercial o de dominio público (proyectos de código abierto). Por eso escoger una herramienta puede ser un reto. Las herramientas disponibles varían en muchas maneras, incluyendo: el conjunto de características, experiencia del usuario, rendimiento y costo. Todas las opciones tienen ventajas y desventajas, alcances y limitaciones.

2.1.9.4 Costo de una simulación. Es importante considerar el costo cuando se escoge una herramienta de M&S. Los productos comercialmente disponibles, frecuentemente, incluyen actualizaciones y mantenimiento. Además los costos de la plataforma computacional pueden ser un factor que influya en la potencia de procesamiento requerida. Otros costos que deben ser considerados incluyen el soporte técnico, la productividad y la dotación del personal, se debe tener en cuenta que algunas herramientas de M&S requieren una gran inversión en capacitación del personal.

2.1.9.5 Herramientas de M&S para la capa física. Los diseñadores de sistemas digitales de comunicaciones cuentan con métricas como BER, PER y EVM para caracterizar un medio de transmisión dado y correspondientemente el rendimiento del sistema de comunicación.

El diseñador empieza típicamente con un nivel alto, un diagrama de bloques funcionales, que capturan cada una de las funciones básicas del sistema físico, en bloques individuales que tienen entradas y salidas de un bloque a otro. Algunos software comerciales son:

- LabVIEW
- Simulink/Matlab
- Agilent Advanced Design System(ADS)
- CoWare Signal Processing Designer (SPD)

Estas herramientas usan interfaces de usuario gráficas (GUIs) que permiten al diseñador desarrollar simulaciones de acuerdo con la forma funcional del diagrama de bloques. Cada uno de los paquetes de software incluye bloques genéricos aplicables a la mayoría de simulaciones físicas, algunos de estos

bloques son: pseudos-aleatorio, generación de datos en bruto, FEC, algoritmos, moduladores e impedimentos de canal. Otros bloques funcionales desarrollan un análisis de las salidas del modelo del sistema como: BER, PER, y tasas de datos disponibles.

Los productos anteriormente mencionados están encaminados a modelar atributos específicos y algoritmos de sistemas más grandes. Por ejemplo, se puede modelar los efectos de un FEC en el rendimiento de un sistema, en vez de modelar toda la implementación. Cada plataforma ofrece paquetes complemento que permiten personalizar la definición y el análisis de un tipo de forma de onda: en LabVIEW esta funcionalidad la ofrece la caja de herramientas de modulación y en Matlab la caja de herramientas de comunicaciones, esos paquetes complemento permiten al diseñador crear definiciones de software de las formas de onda modeladas.

LabVIEW, Simulink (en Matlab) y ADS ofrecen implementaciones disponibles de los estándares de la capa física y las formas de onda. Esto incluye descripción de la capa física para tecnologías como 802.11, 802.16 o estándares celulares. La disponibilidad de esas implementaciones depende de las plataformas, y el diseñador debe contactar el vendedor correcto para los requerimientos específicos. Alternativamente algunas plataformas no ofrecen implementaciones directamente de estándares.

2.1.9.6 Herramientas de M&S para la propagación de ondas. El diseñador de redes inalámbricas también busca caracterizar la interfaz de aire entre el receptor y el transmisor. En este caso, las herramientas de M&S de propagación RF se usan para estimar los efectos de la energía electromagnética entre el transmisor y el receptor. Existe una variedad de herramientas comerciales como las que se describen en la Tabla 12, muchos de estos modelos se diferencian en la interfaz del usuario y la visualización de las herramientas y no necesariamente en el modelo de propagación.

Tabla 12. Herramientas de Modelado y Simulación para propagación de RF

Nombre de la herramienta	Compañía
Athena*	Wave Concepts
CellOp*	Actix
Comstudy*	RadioSoft
EDEX SignalPro*	EDX Gíreles
ENTERPRISE Suite*	AIRCOM Internacional
LANPlanner*	Motorota, Inc
Mentum Planet	Mentum S.A.
NP WorkPlace	Multiple Access Communications Ltd
Pathloss	Contract Telecommunications Engineering
PloPath*	V-soft Communications LLC
Probe*	V-soft Communications LLC
Profiler-eQ*	Equilateral Technologies
RFCAD*	Sitesafe
RPS*	Radioplan GMBH
Volcano*	SIRADEL
Wavesight*	Wavecall
WinProp	AWE Communications
Gíreles Insite*	Remcom, Inc

Fuente: Kasch William, Ward Jon y Andrusenko Julia. Wireless Network Modeling and Simulation Tools for Designer and Developers. En: Communications magazine. Vol 47, marzo de 2009, 188 p. ISSN 0163-6804.

* Indica que la plataforma es un producto comercial

2.1.9.7 Herramientas de M&S para la capa de red. Proveen al diseñador un método para diseñar y depurar protocolos de red y verificar diversas funciones. Las figuras típicas son el throughput del sistema, velocidad de retransmisión o tamaño promedio de paquete. Se hace una lista de este tipo de simuladores en la siguiente tabla.

Tabla 13. Herramientas de simulación de red

Herramienta de simulación	Tipo de producto
BRITE	Código abierto
Cnet	Código abierto
GloMoSim	Código abierto
J-Sim	Código abierto
NS-2	Código abierto
OMNet++	Código abierto
OPNET	Comercial
PacketStorm-Network Emulator	Comercial
QualNet	Comercial
SSNet	Código abierto
x-sim	Código abierto

Fuente: Ibid., p. 124.

La mayoría de simuladores de red empiezan como proyectos universitarios enfocados en simular un atributo específico del comportamiento de una red bajo condiciones explícitas. Consecuentemente el diseñador debe seleccionar entre diversos simuladores que varían en costo, facilidad de uso, simuladores con interface de línea de comandos con documentación limitada y simuladores comerciales. A continuación se describen algunos de estos:

- GloMoSim. Es un simulador de eventos discretos para gran escala (por ejemplo miles de nodos), para protocolos inalámbricos, tiene limitada documentación porque es un proyecto de fuente abierta de la Universidad de California de Los Ángeles (UCLA).
- QualNet. Es la versión comercial de GloMoSim para tecnologías de red escalables que incluye: protocolos alámbricos e inalámbricos, código de fuente personalizable y documentación incluyendo soporte técnico. También contiene modelos de propagación RF, soporte para comunicaciones HITL, capacidades de procesamiento en paralelo y soporte para crear protocolos.
- NS2. Es un simulador de red popular, usado primordialmente para desarrollar e investigar nuevos protocolos en escenarios alámbricos e inalámbricos. Es usado extensamente en universidades y ofrece gran apoyo por parte de las diferentes comunidades existentes en Internet. Incluye protocolos básicos de enrutamiento IP y protocolos como TCP.
- OPNET. Es actualmente el líder en simuladores comerciales, ofrece soporte, documentación y personalización del simulador. Contiene descripciones

específicas de modelos para dispositivos de red populares incluyendo parámetros operacionales y permite capturar datos. En OPNET es posible implementar simulaciones HILT o computación en paralelo.⁴⁵

2.2 MARCO LEGAL O NORMATIVO

A principio del año 2007, en Colombia se propuso un proyecto de ley enfocado a crear un modelo general de Telemedicina en el país, el cual busca soluciones viables a las limitaciones que presenta el sistema sanitario en el acceso a servicios médicos especializados de la población que habita en zonas dispersas y la educación médica continuada. El proyecto en si se define como una red de información y telecomunicaciones, orientada a apoyar las condiciones de salud de la población colombiana, así como a capacitar el recurso humano para compartir el conocimiento, desarrollar una plataforma tecnológica que lo haga viable y sostenible y avanzar en cuanto a la investigación y la enseñanza.

La Comisión Séptima del Senado aprobó el Proyecto de Ley No. 309 de 2007 Cámara – 218 de 2007 Senado “Por la cual se desarrolla la TELESALUD en Colombia y se establecen sus lineamientos”. Aprobado martes 10 de junio.

El objeto de esta ley se establece en el artículo primero: “La presente ley tiene por objeto mejorar la cobertura, la calidad, oportunidad y posibilidad de todos los colombianos de acceder a los servicios de salud, mediante el apoyo de las TIC, acordes y adaptadas a nuestras realidades de tecnología, conectividad y nivel científico.”⁴⁶

⁴⁵ Fuente: Kasch William, Ward Jon y Andrusenko Julia. Wireless Network Modeling and Simulation Tools for Designer and Developers. En: Communications magazine. Vol 47, marzo de 2009, 188 p. ISSN 0163-6804.

⁴⁶ Fuente: Ministerio de Comunicaciones. Inicio. Proyectos de Ley presentados por el Ministerio. [documento en línea]. [Citado Abril 2008]. Disponible en Internet:
URL:http://www.mincomunicaciones.gov.co/mincom/src/user_docs/Noticias/ProyectosLey/ProLeyTelesalud309de2007.pdf

3. DISEÑO METODOLÓGICO

En función de las características del problema investigado y de los objetivos propuestos, se expone el tipo y diseño de la investigación, el universo de estudio, el instrumento para la recolección de la información y el análisis de los datos obtenidos.

El presente trabajo toma como método de estudio el empírico-analítico, el cual consiste en concebir, ordenar y explicar de un punto objetivo y científico, un fenómeno determinado, para luego, mediante técnicas matemáticas, estadísticas e informáticas, las cuales a partir de las características y explicación de un fenómeno, generan soluciones lógicas y de aplicabilidad específica y general.

Teniendo en cuenta el tipo de investigación a desarrollar y el campo de acción de la misma; y conforme a la normatividad y líneas de investigación adoptadas por la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Buenaventura, la presente investigación se desarrolla bajo ciertos parámetros de investigación.

3.1 PARÁMETROS DE INVESTIGACIÓN

- Línea de investigación: tecnologías actuales y sociedad.
- Sublínea de la Facultad: sistemas de información y comunicación.
- Campos de investigación: telemedicina.
- Universo: centros de salud de la provincia de Ubaté departamento de Cundinamarca.
- Población: personal de salud y personal administrativo de los diferentes centros de salud de la provincia de Ubaté departamento de Cundinamarca.
- Muestra: la totalidad del personal de los centros de salud la red hospitalaria de la E.S.E Hospital el Salvador de Ubaté departamento de Cundinamarca.

3.2 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información recolectada por los instrumentos permitirá realizar inferencias acerca de la población, por medio de los métodos de estimación aplicados para la técnica de muestreo empleada, los cuales se detallan en el marco referencial. Los datos que de esta forma se obtengan, se emplearán en el análisis de la población encuestada e, influirán directamente en los mecanismos y acciones encaminadas a mejorar la atención integral brindada en los centros de salud del municipio de Ubaté. Recolectada la información, se procede a realizar un acopio de datos que permita la posterior tabulación, estandarización y análisis de los mismos.

3.3 MÉTODO ESTADÍSTICO

Partiendo del análisis previo del objetivo general y los objetivos específicos del proyecto; así como también la recolección, incidencia, acopio de datos, estandarización y análisis de la información recolectada mediante el método o instrumento determinado para la fase de aplicación de instrumentos. Se encuentra que el método estadístico más acorde a las necesidades del estudio realizado y aplicado a la población muestra y población objetivo es el Estudio Estadístico Interpretativo (EEI), ya que éste de una manera muy puntual, directa y confiable; estandariza cualicuantitativamente la información obtenida en la población muestra, proporcionándole a esta los parámetros de confiabilidad pertinentes, de tal forma que la información obtenida en la población muestra puede ser aplicada y totalizada al conjunto completo de la población objetivo.

- Recolección. Confiable, válida y consistente.
- Estandarización. Tipifica los ítems de los instrumentos utilizados.
- Tabulación. Permite el agrupamiento por valores comunes, sintetiza contundentemente y con muy poco margen de error las similitudes de los grupos de entrada.
- Histogramas. Visualiza los diferentes datos recopilados en la tabulación en forma gráfica.
- Análisis. Explica la ocurrencia de los contrarios. Se describe cualicuantitativamente, mediante frecuencias relativas (porcentajes) las cuales proporcionarían histogramas (análisis cuantitativo) y la interpretación de estos (análisis cualitativo), generando de una forma dinámica una explicación cualicuantitativa de los resultados obtenidos.

- **Conclusión.** Sintetiza la interpretación y el análisis, es decir, sus apreciaciones son afirmativas, cortas, concretas y precisas.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En la Tabla 14, se definen las variables que permitirán esbozar la encuesta de acuerdo con la dimensión y los indicadores involucrados.

Tabla 14. Definición de variables e indicadores para la posterior realización de la encuesta.

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	FUNCIONALIDAD
SOCIOCULTURAL	Contextualiza la interacción individuo medio.	PERSONAL DE SALUD	Cantidad. Campo de Acción. Nivel Profesional.	INDEPENDIENTE
		USUARIOS	Cantidad de pacientes por consulta externa. Cantidad de pacientes por servicio de urgencias.	
SERVICIOS	Contextualiza y dimensiona las diversas actividades que presentan los centros de salud para preservar y restablecer la salud del paciente.	PROMOCIÓN	Charlas	INDEPENDIENTE
		PREVENCIÓN	Visitas domiciliarias Jornadas de salud Detección temprana Protección específica	
		REHABILITACIÓN	Terapia física Seguimiento	
		ATENCIÓN BÁSICA	Consulta externa Urgencias	
RECURSOS	Contextualiza y dimensiona los recursos existentes y la administración de los mismos	INFRAESTRUCTURA DE SALUD	Planta física Equipos Aplicación	INDEPENDIENTE
		INFRAESTRUCTURA DE RED	Planta física Equipos Aplicación	
		MEDIO DE TRANSPORTE INSTITUCIONAL	Terrestre Aéreo	
		MEDIO DE TRANSPORTE MASIVO	Terrestre Aéreo No convencional	
MÉTODOS DE ATENCIÓN Y REGISTRO	Contextualiza y dimensiona los métodos y mecanismos para la administración de registros y archivos	CITAS MEDICAS	Solicitud Asignación	DEPENDIENTE
		HISTORIAS CLÍNICAS	Apertura Registro Archivo	

Fuente: autoras.

3.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN

La información se obtuvo mediante la técnica de encuesta estructurada escrita,⁴⁷ para lo cual se empleó un instrumento, ver Anexo A, y documentación digital suministrada por el hospital. Estos datos están relacionados con el personal de trabajo, recursos, servicios, métodos de atención y registro de los servicios de salud ofrecidos en los centros de la red hospitalaria El Salvador. En la Tabla 15 se describe el objetivo de cada una de las preguntas de la encuesta.

Tabla 15. Objetivos de la encuesta aplicada

Número de pregunta	Objetivos de la formulación
1 y 2	Soportar que en estas instituciones no hay personal especializado.
	Conocer si el personal que labora en estos centros de salud está realmente desempeñándose en sus áreas de formación.
	Justificar los desplazamientos realizados por los pacientes en el caso de que necesiten atención especializada.
3	Saber que servicios de salud son cubiertos por cada centro de salud.
	Cuáles son los servicios predominantes en los centros de salud.
	Determinar los servicios de nivel superior que se prestan en el hospital.
	Comprobar que no se prestan servicios de nivel superior.
4 y 5	Conocer las actividades de promoción y prevención que se llevan a cabo en cada uno de los centros de salud para determinar cuáles de ellas pueden ser soportadas por la telemedicina.
6	Conocer la opinión del personal respecto a los servicios de telemedicina que consideran viables de implementar.
	Definir los servicios que logran suplir un porcentaje de las necesidades de los pacientes en cuanto a servicios de salud.
	Justificar los servicios para los cuales se va a diseñar la red.
7	Determinar la viabilidad de un espacio para el cuarto de telemedicina en cada uno de los centros de salud.
	Conocer el estado de las historias clínicas y de la facturación de cada uno de los centros de salud.
8	Conocer si alguna de las instituciones cuenta con medios de transporte a los pacientes para sus desplazamientos hacia el Hospital El Salvador.
9	Conocer el proceso de adjudicación de citas especializadas.

Fuente: autoras.

⁴⁷ Las preguntas están organizadas y a los sujetos se les ofreció una selección limitada de respuestas.

3.5.1 Información suministrada. El departamento de sistemas de la E.S.E Hospital el Salvador suministró la documentación referente a recursos humanos (consultas médicas especializadas, servicios que se prestan en el hospital), recursos informáticos y recursos económicos (tarifas de líneas telefónicas) con el fin de:

- Comprobar que la cantidad de personas que asiste a los centros de salud es considerable con relación a la población total de cada municipio.
- Comprobar que en los centros y puestos de salud no se tienen servicios especializados lo cual obliga al paciente a desplazarse al hospital el Salvador en Ubaté incurriendo en costos y tiempo.
- Corroborar que la cantidad de pacientes que hace uso de los centros y puestos de salud son personas de bajos recursos económicos lo cual impide o dificulta el desplazamiento al hospital para la solicitud de una cita especializada o en su defecto el cumplimiento de la misma.
- Conocer el gasto por concepto de llamadas telefónicas y la cantidad de llamadas que realizan mensualmente.
- Conocer las características técnicas de los equipos informáticos y de comunicaciones con los que cuentan.
- Conocer los servicios de nivel superior que son prestados en el Hospital el Salvador.

4. DESARROLLO INGENIERIL

El desarrollo de este proyecto se divide en cuatro etapas, que permiten tener claro la ejecución y cumplimiento de los objetivos propuestos, la estructura de esta investigación será: definir el estado del sector salud del departamento de Cundinamarca y la determinación del área de diseño, luego evaluar y seleccionar los servicios de telemedicina que serán soportados por la red, después de conocer los requerimientos de los servicios de salud escogidos, se procederá a analizar y seleccionar la tecnología inalámbrica a ser utilizada y por último se verificará el correcto funcionamiento del sistema simulando el diseño propuesto.

4.1 ESTADO EN MATERIA DE SALUD DE CUNDINAMARCA Y DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE DISEÑO

Con el fin de seleccionar el área de Cundinamarca para la cual se va a desarrollar el diseño de la red de telemedicina, se parte de la división por provincias que tiene este departamento. Con base en esta división se analizaron diferentes criterios de selección, que permitieron escoger el área de trabajo.

Para hacer mención al proceso de selección realizada en la adopción del área de diseño, se hace pertinente desglosar las características que se tendrán en cuenta para seleccionar el área de diseño:

- Habitantes por provincia y su respectiva clasificación en zonas (rural y urbana).
- Infraestructura hospitalaria existente.
- Problemas en el sector salud.
- Principales casos de morbilidad.
- Principales casos de epidemiología.

4.1.1 Provincias de Cundinamarca. La asamblea de Cundinamarca, mediante la ordenanza No. 07 del 9 de abril de 2001, conformó como división político-administrativa, a las quince provincias representadas en la Figura 10, del departamento de Cundinamarca: Almeidas, Alto Magdalena, Bajo Magdalena, Gualivá, Guavio, Magdalena Centro, Medina, Oriente, Rionegro, Sabana Centro, Sabana Occidente, Soacha, Sumapaz, Tequendama y Ubaté.

Figura 10. Mapa de provincias de Cundinamarca, Colombia



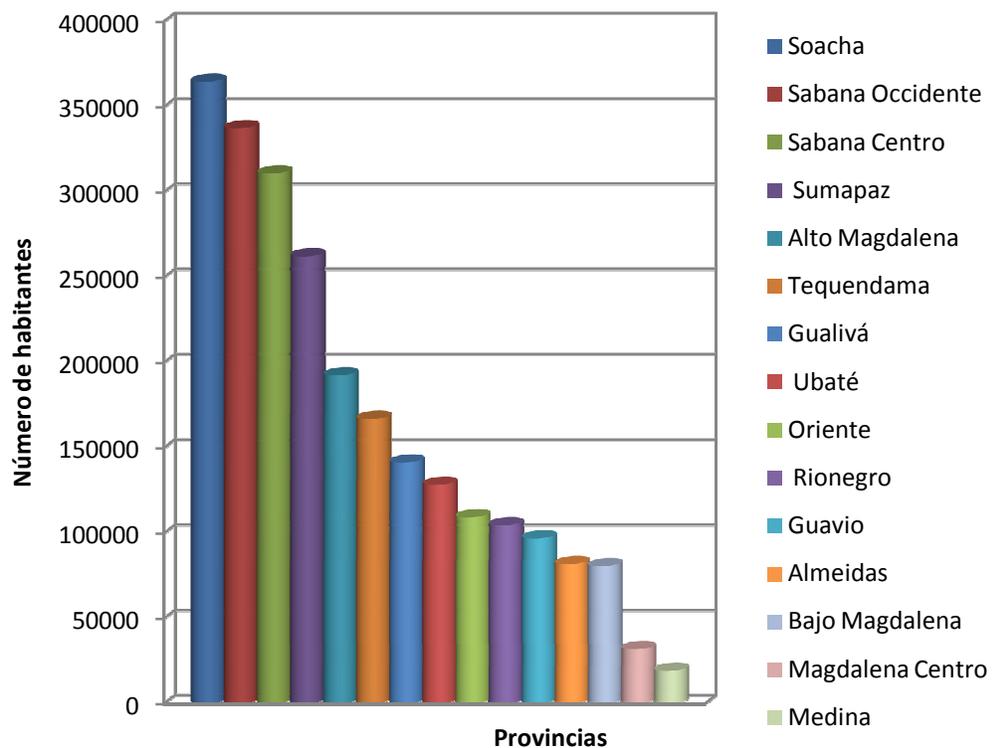
Fuente: Gobernación de Cundinamarca. Municipios [documento en línea]. Cundinamarca, Colombia [citado Noviembre, 2008]. Disponible en Internet: <URL:http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/municipios/frm_indexmunicipios.asp>.

En las provincias anteriormente mencionadas se verificaron algunos criterios con el fin de realizar una adecuada selección del área que se va a tomar como caso de estudio para la realización del diseño. Los criterios considerados en este proceso son:

- Población por provincia y su respectiva clasificación en zonas. Esta información permite conocer el porcentaje de población de cada provincia respecto a zonas rurales y zonas urbanas.
- Infraestructura de salud existente. Por medio de este criterio se llega a conocer el número de instituciones con las que cuenta el departamento.
- Principales problemas presentados en el sector salud. Permite hacer un acercamiento a la situación actual respecto a las necesidades presentes en las instituciones de salud.
- Principales casos de morbilidad. Con esta información se conoce los problemas de salud más frecuentes.
- Principales casos de epidemiología. Con esta información se conocen las epidemias más frecuentes.

4.1.2 Criterio de población por provincia. La información que tiene publicada la Secretaría de Salud de Cundinamarca describe la población de los municipios que conforman cada provincia del departamento. En ella se hace una discriminación del número de habitantes en zona urbana y zona rural. Después de recopilar los índices de población de cada provincia, se realiza una clasificación en relación con la población total por provincia que se presenta en la Gráfica 1, la población que vive en las zonas urbanas y la que vive en zonas rurales.

Gráfica 1. Población total por provincias del departamento de Cundinamarca

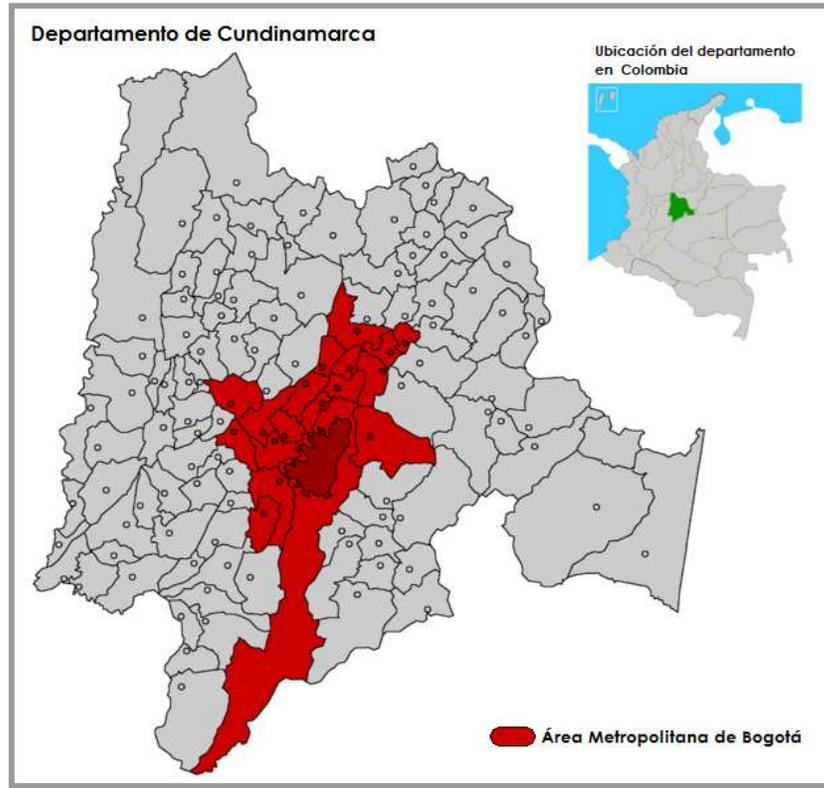


Fuente: creado por las autoras a partir de la Secretaría de salud. Perfil epidemiológico [documento en línea].Gobernación de Cundinamarca, Octubre de 2007[citado en agosto 2008]. Disponible en internet: <URL:<http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/Entidades/inicioentidades.asp?codigo=30&opcion=> >.

De la Gráfica 1, se puede apreciar el orden de las provincias respecto a su densidad poblacional, resaltando que Soacha es la provincia con mayor número de habitantes. Esto se debe a que es el único municipio cuyo casco urbano está completamente integrado a la ciudad de Bogotá. Por consiguiente al limitar con la

capital del país, existe una fuerte relación económica entre la ciudad y el municipio aledaño, lo que fortalece su proceso de urbanización⁴⁸.

Figura 11. Mapa político del área metropolitana de Bogotá definida por el censo nacional realizado por el DANE en el año 2005



Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. Estimaciones de población de los municipios colombianos 2005-2009.[documento en línea]. Wikipedia.ene 2006[citado, octubre 2008].Disponible en Internet: <URL:http://es.wikipedia.org/wiki/Area_Metropolitana_de_Bogotá#Estadísticas_por_municipio>.

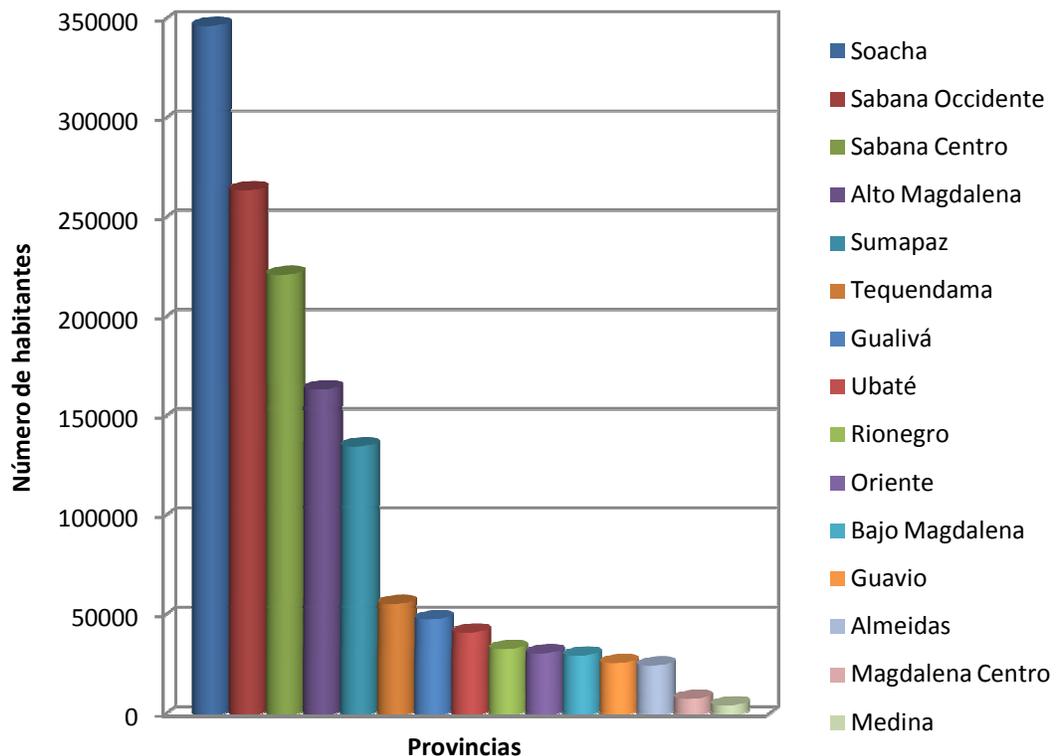
Con base en el censo nacional realizado por el DANE en el 2005 el área metropolitana de la sabana de Bogotá, que no se encuentra constituida de manera jurídica pero es reconocida por el estado colombiano, incluye al Distrito Capital de Bogotá (con sus veinte localidades) y a los municipios de Soacha, Mosquera, Funza, Madrid, Chía, Cajicá, Cota, La Calera, Tenjo, Tabio, Sibaté, Zipaquirá, Facatativá Bojacá, Gachancipá, Tocancipá y Sopó ver Figura 11. Esta distribución se puede ver reflejada en el alto índice de población urbana⁴⁹ en estas zonas, porque, existe una estrecha relación a nivel de desarrollo industrial, empresarial,

⁴⁸ Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá. Plan Económico para la competitividad de Soacha [documento en línea].[Bogotá, Colombia]. Junio de 2005 [Citado Noviembre, 2008] ISBN: 958688107-5. Disponible en Internet: < http://camara.ccb.org.co/documentos/656_2005_9_14_9_13_25_PLAN_SOACHA_DEF.pdf>.

⁴⁹ Habitantes de las ciudades

comercial, educativo y residencial, entre la capital y los respectivos municipios, que en su mayoría se comportan como ciudades dormitorio⁵⁰.

Gráfica 2. Población por provincia que vive en la zona urbana



Fuente: creado por las autoras a partir de la Secretaría de salud. Perfil epidemiológico [documento en línea]. Gobernación de Cundinamarca, octubre de 2007 [citado en agosto 2008]. Disponible en internet: <URL: <http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/Entidades/inicioentidades.asp?codigo=30&opcion=> >.

Analizando los datos reflejados en la Gráfica 2, se debe resaltar que las provincias que tienen mayor número de población urbana son las que cuentan con municipios pertenecientes al área metropolitana de Bogotá. De acuerdo con la Tabla 16, en la cual se detalla la provincia a la que pertenecen Chía, Cajicá, Tabio, Zipaquirá, Gachancipá, Tocancipá y Sopó, dichos municipios pertenecen a la provincia Sabana Centro. Estos municipios representan el 90.74% del total de la provincia, lo que indica que esta se encuentra conformada en su mayoría por municipios catalogados por el DANE como área metropolitana de Bogotá; además, la mayoría de estos municipios tienen una mayor concentración de población en el área urbana que en el área rural. De la Tabla 16 también se puede deducir que

⁵⁰ Ciudades aledañas a las grandes capitales, gente que trabaja en la capital y duerme en la periferia según el DANE.

Sabana Occidente es otra de las provincias que está conformada por municipios pertenecientes al área urbana de Bogotá. Los municipios de Mosquera, Funza, Madrid, Cota, Tenjo, Facatativá y Bojacá conforman el 91.07% de la población de la provincia de Sabana Occidente y, al igual que Sabana Centro, en la mayoría de los municipios el mayor índice de población se encuentra ubicada en el área urbana.

Tabla 16. Índices de población de los municipios pertenecientes al área metropolitana de Bogotá

Provincia	Población Total de La provincia	Municipio perteneciente al área metropolitana de Bogotá	Población Total del municipio	Porcentaje de población del municipio en relación a la provincia	Población Urbana del municipio	Porcentaje Población Urbana/Total Municipio	Población Rural del municipio	Porcentaje Población Rural/Total Municipio
Guavio	96773	La Calera	28684	27,57%	10794	37,63%	17890	62,37%
Sabana Centro	310790	Chía	72543	23,34%	66913	92,24%	5630	7,76%
		Cajicá	47251	15,20%	26257	55,57%	20994	44,43%
		Tabio	13174	4,24%	4358	33,08%	8816	66,92%
		Zipacquirá	108237	34,83%	95405	88,14%	12832	11,86%
		Gachancipá	7288	2,34%	3223	44,22%	4065	55,78%
		Tocancipá	16560	5,33%	6312	38,12%	10248	61,88%
		Sopó	16948	5,45%	8800	51,92%	8148	48,08%
Sabana Occidente	337345	Mosquera	31703	9,40%	27951	88,17%	3752	11,83%
		Funza	61315	18,18%	56873	92,76%	4442	7,24%
		Madrid	61095	18,06%	52563	86,03%	8532	13,97%
		Cota	16895	5,01%	7959	47,11%	8936	52,89%
		Tenjo	22277	6,60%	4160	18,67%	18117	81,33%
		Facatativa	107351	31,82%	98822	92,06%	8529	7,94%
Soacha	364653	Bojacá	6759	2,00%	4555	67,39%	2204	32,61%
		Soacha	328920	90,20%	322887	98,17%	6033	1,83%
		Sibaté	35733	9,80%	24426	68,36%	11307	31,64%

Fuente: creado por las autoras con base a la información del censo nacional del DANE hecho en el año 2005. Cuadros censo 2005 [documento en línea]. DANE, octubre de 2007. Disponible en internet: <http://www.dane.gov.co/censo/>

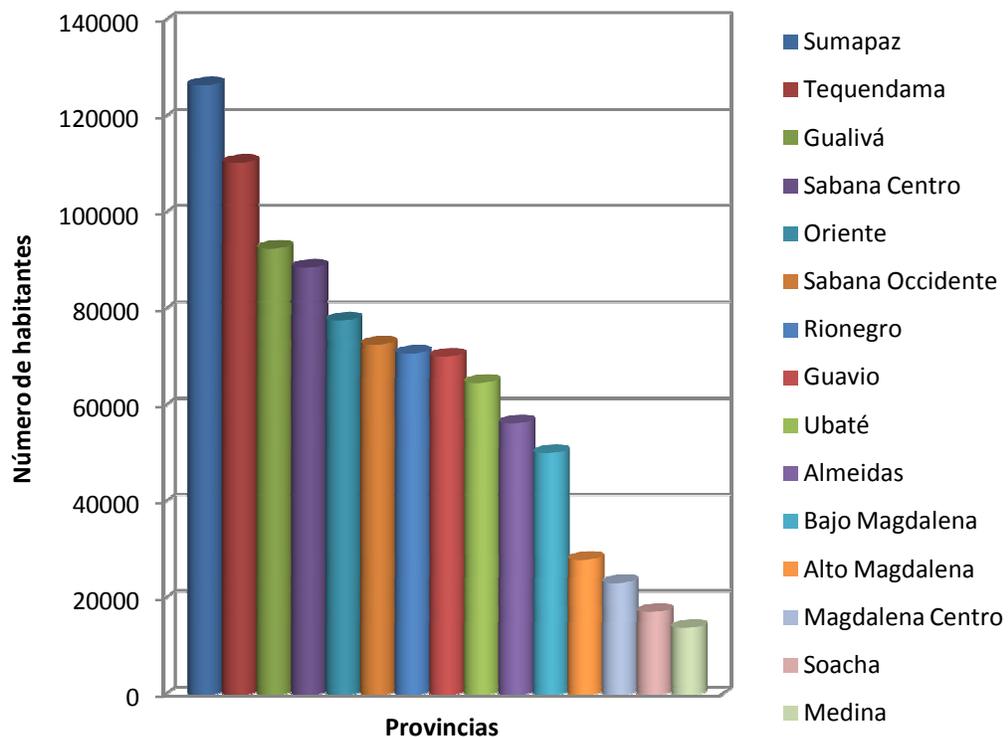
Por último, se puede observar que los dos municipios que conforman la provincia de Soacha pertenecen al área metropolitana de Bogotá; el porcentaje de población urbana del municipio de Sibaté representa el 68.36% de la población total y el municipio de Soacha es netamente urbano teniendo un índice de población del 98.17%. De acuerdo con las cifras presentadas anteriormente se puede iniciar la primera etapa de selección de la provincia para la cual se hará el diseño de la red de telemedicina, frente al criterio de población por provincia y su respectiva clasificación en zonas.

De acuerdo con este criterio se pueden empezar a descartar las provincias que no cumplen con las características que se desean tener en el área para la cual se va a diseñar la red, ya que se pretende mejorar la atención respecto a calidad y oportunidad de algunos servicios de salud en favor de la población que no tiene

acceso a ellos. Por motivos de lejanía de las zonas urbanas se busca una provincia que tenga:

- Alta concentración de población rural porque con este proyecto se busca beneficiar a la población que cuenta con menos posibilidades de acceder a servicios especializados de salud, y los habitantes de zonas rurales son los que tienen mayores dificultades para desplazarse a otros municipios o provincias cuando requieren un servicio de salud de nivel superior ver Gráfica 3.
- Que los municipios no se encuentren clasificados como pertenecientes al área metropolitana de Bogotá, porque de cierta forma estos municipios tiene un acceso más fácil a los servicios de salud de nivel superior prestados en la capital y cuentan con un alto porcentaje de población residente en área urbana por ser aledaños a la capital.

Gráfica 3. Población por provincia que vive en la zona rural



Fuente: creado por las autores a partir de; la Secretaría de salud. Perfil epidemiológico [documento en línea]. Gobernación de Cundinamarca, octubre de 2007 [citado en agosto 2008]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/Entidades/inicioentidades.asp?codigo=30&opcion=>> .

Con base en las anteriores características se descarta a las provincias de Sabana Occidente, Sabana Centro y Soacha porque no cumplen con los criterios de selección anteriormente expuestos. Quedan opcionadas, Sumapaz, Tequendama y Gualivá puesto que encajan en el perfil del área que se desea escoger respecto a este criterio.

4.1.3 Criterio de infraestructura de salud existente por provincia. Otra de las pautas de selección del área se refiere a la infraestructura hospitalaria que existe actualmente en este departamento. Se debe aclarar que solo se tiene en cuenta la red sanitaria pública a razón de que la mayoría de la población está afiliada al régimen subsidiado de Cundinamarca y que, por lo tanto no poseen capacidad de pago para afiliarse a una Empresa Promotora de Salud (EPS)⁵¹.

⁵¹ Fuente: Secretaría Distrital de Salud. Régimen Contributivo. [documento en línea]. Salud Capital. [citado, noviembre 2008]. Disponible en Internet : <URL:<http://www.saludcapital.gov.co/Paginas/RegimenContributivo.aspx>>

Tabla 17. Servicios prestados en las instituciones públicas de salud de acuerdo con su nivel

Nivel de la Institución	III Nivel	II Nivel	I Nivel
Medicina interna	x	x	
Cirugía	x	x	
Ginecobstetricia	x	x	
Pediatría	x	x	
Psiquiatría	x	x	
Anestesiología	x	x	
Línea de trauma y fisiatría	x	x	
Atención de partos de bajo riesgo	x	x	x
Atención de partos de mediano riesgo	x	x	
Urgencias	x	x	x
Consulta médica general	x	x	x
Consulta médica especializada	x	x	
Odontología	x	x	x
Cirugía ambulatoria	x	x	
Hospitalización de patología de mediano riesgo	x	x	x
Hospitalización de patología de alto riesgo	x	x	
Unidad de cuidado intensivo	x		
Electrodiagnóstico	x		
Neonatología	x		
Endoscopia	x		
Investigación	x		
Esterilización	x		
Farmacia	x	x	x
Enfermería	x	x	x
Rehabilitación	x	x	
Imagenología	x	x	
Banco de sangre	x	x	
Laboratorio clínico	x	x	x
Administración, servicios generales y mantenimiento	x	x	x
Administración, servicios generales y mantenimiento	x	x	x
Programas de control ambiental			x
Protección de la familia y la comunidad			x
Prevención de enfermedades y vigilancia epidemiológica			x

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá. DECRETO 318 DE 2006, por el cual se adopta el Plan Maestro de Equipamientos de Salud para Bogotá Distrito Capital [documento en línea]. Agosto 2006 [citado mayo 2008]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21065>>.

La red sanitaria pública está compuesta por hospitales de primer, segundo y tercer nivel, policlínicos, centros y puestos de salud. Cada tipo de institución presta servicios de diferentes niveles de especialidad. En la Tabla 17, se detallan los servicios prestados por cada nivel.

Con base en la información de la Tabla 18, en la cual se relaciona la red de salud pública de cada provincia, se puede afirmar que las instituciones de presencia predominante en todas las provincias son los puestos de salud, lo cual permite verificar la hipótesis de que la cantidad de establecimientos hospitalarios de nivel II y III es reducida y que por ende los servicios de nivel superior son de difícil acceso por los habitantes. Existen pocas instituciones en el departamento que los presten y, debido a que el porcentaje de personas que viven cerca de los hospitales de nivel superior es pequeño en comparación a la que reside en otras zonas, gran parte de la población tendrá que desplazarse cuando requiera la prestación de un servicio de salud de nivel II y nivel III. Por esta razón, se busca seleccionar una provincia en donde el índice de hospitales existente sea bajo.

Tabla 18. Infraestructura de salud existente en Cundinamarca

Provincia	Hospitales	Puestos de salud	Centros de salud
Almeidas	3	3	2
Alto Magdalena	2	7	6
Bajo Magdalena	2	7	1
Gualivá	4	5	6
Guavio	2	1	6
Magdalena Centro	2	6	1
Medina	1	0	1
Oriente	2	1	8
Rionegro	2	25	2
Sabana Centro	6	1	9
Sabana Occidente	4	2	13
Soacha	5	7	3
Sumapaz	3	16	4
Tequendama	4	7	5
Ubaté	3	0	7

Fuente: Ministerio de Protección Social. Registro Especial de Prestadores de Servicio de Salud [documento en línea]. Dirección general de Calidad de Servicios, Marzo 2009 [citado octubre, 2008]. Disponible en Internet: <<http://www.minproteccion-social.gov.co/habilitacion/>>.

Así mismo, se debe comparar la proporción del número de municipios de cada provincia respecto al número de hospitales (ver Tabla 19) las provincias que

tengan menor índice de penetración y cumplen con este criterio de selección. Con la nueva información obtenida de esta tabla, además de las provincias de Soacha, Sabana Centro y Occidente -que se eliminan de todos los criterios por pertenecer en un alto porcentaje al área metropolitana de Bogotá-, se descartan Bajo Magdalena, Medina y Almeidas, debido a que hay un mayor número de hospitales respecto a los municipios que las conforman. Se puede observar también que las provincias que tienen la más baja penetración de centros hospitalarios son Oriente, Alto Magdalena y Rionegro.

Tabla 19. Penetración de hospitales por provincia

Posición	Provincia	Número de hospitales	Municipios	Penetración
1	Oriente	2	10	20,00%
2	Alto Magdalena	2	8	25,00%
3	Guavio	2	8	25,00%
4	Rionegro	2	8	25,00%
5	Magdalena Centro	2	7	28,57%
6	Sumapaz	3	10	30,00%
7	Ubaté	3	10	30,00%
8	Gualivá	4	12	33,33%
9	Sabana Occidente	4	10	40,00%
10	Tequendama	4	10	40,00%
11	Almeidas	3	7	42,86%
12	Medina	1	2	50,00%
13	Bajo Magdalena	2	3	66,67%
14	Sabana Centro	6	9	66,67%
15	Soacha	5	2	250,00%

Fuente: Creado por las autores a partir de; Ministerio de Protección Social. Registro Especial de Prestadores de Servicio de Salud [en línea]. Dirección general de Calidad de Servicios, Marzo 2009 [citado octubre, 2008]. Disponible en Internet <URL: <http://www.minproteccionsocial.gov.co/habilitacion/>>.

4.1.4 Criterio de problemáticas en el sector salud. La información para el análisis de este juicio de selección se obtuvo de los resultados de las mesas de trabajo realizadas en las Audiencias Provinciales llevadas a cabo en enero de 2008, las cuales son mecanismos de participación de la población en el proceso de construcción del Plan de Desarrollo Departamental 2008-2011. En la Tabla 20 se citan las problemáticas respecto a salud y protección social expuestas por cada provincia.

De acuerdo con estas audiencias, uno de los principales problemas que presentan todas las provincias es la insuficiencia en la prestación de servicios de salud. Esto se debe a que los puestos y centros de salud no cuentan con la dotación y los recursos humanos especializados para disponer de servicios de primero, segundo y tercer nivel. Otra problemática que encabeza la lista es el deficiente parque automotor con que cuenta la red sanitaria del departamento, es decir, el mal estado de las ambulancias, la ausencia de una red de traslado de usuarios adecuada especialmente a nivel de centros y puestos de salud en el municipio y la insuficiencia en el transporte asistencial básico presente en cada zona.

Tabla 20. Principales problemáticas en el sector salud expuestas en las audiencias provinciales del departamento de Cundinamarca.

Problemáticas expuestas	Problemáticas expuestas en las mesas de trabajo del departamento														
	Almeidas	Alto Magdalena	Bajo Magdalena	Gualivá	Guavio	Magdalena Centro	Medina	Oriente	Rionegro	Sabana Centro	Sabana Occidente	Soacha	Sumapaz	Tequendama	Ubaté
No hay disponibilidad de especialidades segundo y tercer nivel			x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x
Deficiente parque automotor de ambulancias	x	x		x	x				x	x	x	x	x	x	
No existe un sistema de información eficiente (Inconsistencias en BD)		x	x	x		x	x			x		x		x	x
Debilitamiento de los programas de promoción y prevención		x					x		x		x	x	x	x	
Falta recurso humano capacitado	x	x	x	x	x										x
Mal estado en la infraestructura de los puestos y centros de salud	x	x		x					x						x
Problemas del matadero, saneamiento ambiental, control y manejo de residuos			x		x		x				x				
Irregularidad en la atención	x					x	x								
Falta dotación en centros y puestos de salud		x		x					x						
Desprotección de población psiquiátrica, anciana y discapacitada	x							x							
Brote de patología prevenible y transmitida por vectores		x												x	
Bajo suministro de Medicamentos	x														
Alta incidencia enfermedad mental										x					
Total problemáticas relacionadas	6	7	4	6	3	3	5	2	4	4	4	4	3	5	4
Posición respecto a las otras provincias	2	1	4	2	5	5	3	6	4	4	4	4	5	3	4

Fuente: creado por las autoras a partir de: Secretaría de Planeación de Cundinamarca. Audiencias Provinciales como mecanismo de participación de los actores regionales en el proceso de construcción del Plan de Desarrollo Departamental 2008-2011 [documento en línea]. Enero de 2008 [citado en agosto 2008]. Disponible en Internet: <URL:http://www.planeacion.cundinamarca.gov.co/BancoConocimiento/E/epdd_2008_audiencias/epdd_2008_audiencias.asp>

Otra de las mayores quejas expuestas en estas mesas es la falta de un sistema de información eficiente. Afirman que frecuentemente se encuentran casos de

multiafilaciones, inconsistencias, falta de depuración en las bases de datos, deficiente respuesta del sistema de referencia y contrarreferencia.

La tercera problemática con mayor incidencia es el debilitamiento de los programas de promoción y prevención. Se describe que su ejecución es deficiente, pues no hay un seguimiento continuo que permita controlar el rendimiento de los programas.

El cuarto mayor problema es la falta de recurso humano capacitado, problemática que encierra diferentes concepciones: una es la dificultad en la consecución de recurso humano profesional y técnico para laborar en hospitales - lo que conlleva a una inadecuada contratación de personal - y otra es la falta de especialistas y profesionales en los centros y puestos de salud.

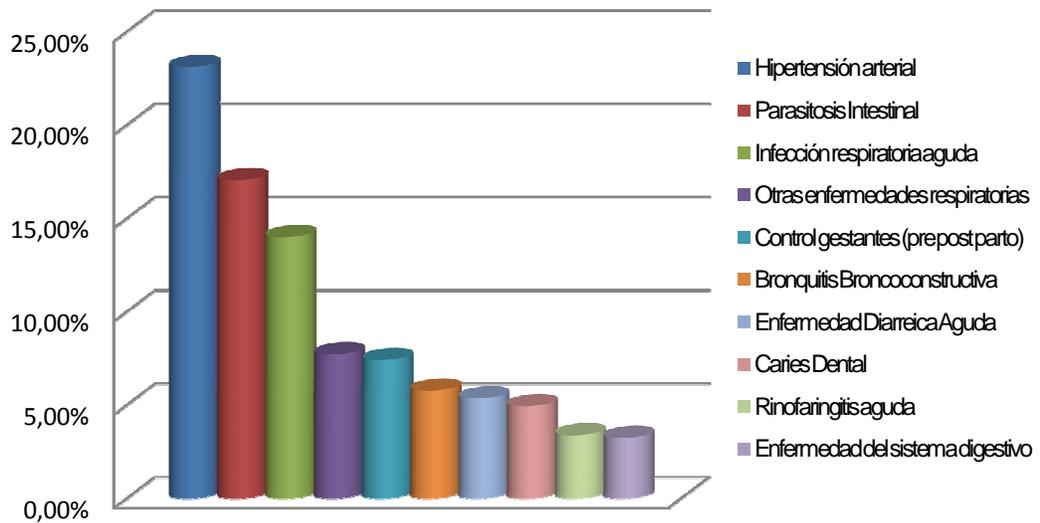
De acuerdo con la Tabla 20, las provincias que presentan una mayor concentración de los problemas diagnosticados en estas mesas de trabajo son Alto Magdalena, Gualivá, Almeidas y Tequendama, las cuales quedan opcionadas para ser escogidas como el área de diseño del proyecto. A su vez, las provincias que se descartan por tener baja incidencia de las problemáticas expuestas en las audiencias son Oriente, Guavio, Magdalena Centro y Sumapaz.

4.1.5 Criterio de principales casos de morbilidad. En este ítem se tiene en cuenta la proporción de personas que enferman en cada provincia en el año en relación con su población total. Para Cundinamarca, las enfermedades predominantes son la hipertensión arterial (esencial y renovascular), la parasitosis arterial y las infecciones respiratorias ver

Gráfica 4. La hipertensión arterial se convierte en la primera causa de morbilidad del departamento. Si bien es cierto que las dietas inadecuadas, el sedentarismo, el alcoholismo y el tabaquismo incrementan el riesgo de padecer esta enfermedad, es necesario trabajar y promover estilos de vida saludables desde épocas tempranas de la vida para evitar que la hipertensión arterial se desarrolle y se incremente el riesgo de enfermar o morir por las complicaciones que produce.⁵²

⁵² Secretaría de salud. Diagnóstico epidemiológico [documento en línea]. Gobernación de Cundinamarca, octubre 2007 [citado en agosto 2008]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/Entidades/inicioentidades.asp?codigo=30&opcion=> >.

Gráfica 4. Principales causas de morbilidad en el departamento de Cundinamarca



Fuente: creado por las autores a partir de; Secretaría de salud. Perfil epidemiológico [documento en línea]. Gobernación de Cundinamarca, octubre de 2007 [citado en agosto 2008]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/Entidades/inicioentidades.asp?codigo=30&opcion=> >.

Las provincias en las que se presentan la mayoría de casos de estas afecciones son Ubaté, Alto Magdalena y Magdalena Centro, ver Tabla 21. Con fundamento en este criterio, estas provincias están opcionadas para ser definidas como el área de trabajo para el proyecto. Respecto a este criterio, Medina, Guavio y Rionegro quedan por fuera de las provincias elegidas para el diseño, porque presentan la menor tasa de casos de morbilidad.

Tabla 21. Clasificación de las provincias por número de casos presentados de las principales causas de morbilidad

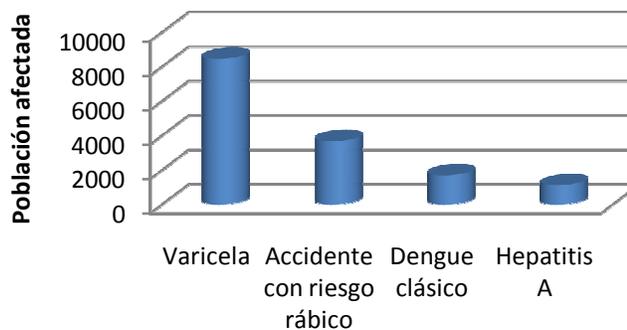
Posición	Provincia	Número de casos hipertensión arterial	Número de casos parasitosis Intestinal	Total casos presentados
1	Soacha	6949	8343	15292
2	Ubaté	3888	3414	7302
3	Alto magdalena	2496	1823	4319
4	Magdalena Centro	1886	1012	2898
5	Bajo magdalena	1886	1012	2898
6	Gualivá	1584	888	2472
7	Oriente	1896	-	1896
8	Almeidas	1820	-	1820
9	Medina	514	1243	1757
10	Guavio	1214	-	1214
11	Rionegro	357	333	690

Fuente: Ibid

4.1.6 Criterio de principales casos de epidemiología. Con el análisis de la epidemiología se determinan las enfermedades que afectan a la población de Cundinamarca, conociendo con qué frecuencia se manifiestan y cómo se distribuyen geográficamente.

En la Gráfica 5 se observa que la enfermedad de mayor incidencia y frecuencia en el departamento de Cundinamarca es la varicela, seguida del accidente con riesgo rábico y en tercer lugar el dengue clásico.

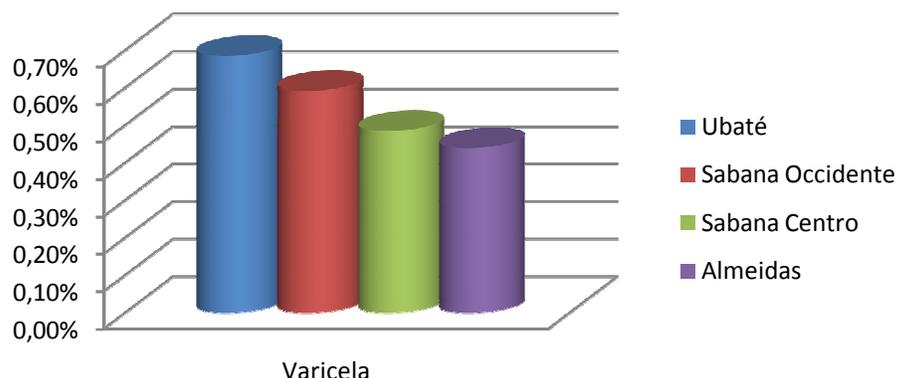
Gráfica 5. Epidemias predominantes en el departamento de Cundinamarca año 2007



Fuente: Ibid

De acuerdo con la clasificación hecha en la Gráfica 6 las provincias que presentan un índice mayor de casos de varicela en relación a la población que la conforma, son Ubaté, Sabana Occidente, Sabana Centro y Almeidas.

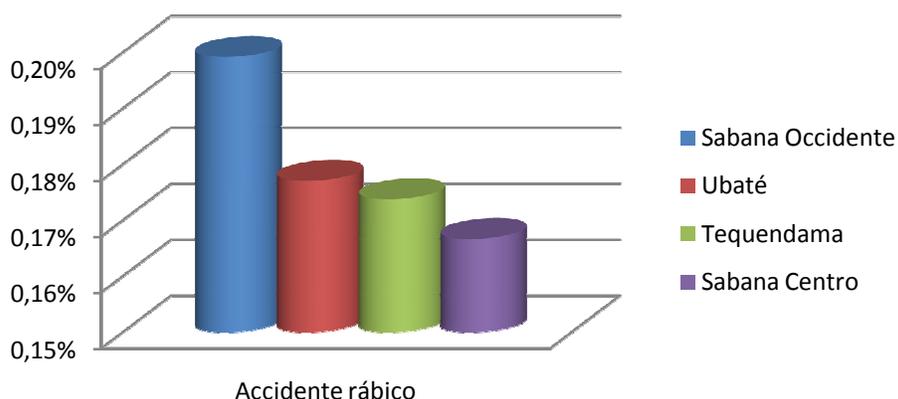
Gráfica 6. Índices de varicela presentados en las provincias de Cundinamarca



Fuente: Ibid

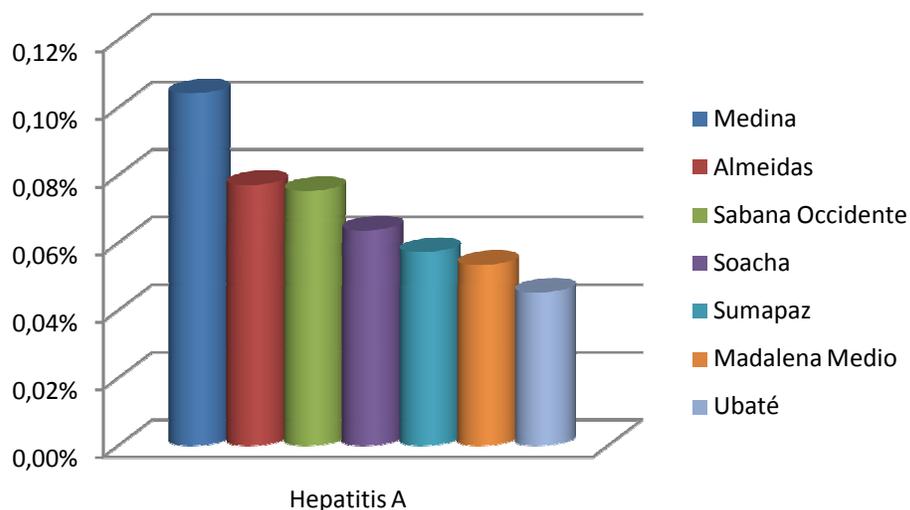
Las provincias que presentan la mayor proporción de accidente con riesgo rábico son Sabana Occidente, Ubaté y Tequendama, ver Gráfica 7 y, de acuerdo con la clasificación hecha en la Gráfica 8 las provincias que presentan un índice mayor de casos de hepatitis A, en relación con la población que la conforma, son Medina, Almeidas y Sabana Occidente.

Gráfica 7. Índices de accidente rábico presentados en las provincias de Cundinamarca



Fuente: creado por las autoras a partir de; Secretaría de salud. Perfil epidemiológico [documento en línea]. Gobernación de Cundinamarca, octubre de 2007 [citado en octubre 2008]. Disponible en internet: <URL:<http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/Entidades/inicioentidades.asp?codigo=30&opcion=>> .

Gráfica 8. Índices de hepatitis A presentados en las provincias de Cundinamarca



Fuente: Ibid.

Tomando como fundamento los resultados expresados en la Tabla 22, las provincias que reúnen la mayor incidencia de casos de las principales afecciones epidemiológicas son; Ubaté, Almeidas y Sumapaz, zonas que, de acuerdo con este criterio de selección, requieren de especial atención con el fin de que esas tasas disminuyan. Anteriormente se definió que Sabana Occidente y Sabana Centro son provincias que quedan descartadas de las opciones de selección porque pertenecen al área metropolitana de Bogotá: por este motivo también se descartan en este criterio. Las provincias de Magdalena centro, Bajo Magdalena y Rionegro presentan menores casos de las epidemiologías descritas anteriormente; por tanto, respecto a este criterio quedan descalificadas.

Tabla 22. Clasificación de las provincias respecto al número de incidencias de las principales epidemiologías del departamento

Posición provincia		Varicela	Accidente con riesgo rábico	Hepatitis A	Total
1	Ubaté	0,68%	0,18%	0,05%	0,91%
2	Sabana Occidente	0,59%	0,20%	0,08%	0,87%
3	Sabana Centro	0,50%	0,17%	0,03%	0,70%
4	Almeidas	0,44%	0,14%	0,08%	0,66%
5	Sumapaz	0,33%	0,17%	0,06%	0,55%
6	Soacha	0,27%	0,15%	0,06%	0,48%
7	Oriente	0,29%	0,13%	0,03%	0,46%
8	Tequendama	0,24%	0,17%	0,04%	0,45%
9	Medina	0,21%	0,08%	0,10%	0,40%
10	Gualivá	0,19%	0,14%	0,03%	0,37%
11	Guavio	0,20%	0,13%	0,03%	0,36%
12	Alto Magdalena	0,17%	0,15%	0,02%	0,34%
13	Magdalena Centro	0,15%	0,10%	0,05%	0,31%
14	Bajo Magdalena	0,16%	0,07%	0,03%	0,25%
15	Rionegro	0,10%	0,01%	0,00%	0,12%

Fuente: Ibid

4.1.7 Selección del área de trabajo. Se considera que el área de trabajo que se desea escoger debe tener las siguientes características:

- En cuanto a la población. La provincia debe tener un alto porcentaje de población rural, pues el proyecto está enfocado a beneficiar a la población con menos posibilidades de acceder a los servicios de salud; de esta manera, los habitantes de zonas rurales no tendrán que desplazarse del municipio al que pertenecen para hacer uso de algunos servicios de salud de nivel superior. En cuanto a este criterio, las provincias que presentan mayor índice de población en zonas rurales son Sumapaz y Tequendama.
- Respecto a la infraestructura de salud existente. La provincia debe tener pocos hospitales y muchos centros y puestos de salud. Cuando la cantidad de establecimientos hospitalarios es reducida, gran parte de la población tiene que desplazarse en caso de requerir la prestación de un servicio de salud de nivel II ó nivel III.

- Uno de los objetivos del diseño es poder prestar servicios de salud de nivel superior en centros y puestos de salud. Esto se logra interconectando los diferentes puestos y centros con los hospitales, los cuales proveerán estos servicios por medio de la telemedicina. De acuerdo con la proporción realizada entre el número de municipios de cada provincia respecto al número de hospitales, en este criterio encajan Oriente y Alto Magdalena.
- En relación con las principales problemáticas en el sector salud de cada provincia. Esta información permite conocer la situación actual y real de cada provincia en el sector salud. El área de trabajo deberá presentar las necesidades que tienen opción de solución por medio de una red de telemedicina. De acuerdo con la información, la mayoría de las provincias se exponen a la insuficiencia en la prestación de servicios especializados de salud. Las provincias que presentan una mayor concentración de los problemas diagnosticados en estas mesas de trabajo son Alto Magdalena y Gualivá.
- Respecto a la morbilidad. Este principio muestra cuáles son las zonas más vulnerables a padecer una enfermedad; y de esta manera se pueden proponer soluciones por medio de telemedicina para disminuir estos índices. Respecto a este ítem, las provincias en las que se presentan los mayores números de casos de las enfermedades más recurrentes en el departamento son Ubaté y Alto Magdalena.
- En correspondencia a los índices de epidemiología. Este es otro criterio de selección fundamental en la prevención de grandes epidemias y en ayudar con campañas de saneamiento. Las provincias que reúnen el mayor número de casos de las principales afecciones epidemiológicas son Sabana Occidente y Ubaté.

Analizando cada criterio, resultaron opcionadas tres o cuatro provincias de las cuales se escogieron las dos principales. En la Tabla 23 se relacionan las provincias preseleccionadas contra los criterios anteriormente expuestos, pues esto permitirá hacer una correcta elección de la provincia que más necesite el desarrollo del diseño. Como se puede observar, las más opcionadas son Alto Magdalena, Gualivá, Oriente, Sumapaz, Tequendama y Ubaté.

Tabla 23. Relación de criterios de selección frente a las provincias preseleccionadas

Ponderación respecto a:	Alto Magdalena	Gualivá	Oriente	Sumapaz	Tequendama	Ubaté
Población Rural	12	3	5	1	2	9
Infraestructura de salud existente	2	8	1	6	10	7
Principales problemáticas en el sector salud	1	2	6	5	3	4
Morbilidad	3	6	7	13	12	2
Epidemiología	12	10	7	5	8	1
Total	30	29	26	30	35	23

Fuente: autoras.

En la Tabla 23 se consignaron las provincias que resultaron de cada criterio de selección, en esta se asignó una ponderación que refleja el grado de importancia respecto a cada uno de los criterios siendo el número uno (1) el más significativo. Después de analizar la incidencia en cada ítem se llega a la conclusión que la provincia que más se ajusta a los criterios predefinidos es Ubaté. Tras realizar la sumatoria de las ponderaciones realizadas respecto a los criterios definidos, presenta el índice más bajo, es decir que de todas las provincias presenta gran necesidad frente a todos los criterios de selección.

4.1.8 Área de trabajo. En el planteamiento de este proyecto se delimitó el universo de estudio al departamento de Cundinamarca; luego se inicio el proceso de selección del área, que se ejecutó bajo ciertos criterios de selección previamente definidos. Después de haber hecho el estudio correspondiente en cada provincia de Cundinamarca, el resultado arrojó a Ubaté como la provincia que más se ajusta a los parámetros bajo los que se hizo la selección. El siguiente paso en la selección del área de estudio fue conocer la configuración de la administración de la red de salud de la provincia, encontrando que en la provincia existen dos hospitales de primer nivel, un hospital de segundo nivel, ocho centros de salud y dos puestos de salud ver Tabla 24.

Tabla 24. Instituciones de salud pública existentes en la provincia de Ubaté

	Hospital	Centro de salud	Puesto de salud
Capellanía		Centro de salud Capellanía	
Carmen de Carupa	Hospital Habacuc Calderón, Nivel I		Puesto de salud el ható, puesto de salud sucre
Cucunubá		Centro de salud Cucunubá	
Fúquene		Centro de salud Fúquene	
Guachetá	Hospital San José de Guachetá, Nivel I		
Lenguazaque		Centro de Salud de Lenguazaque	
Simijaca		Centro de salud Simijaca	
Susa		Centro de salud Susa	
Sutatausa		Centro de salud Sutatausa	
Tausa		Centro de salud de Tausa	
Ubaté	E.S.E. Hospital El Salvador, Nivel II	Centro de atención ambulatoria Ubaté	

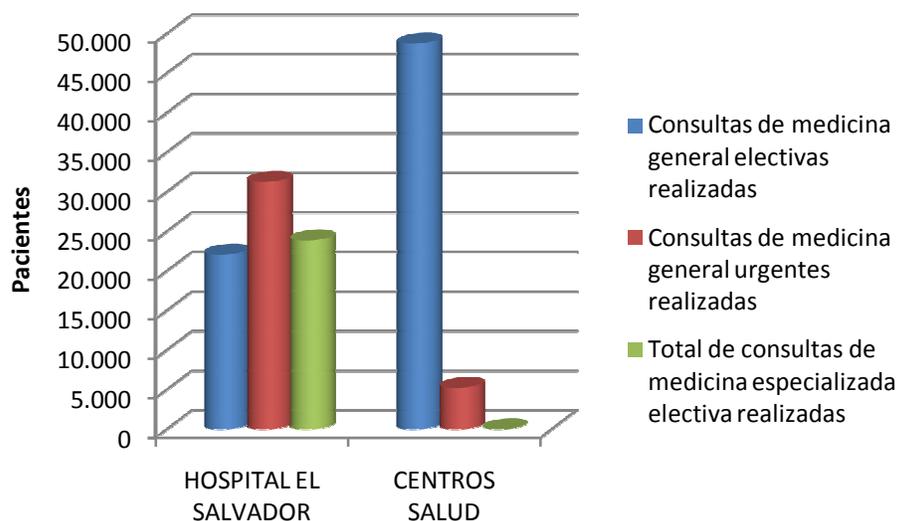
Fuente: Ministerio de Protección Social. Registro Especial de Prestadores de Servicio de Salud [en línea]. Dirección general de Calidad de Servicios, Marzo 2009 [citado octubre, 2008]. Disponible en Internet: <<http://www.minproteccionsocial.gov.co/habilitacion/>>.

Como se puede observar en la Figura 12, los centros de salud de los municipios de Capellanía, Fúquene, Lenguazaque, Sutatausa, Simijaca y Susa dependen en su totalidad de la E.S.E Hospital el Salvador nivel II. De acuerdo con esta información se puede inferir que los demás centros y puestos de salud dependen de otros hospitales, que incluso pueden estar en otras provincias. Debido a que la provincia seleccionada para el área de estudio es Ubaté, se selecciona a los municipios donde están ubicados estos centros de salud, como el área de trabajo final.

- Subsidiado: Es el mecanismo mediante el cual la población más pobre del país, sin capacidad de pago, tiene acceso a los servicios de salud a través de un subsidio que ofrece el Estado.⁵³ Existen subsidios totales y parciales.
- Pobre: aunque la afiliación es subsidiada con el régimen subsidiado la diferencia es que no tienen carta del Sisben y por tanto no se les cobra nada.
- Contributivo: régimen al cual se deben afiliar las personas que tienen una vinculación laboral, es decir, que tienen capacidad de pago: trabajadores formales e independientes, pensionados y sus familias.⁵⁴
- Otros: personas desplazadas que no cuentan con ningún tipo de afiliación. El cobro se hace a la Secretaría de Salud del departamento del que provenga.

En la Gráfica 9 se puede ver que la cantidad de pacientes atendidos en el año 2008 en los centros de salud es mucho mayor con respecto a los atendidos por el Hospital El Salvador, con una diferencia de 26667 pacientes, siendo ésta una cifra considerable que obliga a buscar medidas para mejorar la calidad en la atención de los servicios básicos en los centros de salud.

Gráfica 9. Consultas médicas en el año 2008 del Hospital el Salvador y los centros de salud



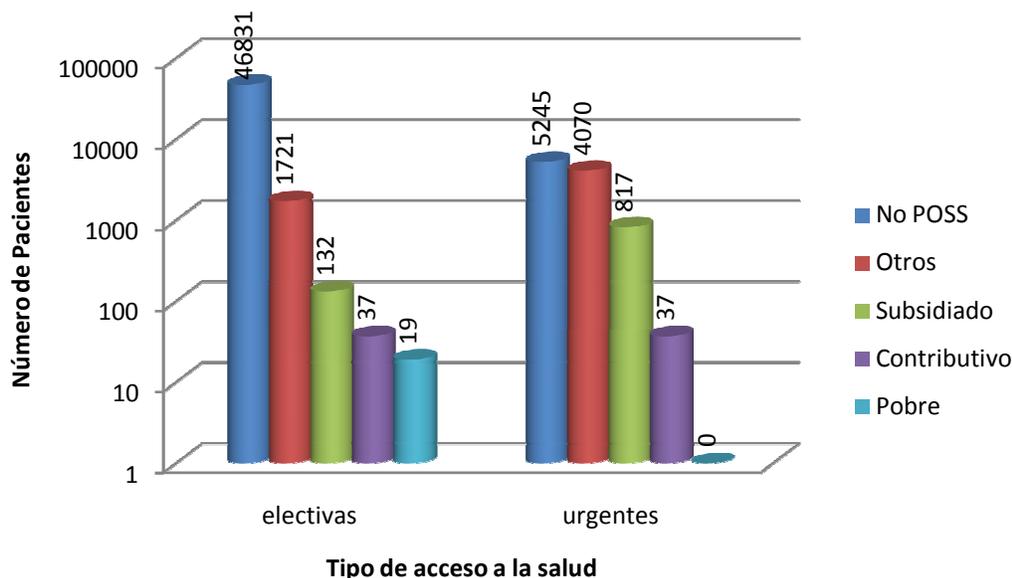
Fuente: creado por las autoras a partir de información suministrada por el Departamento de Estadística del Hospital El Salvador de Ubaté, ver Anexo O.

⁵³ Ministerio de protección social. ¿Qué es el Régimen Subsidiado? [en línea]. Publicado en septiembre de 2006 [citado en agosto 2008]. Disponible en internet: <URL: <http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/NewsDetail.asp?ID=14661&IDCompany=3>>.

⁵⁴ Ministerio de protección social. Sistema de seguridad social en salud: régimen contributivo [en línea] 2004 [citado en agosto 2008]. Disponible en internet: <URL: <http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo14612DocumentNo1141.PDF>>

La Gráfica 9 evidencia que en ninguno de los seis centros son prestados servicios especializados de salud y que existe un porcentaje considerable de personas que acuden a estas instituciones, lo cual justifica la necesidad de llevar de alguna manera servicios de nivel superior como los que se prestan en el Hospital el Salvador. La Gráfica 10 muestra que la mayoría de pacientes que acude a los centros de salud son personas de bajos recursos económicos. Esta condición impide el desplazamiento hacia el hospital.

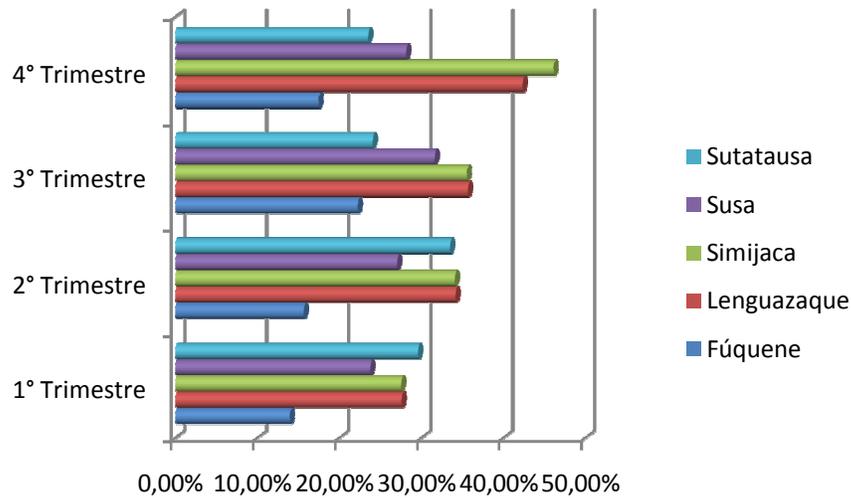
Gráfica 10. Consultas de medicina general en el año 2008 en los centros de salud



Fuente: histograma creado por las autoras, a partir de información suministrada por el Departamento de Estadística del Hospital El Salvador de Ubaté, ver Anexo O.

De acuerdo con la información suministrada y previamente analizada, se observa que el porcentaje de población que acudió trimestralmente en el año 2008 por motivo de consulta general a cada centro de salud es grande y representativo con respecto a la población total del municipio y justifica la implementación de una red de telemedicina, como se representa posteriormente en la Gráfica 11.

Gráfica 11. Porcentaje de población que acudió a los centros de salud a consulta general.



Fuente: creado por las autoras a partir de información suministrada por el Departamento de Estadística del Hospital el Salvador de Ubaté, ver Anexo O.

4.2.1.2 Características de las llamadas telefónicas realizadas por los centros de salud y el hospital. En la actualidad el hospital maneja planes fijos de línea telefónica, los cuales tienen un costo total aproximado de \$1.500.000, discriminados de la siguiente manera: Simijaca y Susa 550 minutos; Fúquene 265 minutos, Capellanía, Sutatausa y Lenguazaque 200 minutos, y Ubaté maneja 14 líneas con 200 y 300 minutos.⁵⁵

Según las necesidades expuestas por el hospital, se requiere una solución propia para las llamadas de local extendida entre los diferentes centros, además tener un plan ilimitado de voz. Una solución adecuada a este requerimiento es la VoIP, la cual se prestaría sobre la red que se implemente sin tener que incurrir en gastos adicionales.

4.2.1.3 Características técnicas de los equipos informáticos y de comunicaciones. Las características técnicas de los computadores existentes en cada centro de salud son:

- Pentium III 800 Mhz
- Ram de 256 MB
- S.O Windows XP Sp 2

⁵⁵ Información suministrada por el Departamento de Sistemas del Hospital El Salvador de Ubaté en marzo de 2009 , ver Anexo O.

En el Hospital el Salvador cuentan con un servidor HP ProLiant ML350 de quinta generación adquirido mediante convenio con la empresa Colvatel, fue entregado con sistema operativo Windows Server Enterprise 2003 y Microsoft Office 2007 como software pre instalado, está compuesto por cinco (5) discos duros con capacidad de (146.8 Gb 10K rpm cada uno). Cuatro Hub 100BaseT (16 y 24) puertos y un firewall físico son los únicos equipos de comunicaciones con los que cuenta la E.S.E y que se encuentran ubicados en el Hospital el Salvador.

Estas características no son adecuadas para soportar un sistema de videoconferencia y VoIP, a continuación se listan las características mínimas que deben tener los equipos de cómputo, ver Tabla 25.

Tabla 25. Requerimientos mínimos del PC para videoconferencia

Video H.323	PIII 1GHz/P4 1.2 GHz y superior 1800 + Athlon XP
Video H.264	P4 1.5 GHz y superior 2200 + Athlon XP
OS soportados	Windows XP SP2
Otros requerimientos	DirectX 10
software Microsoft	Windows Media Player 10
Memoria	256 MB RAM (512 MB recomendada)
Almacenamiento	100 MB espacio disponible en disco duro
Display	Display SVG (800x600) color 16 - bit o superior
Red	64 Kbps y superior (cable, DSL o LAN)

Fuente: Especificaciones Aplicación de Software PVX de Polycom [documento en línea]. 2004 [citado marzo 2009]. Polycom. Disponible en internet: < http://www.videoconferencias.tv/pdf/pvx/PVX_Esp.pdf>

4.2.1.4 Servicios prestados en el Hospital el Salvador. Existen servicios especializados que pueden ser prestados en los centros de salud y soportados en el hospital a través de la telemedicina. En la Tabla 26 se listan los servicios prestados en el hospital, entre los cuales se encuentran los de nivel superior.

Tabla 26. Servicios prestados en el Hospital el Salvador

Servicios del Hospital El Salvador	
Laboratorio	Nutrición
Anestesia	Odontología
Cirugía	Oftalmología y optometría
Dermatología	Ortopedia
Ecografía	Otorrinolaringología
Electrocardiogramas	Otros
Enfermería	Pediatría
Endoscopias	Psicología
Genética	P y P
Ginecología	Saneamiento
Medicina general	Terapias
Medicina interna	Trabajo social
Neurología	Urología
Vacunas	

Fuente: Información suministrada por el Departamento de Sistemas del hospital

4.2.2 Análisis e interpretación de la encuesta. En marzo de 2009 se llevó a cabo una encuesta (ver anexo A) que fue aplicada en los centros de salud de Fúquene, Capellanía, Susa, Simijaca, Lenguazaque, Sutatausa y en el Centro de Atención Familiar CAF, con el fin de conocer las necesidades y requerimientos de dichas instituciones.

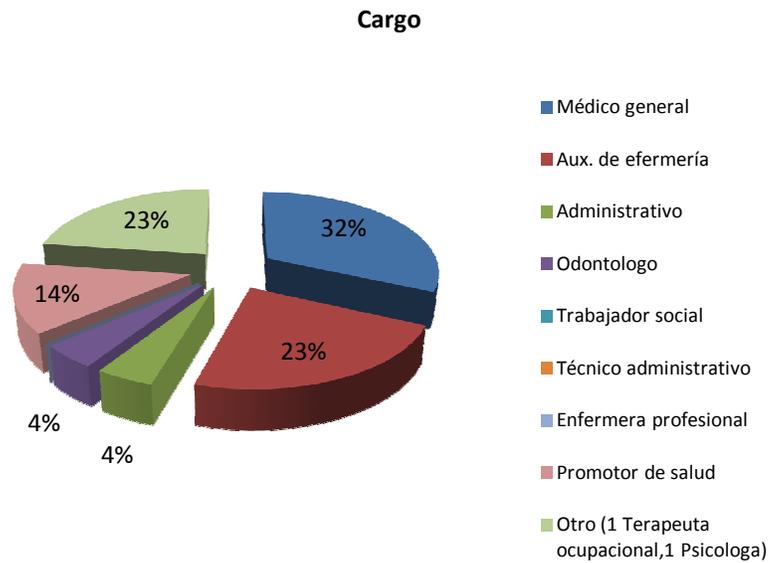
4.2.2.1 Análisis de la primera y segunda pregunta. ¿Qué cargo desempeña dentro de la institución? y ¿Cuál es su profesión?

Las preguntas uno (1) y dos (2) fueron hechas a las personas que laboran en los centros de salud. Los resultados indican que las personas encuestadas tienen un grado de formación acorde con los servicios básicos prestados en dichas instituciones ver Gráfica 12 y Gráfica 13, lo cual demuestra que no hay personal especializado que pueda atender servicios de nivel superior, por tanto se deben hacer remisiones al Hospital el Salvador para consulta con el médico especialista. Dichas remisiones obligan el desplazamiento del paciente hacia el municipio de Ubaté, para la solicitud de la cita médica como primera medida y luego para el cumplimiento de la misma.

La encuesta permite verificar que el personal que labora en los centros de salud se encuentra desempeñando actividades acordes a su profesión, pero no es suficiente ya que es necesario que el personal reciba capacitaciones que

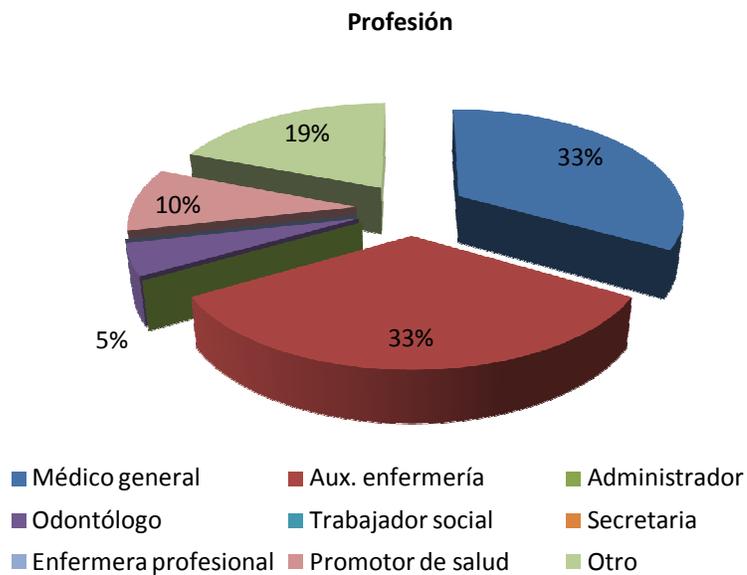
complementen su formación académica y de esta manera ofrecer servicios de alta calidad.

Gráfica 12. Resultados pregunta uno de la encuesta.



Fuente: Histogramas creado por las autoras a partir de la información recolectada por medio de la encuesta.

Gráfica 13. Resultados pregunta dos de la encuesta.



Fuente: Histograma creado por las autoras a partir de la información recolectada por medio de la encuesta.

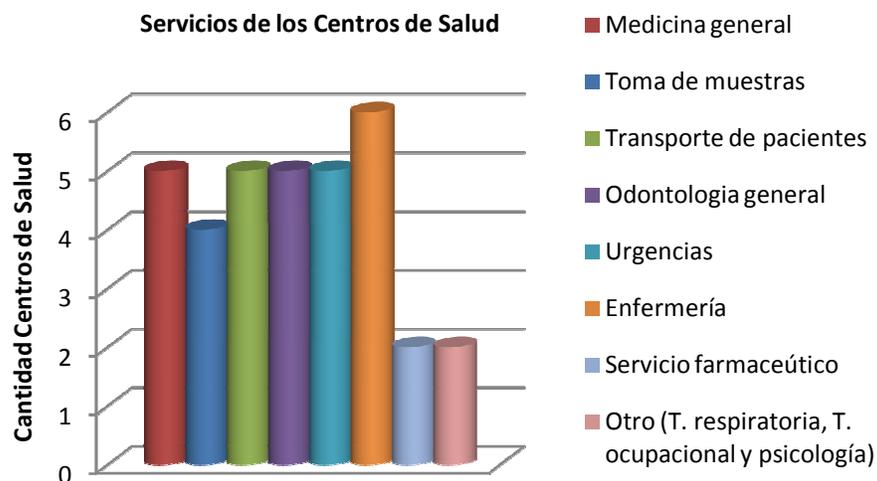
Como solución a las necesidades expuestas anteriormente, se tiene que el servicio de teleconsulta y telediagnóstico pueden contribuir a la reducción de remisiones de pacientes para consultas y diagnósticos especializados, evitando así su desplazamiento y obtener una disminución en costos y en tiempo. De igual forma, la teleeducación es un servicio que permite brindar capacitaciones al personal encargado de los centros de salud y mantenerlos continuamente informados y actualizados sobre las novedades y cambios en el sector.

4.2.2.2 Análisis de la tercera pregunta. ¿Qué servicios presta la institución?

De acuerdo con el resultado de las encuestas se puede concluir que los servicios que predominan en todos los centros de salud son: enfermería, medicina general, odontología general, urgencias y transporte de pacientes, ver Gráfica 14; cabe aclarar que este servicio se refiere a la disponibilidad de ambulancias en el caso que el paciente requiera de un traslado urgente hacia el Hospital el Salvador.

Con base en la información recolectada se considera que los servicios básicos son cubiertos satisfactoriamente por la totalidad de los centros, así mismo, se resalta que en ninguna de estas instituciones es prestado un servicio de nivel superior, lo cual amerita, la búsqueda de soluciones que permitan proveer algunos servicios especializados hacia los centros de la red hospitalaria, con el fin de evitar parte de los desplazamientos que están obligados a realizar tanto los pacientes como algunos funcionarios.

Gráfica 14. Resultados pregunta tres de la encuesta.



Fuente: Histograma creados por las autoras a partir de la información recolectada por medio de la encuesta.

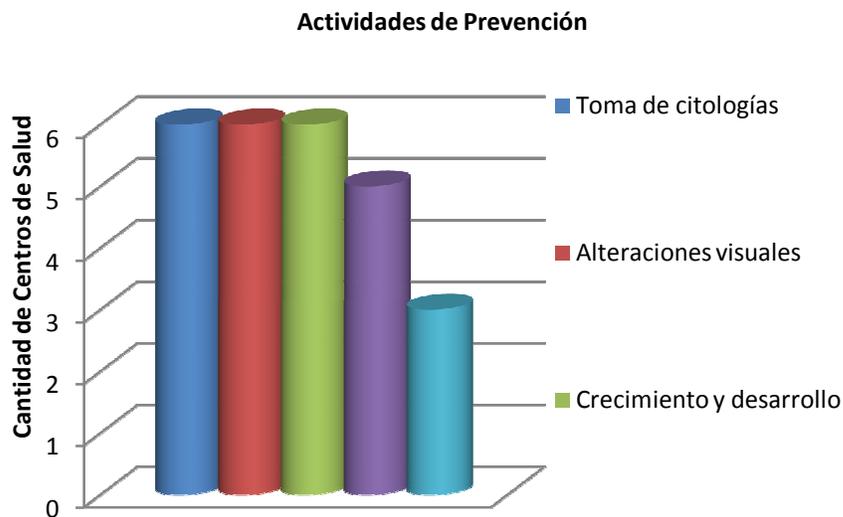
4.2.2.3 Análisis de la cuarta y quinta pregunta. Actividades de promoción de la salud y prevención de la enfermedad. Se tiene que las siete (7) instituciones entrevistadas realizan actividades de promoción como charlas, planificación familiar, atención preventiva en salud bucal, ver Gráfica 15, de igual forma los seis (6) centros de salud llevan a cabo actividades de prevención, Gráfica 16, de las cuales, las charlas podrían ser impartidas por medio de videoconferencia.

Gráfica 15. Resultados pregunta cuatro de la encuesta.



Fuente: Histograma creado por las autoras a partir de la información recolectada por medio de la encuesta.

Gráfica 16. Resultados pregunta cinco de la encuesta.



Fuente: Histograma creado por las autoras a partir de la información recolectada por medio de la encuesta.

4.2.2.4 Análisis de la sexta pregunta. ¿Cuales servicios de telemedicina considera que debería implementarse?

El perfil de las personas a las que se les aplicó esta encuesta es variado, porque desempeñan diferentes cargos en las instituciones, esto nos permite tener una visión global de las necesidades que tiene la red hospitalaria en todas sus áreas.

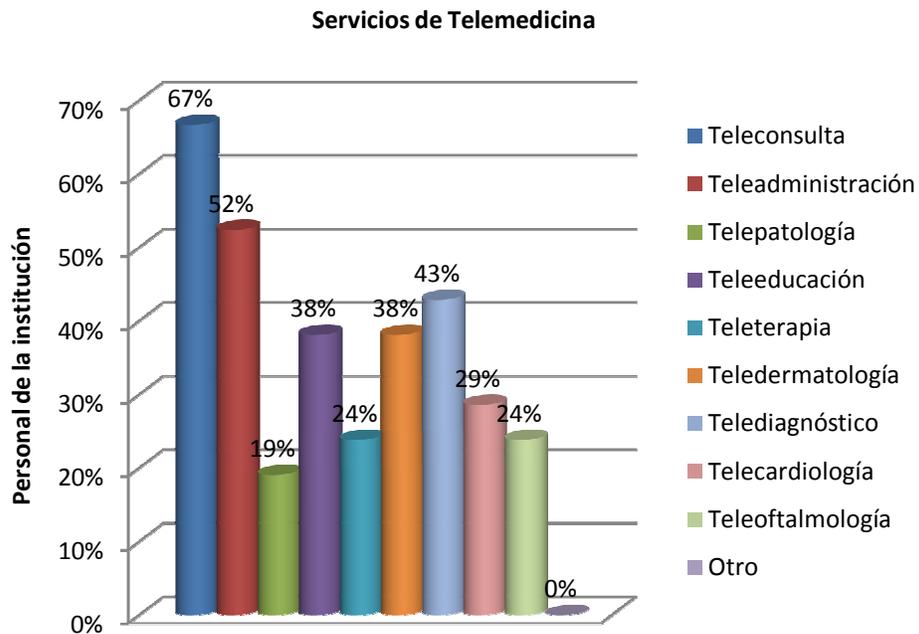
La respuesta a esta pregunta, indica que la teleconsulta con un 67% del total de personas encuestadas (ver Gráfica 17), es el servicio de mayor aceptación, ya que puede solventar algunas de las necesidades de las instituciones. A través de la teleconsulta se podrían prestar servicios de nivel superior directamente en los centros de salud, actividad que trae consigo beneficios como mejorar el tiempo de respuesta de un paciente frente a la necesidad de consulta con un especialista, disminuir costos de transporte, incrementar el porcentaje de penetración de salud especializada en los municipios.

Luego con un 52% de aceptación se encuentra la teleadministración, los trabajadores de las instituciones ven a este servicio como una necesidad de primera medida porque actualmente tiene muchos problemas en cuanto al manejo de facturación, la adjudicación de citas y el manejo de historias clínicas.

El telediagnóstico aparece con un porcentaje del 43% en tercer lugar, este servicio se encuentra entre los de mayor aceptación porque se considera que por medio de este se podría tratar casos en donde no es necesario un contacto directo con el paciente.

La teleducación se posiciona en el cuarto lugar con un 38% de respuesta, este servicio está enfocado a proveer dos clases de soluciones, la primera es capacitar en diferentes campos al personal que labora en los centros de salud y la segunda es utilizar este medio para impartir charlas relacionadas con la prevención y promoción a los pacientes que frecuentan los diferentes centros.

Gráfica 17. Resultados pregunta seis de la encuesta.



Fuente: Histograma creado por las autoras a partir de la información recolectada por medio de la encuesta.

4.2.2.5 Análisis de la séptima pregunta. Espacios disponibles para la atención del usuario. Se encuentra que el centro de salud Fúquene tiene un consultorio disponible adicional a los que están en uso para ubicar el cuarto de telemedicina. De igual forma, en todos los centros de salud hay una oficina para archivo y para historias clínicas, la cual puede ser adecuada para el servicio de telemedicina, ver Gráfica 18.

Gráfica 18. Resultados pregunta siete de la encuesta.



Fuente: Histograma creado por las autoras a partir de la información recolectada por medio de la encuesta.

El diagnóstico dado por el médico especialista del hospital no queda registrado en las historias clínicas del centro de salud y de esta manera no es posible tener todo el seguimiento del paciente en un solo documento. En cuanto a facturación, se tiene que cada centro pasa una relación al mes, el problema radica en que los centros de salud no reciben información oportuna sobre suspensiones del servicio y continúan facturando, además se crea duplicidad en las bases de datos.

La solución en primera medida es digitalizar las historias clínicas, para que puedan ser cargadas en la red, consultadas y modificadas por personas autorizadas, en segunda instancia se debe tener un sistema de gestión para la administración de la facturación en todos los centros de salud y en el hospital, todo esto con el fin de centralizar los procesos y tener disponibilidad de la información en todo momento, con esta solución se hace uso del servicio de teleadministración.

4.2.2.6 Análisis de la octava pregunta. Medios con los que cuenta la institución para el transporte de pacientes.

El medio de transporte con el que cuenta cada una de las instituciones encuestadas es una ambulancia, que es usada únicamente para casos de urgencia que requieran atención inmediata del hospital, con lo cual se concluye que los usuarios del servicio de salud deben hacer sus desplazamientos por su propia cuenta, y en muchas ocasiones no son hechos por costos o porque los

usuarios son adultos mayores que no tienen una persona que pueda acompañarlos.

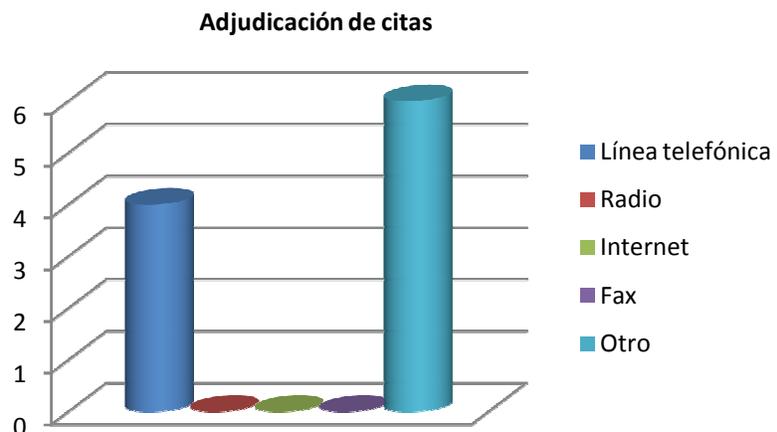
4.2.2.7 Análisis de la novena pregunta. ¿Cómo se adjudican las citas especializadas?

La asignación de citas médicas especializadas se hace por medio de línea telefónica, directamente en el hospital o a través de remisiones que hace el centro de salud al hospital.

De las siete instituciones encuestadas, cuatro reportan que tienen dos métodos de asignar las citas médicas especializadas, uno de ellos es a través de línea telefónica, siendo el paciente quien llama a solicitar la cita, método usado en todas, y el otro es usado por tres de las cuatro instituciones donde el paciente debe ir directamente al hospital, o con una remisión hecha por el centro de salud a control de citas del hospital.

Por otro lado se tienen dos centros de salud que solo tienen una forma para la adjudicación de citas, ver Gráfica 19, entre ellos se encuentra Fúquene, donde el paciente debe ir personalmente al hospital y el otro es Capellanía que lo hace a través de una remisión enviada cada 12 días a control de citas del hospital.

Gráfica 19. Resultados pregunta nueve de la encuesta.



Fuente: Histograma creado por las autoras a partir de la información recolectada por medio de la encuesta.

Con lo anterior se observa que cuatro de las seis instituciones requieren del desplazamiento del paciente para la solicitud de una cita especializada, otras dos lo hacen por medio de remisión que puede tardar de 15 a 30 días en llegar al

hospital haciendo el proceso más lento y con la asignación de la cita con fecha muy distante, estos procesos pueden ser mejorados haciendo uso de la red de telemedicina a través de la teleadministración, enviando las solicitudes de citas diariamente, teniendo así reducción de tiempos, control de adjudicación y sobre todo evitando el desplazamiento de los usuarios.

4.3 DETERMINACIÓN DE LOS SERVICIOS DE TELEMEDICINA A IMPLEMENTAR

La clasificación de los servicios descrita previamente en el marco conceptual, permite tener una visión de las necesidades que cubre cada servicio. Dichos servicios fueron expuestos en cada uno de los centros de salud a través de una encuesta, con el fin de determinar cuáles permitirán cubrir las necesidades reales de la población y de allí hacer una selección adecuada de los servicios de telemedicina que soportará la red.

Según resultados de la encuesta se tiene que el 100% del personal de salud y administrativo de estos centros está de acuerdo con implementar algún servicio de telemedicina.

4.3.1 Selección de servicios. De acuerdo con el análisis y resultados de la encuesta se obtiene que los servicios de telemedicina que deben ser implementados de acuerdo con las necesidades de cada uno de los centros y de la población, son:

- Teleconsulta
- Teleadministración
- Teleducación

Adicionalmente se define la necesidad del servicio de telefonía IP, con lo cual se busca una solución propia de interconexión entre los centros que permita obtener diferentes beneficios, como lo es la reducción de costos en relación a la facturación por concepto de llamadas.

4.4 ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO

Luego de haber definido los servicios de telemedicina que va a soportar la red, el siguiente paso en el diseño es el estudio del tráfico que generan dichos servicios, ya que por medio de este se definen las características básicas que deben tener todos los enlaces de la red.

Para la realización de este análisis en la red, es importante tener en cuenta el escenario en el cual es generado el tráfico, es decir, se debe conocer en qué términos se produce toda la información de voz, datos y video que viaja por la red.

Los servicios iniciales definidos en el numeral 4.3.1 para esta red son: telefonía IP, teleconsulta, teleducación y teleadministración. Con el fin de dimensionar adecuadamente la red, a continuación se analizará individualmente cada tipo de tráfico y posteriormente se realizará un consolidado del mismo.

4.4.1 Tráfico de voz. Como nueva opción a la RTPBC, aparece la VoIP la cual consiste en digitalizar la voz y comprimirla en paquetes de datos. Este tipo de servicio es muy útil cuando se quiere desplegar una red telefónica entre puntos de una misma organización y se tiene a disposición una red de datos en concreto una red que funcione con el protocolo IP. Este tipo de despliegue ofrece grandes ventajas porque evita implementar una red completa de telefonía, permitiendo hacer uso de los recursos de infraestructura de red existente para este fin.

4.4.1.1 Análisis del tráfico VoIP. El tráfico que genera VoIP se puede dividir en dos categorías, la primera es todo el tráfico que pertenece al plano de control, es decir es el tráfico necesario para conectar los diferentes dispositivos, se encarga de la señalización de la llamada y el control del canal. El plano de datos es el tráfico que se genera para llevar el tráfico de un usuario a otro⁵⁶, es decir los protocolos que se encargan de transportar la voz y llevar estadísticas sobre esta comunicación. En el plano de datos se considera que las redes deben tener la capacidad de transportar en un método eficiente datos multimedia, es decir, se debe encontrar la forma en que el ancho de banda sea suficiente para transmitir tráfico compuesto de voz, datos y video. En el caso de la VoIP la mejor manera de optimizar el ancho de banda es utilizar un CODEC de voz. Existen diferentes CODECs los cuales varían respecto al ancho de banda necesario, la percepción de calidad por parte del usuario MOS⁵⁷, la tasa de muestreo, entre otras características.

4.4.1.2 Protocolos del plano de control. Los protocolos que pertenecen a este plano son los de señalización, los cuales permiten a los usuarios conectarse, mantener el tráfico e interconectar los diferentes dispositivos, este tráfico siempre es invisible al usuario pero es necesario para enrutar el tráfico del mismo.

⁵⁶ Fuente: Bastero de la Víbora, Luisa. VoIP en la red del operador [en línea].Asociación de proveedores de sistemas de red de España-ACTERNA, diciembre 2005.[citado febrero 2009]. Boletín 30.Disponible en Internet<URL:<http://www.aslan.es/boletin/boletin30/acterna.shtml>>

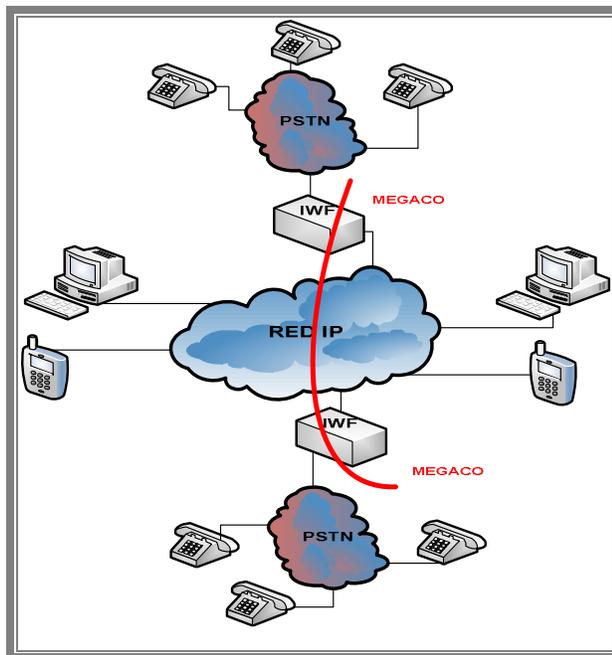
⁵⁷ Mean Opinion Score, Recomendación UIT-T, P.800, "*Methods for subjective determination of transmission quality.*"

Existen diferentes opciones de protocolos del plano de control para VoIP, en el Anexo B, se realiza una comparación de los mismos; de dicha comparación se concluye lo siguiente:

- Una característica común de todos los protocolos es que ofrecen definiciones, fundamentos de señalización y control de llamada.
- Los protocolos presentados en esta tabla no son totalmente excluyentes, en ciertas características unos dependen de otros, por ejemplo el caso de MEGACO, no constituye un sistema completo, porque requiere de un protocolo de inicio de sesión como SIP para intercambiar información entre los Media Gateway Controlers.
- Los protocolos como SIP e IAX, están modelados sobre otros protocolos de Internet, ofrecen una mayor flexibilidad de creación de servicios, fácil implementación y aprovechan otros recursos de internet.
- Se debe recordar que estos son protocolos que transportan información de señalización y control, por tal motivo es requerido otro protocolo para transportar la información en este caso la voz codificada, respecto a los protocolos comparados todos utilizan el protocolo RTP para la transmisión de los datos, excepto IAX en el cual tanto la información como la señalización viajan juntos.
- El protocolo que tiene el mayor soporte para videoconferencia es el H.323 puesto que fue diseñado para cumplir esta función, tiene funciones para el control de la conferencia y la sincronización de las cadenas de audio y video.
- Se encuentran dos tipos de arquitectura sobre la que funcionan los protocolos una es de tipo cliente servidor, en este caso las terminales deben entender los protocolos, los servidores están atentos a responder las peticiones de los diferentes terminales y sobre ellos se pueden implementar servicios de valor agregado, a esta arquitectura corresponden SIP, H.323 e IAX. La otra opción de configuración es la de maestro esclavo, en la cual existe un dispositivo centralizado que controla las llamadas y maneja la lógica de conmutación, y los dispositivos finales de usuario son relativamente mudos (con características limitadas).
- Una de las ventajas de SIP es su capacidad de localización de terminales por medio de IP configurada y DNS.
- Cada protocolo fue creado para unas funciones específicas, SIP e IAX, están más encaminados a prestar servicios de conexiones y señalización sobre redes IP. Por su parte MEGACO fue creado con el objetivo de la utilización de redes IP como un backbone para la transmitir tráfico de voz originado por redes de TPBC (ver Figura 13).

- MEGACO y MGCP se pueden clasificar como protocolos de control de pasarelas, están encargados de realizar la traducción entre los formatos empleados entre las redes de TPBC y la red de datos, además de asegurar la interoperabilidad entre los distintos mecanismos de señalización de ambas. Por lo tanto SIP, H.232 e IAX se pueden clasificar en protocolos de gestión de sesión que se encargan del control de las conexiones.
- Respecto al control de señalización de llamadas es decir los protocolos que permiten intercambiar información de cómo debe enviarse el audio negociando puertos y CODECs, SIP, MEGACO y MGCP utilizan el protocolo SDP, mientras que H.323 utiliza H.245.

Figura 13. Configuración de MEGACO *



Fuente: Autoras

*Donde: IWF son las siglas de Interworking Function.

Después de haber recopilado las características de los protocolos más utilizados hoy en día y haber analizado sus ventajas y desventajas, se decide trabajar con el protocolo SIP debido a:

- Está fundamentado bajo una arquitectura tipo cliente/servidor la cual es apropiada para la implementación en una red como la de la E.S.E de Ubaté por que ofrece una mayor flexibilidad, permite que las aplicaciones VoIP sean tratadas como cualquier otra aplicación IP distribuida, y permite la flexibilidad

para añadir inteligencia a cualquier dispositivo de control de llamadas (servidores SIP) o terminales.

- Permite la portabilidad del número independientemente de la localización física del usuario. Las direcciones pueden ser un número de teléfono, una dirección IP o una dirección de correo electrónico.
- Es una solución de bajo costo porque los terminales pueden ser computadores normales y el equipo de inteligencia es decir el que se encarga del enrutamiento, traducción de señalización, localización de dispositivos, control de usuarios y otras características, se implementa en un mismo servidor SIP.
- Las sesiones para el estándar SIP ofrecen llamadas telefónicas, transferencias de datos multimedia, y conferencias en tiempo real.
- Como trabaja con una arquitectura horizontal se apoya de otros protocolos para permitir la creación de nuevos servicios.

4.4.1.3 Protocolos del plano de datos. Como se mencionó anteriormente el plano de datos es el tráfico generado por los protocolos que transportan la voz y permite llevar estadísticas sobre esta comunicación. Independientemente del protocolo utilizado para el establecimiento de la llamada, el protocolo utilizado para el transporte de audio es el Real Time Protocol (RTP) ver Tabla 27.

Tabla 27. Protocolos involucrados en VoIP

Protocolo	SIP	H.323	MeGaCo	MGCP
Organismo	IETF	ITU-T	IETF/ITU-T	IETF
Señalización de llamada	SIP	H.255/Q.931	MeGaCo	MGCP
Control de señalización de llamada	SDP	H.245	SDP	SDP
Registro y control	SIP	H.255/RAS	MeGaCo	MGCP
Transporte de audio	RTP	RTP	RTP	RTP
Control de transporte de audio	RTCP	RTCP	RTCP	RTCP
Softswitch	SIP server	Gatekeeper	Call Agent MGC	Call Agent o MGC

Fuente: IDRIS. Protocolos de VoIP[en línea]. Noviembre 2008[citado marzo, 2008]. Serie de Documentos. Disponible en Internet <URL: <http://www.idris.com.ar/articulos/ART0002%20-%20Protocolos%20en%20VoIP.pdf> >

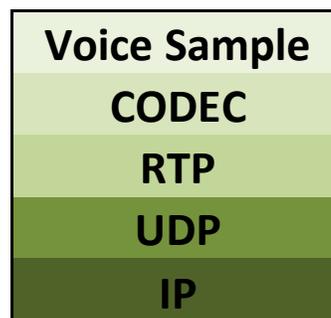
La principal función del RTP es la de transportar el audio codificado sobre UDP utilizando el CODEC negociado previamente por el protocolo de control de señalización de llamada, ver Tabla 27. Para ello posee dos campos fundamentales: etiqueta de tiempo: este campo se utiliza para que el receptor

sepa exactamente en qué instante de tiempo debe reproducir el audio recibido; Número de secuencia: un número que se incrementa de a uno y sirve para ordenar y determinar si se han perdido paquetes en la red.

El protocolo que permite llevar estadísticas sobre los paquetes RTP y así definir información relativa a la calidad de la llamada es el RTCP, como se puede ver en la Tabla 27, es utilizado por todos los protocolos de señalización. Este envía estadísticas de lo recibido y enviado a los usuarios con quienes se estableció la comunicación, es decir: cantidad de octetos y paquetes enviados, fracción de paquetes perdidos, cantidad de paquetes perdidos, jitter, entre otros.

4.4.1.4 Opciones de CODECs. Un CODEC es un algoritmo usado para codificar y decodificar una conversación de voz en el caso de VoIP, y estos datos son transportados por el protocolo RTP, ver Figura 14. La voz y el sonido está en una forma análoga y necesita ser convertida a digital para transmitirse sobre una red de datos, así mismo, la voz necesita ser decodificada para que el receptor la pueda escuchar.

Figura 14. Paquete que transporta la voz.



Fuente: Bastero de la Víbora, Luisa. VoIP en la red del operador [en línea].Asociación de proveedores de sistemas de red de España - ACTERNA, diciembre 2005 [citado feb, 2009]. Boletín 30.Disponible en Internet<URL:<http://www.aslan.es/boletin/boletin30/acterna.shtml>>

La codificación y la decodificación pueden ser hechas usando compresión para reducir el ancho de banda de una conversación.⁵⁸ Actualmente existen diferentes opciones de CODECs para VoIP, ver Anexo C; por ello se realizó una comparación de los mismos para seleccionar el más adecuado y se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

⁵⁸ Fuente: Whales, Kevin. Codec Definition [en línea]. Hidden agendas of ip telephony, Julio 2006. [citado marzo, 2009].Disponible en Internet <URL:<http://www.ip-voip-service.com/codec-definition.htm>>

- Ancho de banda. Entendido como la capacidad de canal requerido por segundo, para transmitir la voz codificada en un entorno IP.
- Calidad de Pico. Entrada de audio a un canal limpio para una codificación simple.
- Ruidos de Fondo. Se refiere al rendimiento del sistema con ruidos, como pueden ser; ruidos de carros, personas dialogando y música, con una entrada de señal a ruído (SNR) de 15-20 dB.
- Resistencia a pérdida de paquetes (frame erasure). Cuando la pérdida de paquetes es inferior a cierto porcentaje los CODECs utilizados pueden corregir el error por medio de métodos como lo son el Intrapolar; cuando falta un paquete el CODEC, toma el paquete anterior y el paquete siguiente y calcula el valor del paquete faltante, o sustitución, cuando el CODEC detecta un paquete faltante lo reemplaza por un paquete igual a el paquete anterior. Cuando la pérdida de paquetes es superior a ese porcentaje los CODECs no podrán predecir el valor del paquete perdido y se notará en la voz que ese paquete hace falta.
- Complejidad en MIPS. Los MIPS es la unidad comúnmente usada para expresar la tasa a la cual un procesador ejecuta instrucciones, por esta razón cuando se habla de complejidad en MIPS se quiere expresar que potencia del procesador es requerida para codificar o decodificar la voz en un determinado esquema de compresión.
- Tamaño de la trama. Se refiere a la duración del paquete que contiene tramas de la voz, la duración del paquete es un compromiso entre ancho de banda y calidad.
- Look Ahead. Es el tiempo que el CODEC requiere para el procesamiento de la trama, el cual es tomado de la transmisión de la trama siguiente.
- CODEC Delay. Es igual a la suma del look ahead más dos veces el tamaño de la trama. La UIT usa esta fórmula porque se asume que el procesamiento de un dispositivo simple para codificar y decodificar debe ser realizado en un tiempo igual o inferior al tamaño de trama. El tiempo de transmisión es una función de la red así como otros retardos de una llamada telefónica.
- Toll. Indicador de calidad de los CODECs en relación a los indicadores de calidad en la red de telefonía pública.
- MOS. El MOS provee una indicación numérica de la calidad percibida de los medios recibidos después de la compresión y/o transmisión. Es una de las principales medidas subjetivas, de calidad de voz y esta descrita en la recomendación UIT P.800⁵⁹, el MOS permite juzgar la calidad de una muestra

⁵⁹ ITU-T Recommendation P.800, "Methods for subjective determination of transmission quality."

de voz en una escala de 1(malo) a 5(excelente) ver Figura 15, luego los puntajes son promediados y se define el MOS de cada CODEC.

Figura 15. Probable opinión de los oyentes respecto a los valores del MOS.

<i>User Satisfaction</i>	<i>MOS</i>
Very Satisfied	4.4
Satisfied	4.3
Some Users Dissatisfied	4.0
Many Users Dissatisfied	3.6
Nearly All Users Dissatisfied	3.1
Not Recommended	2.6
	1.0

Fuente: IXIA. Assessing VoIP Call Quality. West Agoura Road, Calabasas:FOR-IXIA,2005.CA 91302

4.4.1.5 Elección del CODEC. Tras la comparación realizada de los CODECs escogidos por ser los más comunes en el entorno de VoIP y por ser los que permiten una codificación en un ancho de banda entre ~200 - 3400 Hz, se llega a las siguientes conclusiones:

- El CODEC G.711 entrega la mejor calidad de voz, debido a que no hace compresión, introduce el menor retardo, y es menos susceptible a la pérdida de paquetes en comparación con los otros CODECs.
- La familia de CODECs G.729 y G.723 son los más comunes para transmitir voz por Internet. Consumen menos ancho de banda con un factor de compresión de 8 y ~10 respectivamente. El hecho de que usen menos ancho de banda es deseable en entornos donde se quiera obtener un mayor número de llamadas concurrentes pero la compresión que realiza reduce la claridad, introduce retardo y hace que la transmisión sea susceptible a la pérdida de paquetes.⁶⁰
- Es pertinente mencionar que en VoIP, realizar una codificación con esquemas de compresión complejos toma un mayor tiempo y por ende retrasa la conversación. Por tanto es importante que el CODEC no solo mantenga una buena calidad con compresión, sino que también codifique y decodifique en un

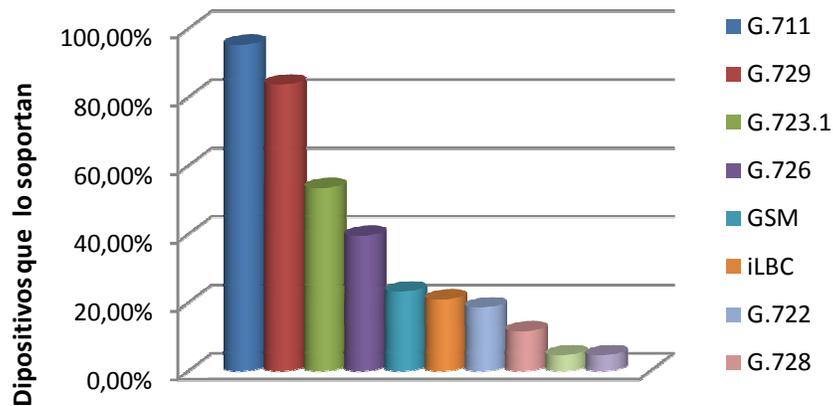
⁶⁰ Fuente: IXIA. Assessing VoIP Call Quality. West Agoura Road, Calabasas:FOR-IXIA,2005.CA 91302

tiempo razonable, respecto a este criterio (complejidad en MIPS) los CODECs que exigen menos potencia de procesamiento son G.711, G.726 y G.729A.

- Entre mayor sea el factor de compresión menor es la calidad de la voz, como se puede observar en el criterio de Calidad Pico, hay CODECs como el G.711 y el G.729 que pueden llegar a tener una calidad similar a una llamada realizada por medio de la RTPBC, por lo tanto se debe llegar a una solución de compromiso entre calidad y ancho de banda.
- Ciertos CODECs pueden predecir los paquetes perdidos y reemplazarlos, de esta manera las personas que han establecido una conversación mediante VoIP no notan que hacen falta paquetes, los CODECs que cuentan con esta funcionalidad presentando una resistencia a la pérdida de paquetes del 3% son el G.723.1, G.728 y G.729.
- Los CODECs que tienen un retardo menor, es decir, toman menos tiempo en codificar una trama de voz son el G.711 y el G.726.
- De acuerdo con el MOS, los CODECs que cuentan con las mejores calificaciones de calidad percibida son el G.711, G.729 y el G.723.1.
- Respecto al tipo de distribución hay CODECs que son propietarios y otros son abiertos, en este caso se debe analizar los beneficios de unos y otros, por ejemplo el G.711 es de distribución gratuita, pero no realiza compresión, lo único que hace es codificar la voz para que pueda ser enviada por la red de datos, otro CODEC como el G.729A requiere de licencias para su uso con la ventaja de un alta compresión, resistencia a pérdida de paquetes y una calidad comparable a la de la RTPBC.

La información descrita en el Anexo D, se representa en la Gráfica 20, en donde se relacionan el total de los dispositivos mencionados respecto a los CODECs que soportan. Se puede decir que entre los nueve CODECs comúnmente usados para VoIP, las tres opciones que hasta el momento son más adecuadas en relación a los criterios, son los CODECs G.711, G.729 y G.723.1. Sin embargo, es necesario realizar un análisis de su comportamiento respecto al tráfico generado por los centros de salud en la hora pico (BHT).

Gráfica 20. CODECs soportados por dispositivos comerciales



Fuente: OzVoIP. Codec Support in VoIP Devices [documento en línea] [citado marzo, 2009]. Disponible en Internet: <URL: <http://ozvoip.com/voip-codecs/devices/>>

4.4.1.6 Cálculo del tráfico generado por los CODECs. Por medio de este cálculo se puede estimar cuál será la capacidad demandada del canal para soportar VoIP. Cabe aclarar que este tráfico depende del CODEC utilizado y la suma de la capacidad adicional requerida por el overhead causado por los encabezados de los diferentes protocolos involucrados.

El escenario actual del servicio de llamadas telefónicas de la red de la E.S.E Hospital el Salvador es atendido por un operador local, como se puede ver en la Tabla 28 cada centro de salud cuenta con planes fijos de minutos, por tanto el uso de este servicio es restringido dado que las llamadas realizadas entre los centros de salud son tarifadas con tasas de larga distancia nacional.

Tabla 28. Planes fijos de telefonía en los centros de salud

Centro de Salud	Número de líneas	Minutos mensuales ⁶¹
CAF	0	No tiene
Capellanía	1	200
Fúquene	1	265
Lenguazaque	1	200
Simijaca	1	550
Susa	1	550
Sutatausa	1	200
Ubaté	14	250

Fuente: Departamento de estadística de E.S.E hospital el Salvador

⁶¹ Información otorgada por parte del departamento de sistemas de la E.S.E hospital el Salvador en relación al año 2008

Como no existen datos específicos del comportamiento de ocupación de estas líneas y además como se puede observar en la Tabla 28, solo existe una línea telefónica por cada centro de salud, se debe dimensionar el número de líneas por cada institución, que serán soportadas por la red de interconexión.

Como criterio para definir el número de líneas telefónicas que serán atendidas por la red se tomará el tamaño del centro de salud, relacionado este al número de oficinas en cada centro. Ver Tabla 29.

Tabla 29. Número de oficinas por centro de salud

Centro de Salud	Número de oficinas
CAF	4
Capellanía	4
Fúquene	3
Lenguazaque	4
Simijaca	6
Susa	4
Sutatausa	4
Ubaté	14

Fuente: Autoras

Para realizar la estimación del tráfico de voz se toma como base la situación más crítica, la cual se presentaría si todas las líneas están ocupadas en la hora pico. Como parámetros base para esta estimación se asume un tiempo promedio de duración de las llamadas de tres (3) minutos (acorde a las necesidades de los centros de salud) y un grado de servicio típico del 2%.

Para la estimación del ancho de banda requerido para transportar una cifra de valor de tráfico en la hora pico, comprimido con un CODEC específico a través de una red basada en IP, se utilizó la calculadora Erlangs y Ancho de Banda VoIP⁶².

Esta calculadora está basada en el modelo de tráfico Erlang B. Para poder efectuar los cálculos se debe ingresar el CODEC utilizado, la frecuencia de transmisión de los paquetes, luego se deben ingresar por lo menos dos de las siguientes variables solicitadas:

- BHT (en Erlangs). Es el número de horas de tráfico de llamadas que hay durante la hora pico de un sistema telefónico.

⁶² Disponible en la página web <http://www.erlang.com/calculator/eipb/>

- Bloqueo. Es la falla de llamadas debido a un número insuficientes de líneas disponibles. Por ejemplo 0.03 significa tres llamadas bloqueadas por cada 100 intentos de llamadas.
- Ancho de banda. Es la cantidad de ancho de banda en Kbps necesarios a través de una red basada en IP para el tráfico.

Si se conocen dos de las tres cifras se puede hallar la tercera por medio de la calculadora. En este caso se necesita conocer el ancho de banda requerido, inicialmente se debe hallar por medio de la Ecuación 1 el BHT, de cada centro de salud.

Ecuación 1. BHT

$$BHT = \frac{\text{Duración de llamada promedio (segundos)} * \text{ocupación del canal}}{3600 \text{ (segundos)}}$$

Con la información expuesta en la Tabla 29, se halla el BHT para todas las instituciones.

Ecuación 2. BHT para el CAF

$$BHT_{CAF} = \frac{180 * 4}{3600} = 0.2 \text{ erlang}$$

Ecuación 3. BHT para Lenguazaque

$$BHT_{LENGUAZAQUE} = \frac{180 * 4}{3600} = 0.2 \text{ erlang}$$

Ecuación 4. BHT para Simijaca

$$BHT_{SIMIJACA} = \frac{180 * 6}{3600} = 0.3 \text{ erlang}$$

Ecuación 5. BHT para Susa

$$BHT_{SUSA} = \frac{180 * 4}{3600} = 0.2 \text{ erlang}$$

Ecuación 6. BHT para Capellanía

$$BHT_{CAPELLANIA} = \frac{180 * 4}{3600} = 0.2 \text{ erlang}$$

Ecuación 7. BHT para Fúquene

$$BHT_{FUQUENE} = \frac{180 * 4}{3600} = 0.15 \text{ erlang}$$

Ecuación 8. BHT para Sutatausa

$$BHT_{SUTATAUSA} = \frac{180 * 4}{3600} = 0.2 \text{ erlang}$$

Ecuación 9. BHT para Ubaté

$$BHT_{UBATE} = \frac{180 * 14}{3600} = 0.7 \text{ erlang}$$

Una vez obtenidos los valores de BHT de todos los centros, se halla el BHT total en la Ecuación 10, posteriormente se procede a utilizar la calculadora Erlangs y Ancho de Banda VoIP para calcular la capacidad del canal demandado para el tráfico de voz.

Ecuación 10. BHT total

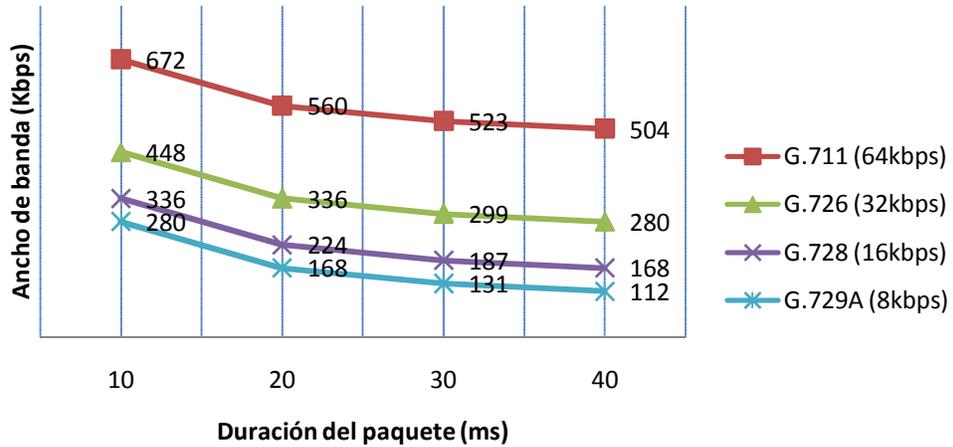
$$BHT_{TOTAL} = 0.2 + 0.2 + 0.3 + 0.2 + 0.2 + 0.15 + 0.2 + 0.7 = 2.15 \text{ erlang}$$

Con el fin de conocer los requerimientos de ancho de banda por cada CODEC para el BHT total, se realizan los cálculos variando diferentes parámetros; como la duración del paquete y el grado de servicio (se pueden encontrar estos datos en el Anexo E), los resultados obtenidos están representados en la Gráfica 21 y la Gráfica 22⁶³. En ellas se puede observar que el grado de servicio es inversamente proporcional al ancho de banda requerido mientras el número de llamadas fallidas permitidas aumente el ancho de banda necesario disminuye, además para el sistema, la frecuencia a la cual los paquetes son transmitidos tiene una importante relación en el ancho de banda requerido por cada CODEC. La selección de la duración del paquete (y por tanto la frecuencia del paquete) representa un compromiso entre ancho de banda y calidad. Una menor duración del paquete requiere más ancho de banda, sin embargo, si la duración del paquete se incrementa, el retardo de los sistemas incrementa y se empieza a tener mayor susceptibilidad a la pérdida de paquetes; en estos casos 20 ms es un valor de duración del paquete típico⁶⁴.

⁶³ Los valores del CODEC G.723.1 (64 Kbps) no son representados en las gráficas porque con este esquema de codificación las duraciones de paquetes permitidas son de 30, 60 y 90 (ms) respectivamente.

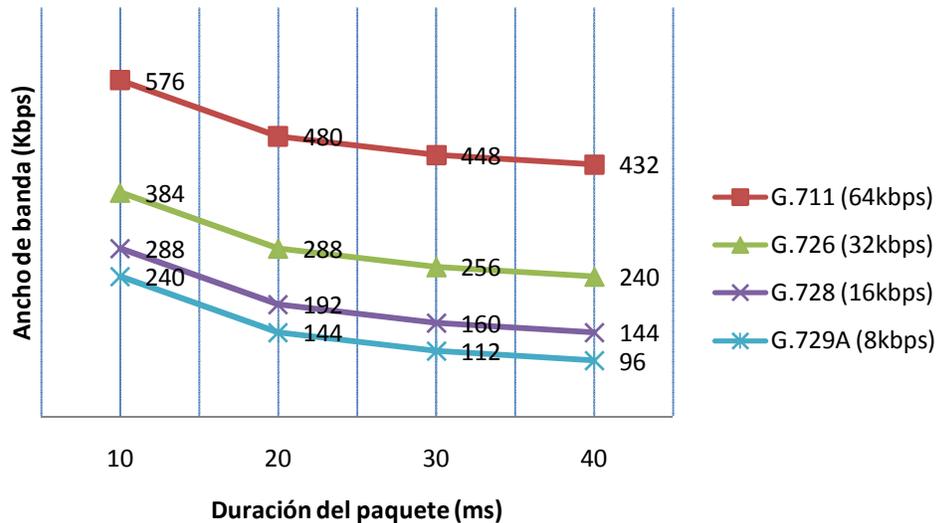
⁶⁴ Tomado de <http://www.erlang.com/calculator/eipb/>

Gráfica 21. Ancho de banda requerido para un BHT de 2.15 Erlang, en relación a la duración del paquete, con GoS de 1%



Fuente: autoras

Gráfica 22. Ancho de banda requerido para un BHT de 2.15 Erlang, en relación a la duración del paquete, con un GoS de 2%



Fuente: Autoras

Después de realizar la comparación del desempeño de los CODECs respecto al ancho de banda que consumen, se determina que el CODEC a utilizar es el G.711, teniendo en cuenta adicionalmente que la cantidad de llamadas estimadas en la hora pico (BHT) de cada uno de los centros de salud y en el hospital no demandan un ancho de banda elevado como para requerir un alto nivel de

compresión. Este es un CODEC de código abierto por tanto no necesita licenciamiento y es ampliamente soportado por dispositivos comerciales.

Como se evidencia en la Figura 16, los parámetros definidos para este sistema por tanto son: el CODEC G.711, con una duración del paquete de 20 ms y un grado de servicio del 2%, obteniendo como resultado 6 canales de voz simultáneos.

Figura 16. Parámetros seleccionados para trabaja en VoIP

Coding algorithm		
G.711 (PCM) 64kbps uncompressed		
Packet duration		
20 milliseconds (160 samples)		
BHT (Erl.)	Blocking	B/W (kbps)
<input type="radio"/> Unknown	<input type="radio"/> Unknown	<input checked="" type="radio"/> Unknown
2.150	0.020	480
Voice paths (read-only):		
6		
Calc.	Results	Help

Fuente: Valores introducidos en la calculadora disponible en Internet: <URL:<http://www.erlang.com/calculator/eipb/>>

Cabe aclarar que la red no estará limitada a trabajar con G.711, por medio del protocolo de control de señalización (SDP⁶⁵) los dispositivos pueden negociar el CODEC a utilizar en una comunicación. Además en futuras modificaciones de la red, se podría migrar a otros CODECs ya que el dimensionamiento se planteo para el caso critico de tráfico.

4.4.1.7 Cálculo del tráfico total de voz. Se debe tener en cuenta que así los CODECs utilicen poco ancho de banda, se tiene una sobrecarga adicional del tráfico, causado por las cabeceras de los protocolos IP, UDP y RTP de los paquetes de voz. Por tanto la necesidad de ancho de banda varía de acuerdo con las diferentes cabeceras añadidas al paquete y dependiendo de la tecnología de enlace⁶⁶ sobre la que funcione la red.

Adicionalmente, así los paquetes de los protocolos del plano de control y del plano de datos viajen por caminos separados, se genera un tráfico adicional por cuenta

⁶⁵ Se cita el Session Description Protocol (SDP), porque el protocolo de señalización de llamada que se selecciono fue SIP.

⁶⁶ Tecnologías de enlace, es decir que trabajan en la capa 2 del modelo OSI: Frame Relay, ATM, PPP, Ethernet, entre otras.

de la señalización pertinente, respecto a este diseño se debe estimar el tráfico generado por el protocolo de señalización escogido, es decir SIP.

Los valores nominales de los encabezados de estos protocolos se pueden ver en la Tabla 30. En este diseño la tecnología de la capa de enlace es Ethernet, la cual presenta 38 bytes de encabezado⁶⁷.

Tabla 30. Tráfico adicional causado por las cabeceras de los protocolos

Protocolo	Tamaño (bytes)
Voz	Lt. N
RTP	12 (variable)
UDP	8
IP	20 (variable hasta 60)
L2	Variable

Fuente: IDRIS. Cálculo de ancho de banda en VoIP [documento en línea]. Noviembre 2008[citado marzo, 2008]. Serie de Documentos. Disponible en Internet <URL: <http://www.idris.com.ar/articulos/ART0001%20%20Calculo%20de%20ancho%20de%20banda%20en%20VoIP.pdf> >

Para conocer la sobrecarga adicional del tráfico generado por el CODEC, inicialmente en la Ecuación 11 se halla el overhead que se añade a cada paquete.

Ecuación 11. Overhead que se añade a cada paquete

$$\textit{Overhead por paquete} = \textit{encabezado RTP} + \textit{encabezado UDP} + \textit{encabezado IP} + \textit{encabezado ethernet}$$

$$\textit{Overhead por paquete} = 12 \textit{ bytes} + 8 \textit{ bytes} + 20 \textit{ bytes} + 38 \textit{ bytes}$$

$$\textit{Overhead por paquete} = 78 \textit{ bytes}$$

Después se debe conocer la cantidad de paquetes que se transmiten por segundo calculados en la Ecuación 12.

⁶⁷ Fuente: IDRIS. Cálculo de ancho de banda en VoIP [documento en línea]. Noviembre 2008 [citado marzo, 2008]. Serie de Documentos. Disponible en Internet: <URL: <http://www.idris.com.ar/articulos/ART0001%20%20Calculo%20de%20ancho%20de%20banda%20en%20VoIP.pdf> >

Ecuación 12. Tasa de paquetes*

$$Pr = \frac{1}{(N)(Tt)}$$

*Donde

Pr = Tasa de paquetes (paquetes/segundo)

Tt = Tamaño de la trama (ms)

N = Tramas por paquete y se calcula de la siguiente manera

$$N = \frac{\text{Duración del paquete}}{\text{Tamaño de trama}}$$

En este caso el tamaño de la trama para el CODEC G.711 es de 0.125 ms y si se establece una duración de paquete de 20 ms se tendrán 160 tramas por paquete. Después de conocer estos valores, la tasa de paquetes es de 50 paquetes/segundo.

Al conocer la tasa de paquetes, se puede hallar el overhead total que se añade al tráfico generado por el CODEC en un canal de voz, el cual tiene características previamente definidas en la Figura 16, el overhead para un canal de voz es:

Ecuación 13. Overhead para un canal de voz

$$\text{Overhead canal de voz} = (Pr)(\text{Overhead por paquete})$$

$$\text{Overhead canal de voz} = \left(50 \frac{\text{paquetes}}{\text{segundo}}\right) (78 \text{ bytes}) \left(8 \frac{\text{bits}}{\text{bytes}}\right)$$

$$\text{Overhead canal de voz} = 31.2 \text{ kbps}$$

Para poder hallar el overhead total, Ecuación 14, se debe multiplicar el número de canales simultáneos por el overhead de uno solo.

Ecuación 14. Overhead total

$$\text{Overhead Total} = (\text{número de canales simultáneos})(\text{overhead canal de voz})$$

$$\text{Overhead total} = (6)(31.2 \text{ kbps})$$

$$\text{Overhead total} = 187.2 \text{ kbps}$$

Tomando el valor calculado del tráfico de overhead y adicionándole el tráfico generado por el CODEC se puede calcular el tráfico parcial generado por el transporte de la voz.

Ecuación 15. Tráfico parcial de VoIP

Tráfico parcial VoIP = tráfico generado por el codec + Overhead total

Tráfico parcial VoIP = 480 kbps + 144 kbps

Tráfico parcial VoIP = 624 kbps

Adicional a este tráfico se debe considerar el tráfico que genera el protocolo de estadísticas de voz (RTCP), ver Ecuación 16, el cual aumenta un 5% el ancho de banda del tráfico total⁶⁸

Ecuación 16. Tráfico añadido por RTCP

Tráfico añadido por RTCP = (Tráfico parcial VoIP)(5%)

Tráfico añadido por RTCP = (624 kbps)(5%)

Tráfico añadido por RTCP = 31.2 kbps

Así mismo, se debe considerar que el protocolo del plano de control que se selecciono (SIP) aumenta en un 10% el ancho de banda del tráfico total⁶⁹.

Ecuación 17. Tráfico añadido por SIP

Tráfico añadido por SIP = (Tráfico parcial VoIP)(10%)

Tráfico añadido por SIP = (624kbps)(10%)

Tráfico añadido por SIP = 62.4 kbps

Por tanto el tráfico total generado por VoIP, expresado en la Ecuación 18, es la suma del tráfico generado por el CODEC, el overhead, el protocolo RTP y SIP.

Ecuación 18. Tráfico total generado por telefonía IP

Tráfico total VoIP = Tráfico parcial VoIP + Tráfico añadido por SIP + Tráfico añadido por RTCP

Tráfico total VoIP = 624 kbps + 31.2 kbps + 62.4 kbps

Tráfico total VoIP = 717.6 kbps

⁶⁸ Tomado de: IDRIS. Cálculo de ancho de banda en VoIP [documento en línea]. Noviembre 2008[citado marzo, 2008]. Serie de Documentos. Disponible en Internet: <URL: <http://www.idris.com.ar/articulos/ART0001%20-%20Calculo%20de%20ancho%20de%20banda%20en%20VoIP.pdf> >

⁶⁹ Tomado de: Gonçalves, Flavio. Asterisk PBX Guía de la Configuración. 3a Edición. Fueyo Osvaldo, Oscar, 2007. ISBN 978-85-906904-3-6.

4.4.2 Tráfico de video. Este tráfico es generado por los servicios de telemedicina que va a soportar la red, es decir los servicios de teleconsulta y teleducación.

4.4.2.1 Teleconsulta y teleducación. La teleducación médica contempla todos aquellos servicios de difusión de los conocimientos y experiencias médicas, desde un sitio determinado a otros sitios distantes, a través de sistemas de videoconferencia. También se puede incluir, dentro de esta categoría, la educación en materia de salud a la población, seguimientos de programas de prevención de salud, consultas en línea sobre regímenes alimentarios e higiénicos.⁷⁰

La teleconsulta consiste básicamente en la interacción compartida de imágenes e información médica entre el médico el cual está con el paciente y ha hecho un diagnóstico primario y el especialista remoto para obtener de este último una opinión al respecto. En este caso, la videoconferencia es importante para obtener un diagnóstico correcto, y el video usado para la conferencia no necesita ser de alta calidad, y el audio debe ser claro, continuo y con poco retardo.⁷¹

Como se expuso en el marco teórico-conceptual, existen diferentes clases de videoconferencia. En cuanto al caso de estudio de la teleconsulta en la E.S.E Hospital el Salvador, la videoconferencia tiene las siguientes características:

- La tecnología de red es IP, característica que delimita las posibilidades de tecnologías de videoconferencia a utilizar.
- La calidad de video que demanda este servicio no necesita ser de alta⁷², es decir, los equipos adecuados para este tipo de videoconferencia son los de escritorio porque: son adecuados para una comunicación personalizada, no requieren de una gran calidad de video y el sistema permite al mismo tiempo compartir archivos debido a la plataforma en la que es soportado.
- La arquitectura adecuada es punto a punto, porque solo se están comunicando dos sitios remotos como se puede observar en la Figura 17. Es interactiva, porque la información que se transmitirá, se genera en los dos puntos finales, es decir, entre el médico general y el especialista, permitiendo de esta manera que exista un intercambio de información.

⁷⁰ APARICIO, Op. cit., p. 65.

⁷¹ APARICIO, Op. cit., p. 66.

⁷² APARICIO, Op. cit., p. 70.

Figura 17. Topología punto a punto

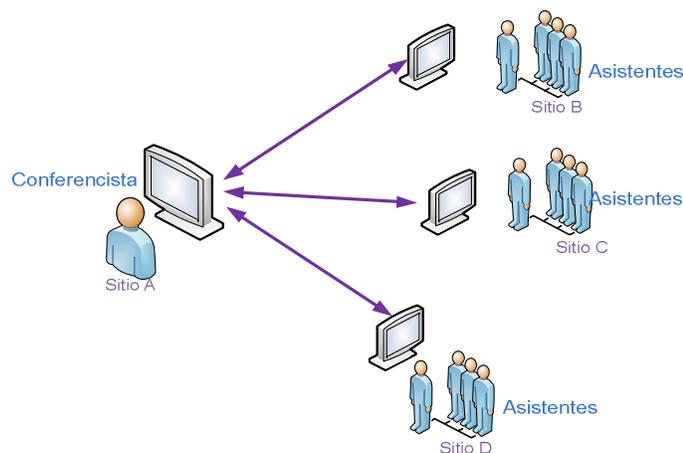


Fuente: Autoras

En cuanto al servicio de teleeducación en la E.S.E Hospital el Salvador, la videoconferencia tiene las siguientes características:

- La tecnología de red es IP.
- La calidad de video que demanda este servicio es de tipo medio, porque está dirigida a un grupo de personas y los equipos adecuados para este servicio son los sistemas de grupo tipo appliance.
- La arquitectura adecuada es punto a multipunto, porque inicialmente este servicio está dirigido a seguimientos de programas de prevención de salud y capacitación del personal que labora en los centros de salud, programas en los cuales el conferencista como se ve en la Figura 18, estará en un punto (posiblemente el CAF o el Hospital el Salvador) y los asistentes en los diferentes centros de salud.
- Es interactiva, porque la información que se transmitirá, se genera en los dos puntos finales, es decir, entre el médico general y el especialista, permitiendo de esta manera que exista un intercambio de información.

Figura 18. Topología punto multipunto



Fuente: Autoras

4.4.2.2 Tecnología de videoconferencia. La videoconferencia empezó a ser factible gracias a estándares como H.320, el cual usa líneas telefónicas digitales (RDSI), las cuales representan una importante inversión en términos de capital, debido al gasto que implican los requerimientos de equipos y líneas telefónicas, el número de salas con equipamiento especializado sigue siendo bastante pequeño.⁷³

La necesidad de una opción que permitiera aprovechar la infraestructura de comunicaciones existente, en las diferentes organizaciones, impulsó el desarrollo de nuevas tecnologías que permitieran proveer videoconferencia sobre redes IP. Actualmente las dos opciones disponibles de estándares abiertos son H.323 y SIP, se habla de estándares abiertos porque los sistemas propietarios están típicamente limitados a una solución específica y puede ser muy difícil realizar modificaciones, implementar nuevos servicios o conectar equipos que no estén autorizados por la empresa que ofrece la solución. En el marco teórico-conceptual se describieron las principales características de estas tecnologías, en el Anexo F se realiza la respectiva comparación, con el fin de seleccionar el estándar bajo el cual se prestarán los servicios de videoconferencia. Luego de haber realizado un análisis se define a SIP como la tecnología a implementar por las siguientes características:

- Permite mezclar video, voz y web para entregarlo todo sobre IP.
- Ofrece características apropiadas para marcar y encontrar a los diferentes participantes en una videoconferencia.
- Provee la habilidad de iniciar sesiones de mensajería instantánea y así es natural iniciar un control de sesiones de voz o video.
- Ofrece modularidad, SIP está diseñado sobre tecnologías WEB.
- Tiene un gran alcance en las comunicaciones visuales, redes multimedia y la arquitectura de red del futuro.
- Permite desarrollar servicios ajustados a las necesidades de la red lo que es difícilmente posible con H.323 ya que cuenta con un número de características sofisticadas que requieren un alto grado de desarrollo de software.
- Necesita menos ciclos de CPU para generar mensajes de señalización por lo tanto, teóricamente un servidor puede manejar más transacciones.
- Soporta autenticación de llamante y llamado mediante mecanismos HTTP.
- Las implementaciones bajo esta tecnología son rentables en comparación a H.323.

⁷³ Simpson, Wes. Video Over IP: A Practical Guide to Technology and Applications. Burlington, Massachusetts: Focal Press, 2006. 515 p. ISBN 978-0-240-80557-3

- Un gran porcentaje de los equipos de videoconferencia que existen actualmente soportan esta tecnología (ver Anexo G).

4.4.2.3 Cálculo de tráfico de videoconferencia. Como primera medida se debe entender que la velocidad de transmisión de la videoconferencia está directamente relacionada con las aplicaciones que van a hacer uso de ella. De este parámetro depende el uso que se vaya a dar a la videoconferencia:

- -64 Kbps. Generalmente se usa para aplicaciones recreacionales, donde la baja resolución y los desfases entre el audio y el vídeo son aceptables.
- 128 Kbps. Es utilizada en conferencias dentro de empresas y organizaciones (cortas distancias).
- 384 Kbps. Ofrece calidad para aplicaciones de negocios. El audio y el vídeo están sincronizados y los movimientos son uniformes. Siendo esta la velocidad estándar de transmisión para videoconferencia.
- 512 Kbps. Ofrece alta calidad para aplicaciones de negocios. Alta resolución y movimientos muy uniformes; el desfase entre audio y vídeo es prácticamente indetectable.
- 768 Kbps ó más. Excelente calidad de transmisión de videoconferencia. Ideal para aprendizaje a distancia, ciertas aplicaciones médicas, etc⁷⁴.

La velocidad de transmisión sobre la cual se iniciarán las sesiones de teleconsulta y teleducación será de 384Kbps ya que estos servicios, demandan una calidad de video estándar y no requieren de una alta definición, sin embargo, es primordial que los desfases entre el audio y el video sean menos frecuentes.

De igual forma esta velocidad de transmisión se encuentra en un punto de equilibrio, es decir, el porcentaje del canal de datos que usa no afecta el desempeño del tráfico en la red. Se debe tener en cuenta que incrementar la velocidad del canal no aumenta significativamente la calidad percibida, por el contrario, este incremento afecta el retardo total en un escenario de videoconferencia multipunto.⁷⁵

Para el caso de estudio se presentan las siguientes condiciones:

- El municipio en el cual se encuentran los especialistas es Ubaté.

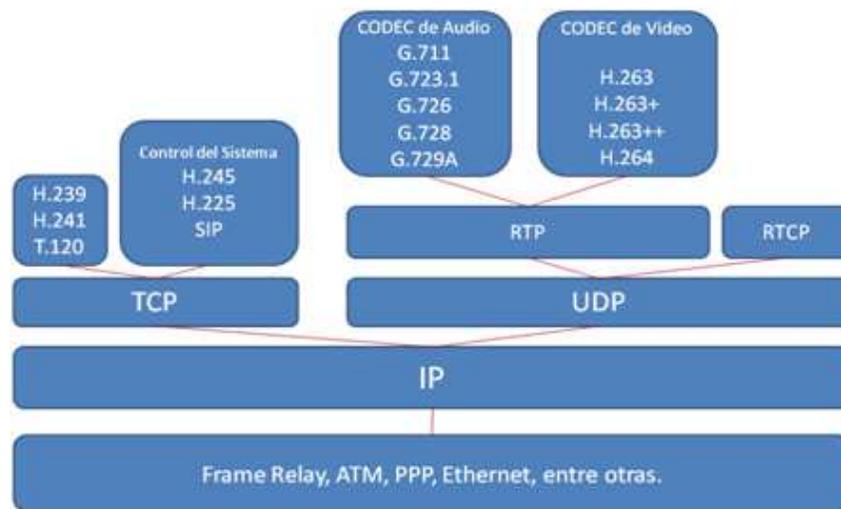
⁷⁴ Fuente: Universidad INCCA de Colombia. Estándares para videoconferencia[documento en línea] Bogotá [citado enero 2009] Disponible en internet: <URL: <http://www.unincca.edu.co/video/documen/temas/pag9a.htm>>

⁷⁵ Fuente: Prasad Calyam, Anjaneya. Performance measurement and analysis of H.323 videoconference traffic [documento en línea] Ohio, Año 2002 [citado enero 2009] Disponible en internet: <URL:http://www.adec.edu/nsf/PrasadCalyam_MS_Thesis.pdf>

- El caso crítico con el cual se calcula el tráfico demandado es cuando se establece el servicio de teleeducación interconectando Lenguazaque, Simijaca, Susa, Capellanía, Fúquene y Sutatausa con el Hospital el Salvador.

En el caso de la videoconferencia el tráfico requerido depende de la velocidad de transmisión seleccionada, los encabezados de los protocolos del plano de control y los encabezados de protocolos del plano de datos. Como se analizó en la sección referida al tráfico de voz, los datos de video y audio son transportados por el protocolo RTP, ver Figura 19, el cual genera encabezados, así mismo los protocolos RTCP y el protocolo de señalización seleccionado (SIP), generan tráfico adicional que debe ser tenido en cuenta.

Figura 19. Pila de protocolos involucrados en videoconferencia



Fuente: Autoras

Para calcular la capacidad total se necesita estimar el número de sesiones simultáneas⁷⁶, el caso crítico se presenta cuando los seis centros de salud se conectan simultáneamente al Hospital el Salvador para recibir una capacitación como se puede observar en la Figura 20. La capacidad requerida por una sola sesión resulta de establecer una sesión de videoconferencia a 384Kbps y un ancho de banda adicional de un 25% del tráfico de las cabeceras IP⁷⁷.

⁷⁶ Fuente: Perey Christine, ABCs of videoconferencing [documento en línea]. Octubre de 2001 [citado enero 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.networkworld.com/research/2001/1029feat2.html>>

⁷⁷ Fuente: Prasad Calyam, Anjaneya. Performance measurement and analysis of H.323 videoconference traffic [documento en línea] Ohio, Año 2002 [citado enero 2009] Disponible en internet: <URL: http://www.adec.edu/nsf/PrasadCalyam_MS_Thesis.pdf>

Ecuación 19. Tráfico requerido por sesión de videoconferencia

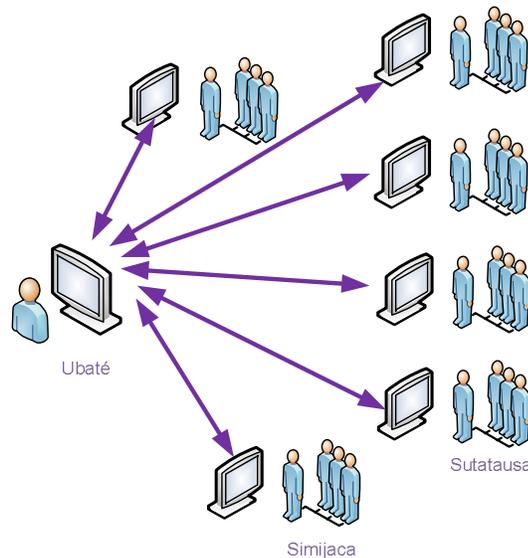
$$\text{Velocidad de transmisión seleccionada} = 384 \text{ kbps}$$

$$\text{Porcentaje de tráfico adicional de cabeceras} = 25 \%$$

$$\text{Tráfico requerido por sesión} = 384 \text{ kbps} + (384 \text{ kbps} * 25\%)$$

$$\text{Tráfico requerido por sesión} = 480 \text{ kbps}$$

Figura 20. Centros de salud en sesión simultánea con el Hospital



Fuente: autoras

Como son seis sesiones simultáneas el tráfico total demandado por el servicio de videoconferencia en el peor de los casos es:

Ecuación 20. Tráfico total videoconferencia

$$\text{Tráfico total} = \text{tráfico por sesión} * \text{número de sesiones simultáneas}$$

$$\text{Tráfico total} = 480 \text{ kbps} * 6$$

$$\text{Tráfico total} = 2880 \text{ kbps}$$

4.4.3 Tráfico de datos. Este tráfico es generado por el acceso a internet, transferencia de archivos, correo electrónico, sistema de facturación, sistema de historias clínicas y citas médicas que hacen parte del servicio de teleadministración

4.4.3.1 Análisis de tráfico de datos. Para determinar la capacidad del tráfico de datos se recurre a valores estándar, Tabla 31, debido a que no es posible hacer una captura y un respectivo análisis de tráfico porque aún no existe la red.

Tabla 31. Valores típicos de la capacidad de los servicios

Servicio	Capacidad típica para servicios de datos (Kbps)
Internet	32
Correo electrónico	19,2
Transferencia de archivos FTP	19,2
Sistema de facturación	10
Historias clínicas	10
Citas médicas	10

Fuente: GUANOTOA, Diego. Diseño de una red inalámbrica de voz y datos utilizando tecnología WIMAX para interconectar las dependencias de Petroproducción con el Bloque 15 en el Distrito Quito [documento en línea]. Octubre 2007 [citado en febrero 2009] Disponible en internet:<URL: Diseño de una red inalámbrica de voz y datos utilizando tecnología WIMAX para interconectar las dependencias de Petroproducción con el Bloque 15 en el Distrito Quito>.

En la siguiente tabla se detalla el tráfico generado por cada centro de salud y la cantidad de usuarios que accederán a cada uno de los servicios.

Tabla 32. Tráfico de datos generado de acuerdo con el personal de cada centro de salud

Centro de salud	Servicio	Número de usuarios	Capacidad demandada (Kbps)
CAF	Internet	4	128
	Correo electrónico	5	96
	Transferencia de archivos FTP	4	76,8
	Sistema de facturación y citas médicas	1	10
	Historias clínicas	2	20
Lenguazaque	Internet	5	160
	Correo electrónico	5	96
	Transferencia de archivos FTP	5	96
	Sistema de facturación y citas médicas	1	10
	Historias clínicas	3	30
Simijaca	Internet	7	224
	Correo electrónico	7	134,4
	Transferencia de archivos FTP	7	134,4
	Sistema de facturación y citas médicas	1	10
	Historias clínicas	3	30
Susa	Internet	4	128
	Correo electrónico	4	76,8
	Transferencia de archivos FTP	4	76,8
	Sistema de facturación y citas médicas	1	10
	Historias clínicas	2	20
Capellanía	Internet	4	128
	Correo electrónico	4	76,8
	Transferencia de archivos FTP	4	76,8
	Sistema de facturación y citas médicas	1	10
	Historias clínicas	2	20
Fúquene	Internet	3	92
	Correo electrónico	3	57,6
	Transferencia de archivos FTP	3	57,6
	Sistema de facturación y citas médicas	1	10
	Historias clínicas	1	10
Sutatausa	Internet	3	92
	Correo electrónico	3	57,6
	Transferencia de archivos FTP	3	57,6
	Sistema de facturación y citas médicas	1	10
	Historias clínicas	2	20
Total Datos			2343,2

Fuente: Autoras

4.4.4 Cálculo del tráfico total. Después de calcular los diferentes tipos de tráfico, se tiene que el total es:

Ecuación 21. Tráfico total

$$\text{Tráfico total} = \text{tráfico de voz (Kbps)} + \text{tráfico de video (kbps)} + \text{tráfico de datos (Kbps)}$$

$$\text{Tráfico total} = 717,6 \text{ Kbps} + 2880 \text{ Kbps} + 2343,2 \text{ Kbps}$$

$$\text{Tráfico total} = 5940,6 \text{ Kbps}$$

4.4.5 Estimación del crecimiento de tráfico. No es necesario calcular este crecimiento debido a que fue tenido en cuenta en el momento de obtener las capacidades demandas por cada centro de salud.

4.5 DISEÑO LÓGICO

4.5.1 Comparación de las tecnologías inalámbricas a utilizar. Con base a la información citada en el marco teórico-conceptual, se compararon las diferentes opciones tecnológicas de comunicaciones inalámbricas, que permiten dar conectividad a la red de telemedicina. En la tabla a continuación se encuentran las diferentes pautas que se consideraron para seleccionar la tecnología.

Tabla 33. Comparación de tecnologías inalámbricas

Parámetro	WiMAX Fijo	WiMAX Móvil	HSPA	1x EV-DO	Wi-Fi	Microondas terrestres
Ancho de banda	3.5MHz y 7MHz en la banda de 3.5GHz; 10MHz en la banda de 5.8GHz	3.5MHz, 7MHz, 5MHz, 10MHz, y 8.75MHz	5MHz	1.25MHz	20MHz para 802.11a/g; 20/40MHz para 802.11n	Depende de la banda de frecuencia seleccionada
Bandas de Frecuencia	3.5GHz y 5.8GHz	2.3GHz, 2.5GHz, y 3.5GHz	800/900/1,800/1,900/2,100MHz	800/900/1,800/1,900MHz	2.4GHz, 5GHz	2-40GHz aunque las bandas más frecuentes son 1-5 GHz, 18, 23 y 26 GHz

Parámetro	WiMAX Fijo	WiMAX Móvil	HSPA	1x EV-DO	Wi-Fi	Microondas terrestres
Cobertura promedio	4,8 - 8 Km	3,2 Km	1,6 -4,8 Km	1,6 -4,8 Km	<30,4 m para interiores <304,7 m para exteriores	Depende de la banda de frecuencia seleccionada, entre 2-8GHz, se pueden transmitir a distancias entre 30 y 45 km
Costo	Los costos de las instalaciones están fuera del alcance de muchos entornos rurales (entre los 10000 y los 30000 USD por estación base), sin contar las antenas, las torres, entre otros.	Desde una perspectiva de rendimiento, WiMAX Móvil puede transportar tráfico a bajo costo y en un ambiente móvil.		Como una mayor cantidad de teléfonos puede ser atendida por un número menor de sitios celulares, las normas CDMA tienen una gran ventaja económica respecto de las TDMA		Los costos del equipo dependen más de la potencia y la frecuencia de la señal operativa los sistemas para distancias cortas son relativamente económicos
Duplexación	TDD,FDD	TDD, FDD	FDD	FDD	TDD	TDD
Entorno en que se instala la red	Red de acceso y backhaul	Red de acceso	Red de acceso	Red de acceso	Red de acceso	Backhaul
Estándar	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e-2005	3GPP Release 6	3GPP2	IEEE 802.11a/g/n	
Línea de vista	NLOS	NLOS	NLOS	NLOS	NLOS	LOS

Parámetro	WiMAX Fijo	WiMAX Móvil	HSPA	1x EV-DO	Wi-Fi	Microondas terrestres
Máxima velocidad de transmisión en el enlace de bajada	9.4Mbps en un canal de 3.5MHz con relación 3:1	46Mbps en un canal de 10MHz con relación 3:1	14.4Mbps usando los 15 códigos	Revisión A 3.1Mbps	20Mbps a 25Mbps usando 802.11a/g	Aunque la capacidad máxima depende de la frecuencia, las velocidades de datos habituales oscilan entre 1 y 10 Mbps
	6.1Mbps en un canal de 10MHz con relación 1:1	32Mbps en un canal de 10MHz con relación 1:1	7.2Mbps con 10 códigos	Rev. B soporta 4.9Mbps	Pico de más de 100Mbps usando 802.11n	
Máxima velocidad de transmisión en el enlace de subida	3.3Mbps en un canal de 3.5MHz con relación 3:1	7Mbps en un canal de 10MHz con relación 3:1	1.4Mbps	1.8Mbps	20Mbps a 25Mbps usando 802.11a/g	
	6.5Mbps en un canal de 3.5MHz con relación 1:1	4Mbps en un canal de 10MHz con relación 1:1	5.8Mbps		Pico de más de 100Mbps usando 802.11n	
Movilidad	No es posible	Media	Alta	Alta	Baja	No es posible
Modulación	OFDM, QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM/QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM	QPSK, 8 PSK, 16 QAM	BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM – BPSK/QPSK/16QAM/64QAM
Multiplexación	TDM	TDM	TDM/CDMA	TDM/CDMA	CSMA	TDM
Soporte de multimedia	Basado en arquitectura IP		tiene un núcleo complejo y separado de voz y datos			
Topología de red	Punto-punto y punto a punto consecutivo.	Punto-Multipunto	Punto-Multipunto	Punto-Multipunto	Punto-Multipunto	Punto-punto

Fuente: Autoras

4.5.2 Tecnología seleccionada. Las consideraciones que se tuvieron en cuenta en el momento de proceder a la selección de la tecnología, fueron:

- Soporte el ancho de banda requerido por las aplicaciones de telemedicina seleccionadas.

- Sea una solución de bajo costo debido a que en la zona hay poca infraestructura de comunicaciones y el despliegue de la red debe ser asumido completamente por el hospital.
- Permita largas distancias de cobertura debido a la alta dispersión de población que existe en el área.
- Opere en bandas de frecuencia no licenciadas.
- Ofrezca alta confiabilidad en la transmisión de la información.

Analizando el cuadro comparativo y teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados se considera que la tecnología de comunicaciones que más se adapta a los requerimientos del diseño son las microondas terrestres porque:

- Opera en las bandas libres definidas en Colombia.
- En el mercado existen equipos que trabajan en las bandas no licenciadas.
- Debido a las bandas de frecuencias en las que se piensa trabajar -bandas no licenciadas- esta tecnología alcanza distancias entre 30 y 45 Km.
- Permite implementar una red tipo punto a punto para interconectar los centros de salud.
- El costo de una solución basada en microondas es proporcional a la velocidad de transmisión y a la distancia existente entre punto y punto. Este diseño demanda bajas velocidades y distancias que no superan los 25 Km lo cual hace que su implementación sea económica y por tanto factible.
- Las velocidades de datos que ofrecen las microondas en bandas no licenciadas oscilan entre 1 Mbps y 10Mbps lo cual es suficiente soportar el tráfico generado por las aplicaciones de telemedicina.

4.6 DISEÑO FÍSICO

Una vez determinados los requerimientos de la red (usuarios, aplicaciones, capacidades) y el análisis de flujos se procede al diseño físico, el cual suministra a partir de los datos anteriores la información necesaria para planificar y posteriormente implementar la red. El diseño físico está basado en la descripción geográfica del lugar, topologías, cálculos teóricos y equipos.

4.6.1 Descripción geográfica de los puntos a interconectar. A continuación se describen las principales características geográficas de los puntos que se enlazarán por medio de la red de telemedicina.

Tabla 34. Información geográfica de los municipios

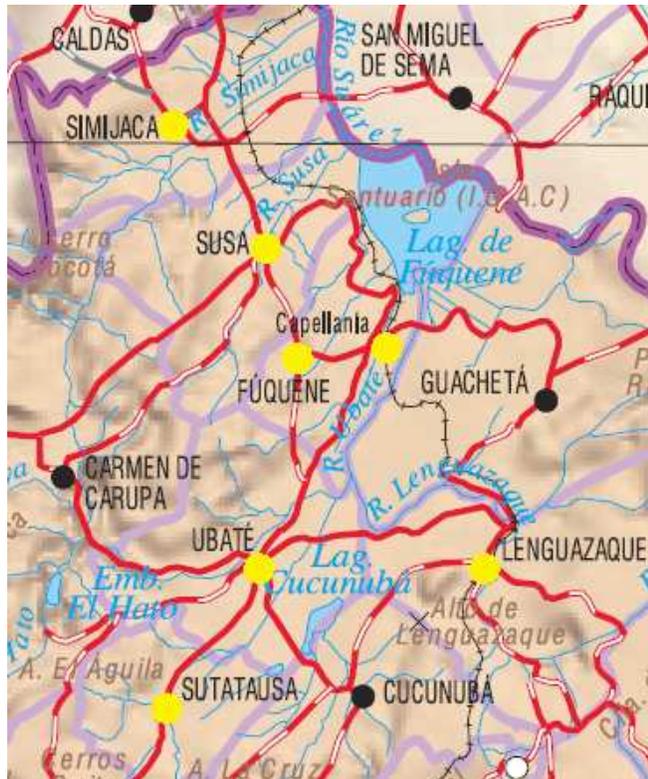
Mun.	Límites	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Ext. (Km ²)	Ext. área urbana (Km ²)	Ext. área rural (Km ²)	Altitud (msnm)	Temperatura media (°C)
Capellania	Limita con Guachetá, Fúquene y la laguna de Fúquene	5,405359	-73,7649	35	10	25	2544	14
Fúquene	Limita con Ubaté, Susa, Guachetá y el departamento de Boyacá	5,405618	-73,796	48	19	29	2856	13
Lenguazaque	Lenguazaque limita entre las veredas más conocidas están Rabanal y el Resguardo, la cual rodea a la cabecera municipal	5,306492	-73,7128	153	0.4	152.96	2586	14
Simijaca	Norte: Boyacá; municipios de Chiquinquirá y Caldas. Sur: Cundinamarca; municipios de Susa y Carmen de Carupa. Occidente: Boyacá; municipio de Caldas. Oriente: Boyacá; municipio de San Miguel de Sema	5,50729	-73,8555	107	0.8	106.2	2573	14
Susa	Limita con los municipios, Simijaca, Fúquene, San Miguel de Sema, Laguna de Fúquene	5,455699	-73,8144	86	1.2	84.8	2557	14
Suratausa	Norte: Ubaté Sur: Tausa Oriente: Cucunubá Occidente: Carupa y Tausa	5,250144	-73,8657	67	26	41	2874	14
Ubaté	La Provincia limita al Norte; Noroeste y Noreste con el departamento de Boyacá, al occidente con la Provincia de Rionegro; al sur con la Provincia de Sabana Centro y al sureste y oriente con la provincia de Almeidas	5,304656	-73,8137	102	4	98	2560	14

Fuente: Páginas web de cada uno de los municipios [citadas en marzo de 2009].

Teniendo en cuenta las características geográficas de cada uno de los municipios anteriormente detallados y las características y requerimientos del sistema

anteriormente descritos, se debe seleccionar una topología de red. A continuación se ilustra la ubicación de los puntos a interconectar.

Figura 21. Ubicación en el mapa político de Cundinamarca, de los puntos a interconectar*



Fuente: Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Mapa físico-político Cundinamarca [documento en línea]. Noviembre 2000 [citado, enero 2009]. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. Disponible en Internet: <URL: www.mapascolombia.igac.gov.co >.

* Los municipios a interconectar se encuentran representados por un punto de color amarillo.

4.6.2 Selección de topología de red. Cuando se diseña una red, el tráfico de los nodos debe ser analizado cuidadosamente, con el fin de determinar que nodos y aplicaciones requieren una topología completa o parcial. Autores como Teresa Piliouras⁷⁸ consideran que para la mayoría de las organizaciones el costo de hacer una red completamente fiable es desorbitado, en consecuencia se debe determinar el nivel apropiado de tolerancia a fallas.

Asimismo una pauta a considerar cuando se elige una topología de red es el estado relativo de los dispositivos a enlazar, hay dos relaciones posibles: igual a

⁷⁸ Piliouras, Teresa. Network Desing: Managment and Technical Perspectives, segunda edición, Boca Raton, Florida: Auerbach, 2005. 674 p. ISBN 0-8493-1608-1.

igual, donde todos los dispositivos comparten el enlace, y primario-secundario, donde un dispositivo controla el tráfico y los otros deben transmitir a través de él.⁷⁹ Las topologías punto a punto y multipunto a multipunto; son más convenientes para la relación entre pares, mientras que punto a multipunto es conveniente para la relación primario - secundario.

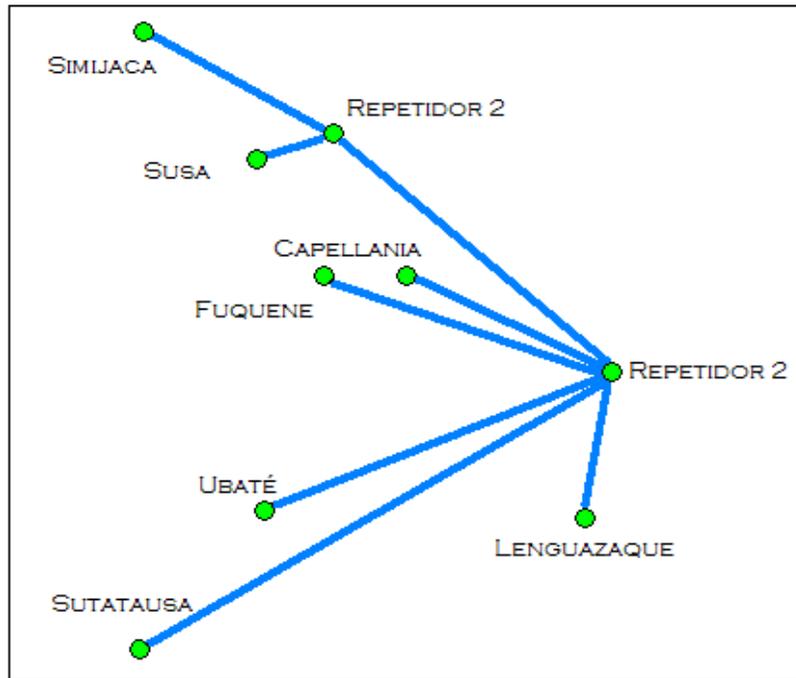
La banda o bandas de frecuencia sobre las cuales se está transmitiendo la información también limitan la elección de la topología de red. Por ejemplo, las transmisiones en las bandas altas, no pueden ser punto-multipunto, porque la propagación del haz tiene consideraciones estrictas de línea de vista. Para la topología de red del presente diseño, se seleccionó la configuración punto a punto, dado que:

- La ubicación de los puntos a interconectar exige una solución que permita tener distribución de red con el mínimo número de enlaces requeridos.
- En caso de que uno de los enlaces llegue a fallar los demás deben seguir comunicándose.
- Es una solución de bajo costo, parámetro que se adecuada a las necesidades de la E.S.E Hospital el Salvador, sin eliminar totalmente la tolerancia a fallas.
- Se adecua a las características topográficas del lugar.
- Su desarrollo es de baja complejidad porque en cada enlace solo se requiere la participación de dos nodos.
- Se necesita comunicar puntos específicos.

Luego de definir la topología, se propusieron diferentes soluciones (representadas en la Figura 22 y la Figura 23) que varían en el número de enlaces y sus ubicaciones.

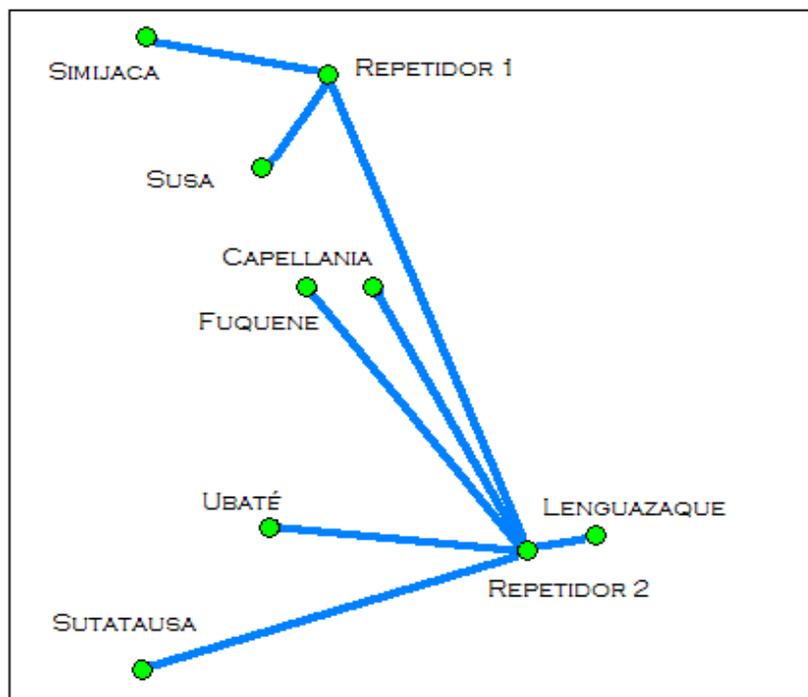
⁷⁹ Ibid., p. 501.

Figura 22. Primera opción de configuración de los nodos de red



Fuente: autoras.

Figura 23. Segunda opción de configuración de los nodos de red



Fuente: autoras.

La topología de red seleccionada es la segunda opción, en la cual se puede observar que existen dos repetidores interconectados entre sí, sus coordenadas se detallan en la Tabla 35. Estos puntos se añadieron, porque al realizar un estudio preliminar y en consideración a la topografía del lugar, en la cual influye las alturas y la ubicación de los concentradores, se determinó que es una solución que ofrece fiabilidad de tipo medio y requiere un número mínimo de puntos adicionales.

Tabla 35. Coordenadas de los repetidores.

Sitio	Latitud (°)	Longitud (°)	Altitud (m)
Repetidor 1	5,494648	-73,76058	2742
Repetidor 2	5,297547	-73,73667	2986

Fuente: autoras

4.6.3 Cálculo de los radioenlaces. Para el cálculo de los enlaces de microondas de la red representada en la Figura 23, es necesario definir los parámetros descritos a continuación.

4.6.3.1 Selección de la banda de frecuencias. El primer paso para seleccionar la banda de frecuencia sobre la cual se enlazarán los radios existentes en cada uno de los puntos a interconectar, es decidir si se trabajará en un espectro licenciado o no licenciado. Esta decisión depende de la finalidad de la red, la regulación existente respecto al espectro electromagnético en Colombia y el presupuesto económico disponible.

Las bandas licenciadas generalmente se aplican en redes de contexto urbano en donde existen diferentes implementaciones de redes inalámbricas y en consecuencia es necesario tener protección contra el efecto de interferencia, el cual se provee, si se limita a cada usuario trabajar en una banda individual. Las desventajas de esta opción son el incremento del costo de la solución inalámbrica porque se deben pagar al Ministerio de Comunicaciones contraprestaciones anuales y las dificultades en el proceso de licenciamiento.

El espectro no licenciado en contraparte, se aplica a entornos rurales en donde hay posibilidades mínimas de tener problemas de interferencias, porque la penetración de otras tecnologías es casi inexistente. La ventaja principal de una banda no licenciada es que se trata de un recurso de uso libre.

En consecuencia de lo mencionado anteriormente este proyecto trabajará sobre bandas no licenciadas, porque es un desarrollo enfocado a un área rural de la

provincia de Ubaté, como se mencionó en el marco teórico-conceptual para el caso de Colombia existen las siguientes bandas de uso libre:

- Banda de 902 a 928 MHz.
- Banda de 2 400 a 2 483,5 MHz.
- Banda de 5 150 a 5 250 MHz.
- Banda de 5 250 a 5 350 MHz.
- Banda de 5 470 a 5 725 MHz.
- Banda de 5 725 a 5 850 MHz.

Con el fin de analizar el desempeño del sistema, se seleccionaron las bandas de frecuencias de 2400 a 2 483,5 MHz y de 5725 a 5850 MHz, para las cuales se realizaron cálculos de los diferentes enlaces. Cabe resaltar que en las bandas no licenciadas también es necesario tener en cuenta las condiciones operativas descritas en la Tabla 36 que el Ministerio de Comunicaciones establece.

Tabla 36. Restricciones del transmisor

Banda	Utilización	Restricción
2 400 a 2 483,5 MHz	Exclusivamente para operaciones fijas punto a punto	Pueden emplear antenas de transmisión con ganancia direccional mayor a 6 dBi.
5 725 a 5850 MHz	Exclusivamente para operaciones fijas punto a punto	Pueden emplear antenas de transmisión con ganancia direccional mayor a 6 dBi sin la correspondiente reducción en la potencia pico de salida del transmisor.
902 a 928 MHz 2400 a 2483,5 MHz y 5725 a 5850 MHz	Para sistemas que utilicen modulación digital.	La potencia de salida máxima del transmisor no excederá 1 Watt.

Fuente: Ministerio de Comunicaciones. Resolución 689 de 2004 [documento en línea]. Abril de 2004 [citado en marzo de 2009]. Diario oficial No 45533. Disponible en Internet: <URL: http://www.cntv.org.co/cntv_bop/basedoc/resolucion/mincomunicaciones/resolucion_mincomunicaciones_0689_2004.html>.

4.6.3.2 Cálculo de distancias entre los puntos a enlazar. Teniendo en cuenta la topología de red propuesta se procede a calcular la distancia que existe entre cada uno de los puntos por medio de la siguiente ecuación, los resultados se encuentran relacionados en la Tabla 37.

Ecuación 22. Distancia entre dos puntos

$$D = \sqrt{[(longM - longm)(111.32Km/^{\circ})]^2 + [(latM - latm)(111.32Km/^{\circ}) + (hM - hm)]^2}$$

Tabla 37. Distancias entre los diferentes radioenlaces

Punto A	Punto B	Distancia (Km)
Repetidor 1	Simijaca	10.66
Repetidor 1	Susa	7.39
Repetidor 1	Repetidor 2	22.10
Repetidor 2	Lenguazaque	2.86
Repetidor 2	Capellanía	12,41
Repetidor 2	Fúquene	13,72
Repetidor 2	Ubaté	8,62
Repetidor 2	Sutatausa	15,31

Fuente: autoras

4.6.3.3 Cálculo de la primera zona de Fresnel y los perfiles de los enlaces. Teniendo en cuenta los requerimientos en cuanto a línea de vista como de zonas de Fresnel, a continuación se desarrollan los cálculos de estas, con el fin de conocer si se cumple con las condiciones necesarias en cuanto a despeje sobre una obstrucción específica en el enlace de RF.

El proceso implementado fue, representar el perfil del terreno existente entre los dos puntos a enlazar, adquiriendo los datos de Google Earth y confirmando su ubicación por medio de los mapas topográficos correspondientes (ver Anexo H) y de esta forma poder identificar los obstáculos que permanecen en la trayectoria, en la siguiente tabla se detallan las características de este material.

Tabla 38. Mapas topográficos utilizados en el proyecto

Nombre del mapa	Procedencia	Año de elaboración	Escala
190-III-B	IGAC ⁸⁰	1983	1:25000
190-III-D	IGAC	1983	1:25000
190-IV-C	IGAC	1981	1:25000
209-I-B	IGAC	1978	1:25000
209-II-A	IGAC	1981	1:25000

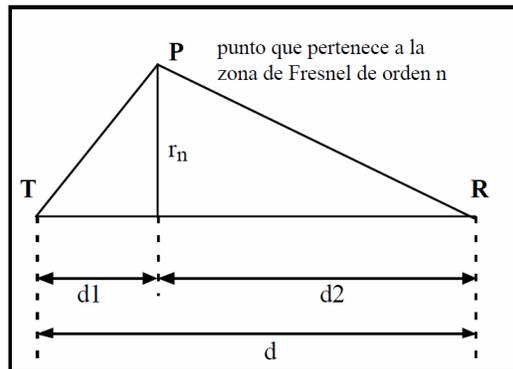
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi

De acuerdo con el procedimiento establecido, se trazó una línea entre cada uno de los enlaces, posteriormente se consignó la altura, latitud y longitud, aproximadamente cada kilómetro de la línea, luego se representaron estos datos

⁸⁰ Instituto Geográfico Agustín Codazzi

por medio de las siguientes gráficas (ver Gráfica 23 a Gráfica 30). Al tener una aproximación visual del perfil entre cada enlace, se analizan los puntos que posiblemente pueden obstruir una porción significativa de la zona de Fresnel y de esta manera atenuar la potencia de la señal recibida en la antena receptora. Se verifica que se tenga despejado de cualquier obstáculo el 60% de la primera zona de Fresnel.

Figura 24. Representación del radio en un punto dado para la primera zona de Fresnel



Fuente: CONSTANTINI, Sandro [documento en línea]. Universidad Metropolitana [citado en Marzo 2009]. Serie de guías. Disponible en Internet: <URL:<http://medusa.unimet.edu.ve/sistemas/bpis03/radiocomunicaciones/guiaspdf/guia05telecomunicaciones.pdf>>

La ecuación para hallar el radio de una zona de Fresnel en un punto dado del enlace, se basa en la Figura 24 y es la siguiente (en el marco teórico-conceptual se explica su deducción):

Ecuación 23. Radio de la n zona de Fresnel

$$r_n = \sqrt{\frac{n \cdot \lambda \cdot d1 \cdot d2}{d}}$$

Donde

n = orden de la zona de fresnel

λ = longitud de onda (metros)

$d1$ = distancia al punto T al P (metros)

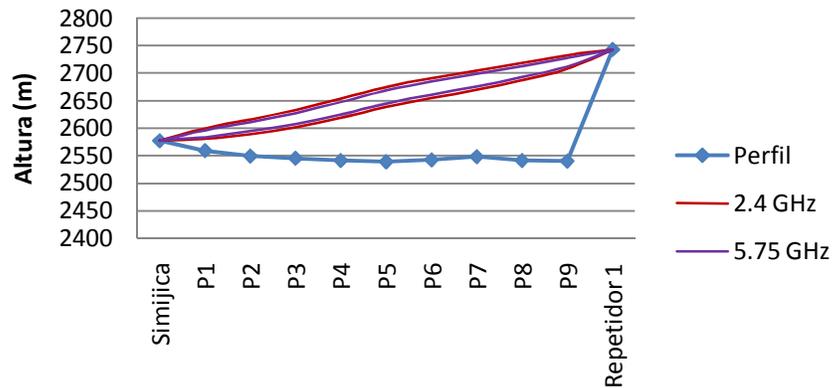
$d2$ = distancia del punto R al P (metros)

d = distancia entre el punto T al R (metros)

A continuación se representa el perfil de cada enlace y una aproximación de la elipse correspondiente a la primera zona de Fresnel, en el Anexo I se encuentran

consignados los datos calculados para cada enlace a partir de los cuales se hicieron las siguientes gráficas:

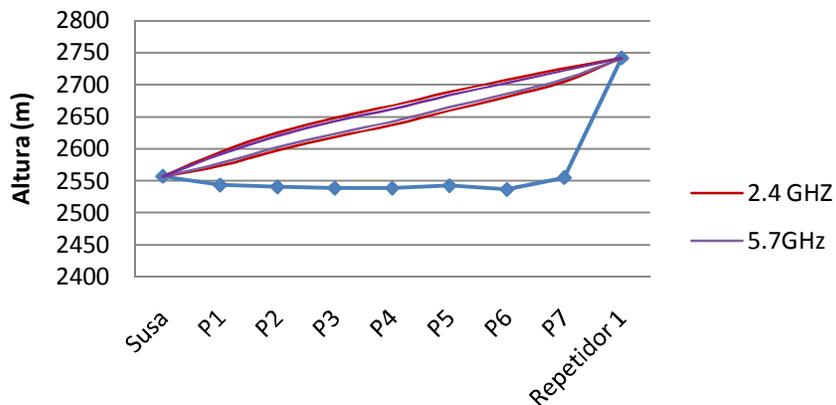
Gráfica 23. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Simijaca-Repetidor 1



Fuente: autoras

En la gráfica anterior se puede observar el elipse correspondiente de la primera zona de Fresnel para las frecuencias de 2.4GHz y 5.75 GHz, como es bien sabido el primer elipsoide que rodea la trayectoria entre el transmisor y el receptor, es la región que encierra la mayor cantidad de potencia, al analizar el impacto de este efecto indica que el enlace establecido entre el municipio de Simijaca y el Repetidor1 no cuenta con ningún tipo de obstrucción que llegue a afectar la primera zona de Fresnel, motivo por el cual la señal no será atenuada por motivos de obstrucción.

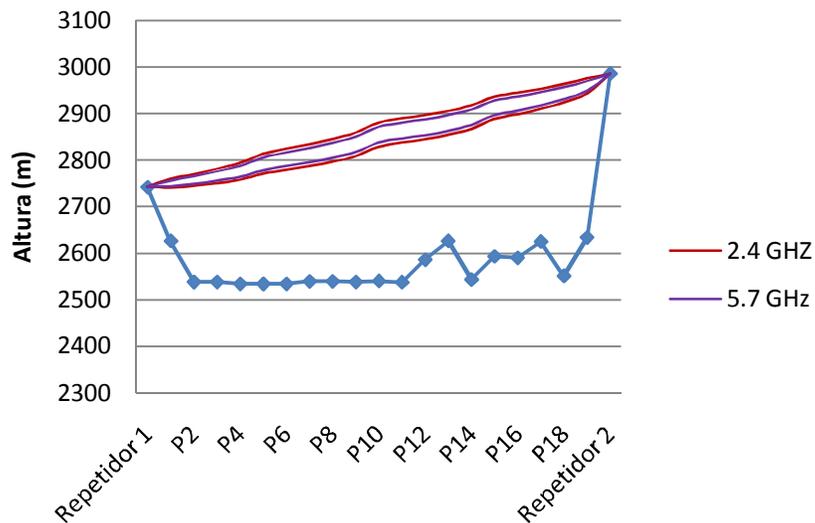
Gráfica 24. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Susa-Repetidor1



Fuente: autoras

El perfil del enlace entre Susa y el Repetidor 1, representado en la gráfica anterior, afirma que la ubicación de los transceptores es adecuada, es decir no existe obstrucción de la señal radiada. Además se puede observar que el elipse formado por la frecuencia de 2.4GHz tiene valores de radio mayor en todos los puntos respecto al elipse correspondiente a la frecuencia de 5.75GHz, esto sucede porque entre más alta sea la potencia, el haz de energía electromagnética se acerca más a un comportamiento lineal.

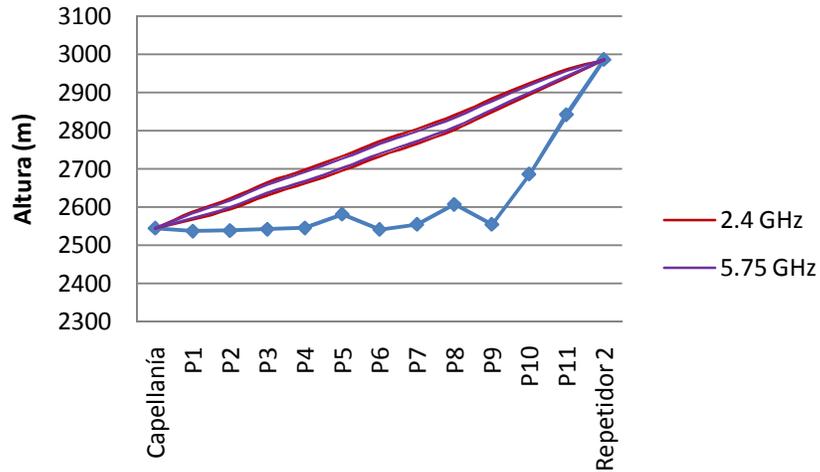
Gráfica 25. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Repetidor1-Repetidor2



Fuente: autoras

Este es uno de los enlaces más importantes, porque es el de mayor distancia y es un tramo fundamental de la red, como se puede notar en la gráfica anterior, la señal no se ve afectada por obstrucciones significativas. Se debe recordar que la región descrita como la primera zona de Fresnel contiene aproximadamente la cuarta parte de la energía de campo total recibida y en este caso en especial debe mantenerse limpia de obstrucciones en la trayectoria, para obtener la máxima intensidad de campo.

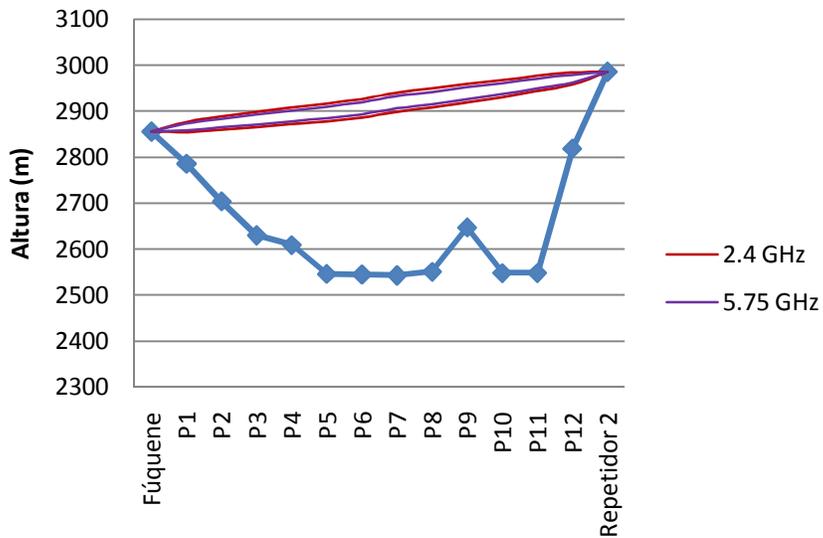
Gráfica 26. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Capellanía-Repetidor2



Fuente: autoras

Como se puede ver en la representación de las elipses de la primera zona de Fresnel, el radio máximo no es relevante y la diferencia entre frecuencias no es significativa, lo que induce a un primer acercamiento para la selección de las dos opciones consideradas. Al igual se comprende la dificultad que existe al despejar de todo obstáculo en un enlace el primer elipsoide de Fresnel en frecuencias bajas.

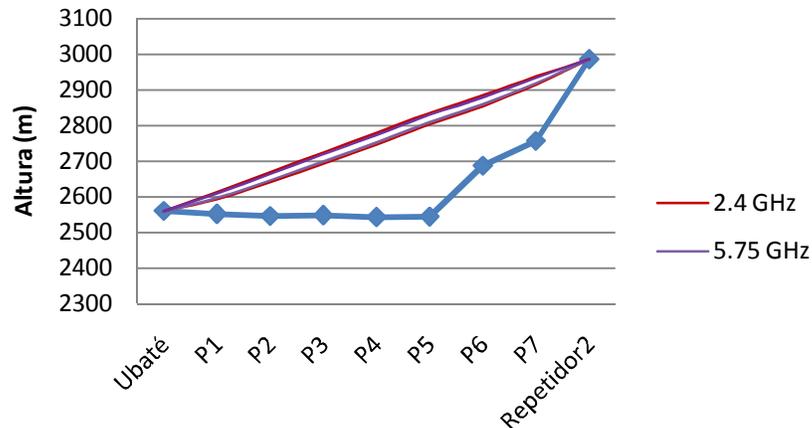
Gráfica 27. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Fúquene-Repetidor2



Fuente: autoras

En la trayectoria del enlace no hay obstrucciones considerables a la línea de vista, debido a las alturas críticas de los puntos, de manera que la altura mínima de las antenas requeridas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel no representa un problema si se desea implementar el enlace.

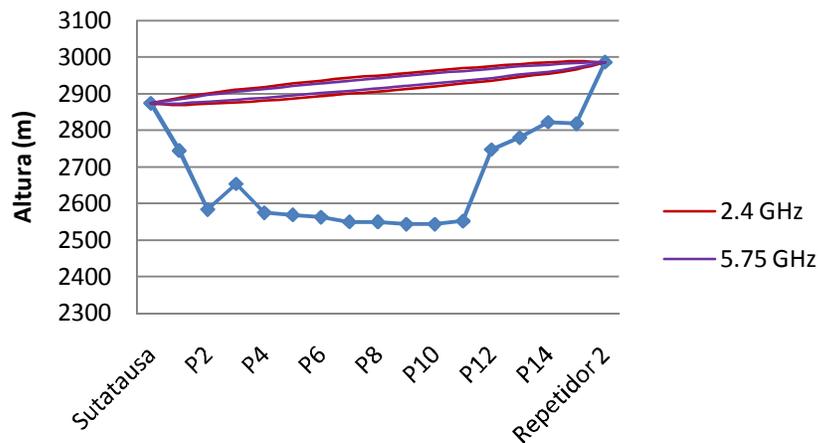
Gráfica 28. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Ubaté-Repetidor2



Fuente: autoras

Con esta representación se reafirma una vez más que el cerro que se seleccionó para ubicar el repetidor dos es de gran importancia para la red, ya que debido a su gran elevación permite que todos los municipios se interconecten y que la primera zona de Fresnel no se vea obstruida por ningún cerro.

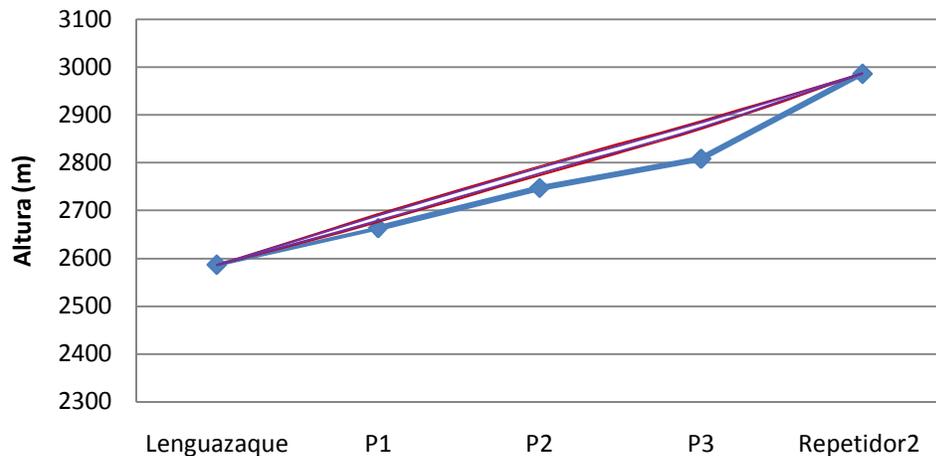
Gráfica 29. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Sutatausa-Repetidor2



Fuente: autoras

Aunque existe un cerro que dista de Sutatausa aproximadamente unos 13 kilómetros, no representa ningún inconveniente debido a la altura del cerro donde se encuentra ubicado el repetidor 2.

Gráfica 30. Perfil y primera zona de Fresnel enlace Lenguazaque-Repetidor2



Fuente: autoras

El área de la primera zona de Fresnel depende la distancia entre las antenas y de la frecuencia empleada. En este caso la distancia entre los dos enlaces es muy corta, en consecuencia los efectos de propagación son poco influyentes. En la gráfica anterior se puede ver que la primera zona de Fresnel se encuentra comprometida en el punto uno, pero al hacer un acercamiento más preciso se puede afirmar que el 60% de este radio no se encuentra afectado, por este motivo no se presentará atenuación significativa a la señal transmitida.

Al realizar un análisis general de las gráficas anteriores se puede afirmar que la ubicación de los puntos de los transceptores es adecuado, ya que la señal transmitida no encuentra obstáculos de importancia en su camino. Incluso las representaciones de las elipses muestran el radio completo, parámetro que reafirma de nuevo la efectividad de estos enlaces, puesto que en la mayoría de la literatura de radiopropagación sugieren un despeje de al menos el 60% de la primera zona de Fresnel.

4.6.3.4 Potencia de transmisión. Para determinar este parámetro se tomaron valores de dispositivos que: permitieran la implementación de un backhaul

inalámbrico, trabajaran en bandas no licenciadas, permitieran conexiones punto a punto y soportaran Ethernet. En el Anexo J se realizó una comparación de las potencias de transmisión ofrecidas en diferentes equipos comerciales, y se seleccionó el valor de potencia de 18 dBm, el cual será el que se utilizara para realizar los cálculos del radioenlace.

4.6.3.5 Ganancia de la antena. Se determinó tomando valores de antenas comerciales que operan en las bandas de frecuencia libre. Al realizar una comparación entre dichos valores se determinó como referencia una ganancia de antena de 32 dBi, ver Anexo K.

4.6.3.6 Cálculo de pérdidas. A continuación se procede al cálculo de las diferentes pérdidas a las que está expuesto cada uno de los enlaces, estos datos son necesarios para hallar la potencia recibida.

- Pérdidas de espacio libre. Se refieren a las pérdidas de propagación que sufre la señal radioeléctrica en condiciones de espacio libre sin ningún obstáculo en el camino, es decir, línea de vista entre las antenas. En esta magnitud no suelen incluirse otras pérdidas adicionales debidas a lluvia, absorción atmosférica, entre otras. Estas pérdidas están relacionadas directamente con la distancia del radioenlace y la frecuencia de funcionamiento. Se usa la siguiente ecuación para calcularlas:

Ecuación 24. Pérdidas de espacio libre

$$FSL = 10 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 = 32.44 + 20 \log d(Km) + 20 \log F(MHz)$$

En la tabla a continuación se encuentran los resultados de las pérdidas, para las dos bandas de frecuencia que se están analizando.

Tabla 39. Cálculo de pérdidas de espacio libre

Punto A	Punto B	Distancia (Km)	FSL (dB) a 2350 MHz	FSL (dB) a 5800 MHz
Repetidor 1	Simijaca	10.66	120.36	128.1
Repetidor 1	Susa	7.39	117.23	125.08
Repetidor 1	Repetidor 2	22.10	126.74	134.59
Repetidor 2	Lenguazaque	2.86	108.98	116.83
Repetidor 2	Capellanía	12,41	121.72	129.57
Repetidor 2	Fúquene	13,72	122.59	130.44
Repetidor 2	Ubaté	8,62	118.57	126.41
Repetidor 2	Sutatausa	15,31	123.55	131.40

Fuente: autoras

- Pérdidas del cable. La atenuación expresa la disminución de potencia de la señal al recorrer el cable. Generalmente se expresa en dB por 100 m, para un cable categoría 5e la atenuación es de 21,3dB⁸¹. Se asume una longitud de cable de 10 m, al reemplazar en la Ecuación 25 se obtiene que las pérdidas son de 2.13dB.

Ecuación 25. Pérdidas del cable

$$L_{WG} = \text{long cable} * \vartheta$$

Donde ϑ = atenuación (dB/100m)

- Pérdidas misceláneas. En este cálculo se incluyen todas aquellas pérdidas adicionales que sufren las señales radioeléctricas durante su propagación y que no pueden atribuirse al término de pérdidas básicas en espacio libre. De este modo, se tienen pérdidas por absorción atmosférica e hidrometeoros (lluvia, nieve, niebla), fenómenos de difracción (obstrucción parcial o total del haz radioeléctrico), reflexiones, ionización, entre otras. La siguiente ecuación es utilizada para el cálculo de las pérdidas misceláneas:

Ecuación 26. Pérdidas misceláneas

$$L_{misc} = L_{EM} + L_{ION} + L_{RAIN} + L_{FA}$$

Donde

L_{EM} = pérdidas Electromagnéticas de 0.3 – 0.7 dB

L_{ION} = pérdidas por ionización y de 0.1 – 1.4 dB

L_{RAIN} = pérdidas por lluvia y están en el rango de 0.5 – 1.4 dB

L_{FA} = pérdidas por desvanecimiento de 0.3 – 0.7dB

Se asume un valor dentro de cada rango de pérdidas, reemplazando en la Ecuación 26 se tiene:

$$L_{misc} = 0.4dB + 1dB + 1dB + 0.4dB$$

$$L_{misc} = 2.8 dB$$

⁸¹ Zator Systems.Instalaciones de par trenzado [documento en línea] [citado en marzo, 2009] Disponible en Internet : <URL: http://zator.com/Hardware/H12_4_2.htm#TOP>

- Cálculo de la potencia de recepción. Después de haber calculado las diferentes pérdidas a las que se ven expuestos los enlaces, se procede a calcular el nivel de potencia recibida por medio de la siguiente ecuación.

Ecuación 27. Potencia de recepción

$$P_{RX|dBm} = P_{TX|dBm} - L_{WG|dBm} + G_{A|dBm} - F_{SL|dB} + G_{B|dBm} - L_{WG|dBm} - L_{MISC|dB}$$

En las siguientes tablas se encuentran relacionados los niveles de potencia recibida por cada enlace en las bandas de 2.4GHz y 5,8GHz.

Tabla 40. Potencia de recepción para la frecuencia de 2400 MHz

Punto A	Punto B	FSL (dB) a 2350 MHz	Potencia de recepción (dBm)
Repetidor 1	Simijaca	120.36	-45.42
Repetidor 1	Susa	117.23	-42.29
Repetidor 1	Repetidor 2	126.74	-51.8
Repetidor 2	Lenguazaque	108.98	-34.04
Repetidor 2	Capellanía	121.72	-46.78
Repetidor 2	Fúquene	122.59	-47.65
Repetidor 2	Ubaté	118.57	-43.63
Repetidor 2	Sutatausa	123.55	-48.61

Fuente: autoras.

Tabla 41. Potencia de recepción para la frecuencia de 5800 MHz

Punto A	Punto B	FSL (dB) a 5800 MHz	Potencia de recepción (dBm)
Repetidor 1	Simijaca	128.1	-53.16
Repetidor 1	Susa	125.08	-50.14
Repetidor 1	Repetidor 2	134.59	-59.65
Repetidor 2	Lenguazaque	116.83	-41.39
Repetidor 2	Capellanía	129.57	-54.63
Repetidor 2	Fúquene	130.44	-55.5
Repetidor 2	Ubaté	126.41	-51.47
Repetidor 2	Sutatausa	131.40	-56.46

Fuente: autoras

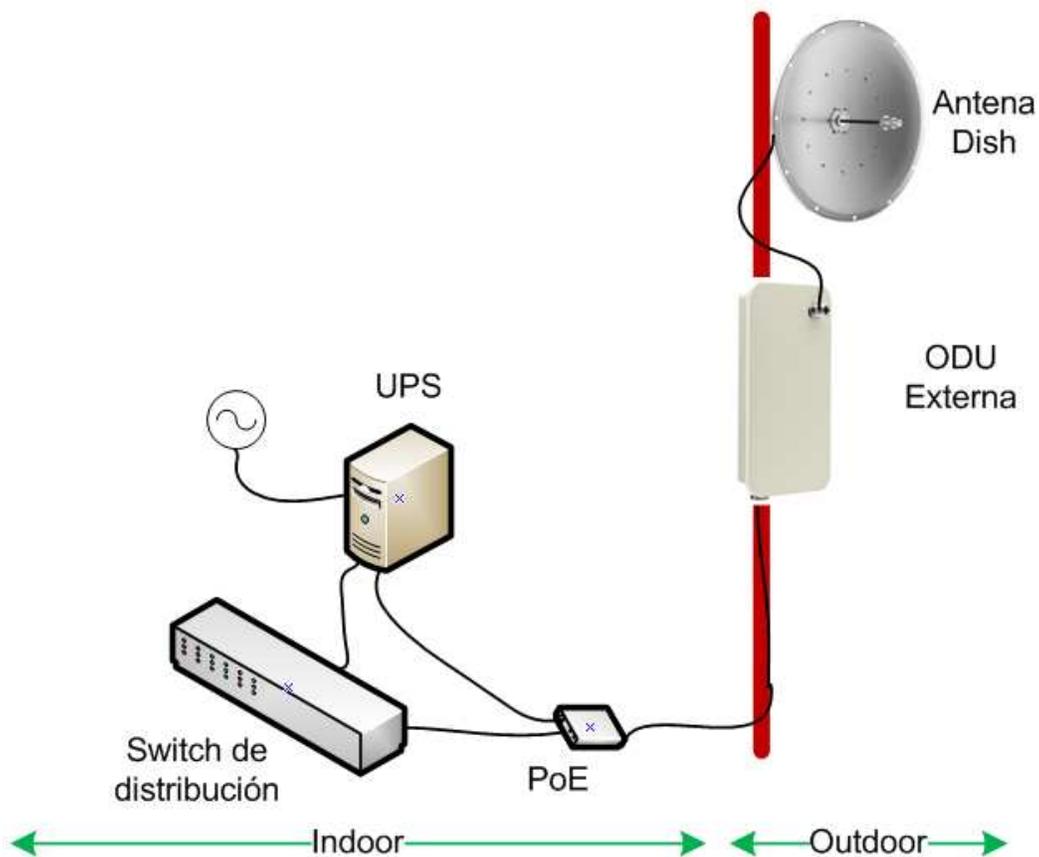
4.6.4 Equipos de comunicaciones. En este capítulo se describirán las características de cada uno de los equipos necesarios para implementar la red de ,interconexión de los centros de salud. Los dispositivos seleccionados son

fabricados por RADWIN™, el cual es un proveedor de soluciones inalámbricas de backhaul y acceso de banda ancha en el espectro inferior a los 6GHz⁸².

Estos equipos fueron seleccionados porque permiten desplegar soluciones rurales, soporta datos multimedia, ofrece soluciones inalámbricas de banda ancha que proveen: alto rendimiento, alta capacidad y largo alcance. Además el costo de la solución se considera asequible a instituciones que cuentan con bajo presupuesto.

En la Figura 25 se pueden observar los diferentes equipos de comunicaciones necesarios para cada centro de salud, asimismo se representa la conexión de los mismos. A continuación se describirán las características técnicas de cada uno de ellos.

Figura 25. Disposición de los equipos de comunicaciones necesarios en cada centro de salud



Fuente: autoras.

⁸² RADWIN. Descripción de la compañía [documento en línea] [citado en abril 2009] Disponible en Internet: <URL: http://www.radwin.com/Content.aspx?Page=company_overview>.

4.6.4.1 Antena parabólica. Las principales características de este tipo de antena es que debido a la banda de frecuencia en la que transmite (2400 MHz ó 5750 MHz) su diámetro es pequeño y el ancho del haz es estrecho, en la siguiente tabla se encuentran las características de las antenas seleccionadas para el diseño.

Tabla 42. Características técnicas de las a antenas seleccionadas para el diseño

	Tipo	Diámetro (m)	Ganancia (dBi)	Banda de trabajo (GHz)	Polarización	Ancho del haz (°)
Antena1	Parabólica	0,91 m	32	5.150-5.850	Lineal	3
Antena2	Parabólica	0,91 m	28	5.150-5.850	Lineal	4,5
Antena3	Parabólica	0,91 m	32	2.400-2.4835	Lineal	3
Antena4	Parabólica	0,91 m	28	2.400-2.4835	Lineal	4,5

Fuente: RADWIN. Product Overview [documento en línea] [citado en marzo 2009]. Disponible en Internet: <http://www.radwin.com/Content.aspx?Page=winlink_1000_series>.

4.6.4.2 ODU externa. Es el radio que permite diferentes configuraciones con antena externa, la velocidad teórica máxima soportada es de 48 Mbps y la máxima distancia teórica entre punto y punto es de 40 kilómetros, cabe aclarar que el resultado final de estos parámetros es dependiente de variables como la distancia entre los puntos a interconectar, la ganancia de la antena externa, la geografía, la topografía del lugar, la modulación utilizada, el ancho del canal y la frecuencia de transmisión. En la siguiente tabla se detallan sus respectivas características.

Tabla 43. Características técnicas de las ODU externa

Radio	
Velocidad de transmisión de datos	Configurable hasta 48 Mbps (bidireccional)
Ancho de banda del canal	soporta 5/10/20 MHz
Técnica de duplexación	TDD
Modulación	OFDM - BPSK/QPSK/16QAM/64QAM
Máxima potencia de transmisión	23 dBm
Corrección de errores	FEC; k= 1/2 , 2/3 , 2/4
Encriptación	AES
Mecánica	
Dimensiones	13.5cm(ancho) x 4.0cm(profundidad) x 24.5cm(alto)
Peso	1 Kg
Potencia y montaje	
Alimentación de potencia	100-240 VAC, 50/60 Hz; -24 VDC; -48 VDC
Consumo de potencia	ODU con IDU-E, 10W max ODU con IDU-C, 14W max
Montaje	Mástil y pared
Ambientales	
Caja de la ODU	Todos los tipos de clima
Temperaturas de operación de la ODU	-35°C a 60°C
Humedad	Hasta el 70% sin condensación
Bandas de frecuencia	
Alternativa1	2.300-2.400 GHz
Alternativa2	2.400-2.4835 GHz
Alternativa3	2.500-2.690 GHz
Alternativa4	4.940-4.990 GHz
Alternativa5	5.140-5.350 GHz
Alternativa6	5.140-5.350 GHz
Alternativa7	5.725-6.020 GHz

Fuente: RADWIN. Product Overview [documento en línea] [citado en marzo 2009]. Disponible en Internet: <http://www.radwin.com/Content.aspx?Page=winlink_1000_series>.

4.6.4.3 ODU interna. Al igual que la ODU externa es el radio que permite diferentes configuraciones, pero este equipo tiene la antena integrada. Las características en las que difiere de la externa se enuncian a continuación.

Tabla 44. Características técnicas que diferencian la ODU externa con la interna

Antena integrada	
Ganancia	22 dBi
Ancho del haz	9°
Polarización	Lineal
Diámetro	0,31 m
Frecuencia de trabajo	Depende de la banda seleccionada
Mecánica	
Dimensiones	30.5cm(ancho) x 5.8cm(profundo) x 30.5cm(alto)
Peso	1.5kg

Fuente: autoras.

4.6.4.4 PoE. Es un dispositivo que permite la alimentación a través de Ethernet (Power over Ethernet), permite que la alimentación eléctrica se suministre a la ODU usando el mismo cable que se utiliza para una conexión de datos de red. Las especificaciones se detallan a continuación.

Tabla 45. Características técnicas de PoE

Antena integrada	
Ganancia	22 dBi
Ancho del haz	9°
Polarización	Lineal
Diametro	0,31 m
Frecuencia de trabajo	Depende de la banda seleccionada
Mecánica	
Dimensiones	24.5 cm (alto) x 13.5 cm (ancho) x 4.0 cm (profundo)
Peso	1.5kg

Fuente: WINNCOM, Technologies. RADWIN Outdoor Power Over Ethernet Device [documento en línea] [citado en marzo 2009]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.winncom.com/moreinfo/item/AT0055010/index.html>>.

4.6.4.5 HSS. El winlink 1000 puede ser instalado en una arquitectura multipunto a punto (optimizada para conectar varios puntos a punto central⁸³); se despliegan varias unidades en una ubicación central, de donde ellas proveen un enlace dedicado a cada sitio remoto. El HSS (Hub Site Synchronization) permite sincronizar la transmisión de cada winlink y así reduce considerablemente la interferencia mutua comúnmente experimentada con la ubicación de radios TDD. Permite conectar 8 ODUs y dos unidades HSS adicionales.

⁸³ JALERCOM. Radwin se complace en anunciar que la nueva versión del WinLink 1000, Release 1.750, ya está disponible [documento en línea] [citado en marzo 2009]. Disponible en Internet: <URL: http://www.jalerc.com/cms/front_content.php?idcat=134&idart=844>.

4.6.4.6 BDU. La (Base Distribution Unit) está diseñada para agregar tráfico a un máximo de dos enlaces TDM / Ethernet. Esta distribuye tráfico hasta ocho ODUs conectadas simultáneamente y realiza funciones de conmutación de capa dos. En este caso como las ODUs soportan la configuración HSS el tráfico se debe distribuir entre los diferentes enlaces por medio de este dispositivo.

Tabla 46. Características técnicas de la BDU

Interfaz ODU	
Número de puertos para ODUs	8
Puertos auxiliares	802.3 por defecto, puede ser configurado como puerto ODU
Conector	RJ-45
Interfaz de enlace de subida	
Interfaz	2 puertos de 10/100/1000BaseT (RJ-45)
Todas las interfaces	
Impedancia de línea	100 ohmios
codificación	IEEE 802.3/U
Máximo tamaño de trama	1632 Bytes
VLAN	802.1q; 64 identificadores de VLAN port puerto
QoS	IEEE 802.1p, 4 colas de prioridad
Límites de velocidad de tx	Entrada y salida 64Kbps - 2Mbps (resolución de 64Kb) 10Mbps - 50Mbps (resolución de 5Mb) 50Mbps- 100Mbps (resolución de 10Mb)
Seguridad	Lista de control de acceso y SSL
Gestión	
Gestión basada en web	explorer y mozilla
Protocolos	SNMP v1/v2
Asignación de direcciones IP	Configurable o por DHCP
Mecánico	
Dimensiones	48.3cm(ancho) x 29cm(profundo) x 4.5cm(alto)
Peso	1,5 Kg
Potencia	
Alimentación	0.2A @ -48VDC
Máxima disipación de potencia	10Watt
Ambiental	
Temperaturas de operación	0°C - 45°C / 32F - 113F
Humedad	90%

RADWIN. Base Distribution Unit (PDF) data Sheet[documento en línea] [citado en marzo 2009]. Disponible en Internet: <<http://www.radwin.com/Content.aspx?Page=multiple-point-to-point>>.

4.6.4.7 Cable coaxial. Permite transferir la señal de microonda desde la ODU hacia la antena tipo parabólica. Los cables coaxiales son construidos con un núcleo metálico interno con un material dieléctrico separando el conductor metálico exterior.

4.6.4.8 Cable UTP. Es el cable utilizado para interconectar las dos PoE y del switch de distribución al PoE como se puede notar en la Figura 25, el cable es de categoría 5e, según el estándar TIA/EIA-568-B puede transmitir datos a velocidades de hasta 100 Mbps.

4.6.4.9 Mástil. Es la estructura que permite soportar la antena y ubicarla en un punto fijo, su geometría es en forma de trípode o tubular, son utilizados para peso de antenas y transceiver livianos y alturas que no excedan los diez metros, como lo es el caso de la ODU y la antena parabólica, este tipo de estructuras ofrece grandes beneficios porque su instalación es rápida y económica.

4.6.4.10 UPS. Es necesario incluir un equipo de este tipo con el fin de proteger el sistema frente a cortes inesperados de energía, el dispositivo seleccionado está diseñado especialmente para cargas críticas (servidores, equipos de medicina, racks de comunicaciones) los cuales no toleran fallas de ningún tipo en su fuente de energía. A continuación se enuncian las principales características adecuadas a la potencia total demandada por los dispositivos y el número de equipos soportados.

Tabla 47. Características técnicas de la UPS Capacidad

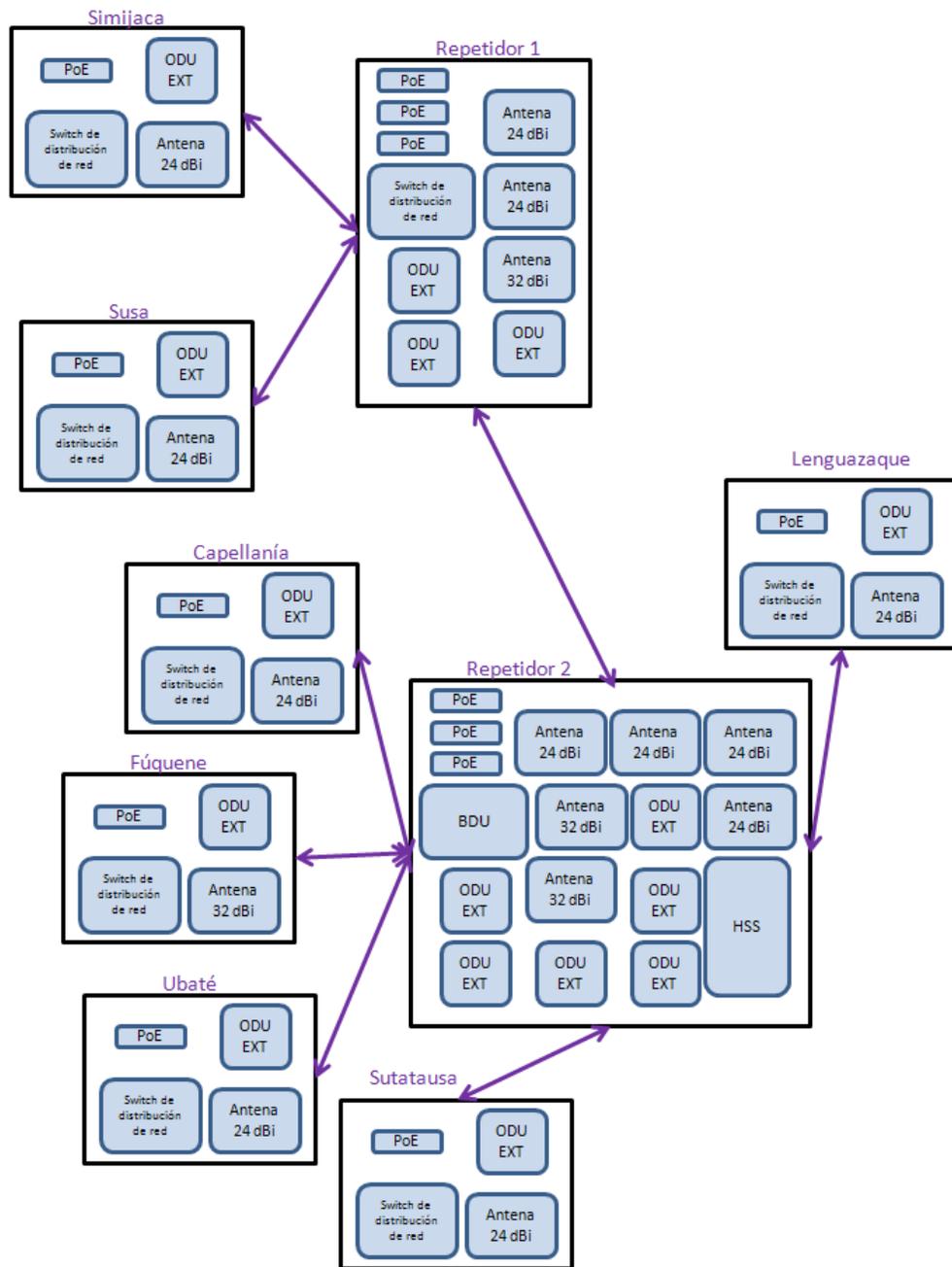
Capacidad	KvA	1,00
	Watts	700,00
Entrada	Voltaje	87-140
	Frecuencia	60 Hz +/- 3Hz
	Factor de potencia	<= 0,98
	Tipo de instalación	Clavija común 8fase neutro tierra
Salida	Voltaje	120 vAC +/- 2%
	Frecuencia	60 Hz +/- 0,5%
	Factor de potencia	0,7 en atraso
	Tomas	4 salidas
Baterías	Tipo de batería	Baterías de Acido Selladas con Válvula Regulada, Libres de Mantenimiento
	Protecciones	Desconexión sin drenado de Corriente, cuando la batería esta baja.
	Numero de baterías	36 VDC (3 Baterías. 12V7AH)
Tiempo de respaldo	Media carga (50%)	22 minutos (350w)
	Carga completa (100%)	8 minutos

Fuente: NEWLINE. Serie UPS online [documento en línea] [citado en marzo 2099]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.newline.com.co/pdf/serieupsonlineimportadas.pdf>>.

4.6.4.11 Configuración final de la red. Después de haber descrito los equipos necesarios para el despliegue de la red inalámbrica, en la Figura 26 se representa la disposición final de éstos. En definitiva se contemplaron dieciséis ODU con soporte de antena externa para las cuales se seleccionaron antenas de 29 dBi y 32 dBi dependiendo del enlace. Se dispuso una BDU para que distribuya el tráfico en el Repetidor2 y a su vez en este punto se dispuso un HSS para mitigar las posibles interferencias producidas por las señales recibidas desde los diferentes enlaces.

En el Repetidor 1 se contemplo el uso de un switch para comunicar los enlaces que confluyen en este punto. Finalmente para convertir la señal recibida por la ODU a formato Ethernet se utilizo el dispositivo PoE, que a su vez, se conecta con los switch que se dispusieron en cada centro de salud para distribuir la red. En el Anexo L se puede encontrar la cotización de esta solución realizada por la empresa INSITEL S.A.

Figura 26. Diagrama de equipos de red



Fuente: autoras.

4.6.4.12 Costo de los equipos. Luego de tener un diagrama de red y conocer la cantidad de equipos para la implementación se procede a realizar una relación de precios y así tener una aproximación de costos totales en equipos de comunicaciones. La siguiente figura detalla la cantidad de equipos y materiales y su costo.

Figura 27. Cotización de los equipos de comunicaciones

ITEM	CANT	DETALLE	DESCRIPCION	REFERENCIA	VALOR UNITARIO US\$	VALOR TOTAL US\$
Radioenlaces Proyecto Telemedicina – Universidad San Buenaventura						
1	16		Outdoor unit supporting HSS for external antenna operating in 5.8GHz band according to FCC radio regulation, max Tx power 23dBm, supporting 5, 10, 20MHz channel BW. Can be configured with the Combo Configuration Tool, where regulation allows, to: 5.8GHz FCC, 5.8GHz India WPC, 5.3GHz universal (HP), 5.4GHz universal (HP), 5.9GHz universal (HP).	WL1000-ODU-HE/F58/FCC/CMB/EXT	\$1.183,00	\$18.928,00
2	1		Indoor Unit supporting upto 8 ODUs and performing traffic aggregation towards 2 uplinks of Ethernet and/or TDM (with optional SFP plug-in device)	Base Distribution Unit (BDU)	\$1.350,00	\$1.350,00
3	16		CA15, ODU-IDU Cable, 25m, assembled w/RJ45 connectors	Cbl/25 Assy	\$70,00	\$1.120,00
4	9		Hub Site Synchronization (HSS) Cable, 5m, assembled w/RJ45 connectors	HSS-Cbl/5 Assy	\$45,00	\$405,00
5	2		Hub Site Synchronization (HSS) Unit to connect 8 collocated ODUs and two additional HSS Units	HSSU-10	\$246,00	\$492,00
6	16		PoE Device. See /AC02 – PoE device with US AC plug	PoE	\$79,00	\$1.264,00
7	6		Dish antenna, 3ft, gain 29 dBi, 5.150-5.850 Ghz	HDDA-5W-29	\$379,00	\$2.274,00
8	10		Dish antenna, 3ft, gain 32 dBi, 5.150-5.850 GHz	HDDA-5W-32	\$399,00	\$3.990,00
9	9		Mástiles y Herrajes	M&H	\$625,00	\$5.625,00
10	16		Materiales de Instalación	M.I.(IDU+ODU)	\$118,00	\$1.888,00
11	43		Cables de Tierra	GND Kit	\$18,00	\$774,00
12	8		Switch	3P - 3Com	\$103,00	\$824,00
13	59		Kit Conexión	Kit Conexión	\$15,00	\$885,00
					SUBTOTAL	\$39.819,00
					IVA 16%	\$6.371,04
					TOTAL	\$46.190,04

Fuente: Cotización entregada por INSITEL. 8 de mayo de 2009. Ver Anexo L.

4.7 SIMULACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

4.7.1 Simulación de propagación. Para hacer la simulación del sistema inalámbrico y el análisis de la propagación en la red propuesta se hace uso del software Radio Mobile versión 9.6.8⁸⁴. Este programa utiliza mapas con elevaciones de terreno en forma digital con los que calcula el área de cobertura, indicando así niveles de potencia recibida, determina los puntos de reflexión y calcula el presupuesto de potencia (link budget). Permite analizar y simular el área de cobertura del sistema de RF, trazar los perfiles de cada uno de los sitios y determinar la existencia LOS entre dos puntos.

Se seleccionó como fuente para los mapas topográficos los de tipo Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), los cuales al ser hechos con tecnología de radar espacial; ofrecen mayor resolución en la información del relieve de los terrenos⁸⁵.

El software utiliza el modelo de propagación Longley-Rice, el cual es aplicable a sistemas punto a punto y a esquemas de comunicación en el rango desde VHF hasta EHF, sobre diferentes tipos de terrenos, y adicionalmente permite predecir la potencia de una señal cuando el receptor y el transmisor tienen línea de vista entre sí. Toma en cuenta los siguientes parámetros para el cálculo de las pérdidas:

- Altura media del terreno (ondulación)
- Refracción de la troposfera
- Perfiles del terreno
- Conductividad y permitividad del suelo
- Clima

Para el cálculo de las pérdidas el modelo usa la teoría de la difracción, la refracción troposférica y la dispersión del terreno. Las pérdidas adicionales están basadas en medidas tomadas de varias situaciones⁸⁶.

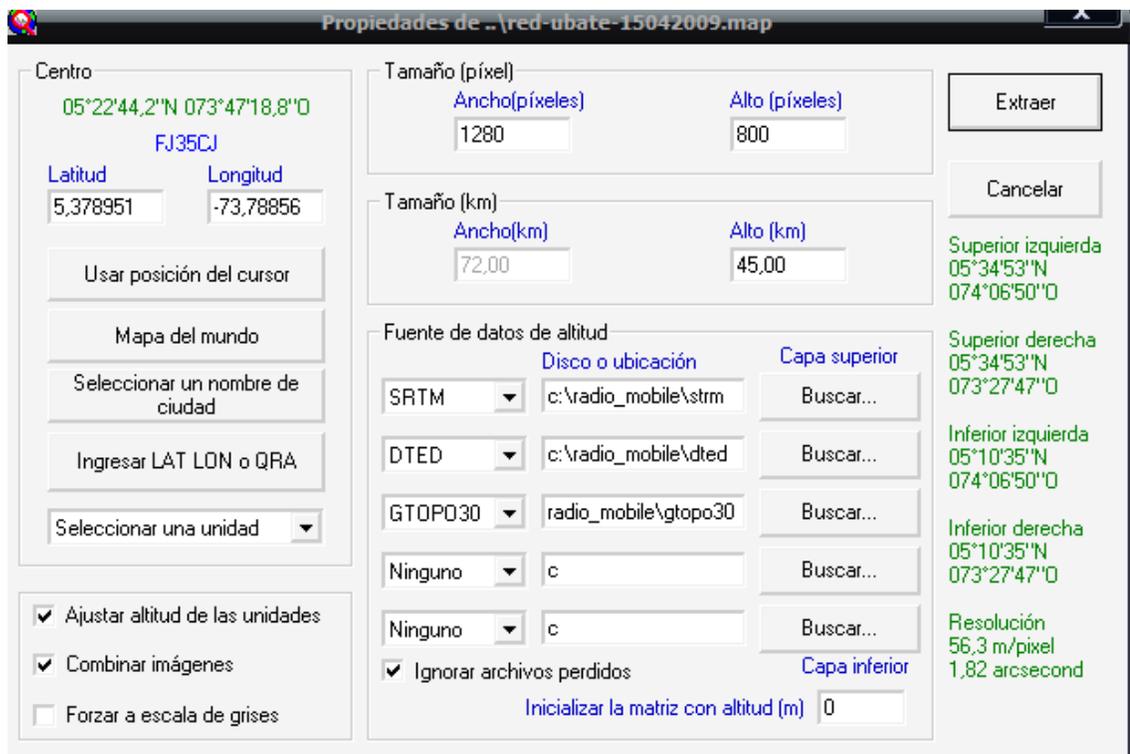
⁸⁴ Fuente COUDÉ, Roger. Radio Mobile [software en línea]. 1998. versión 9.8.1 [actualizado 29 de abril de 2009] [citado 17 febrero 2009] Disponible en Internet: <<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>>

⁸⁵ Fuente Shuttle Radar Topography Mission. Junio 2003. [citado febrero 17 2009] Disponible en Internet: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/media_06_19_2003_sp.htm>

⁸⁶ Fuente WAGEMAKERS, Alexandre. IBARZ, Borja. Modelos de Propagación electromagnética [documento en línea] 23 de octubre de 2007. Disponible en Internet: <URL:http://www.escet.urjc.es/~fisica/personal/alexandre/docencia/mpe_tema2.pdf>

4.7.1.1 Configuración Inicial de la simulación. Una vez descargado e instalado Radio Mobile -<http://www.cplus.org/rmw/download/download.html> - al igual que los mapas STMR, se procede a configurar las propiedades del mapa. Se deben cargar los mapas dando la ruta de donde se encuentran ubicados en el equipo y una vez cargados se procede a ingresar las coordenadas geográficas del lugar donde se piensa ubicar la red. De igual forma se debe configurar el tamaño del mapa, éste determina el tamaño de la zona geográfica en la que se trabajará. Como se puede observar en la parte derecha de la Figura 28 se tienen los límites del mapa creado, lo cual permite confirmar que los puntos a interconectar se encuentran dentro de esta zona.

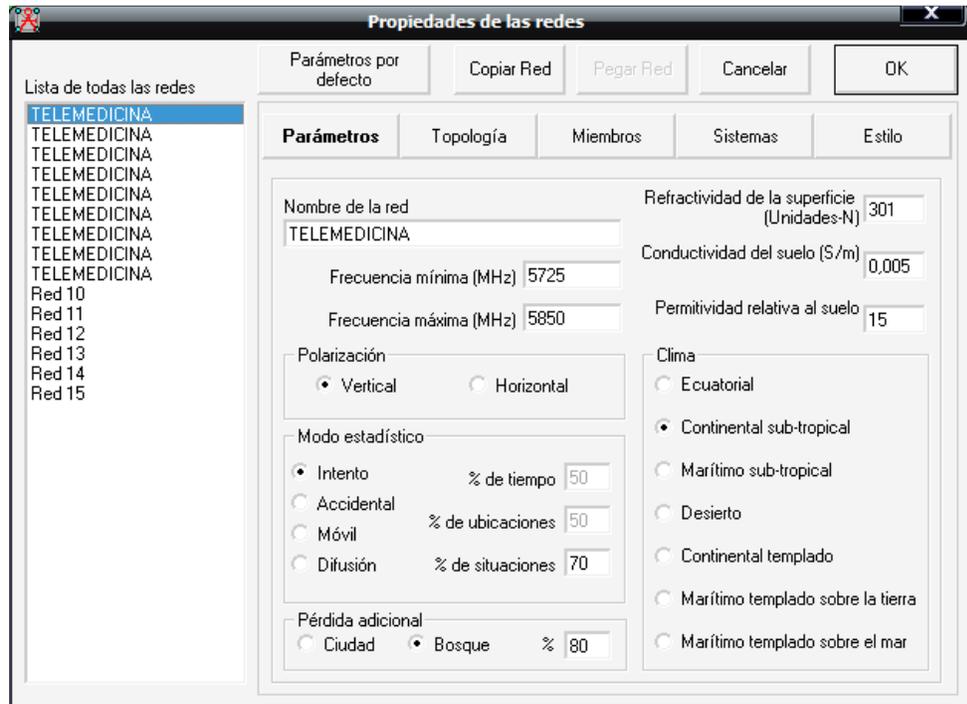
Figura 28. Propiedades de los mapas cargados en RadioMobile



Después de cargar el mapa se procede a configurar las propiedades de las redes, ver Figura 29. La pestaña de parámetros debe ser la primera en configurar, es allí donde se eligen los criterios de operación del modelo de propagación Longley-Rice descritos anteriormente, cuyos valores seleccionados fueron los que por defecto ofrece el software, a excepción del clima que se marca acorde con el clima de la zona de trabajo, la frecuencia de operación; fue elegida con anterioridad en banda no licenciada, la polarización de la antena; la cual se elige

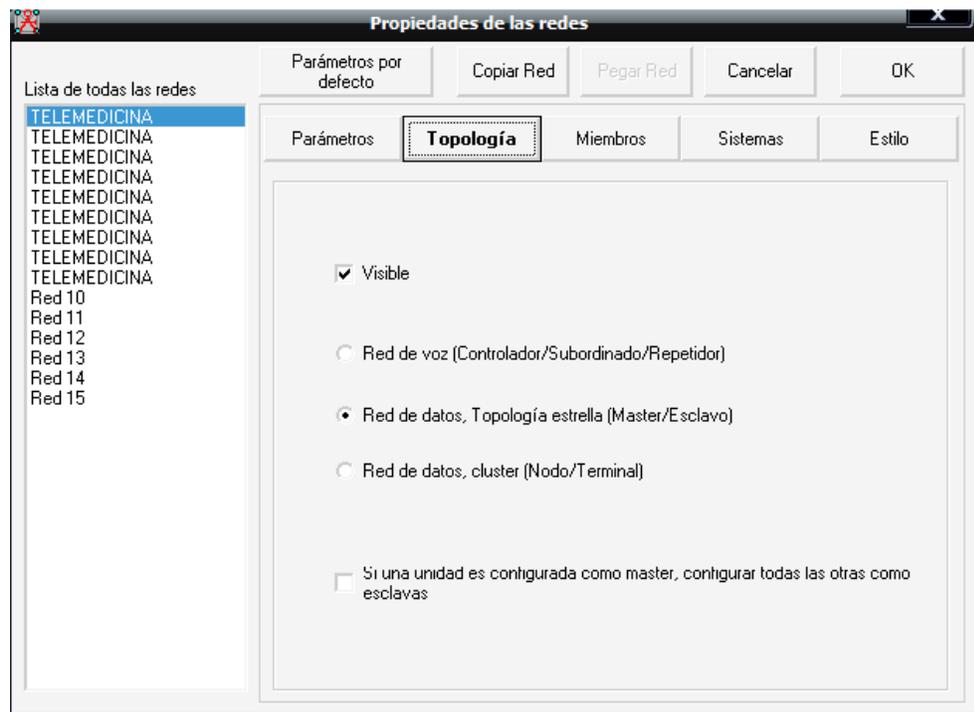
teniendo en cuenta antenas en el mercado y finalmente la pérdida adicional debido al porcentaje de zona urbana o de bosque, para este diseño el mayor porcentaje es debido a bosque por ser una zona rural. La red se crea una vez asignados los valores de cada uno de los parámetros descritos y se asigna un nombre a la red, para este caso TELEMEDICINA; el software permite crear hasta 50 redes.

Figura 29. Propiedades de las redes. Parámetros de la red de TELEMEDICINA



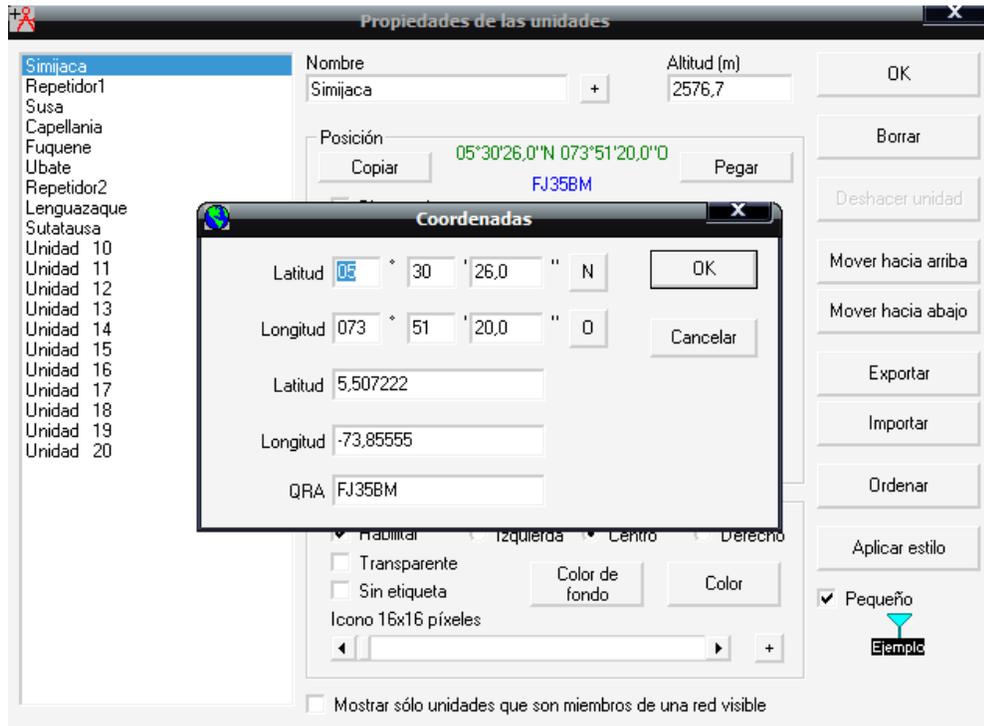
Como se puede observar en la Figura 30 el software ofrece tres tipos de topología: red de voz (controlador/subordinado/repetidor), red de datos (topología estrella, maestro/esclavo) y red de datos (cluster, nodo/terminal); para la simulación se utilizó el tipo red de datos - topología estrella ya que permite que las unidades “maestro” se comuniquen con las unidades “esclavo” sin que existan enlaces entre las unidades esclavo, en este caso los centros de salud son las unidades esclavo las cuales solo se comunican con los nodos maestros es decir los repetidores.

Figura 30. Características de la topología de la red de TELEMEDICINA



Radio Mobile permite crear hasta 1000 unidades, de las cuales se deben conocer las coordenadas geográficas de cada una, para este caso las de los centros de salud y del hospital. El software entrega la altura de cada uno de los sitios en el momento en que se ingresan las coordenadas ver Figura 31. Dicha configuración es hecha por propiedades de las unidades, de igual forma es allí donde se nombran las unidades o puntos a interconectar; para este diseño los centros de salud, el hospital y los repetidores.

Figura 31. Propiedades de las unidades



Estas unidades deben asociarse a la red TELEMEDICINA, este parámetro es configurado en propiedades de las redes en la pestaña miembros, es necesario activar cada una de las unidades que van a pertenecer a la red y especificar su papel en la red, es decir, si son esclavos o maestros. Se activa una de la lista por cada enlace que se deba hacer. De igual forma se configura que la antena del transmisor apunte a la antena del receptor y viceversa ver Figura 33. La siguiente figura muestra las diferentes listas usadas para activar las diferentes unidades.

Figura 32. Miembros de la red

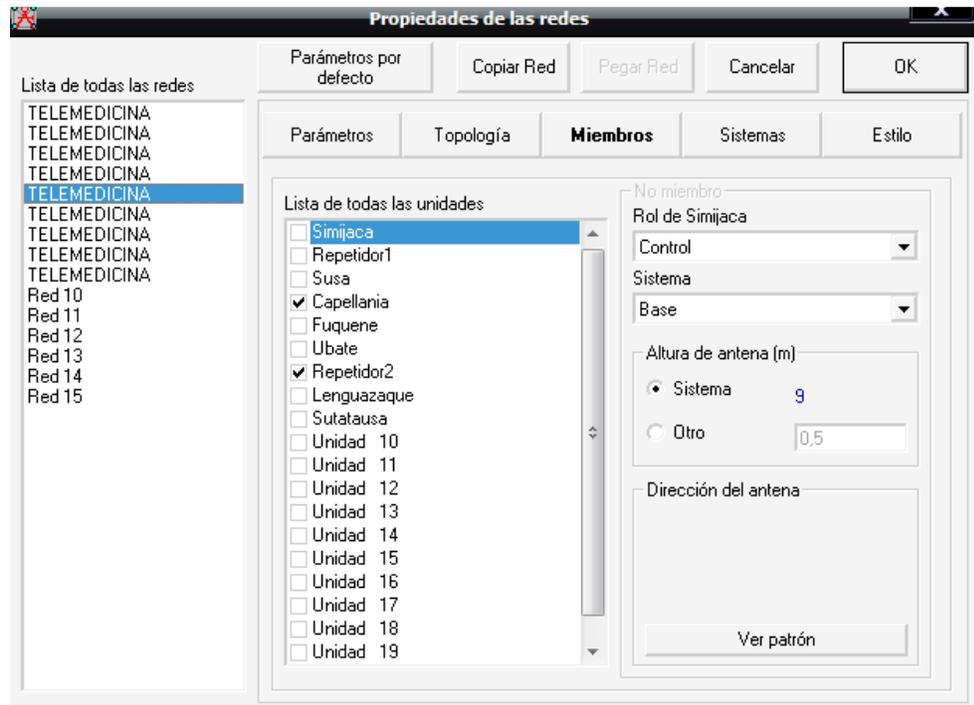
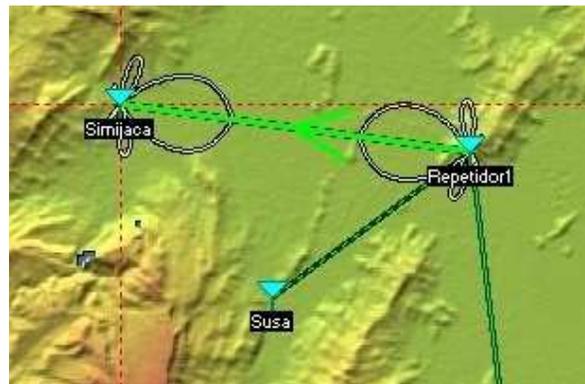


Figura 33. Radioenlace con las antenas apuntadas



Radio Mobile permite crear varios sistemas, cada uno con características y parámetros diferentes, los cuales pueden ser escogidos al momento de la simulación para que el sistema opere correctamente; en este caso se crearon cinco sistemas con las siguientes características:

Tabla 48. Parámetros de los cinco sistemas usados en la simulación

	Sistema1	Sistema2	Sistema3	Sistema4	Sistema5
Nombre del sistema	Base 2.4	Base 2.4 ext1	Base 2.4 ext2	Base 5.8	Base 5.8 ext1
Potencia del transmisor (dBm)	18	18	18	18	18
Umbral del receptor (dBm)	-90	-90	-90	-90	-90
Tipo de antena	Yagi	Yagi	Yagi	Yagi	Yagi
Ganancia de la antena (dBi)	16	24	32	22	28

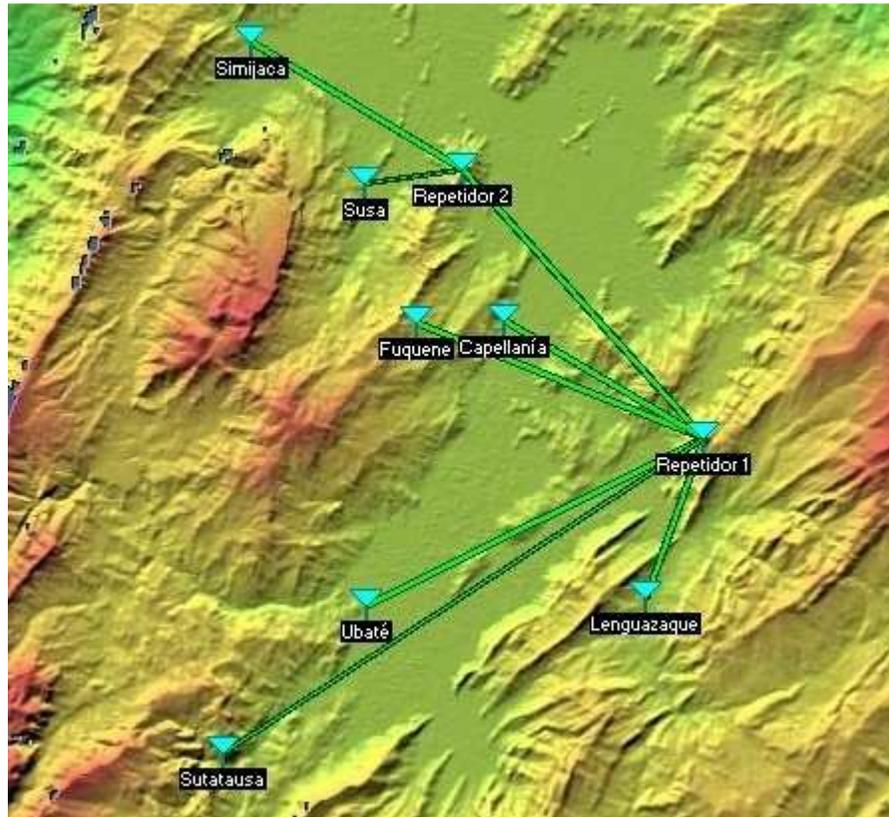
Fuente: autoras

La única variación que se hizo fue en la ganancia de las antenas, los equipos usados como referencia operan con antenas internas de 16 dBi y 24dBi y con antena externa de 32 dBi para la banda de 2.4GHz. Para la banda de 5,8 GHz la ganancia de la antena interna es de 22dBi y para antena externa de 28dBi y 32dBi, su potencia de transmisión va desde 18dBm hasta 23dBm por lo que se decide hacer la simulación con la potencia más baja y trabajar en el peor de los casos. De igual forma se escoge como tipo de antena la yagi por ser una antena sectorizada y directiva lo cual permite radiar en una dirección específica.

4.7.1.2 Diseños de red propuestos. Como se mencionó en el numeral 4.6.2 antes de llegar a un diseño final fue necesario crear varias soluciones que permitieran escoger la más adecuada y menos costosa. Se diseñaron dos soluciones de las cuales se escogió una.

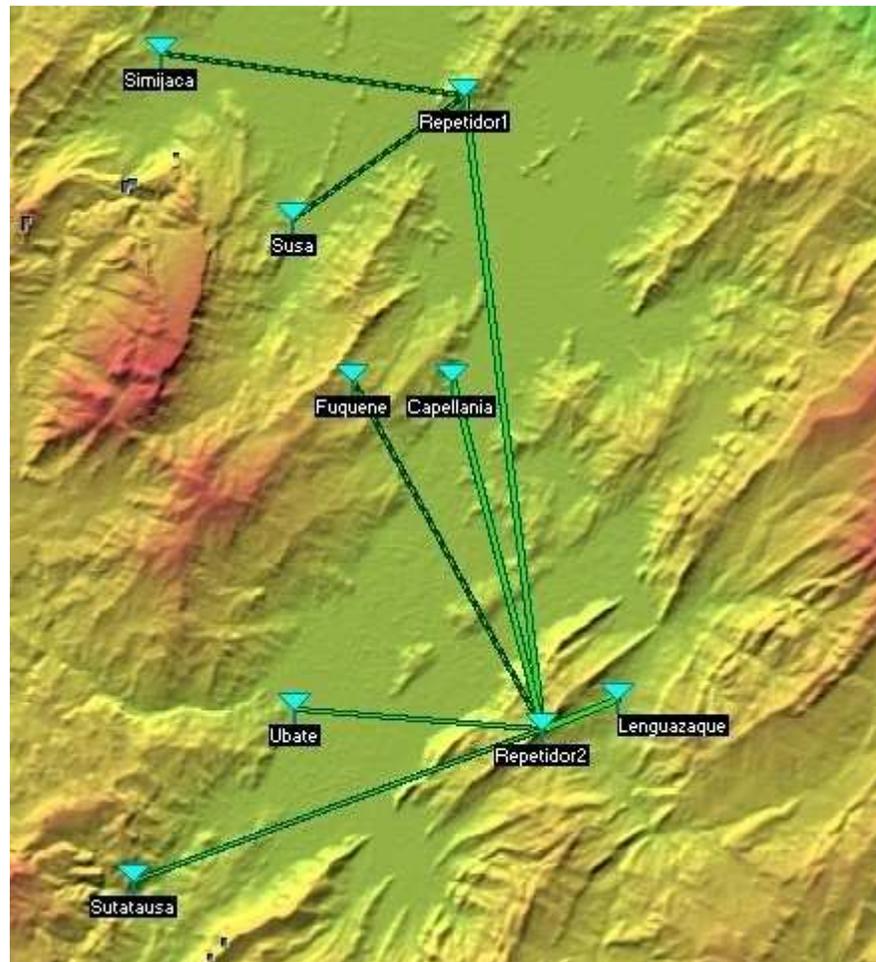
La Figura 34 muestra la topología del primer diseño planteado, el cual es muy similar al segundo ya que ambos usan dos repetidores y estos a su vez permiten la interconexión de los centros de salud con el hospital. La cantidad de enlaces es la misma, que se ve reflejada en un mismo costo de cualquiera de las dos soluciones. Las distancias del primer diseño son superiores al segundo lo cual es un factor importante a tener en cuenta en el momento de operar los equipos, el segundo diseño permite tener el repetidor más cerca al municipio de Lenguazaque lo cual es una ventaja al momento de mantener supervisados los equipos.

Figura 34. Primer diseño de red de telemedicina



Debido a las ventajas que presentó la segunda topología sobre la primera, se escoge como diseño final y con el cual se procede a realizar todas las pruebas necesarias ver Figura 35. Fue necesario hacer uso de dos repetidores que permitieran hacer los enlaces, ya que no existía línea de vista entre el hospital y los centros de salud.

Figura 35. Segundo diseño de red de telemedicina

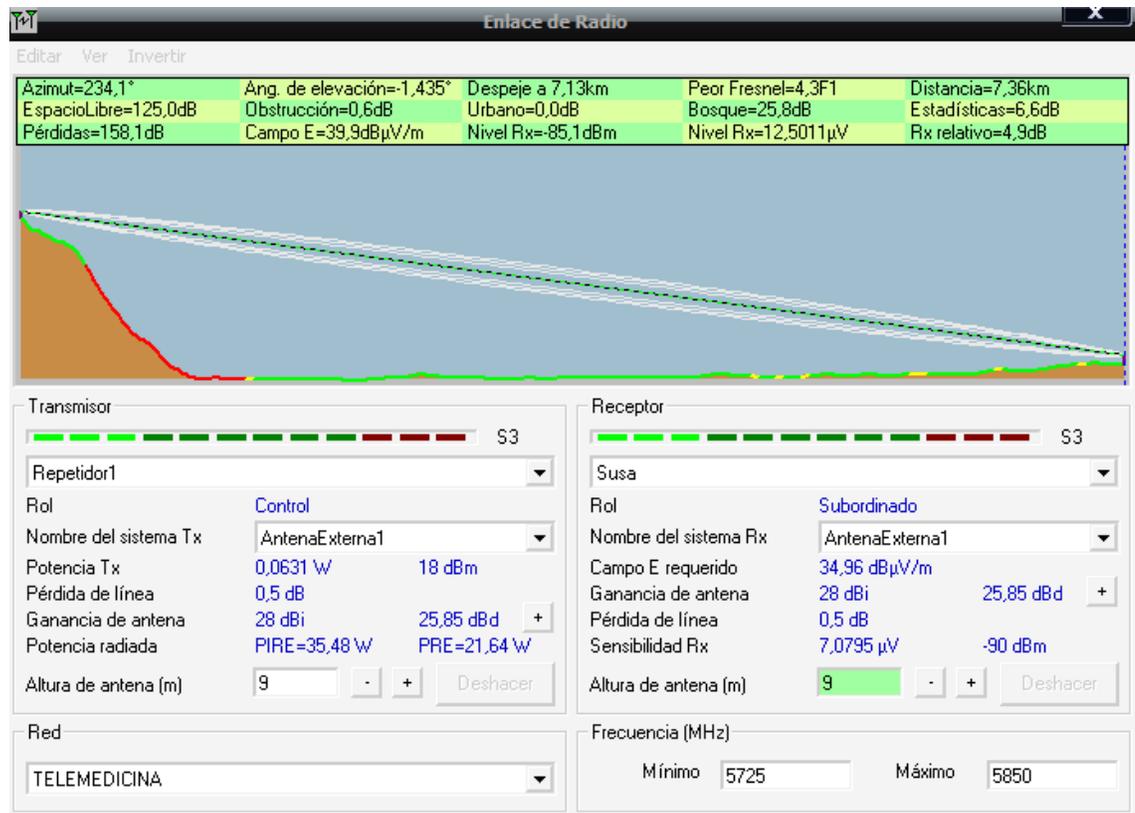


4.7.1.3 Interpretación de los resultados y pruebas. Una vez configurados todos y cada uno de los parámetros ya mencionados se procede a interpretar los resultados arrojados en el icono de enlace de radio donde se puede observar si hay línea de vista entre los enlaces, si el nivel de potencia que está llegando al receptor es el correcto, si las pérdidas están dentro del rango permitido, entre otros.

En la Figura 36 se observa que el nivel de recepción es de $-85,1\text{dBm}$ el cual se encuentra dentro del rango permitido como se mencionó en el marco teórico-conceptual. El valor de obstrucción es mínimo ($0,6\text{dBm}$). Gracias a la representación gráfica de las zonas de Fresnel se puede comprobar también que no hay ninguna obstrucción de la señal en el camino y que existe línea de vista.

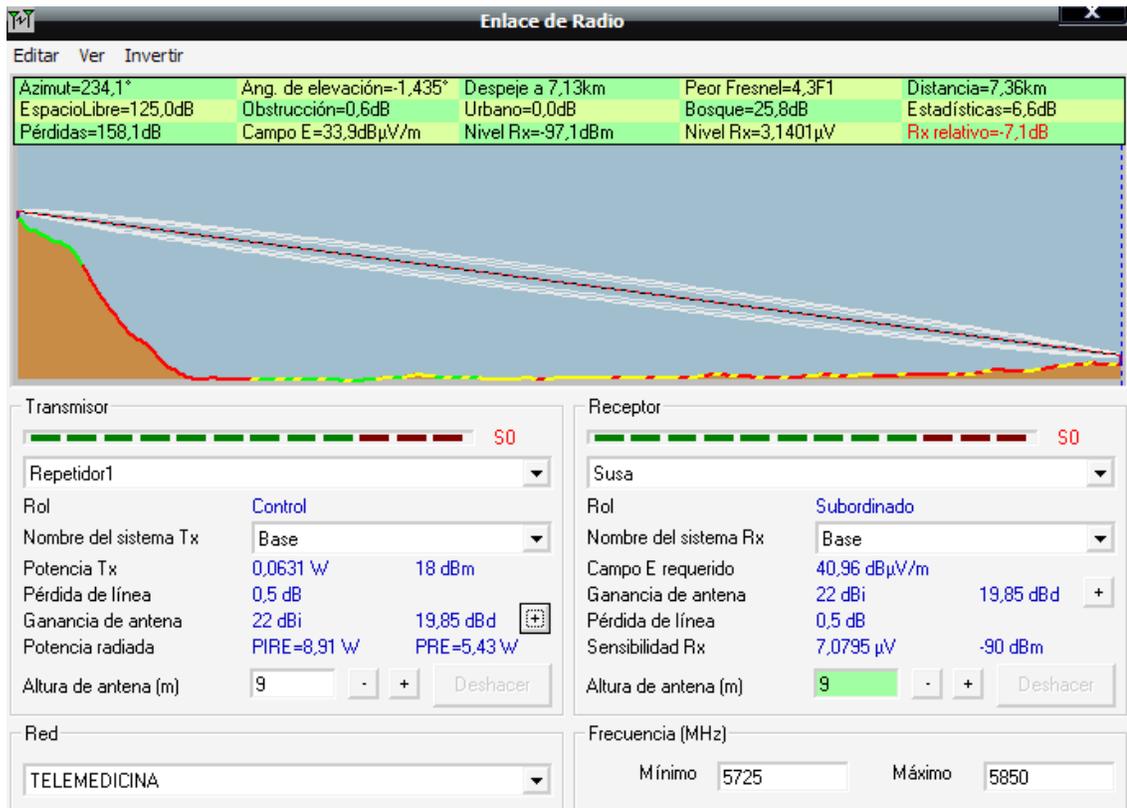
En esta misma ventana se determina la altura de las antenas y el sistema con el que se desea trabajar, el cual debe cumplir con los requerimientos de la red. Los resultados obtenidos por medio de la herramienta de cada uno de los enlaces pueden ser vistos en el Anexo M.

Figura 36. Ejemplo Repetidor1 – Susa



En caso que el sistema este operando erradamente el valor de recepción relativo cambia de color poniéndose en rojo e indicando advertencia. La siguiente figura muestra que solo con hacer cambio de sistema, el enlace dejó de funcionar correctamente, el nivel de recepción se salió del rango permitido.

Figura 37. Ejemplo con nivel de recepción deficiente



Finalmente después de realizar pruebas con diferentes sistemas y variando la altura de las antenas se procede a hacer la simulación cambiando las frecuencias de operación. Con el fin de comparar y determinar en qué frecuencia trabaja mejor el sistema. Las siguientes tablas recopilan los valores de los parámetros más relevantes de los resultados de la simulación.

Tabla 49. Resultados de la simulación en la banda de frecuencia de 2400MHz – 2483,5MHz

2400 - 2483,5 MHz										
Punto A Tx	Punto B Rx	Ganancia de la antena (dBi)		Distancia (Km)	Altura de antena (m)		FSL (dB)	PIRE (W)	Nivel Rx (dBm)	Rx Relativo (dB)
		Tx	Rx		Tx	Rx				
Repetidor 1	Simijaca	24	24	10,60	9	9	120,7	14,13	-79,2	10,80
Repetidor 1	Susa	24	24	7,36	9	9	117,5	14,13	-83,1	6,90
Repetidor 1	Repetidor 2	32	32	22,06	9	8	127	89,13	-71,1	18,90
Repetidor 2	Lenguazaque	24	24	2,82	9	9	109,3	14,13	-71,7	18,30
Repetidor 2	Capellanía	24	24	12,45	9	9	122,1	14,13	-84,3	5,70
Repetidor 2	Fúquene	32	32	13,69	9	9	122,9	89,13	-71,4	18,60
Repetidor 2	Ubaté	24	24	8,57	9	9	118,8	14,13	-78,8	11,20
Repetidor 2	Sutatausa	24	24	15,05	9	6	123,7	14,13	-84,6	5,40

Fuente: autoras

Tabla 50. Resultados de la simulación en la banda de frecuencia de 5725MHz – 5850MHz

5725 - 5850 MHz										
Punto A Tx	Punto B Rx	Ganancia de la antena (dBi)		Distancia (Km)	Altura de antena (m)		FSL (dB)	PIRE (W)	Nivel Rx (dBm)	Rx Relativo (dB)
		Tx	Rx		Tx	Rx				
Repetidor 1	Simijaca	32	32	10,60	9	9	128,2	89,13	-77,0	13,0
Repetidor 1	Susa	28	28	7,36	9	9	125,0	35,48	-85,1	4,9
Repetidor 1	Repetidor 2	32	32	22,06	9	8	134,1	89,13	-83,1	6,9
Repetidor 2	Lenguazaque	28	28	2,82	9	9	116,7	33,88	-77,0	13,0
Repetidor 2	Capellanía	32	32	12,45	9	9	129,6	89,13	-80,4	9,6
Repetidor 2	Fúquene	32	32	13,69	9	9	130,4	89,13	-79,5	10,5
Repetidor 2	Ubaté	28	28	8,57	9	9	126,3	35,48	-84,9	5,1
Repetidor 2	Sutatausa	32	32	15,05	9	8	131,2	89,13	-81,7	8,3

Fuente: autoras

Analizando los resultados de la Tabla 50, se observa que para los enlaces de mayor distancia (superior a 10 Km) se debe trabajar con antenas externas de alta ganancia (32 dBi) y obtener así una buena señal de recepción, a diferencia de los resultados consignados en la Tabla 49 en donde solo es necesario trabajar con antena externa de 32dBi para el enlace de 22Km y 13Km esto se debe a que, a menor frecuencia se alcanzan mayores distancias y la señal esta menos susceptible a interferencias y pérdidas.

Para la banda de 2.4GHz se tiene que las pérdidas por espacio libre son menores en comparación con las de 5.8 GHz, siendo una ventaja para la señal que llega al receptor, este valor se observa en la columna nivel Rx, el cual debe estar entre -70 y -90 dBm, mientras mayor sea este valor la señal llega con mejor potencia. De acuerdo con los diferentes resultados obtenidos se concluye que:

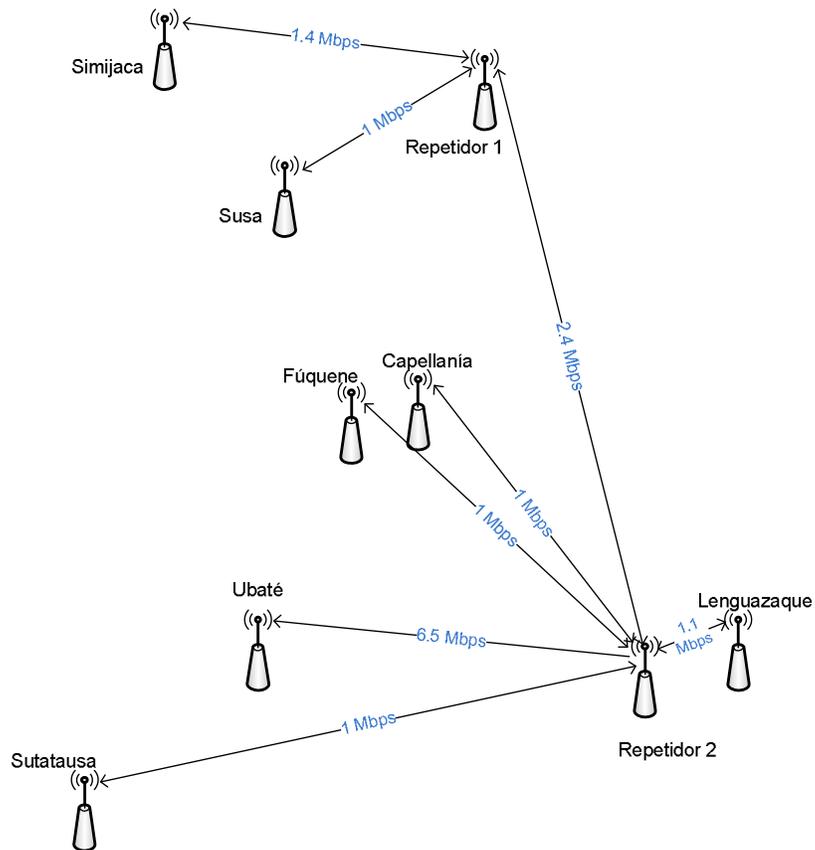
- Para la banda de 2.4GHz no es necesario trabajar con altas ganancias de antena lo cual hace que el diseño resulte más económico que si se implementara en la banda de 5.8GHz.
- Los niveles de recepción en ambas bandas es aceptable lo cual es un beneficio porque el sistema puede ser implementado en cualquiera de ellas.
- Sea cual sea la banda de frecuencia en la que se trabaje el sistema va a operar correctamente.

4.7.1.4 Capacidad del sistema. Es importante conocer la capacidad que debe tener el sistema para transportar la información requerida, para ello se calcula el tráfico que genera cada uno de los centros de salud según las aplicaciones, se hacen las rutas del tráfico, y luego se suma cada una de las capacidades a medida que confluyan en un mismo punto. La Figura 38 ilustra el tráfico generado por cada uno de los centros y el tráfico total que llegará al nodo de Ubaté.

El cálculo de esta capacidad determina la tasa de transmisión de los equipos a utilizar. Para conocer dicha tasa de transmisión se usa el software Link Budget Calculator de WinLink⁸⁷ que permite hacer uso de equipos comerciales anteriormente seleccionados, arrojando parámetros fijos -frecuencia de operación, potencia de transmisión, ganancia de la antena transmisora y receptora, pérdidas del cable, el margen de desvanecimiento- y parámetros variables -equipo, distancia entre punto y punto, servicios y velocidad de transmisión -.

⁸⁷ Disponible en internet: <URL:<http://cyber.nbnet.co.ke/opensystems/calculator.htm>>

Figura 38. Capacidad del sistema



Fuente: autoras.

El enlace de la red que mayor tráfico deberá soportar es Ubaté-Repetidor 2 en el momento que se usen todas las aplicaciones simultáneamente, la Figura 39 muestra la capacidad que soporta el equipo WinLink 1000 con antena externa de 28dBi a una distancia de 9Km. Como se observa esta capacidad no soporta la demanda del tráfico requerido por el sistema en este punto. Por tanto se procede a buscar otro equipo que de solución al problema.

Figura 39 Link Budget WinLink 1000 Ubaté-Repetidor 2

Product	WL1000-ODU/F58/EXT
Rate	12Mb/s
Frequency / Duplex / Channel	5.8 GHz / TDD / 20 MHz
Tx Power	16 dBm [4 - 16]
Tx Antenna Gain	28 dB
Rx Antenna Gain	28 dB
Cable Loss	1 dB
Fade Margin	6 dB
Tx Power EIRP	43 dBm / 20 Watt
Min Range	0.1 Km / 0.1 Miles
Max Range	80 Km / 49.7 Miles
Expected Performance	
Distance	9 Km
Expected RSS	-57 dBm
Services	Ethernet Only
Ethernet Rate (Full Duplex)	4 Mb/s @ Ethernet Only
Recommended antenna height	11 Meter / 36 Feet
<input type="button" value="Calculate"/>	

Otra opción de equipo de radio para este enlace es el WINLINK2000. Es necesario usar otra calculadora del Link Budget para estos equipos⁸⁸. La tasa de transmisión para una distancia de 10Km de este equipo es de 48.5Mbps lo cual es demasiado para los requerimientos y se estaría sobredimensionando la red ver Figura 40. Es preferible hacer uso de un equipo WinLink 1000 que soporta hasta 4Mbps ya que el total del tráfico que llegará al nodo de Ubaté se calculó en el caso en que todos los servicios se estén usando simultáneamente en cada uno de los centros de salud.

⁸⁸ Disponible en internet: <http://support.dunaweb.hu/AP/Radwin/Manager/Setup/Data/Link%20Budget%20Calculator.htm>

Figura 40. Link Budget RADWIN 2000 Ubaté-Repetidor 2

Product	Product	RW-2050-0150		
	Band	5.740-5.835 GHz FCC		
Radio	Channel Bandwidth	20 MHz		
	Tx Power	18	dBm [-8 - 18]	
	Antenna Type	Dual		
	Antenna Gain	Site A 23	Site B 23	dBi
	Cable Loss	Site A 0	Site B 0	dB
	EIRP	41 dBm / 12.6 Watt		
	Fade Margin	6	dB	
	Rate	130 Mb/s (2 x 64-QAM 0.83)	Adaptive <input checked="" type="checkbox"/>	
	Expected RSS / Fade Margin	-64 dBm		
	Range	Min	0.1 Km / 0.1 Miles	
Max		15 Km / 9.3 Miles		
Required/Climate		10	Km	Coordinates / Good (C=0.25) ?
Services	Type	Ethernet Only		
	Ethernet Rate (Full Duplex)	48.5 Mb/s		
Installation	Antenna height for LOS	13 Meter / 43 Feet		
		11 Meter / 36 Feet (0.6 Fernel)		
		2 Meter / 7 Feet (Boresight clearance)		
Calculate				

Como se mencionó al inicio de este capítulo, toda la parte de simulación de propagación del diseño se hizo mediante la herramienta Radio Mobile, en el Anexo N se pueden encontrar los archivos generados por la aplicación al ejecutar la simulación.

4.7.2 Simulación de red. Para ensayar la capa de red del diseño del sistema inalámbrico se hizo uso del software OPNET Modeler 14.5. Esta herramienta contribuye al proceso de investigación y desarrollo de análisis y diseño de redes, dispositivos, protocolos y aplicaciones de comunicaciones. Permite analizar redes simuladas para comparar el comportamiento de diferentes diseños. Este modelador incorpora un amplio conjunto de protocolos y tecnologías incluyendo⁸⁹: TCP, OSPFv3, MPLS, IPv6.

⁸⁹ OPNET. Accelerating Network R&D [en línea] [citado en abril de 2009] Disponible en internet: <URL:http://www.opnet.com/solutions/network_rd/modeler.html >

Una de las mayores ventajas de este simulador es que cuenta con una suite inalámbrica que soporta la mayoría de tecnologías inalámbricas existentes actualmente incluyendo: GSM, CDMA, UMTS, IEEE 802.16 WiMAX, LTE, mobile ad hoc, wireless LAN (IEEE 802.11), personal area networks, microondas y satélites.

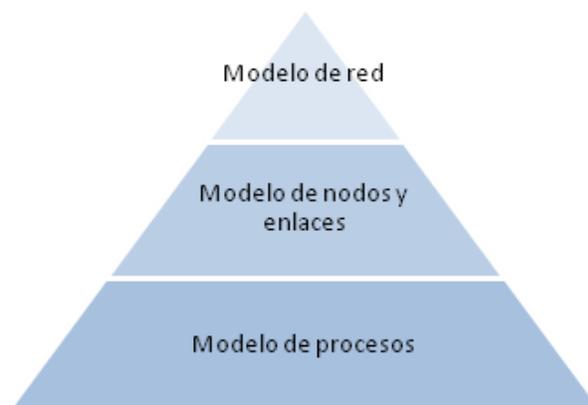
A continuación se enuncian las principales características de este simulador:

- La simulación opera a nivel de paquetes.
- Fue construido originalmente para redes fijas.
- Contiene una amplia librería de modelos de hardware y protocolos disponibles comercialmente.
- La simulación de redes inalámbricas en esta versión de la herramienta es posible.
- Facilita la implementación de modelos personalizados.
- Puede ser usado como una herramienta de investigación o como herramienta de análisis y diseño.
- Es un simulador de evento discreto.
- Cuenta con una interfaz gráfica amigable.

Como se mencionó OPNET está compuesto de una interfaz de usuario la cual está construida desde bloques de código fuente en C y C++ con una amplia librería de funciones específicas.

Para utilizar la herramienta se debe comprender la arquitectura jerárquica de diseño bajo la que se debe trabajar.

Figura 41. Jerarquía de diseño en OPNET



Fuente: autoras.

Como se puede observar en la Figura 41 -se tiene un modelo de red donde están definidas las redes y subredes de la simulación. Seguidamente se dispone de un modelo de nodos donde se precisa la estructura interna de éstos y por último se tiene el modelo de procesos donde se establece los estados que definen un nodo. En la correcta simulación de un proyecto se debe haber entendido la relación de esta jerarquía porque de lo contrario la simulación resultaría errónea.⁹⁰

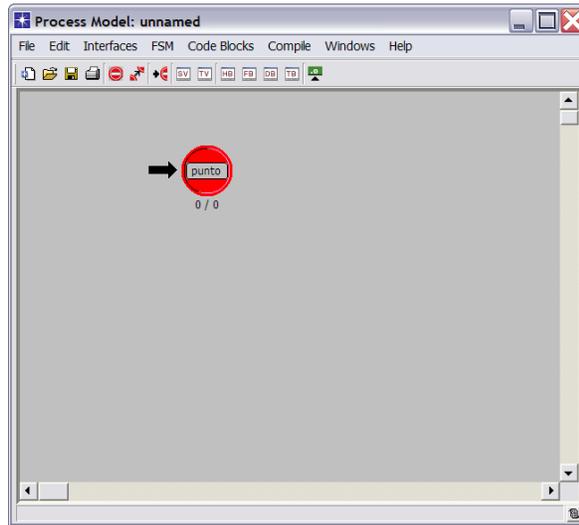
4.7.2.1 Configuración inicial de la simulación. Con el módulo inalámbrico, OPNET puede modelar sistemas terrestres de radio, para esta simulación la topología de red se basa en dos tipos de nodos configurados con las siguientes características:

- Nodo transmisor. Consiste en un módulo generador de paquetes, un módulo transmisor y un módulo de antena.
- Nodo receptor. Mide la calidad de la señal emitida por el transmisor, consiste en un módulo de antena, modulo de receptor, modulo sink y un modulo de proceso adicional que permite direccionar la antena receptora.

En relación a la jerarquía de diseño mencionada anteriormente el primer paso para configurar la simulación es generar el modelo de procesos, en este caso se creara para calcular la posición de la antena transmisora con el fin de que la antena receptora pueda apuntar hacia esta dirección. Para definir este proceso, en la herramienta se da la opción de crear un nuevo "Process Model" y luego se crea un nuevo estado al que se le asigna el nombre "punto" ver Figura 42, el cual permite definir las características de un nodo.

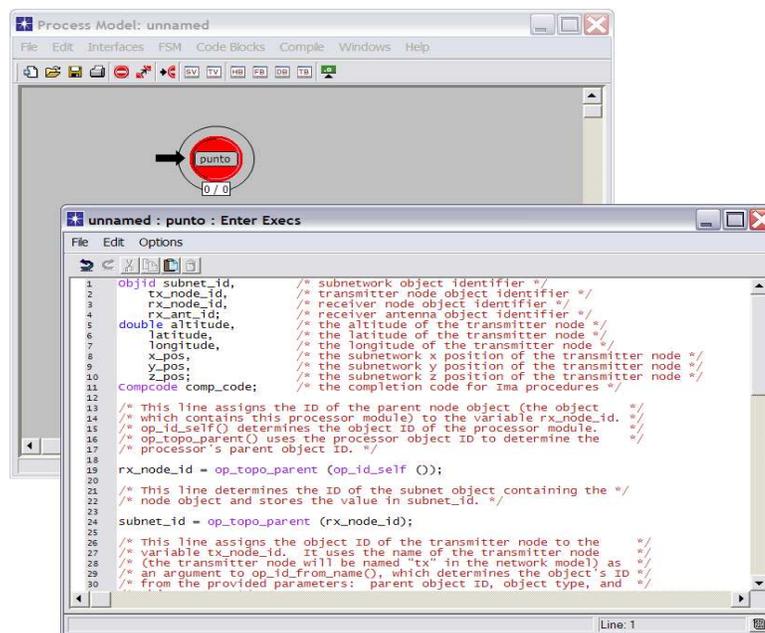
⁹⁰ Departament d'Enginyeria Telemàtica, Universidad Politecnica de Catalunya [en línea] Septiembre de 2004 [citado en abril de 2009] Disponible en internet:
<URL:http://www.opnet.com/university_program/teaching_with_opnet/textbooks_and_materials/materials/OPNET_Modeler_Manual.pdf >

Figura 42. Crear un estado en un proceso de modelo en OPNET



El modelo de proceso determina las identidades de los objetos de interés y luego recupera y modifica los valores de los atributos del objeto. Para configurar esto se debe importar desde el estado “punto” el código que permitirá que la antena del módulo receptor apunte hacia la antena transmisora, ver Figura 43, luego se compila el modelo de proceso verificando que no haya ningún error y se guarda con un nombre que permita identificarlo posteriormente.

Figura 43. Importar el código en estado “punto”



Después de configurar el nivel anterior se deben crear los modelos de nodos, los nodos necesarios para esta capa son el transmisor y el receptor, para crearlos en OPNET se da la opción de crear un nuevo “Node Model”, como se puede apreciar en la Figura 44 y en esta ventana se ubicaran los objetos que conforman cada nodo. En primera medida se creó el nodo transmisor el cual consiste en:

- Módulo generador de paquetes. Es el primer objeto que conforma el transmisor, en el se pueden configurar parámetros como el formato del paquete, la latencia, tamaño del paquete entre otras. Para la simulación del diseño de red se asignan los valores listados en la Tabla 51.

Figura 44. Objetos que componen el nodo transmisor

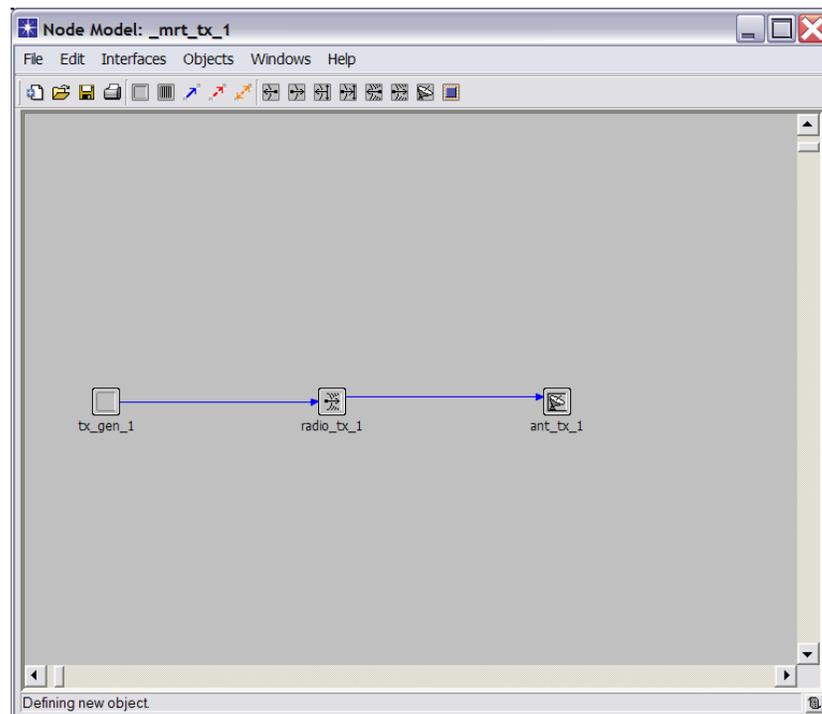


Tabla 51. Parámetros configurados en el generador de paquetes

Parámetro	Valor
Nombre	tx_gen_1
Modelo de proceso	simple_source
Packet Format	ethernet
Packet Interarrival time	promoted
Packet Size	promoted

Fuente: autoras

Como se puede notar en la Tabla 51 hay dos atributos que tienen valor “promoted” esto significa que son promovidos para que puedan ser asignados y cambiados sin mayor dificultad en el momento de correr la simulación, igualmente se define el formato de trama Ethernet, protocolo bajo el cual se realizaron los cálculos de tráfico. En suma este objeto puede ser visto como el tráfico generado por la red de acceso de cada centro de salud.

- Módulo transmisor. Este objeto recibe los paquetes generados por el módulo anterior a través de un enlace de flujo de paquetes y los transmite de acuerdo con la asignación de atributos como el número de canales transmisores, el tipo de modulación, la frecuencia de trabajo, la potencia de transmisión entre otros. Para la simulación del diseño de red se asignan los valores listados en la siguiente tabla.

Tabla 52. Parámetros configurados en el módulo transmisor

Parámetro	Valor
Nombre	radio_tx_1
Data rate (bps)	promoted
Ancho de banda (kHz)	10000
Frecuencia mínima (MHz)	5750
Potencia	promoted
Modulación	promoted

Fuente: autoras

Los parámetros de este modulo que se promovieron fueron la velocidad de transmisión de datos, la potencia y la modulación. Se asignó un ancho de banda de 10MHz y una banda de trabajo de 5750 MHz, porque estas son características propias del equipo de transmisión seleccionado previamente (ODU).

- Módulo de antena. Recibe por medio de una cadena los paquetes enviados por el transmisor, luego radia la señal en el espacio libre de acuerdo con los parámetros que se le asignen, Tabla 53.

Tabla 53. Parámetros configurados en el módulo de antena

Parámetro	Valor
Nombre	ant_tx_1
Patrón	promoted
Ganancia (dBi)	promoted

Fuente: autoras

Los parámetros de este módulo fueron promovidos con el fin de analizar la respuesta del sistema con diferentes configuraciones.

En seguida de haber creado el nodo transmisor se procede a crear el nodo receptor el cual está conformado por los siguientes objetos:

- Módulo de proceso apuntador. Ayuda a que la antena del receptor apunte hacia el transmisor. Para lograr esto en sus atributos se debe configurar que llame al modelo de proceso (“punto”) anteriormente creado.
- Módulo de antena. Es el primer objeto que interactúa con el nodo transmisor recibiendo la señal que se propagó por el espacio libre. Los parámetros configurados en este objeto son:

Tabla 54. Parámetros configurados en el módulo de antena

Parámetro	Valor
Nombre	ant_rx_1
patrón	promoted
ganancia (dBi)	promoted

Fuente: autoras

- Módulo receptor. Este objeto recibe la señal de la antena, se debe tener claro que para que la simulación del sistema funcione, se debe tener configurados los mismos valores de los parámetros en común con el módulo receptor. En la Tabla 55 se describe la asignación de parámetros como el umbral ECC el cual define el valor permitido de BER en los paquetes.

Tabla 55. Parámetros configurados en el módulo receptor

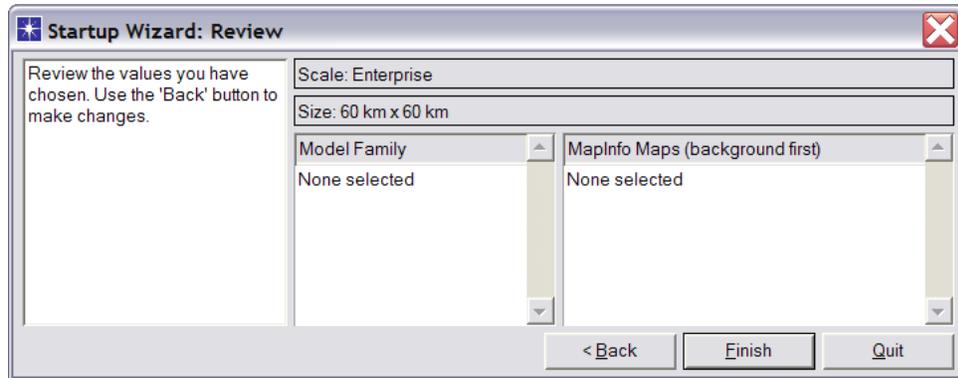
Parámetro	Valor
Nombre	radio_rx_1
Data rate (bps)	promoted
Ancho de banda (kHz)	10000
Frecuencia mínima (MHz)	5750
Ganancia de procesamiento (dB)	promoted
Modulación	promoted
Ecc threshold	promoted

Fuente: autoras

- Módulo sink. Es utilizado para enviar y eliminar a los paquetes que no cumplen con el umbral ECC.

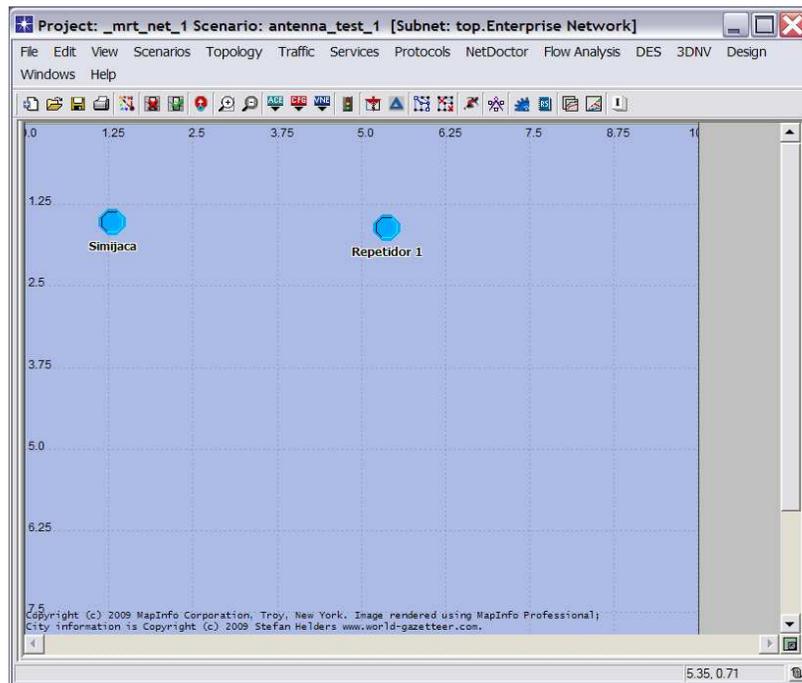
Después de haber configurado todos los modelos de nodos el siguiente paso en la jerarquía de diseño de OPNET es crear el modelo de red. Lo primero que debe ser configurado son pautas como topología inicial, escala de la red, área de disposición de la red y seleccionar las familias de fabricantes a utilizar si es el caso. En la siguiente figura se ilustran las pautas asignadas a esta simulación.

Figura 45. Configuración inicial de la red



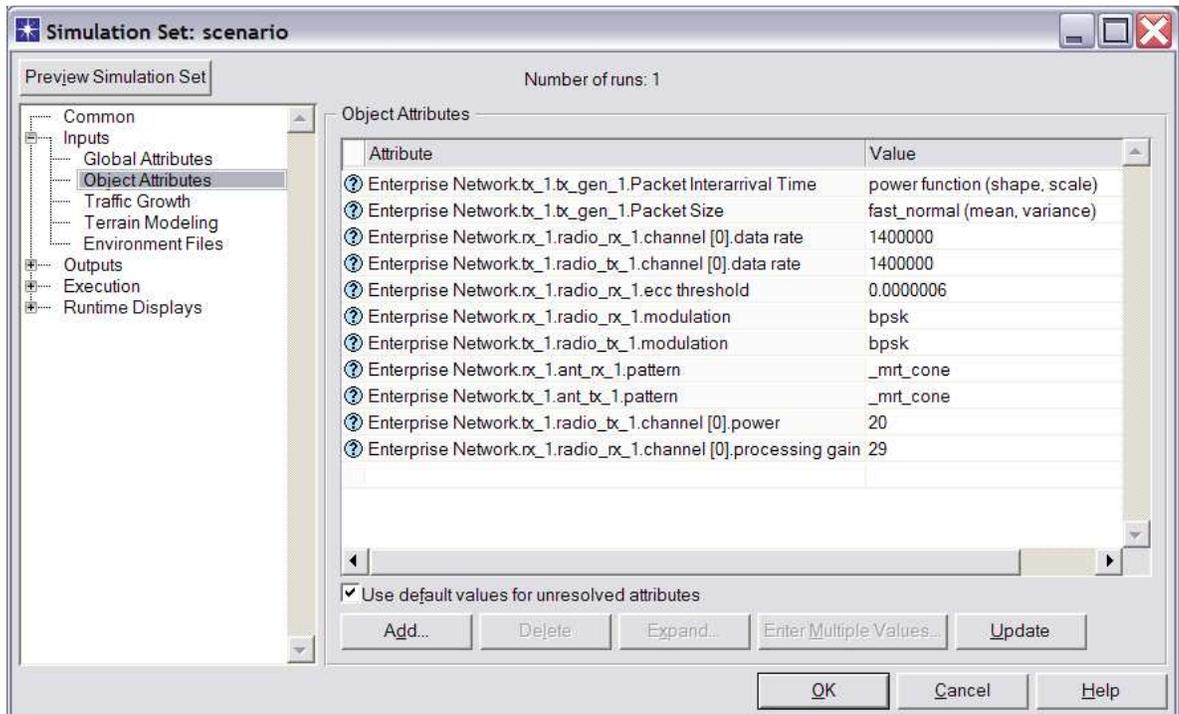
Luego se deben adicionar a la paleta de objetos los nodos creados anteriormente (rx y tx) y se debe ubicar en el espacio de trabajo. En la siguiente figura se puede observar la disposición del enlace hecho entre Simijaca y el Repetidor 1.

Figura 46. Disposición de los nodos



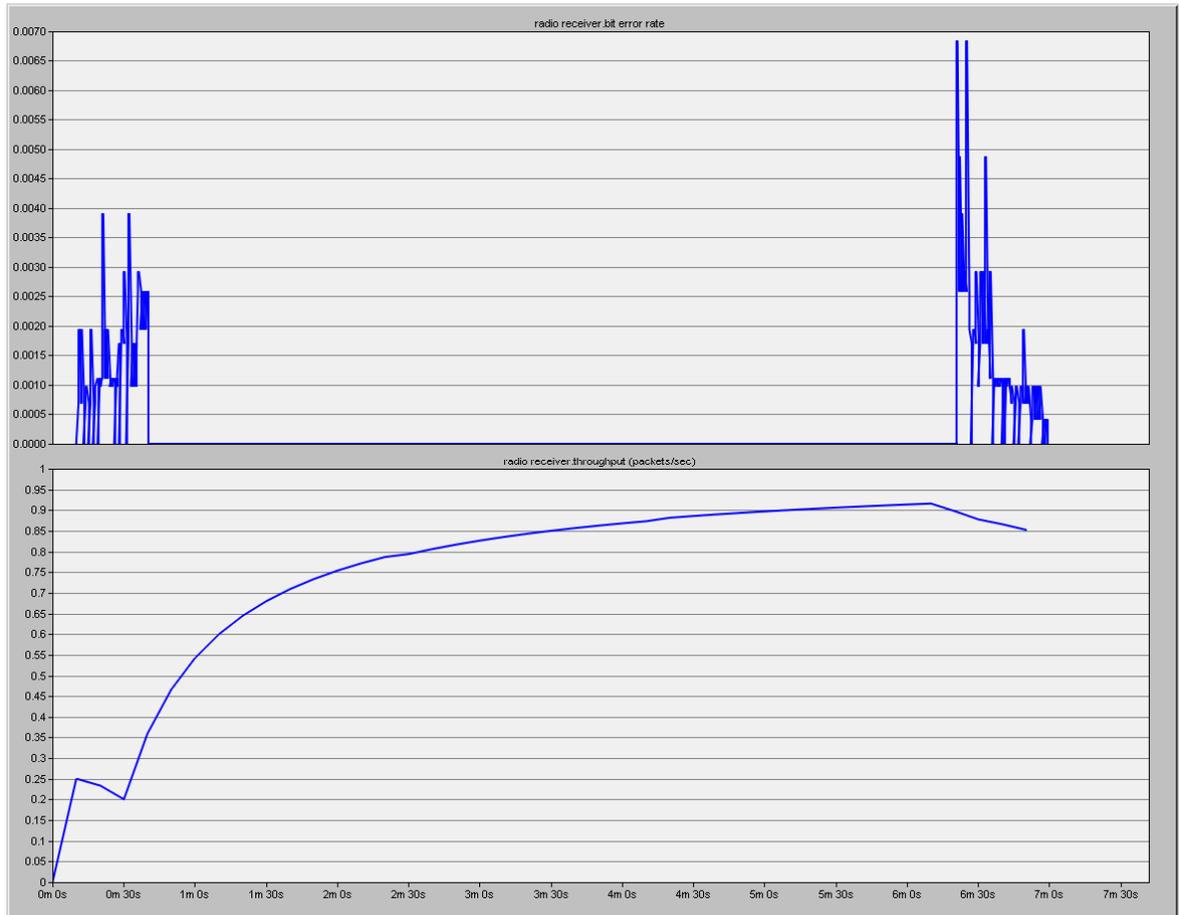
4.7.2.2 Ejecución de la simulación. Para esta simulación interesa conocer la figura de comportamiento del throughput del sistema y el nivel del BER de la información recibida en el nodo receptor, configurando de esta manera las estadísticas que se quieren recolectar. Todos los atributos que anteriormente se promovieron ahora se deben asignar, en la figura a continuación se muestra el valor asignado a cada parámetro.

Figura 47. Valor asignado a los parámetros promovidos



4.7.2.3 Resultados de la Simulación. Esta simulación se ejecutó con el fin de conocer el BER el cual es el porcentaje de bits que tienen errores en relación al número total de bits recibidos en una transmisión, se expresa como un número negativo en potencia 10. Y el throughput indica el número promedio de paquetes por segundo que se reciben exitosamente. En el enlace Simijaca-Repetidor1 se obtiene los resultados representados en la Gráfica 31.

Gráfica 31. BER y throughput para el enlace Simijaca-Repetidor1



Fuente: resultados arrojados por la herramienta OPNET Modeler 14.5.

La gráfica del valor del BER en el receptor revela que inicialmente incrementa, sin embargo después de un tiempo este valor disminuye hasta cero, este decrecimiento incrementa dramáticamente el número de paquetes recibidos.

Se debe entender que los resultados obtenidos trabajan en un ambiente ideal, porque la señal no sufre ningún tipo de pérdida a causa de la propagación o el entorno ambiental en el que se propaga. Recomendación de suma importancia en el momento de analizar y entender los resultados obtenidos.

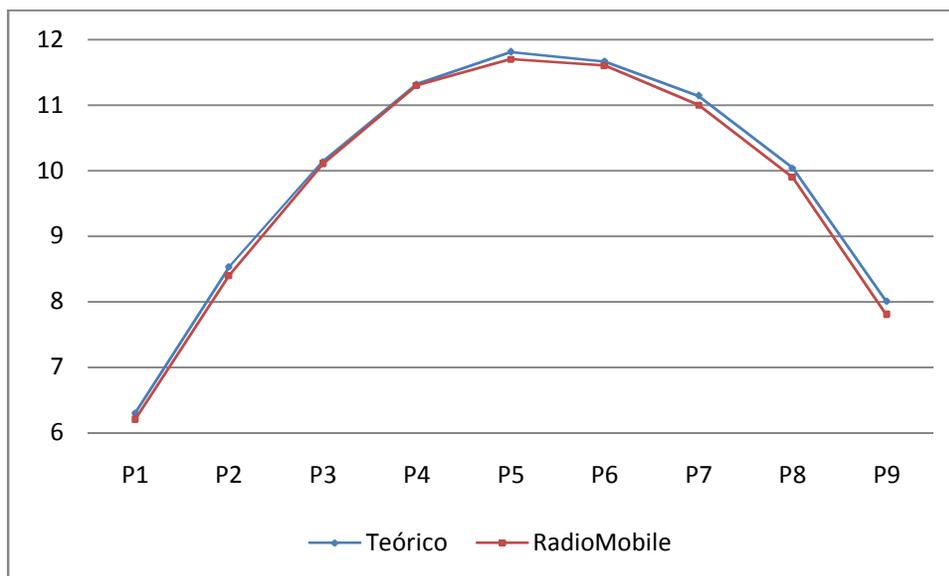
5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE PROPAGACIÓN.

Después de haber obtenido los parámetros asociados con el estudio de la propagación por medio de procedimientos teóricos y haciendo uso de la herramienta de simulación, se realiza un análisis de la relación teórico-práctica existente entre los resultados obtenidos, con el fin de comprobar la correspondencia directa entre las cifras calculadas.

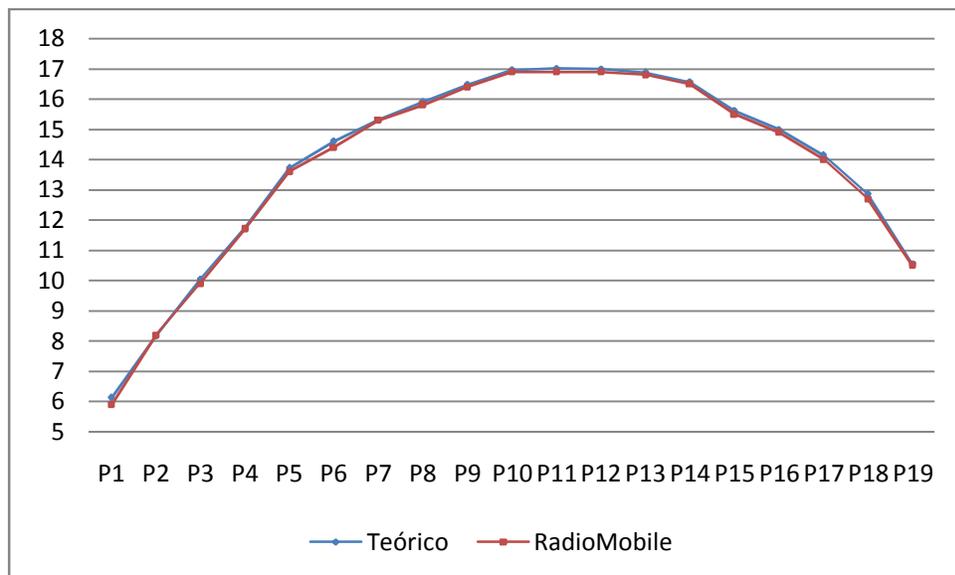
5.1.1 Comparación del radio de la primera zona de Fresnel. Se procede a comparar los valores teóricos con los entregados por Radio Mobile. En las gráficas presentadas a continuación se puede observar que no hay una variación significativa entre los valores arrojados por cada uno de los métodos y se confirma que los resultados entregados por la herramienta son confiables.

Gráfica 32. Radio de la primera zona de Fresnel en el enlace Simijaca-Repetidor1 trabajando en la banda de 5.8 GHz, datos teóricos Vs datos arrojados por Radio Mobile



Fuente: autoras

Gráfica 33. Radio de la primera zona de Fresnel en el enlace Repetidor1-Repetidor2 trabajando en la banda de 5.8 GHz, datos teóricos Vs datos arrojados por Radio Mobile



Fuente: autoras

En las gráficas anteriores se representaron los datos del radio de la primera zona de Fresnel para los enlaces: simijaca-Repetidor1 y Repetidor1-Repetidor2, trabajando en la banda de 5.8 GHz, en el Anexo O, se encuentran los datos de todos los enlaces que componen el diseño.

5.1.2 Comparación del nivel de potencia de recepción. Como se puede observar en la Tabla 56 el valor del nivel de recepción calculado difiere significativamente del valor arrojado por Radio Mobile, al realizar un análisis de esta diferencia se concluye que las ecuaciones teóricas a diferencia de Radio Mobile no consideran las pérdidas relacionadas con el modelo de propagación. Motivo por el cual el nivel de recepción supera el rango de sensibilidad permitido.

Tabla 56. Cifras obtenidas del nivel de recepción de potencia

Enlaces		2400 - 2483,5 MHz		5725 - 5850 MHz	
		Nivel Rx (dBm)		Nivel Rx (dBm)	
Punto TX	Punto RX	Teórico	RadioMobile	Teórico	RadioMobile
Repetidor 1	Simijaca	-45.42	-79,2	-53.16	-77
Repetidor 1	Susa	-42.29	-83,1	-50.14	-85,1
Repetidor 1	Repetidor 2	-51.8	-71,1	-59.65	-83,1
Repetidor 2	Lenguazaque	-34.04	-71,7	-41.39	-77
Repetidor 2	Capellanía	-46.78	-84,3	-54.63	-80,4
Repetidor 2	Fúquene	-47.65	-71,4	-55.5	-79,5
Repetidor 2	Ubaté	-43.63	-78,8	-51.47	-84,9
Repetidor 2	Sutatausa	-48.61	-84,6	-56.46	-81,7

Fuente: Autoras

5.2 RESULTADOS FINALES

A continuación se presentará un resumen de los temas más relevantes del diseño del proyecto y que permiten dar una idea global del desarrollo de éste.

Tabla 57. Resultados del diseño

Parámetro	Descripción	Observación
Área de trabajo	Provincia de Ubaté	Simijaca, Susa, Fúquene, Capellanía, Lenguazaque, Sutatausa y Ubaté
Servicios	Teleadministración, teleconsulta, teleducación y telefonía IP	Voz, datos y video
Caracterización del tráfico	voz 717Kbps - datos 2343 Kbps - video 2880 Kbps	Total de tráfico en el peor de los casos 5949Kbps
VoIP	CODEC G.711, protocolo de señalización SIP	Voz
Video	Velocidad de transmisión 384Kbps, protocolo de señalización SIP	Videoconferencia
Datos	Internet, correo electrónico, transferencia de archivos FTP, sistema de facturación, historias clínicas y citas médicas	
Tecnología Inalámbrica	Microondas terrestres	Frecuencia Ultra Alta (UHF), Super Alta (SHF), punto a punto
Topología de red	Punto a punto	Baja complejidad
Banda de frecuencia	2400 - 2483,5 MHz y 5725 - 5850 MHz	Bandas no licenciadas
Equipos	RADWIN WinLink 1000	Operan en bandas libres, usan antena interna o externa, bajo costo
Software de propagación	Radio Mobile	8 radioenlaces con LOS, topología punto a punto y multipunto a punto, dos repetidores, 5 sistemas

Fuente: autoras.

6. CONCLUSIONES

- El desarrollo de este proyecto de grado permitió el diseño de un sistema inalámbrico que interconecta siete centros de salud de la provincia de Ubaté con el Hospital El Salvador de Ubaté. El sistema soporta servicios de telemedicina como teleconsulta, teleadministración y teleducación.
- El trabajo se dividió en cuatro etapas; en la primera se determinó la provincia de Ubaté como área final de diseño. Fue necesario hacer un estudio de lo macro a lo micro, teniendo en cuenta factores en común y necesidades reales del departamento de Cundinamarca. Se analizaron factores generales tales como qué provincias pertenecían al área metropolitana de Bogotá, cómo se encontraba dividido el departamento, y factores más específicos (el número de habitantes, problemas epidemiológicos y casos de morbilidad) de cada una de las provincias. Se hicieron visitas a los centros de salud para tener contacto directo con los funcionarios y así conocer sus verdaderas necesidades y las de la población, logrando escoger los servicios antes mencionados.
- En la segunda etapa del proyecto se realizó una comparación entre las diferentes tecnologías inalámbricas que permitió definir a las microondas terrestres como la opción más adecuada para el cumplimiento de los requerimientos determinados por las necesidades de los servicios. Fue importante tener en cuenta que existieran equipos en el mercado para desarrollar la solución en dicha tecnología y que operaran en bandas no licenciadas, pauta que también hizo parte de los criterios de selección. Hacer uso de valores característicos de equipos comerciales permitió obtener resultados más acertados que si se hubieran utilizado valores ideales.
- En la tercera etapa se elaboraron varias propuestas de diseño; se escogió la más adecuada teniendo en cuenta parámetros de propagación como la línea de vista, las zonas de Fresnel, las pérdidas, la señal de recepción y el margen de desvanecimiento. Se hizo cálculos teóricos para obtener los valores de

estos parámetros y se usaron como criterio de selección para escoger la mejor propuesta.

- En la cuarta etapa se escogió Radio Mobile y OPNET como herramientas de simulación para la propagación de ondas y la capa de red. Radio Mobile validó la existencia de línea de vista y despeje de la primera zona de Fresnel en cada uno de los enlaces, información que fue previamente calculada en el diseño físico. Simuló el correcto funcionamiento del sistema el cual fue determinado por el nivel de señal de recepción que debe estar entre -70dBm y -90dBm y el margen de desvanecimiento que no debe ser negativo. Dichos parámetros se lograron haciendo uso de antenas externas entre 28dBi y 32dBi. Asimismo demostró que el sistema puede operar en cualquiera de las bandas libres de 2.4GHz y 5.8GHz sin tener variaciones significativas que obliguen a trabajar en una banda específica.
- En suma, se ensayó el correcto funcionamiento del sistema diseñado comprobando que satisface los requerimientos de la red y cumple con los parámetros de configuración establecidos en la simulación. El diseño es una solución tecnológica que permite la inclusión de la población de los municipios considerados en el amplio campo de la telemedicina, contribuye al mejoramiento de los servicios de salud ofrecidos por la E.S.E Hospital el Salvador y es considerado una primera etapa en el desarrollo de un proyecto macro de Telemedicina que incluye otros parámetros de estudio como la seguridad de la información y la calidad de los servicios.

7. RECOMENDACIONES

- Hacer uso de la infraestructura existente en la provincia de Ubaté (torres de comunicaciones móviles, torres de televisión) con el fin de reducir costos de instalación, materiales, permisos y tiempo. En caso de no hacerlo se deben tramitar permisos ante la aeronáutica, el municipio y el Ministerio de Comunicaciones pues ellos determinan si es posible llevar a cabo la instalación. Tener en cuenta que el terreno en que se va a instalar no sea una reserva natural, ni sea un área restringida por la aeronáutica o el ejército.
- Asterisk es un software PBX de código abierto que puede ser usado dentro de la red hospitalaria para ofrecer el servicio de telefonía IP. Solo es necesario un servidor donde instalar el software. No se necesita pago de licencias por ser libre, tampoco es necesario hacer uso de teléfonos IP debido a que soporta el protocolo SIP y no es necesario hacer uso de hardware. Se puede usar softphones gratuitos.
- Configurar los equipos de comunicaciones winlink 1000 para gestionar remotamente, con el fin de evitar desplazamientos al sitio en caso de falla o necesitar nueva configuración. Esta configuración es hecha a través del puerto Ethernet de la IDU.
- Usar picos protectores entre la ODU y la IDU para protegerlos de picos de voltajes y tenerlos aterrizados en caso de descargas eléctricas que puedan quemarlos.
- El número de posibilidades existentes en redes de comunicación para videoconferencia es grande pero la opción que se elija debe depender totalmente de los requerimientos del usuario.
- Aunque el sistema opera correctamente en cualquiera de las bandas no licenciadas (2.4 y 5.8GHz) se recomienda implementar la red en 5.8GHz ya que es una banda poco usada lo cual hace que las interferencias con otros enlaces que estén operando en la misma banda sea mínima, asimismo esta banda esta especialmente designada para fines médicos.

- Adquirir la licencia del CODEC G.729 en caso que el número de llamadas se incremente y la funcionalidad de la red se vea afectada por el nuevo tráfico que deberá cursar por la red.
- En el caso que existan redes LAN en los centros y puestos de salud se recomienda tener en cuenta las características técnicas y el comportamiento de cada una de estas redes, lo cual permitirá desarrollar un análisis de tráfico a profundidad antes de diseñar la red
- Para el caso en que los enlaces demanden una capacidad de tráfico superior a la prevista en vez de encaminarse por la opción del WINLINK2000 se puede hacer uso de los E1's del Winlink1000 teniendo en cuenta que obligatoriamente se debe utilizar las IDU's

BIBLIOGRAFÍA

- ANDREWS, Jeffrey. Fundamentals of WiMAX: understanding broadband wireless networking. Estados Unidos: Prentice Hall, 2007. Pag 478. ISBN 0-13-222552-2.
- APARICIO, Lilia. RAMÍREZ, Artunduaga, Jaime. Arquitectura de red de telemedicina. Bogotá, D.C. Colombia: Fondo de Publicaciones Universidad Distrital, 2003. ISBN 958-8175-67-4.
- CHANG, Kai. RF and microwave wireless systems. John Wiley and Sons, 2000. 355 p. ISBN 0-471-22432-4.
- CHEBROLU k, RAMAN B. Experiencias In Using WiFi for Rural Internet in India. IEEE Communications Magazine, Vol. 45, No. 1, Enero 2007.
- CUERVO, Luis. ALCINO, Pedro. Metodología Científica. Mc Graw Hill. 1997
- FISRESTONE, Scott. RAMALINGAM, Thiya. FRY, Steve. Voice and Video Conferencing Fundamentals: desing, develop, select, deploy, and support advanced IP-based audio and video conferencing systems. Indianapolis: Cisco Press, 2007. 397 p. ISBN-13: 978-1-58705-268-2.
- FLICKENGER, Rob. AICHELE, Corinna. BUTTRICH, Sebastian. Redes Inalámbricas en los países en desarrollo, tercera edición. Hacker Friendly, 2008. 413 p. ISBN 978-0-9778093-7-0.
- FOROUZAN, Behrouz. Transmisión de datos y redes de comunicaciones. Segunda edición. Madrid: Mc Graw-Hill, 2001.887 p. ISBN 84-481-3390-0.
- GOLIO, Mike. The RF and Microwave Handbook. Boca Raton Florida: CRC Press LLC, 2000. Pag 1356. ISBN 0-8493-8592-X.
- GONÇALVES, Flavio. Asterisk PBX Guía de la Configuración.3a Edición. Fuego Osvaldo, Oscar, 2007. ISBN 978-85-906904-3-6.
- GRUPO DE TELECOMUNICACIONES RURALES, Pontificia Universidad Católica del Perú. Redes inalámbricas para zonas rurales. Lima: GTR-PUCP, 2008. Pag 252. ISBN978-9972-42-843-2.
- HURTADO, Julián. LOZANO, Diana. MÉNDEZ, Guefry. Diseño y simulación de una red inalámbrica en malla Para el transporte de voz en un entorno rural, artículo presentado al Congreso colombiano de Comunicaciones (COLCOM) 2007.

- IXIA. Assessing VoIP Call Quality. West Agoura Road, Calabasas: FOR-IXIA,2005.CA 91302.
- KASCH, William. WARD, Jon. ANDRUSENKO, Julia. Wireless Network Modeling and Simulation Tools for Designer and Developers. En: Communications magazine. Vol 47, marzo de 2009, 188 p. ISSN 0163-6804.
- KORHONEN, Juha. Introduction to 3G mobile communications. Segunda edición. Artech House, 2003. 568 p. ISBN 1-58053-507-0.
- MINISTERIO DE COMUNICACIONES. Tecnologías Wi-Fi, bandas radioeléctricas sin licencia. 2003. Serie de cuadernos de Política No1.
- PATIÑO, José Felix. Computador, cibernética e información, segunda edición. Panamericana, 2002. 248 p. ISBN 958-30-0869-9.
- PILIOURAS, Teresa. Network Desing: Managment and Technical Perspectives, segunda edición, Boca Raton, Florida: Auerbach, 2005. 674 p. ISBN 0-8493-1608-1.
- SIMPSON, Wes. Video Over IP:A Practical Guide to Technology and Applications.Burlington,Massachusetts:Focal Press, 2006. 515 p.ISBN 978-0-240-80557-3.
- SMITH Clint, COLLINS Daniel. 3G Wireless Networks.McGraw-Hill's Professional, 2004. Pag 500. ISBN 9-7800-71363-815.
- SWEENEY, Daniel. WiMax: operator's manual, segunda ed. Nueva York: Apress, 2006. 210 pag. ISBN 1-59059-574-2.
- TAMAYO, Mario. El Proceso de la investigación Científica. Grupo Noriega Editores. 2da Edición.
- UIT-T. Mean Opinion Score, Recommendation, P.800, "Methods for subjective determination of transmission quality."
- YAMANE, Noboru. Fundamentos De Propagación De Microondas. México: Publicaciones Telecomex, 1981. pag 160.
- WAYNE, Tomasi. Sistemas de comunicaciones electrónicas. Cuarta edición. Prentice Hall, 2003 . 976 p. ISBN 9702603161.
- WILCOX James, GIBSON David. Video communications: the whole picture. San Francisco: CMP BOOKS San Francisco, 2005. 529 p. ISBN 1-57820-316-3.

INFOGRAFÍA

- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. DECRETO 318 DE 2006, por el cual se adopta el Plan Maestro de Equipamientos de Salud para Bogotá Distrito Capital [documento en línea]. Agosto 2006 [citado mayo 2008]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21065>>.
- BASTERO DE LA VÍBORA, Luisa. VoIP en la red del operador [en línea]. Asociación de proveedores de sistemas de red de España-ACTERNA, diciembre 2005.[citado feb, 2009]. Boletín 30. Disponible en Internet<URL:<http://www.aslan.es/boletin/boletin30/acterna.shtml>>.
- CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Plan Económico para la competitividad de Soacha [documento en línea] [Bogotá, Colombia]. Junio de 2005 [Citado noviembre, 2008] ISBN: 958688107-5. Disponible en Internet: <URL: http://camara.ccb.org.co/documentos/656_2005_9_14_9_13_25_PLAN_SOACHA_DE_F.pdf>.
- COMISIÓN INTERAMERICANA DE TELECOMUNICACIONES. Normas de acceso inalámbrico para NGN [en línea] Washington, D.C, diciembre de 2006 [citado en nov 2008]. Boletín electrónico número 30. Disponible en internet: <URL:http://www.citel.oas.org/newsletter/2006/diciembre/ngn_e.asp>.
- CONSTANTINI, Sandro [en línea]. Universidad Metropolitana [citado en Marzo 2009]. Serie de guías. Disponible en internet: <URL:<http://medusa.unimet.edu.ve/sistemas/bpis03/radiocomunicaciones/guiaspdf/guia05telecomunicaciones.pdf>>.
- COUDÉ, Roger. Radio Mobile [software en línea]. 1998. versión 9.8.1 [actualizado 29 de abril de 2009] [citado 17 febrero 2009] Disponible en internet: <<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>>.
- DANE. Censo nacional del DANE hecho en el año 2005. Cuadros censo 2005 [documento en línea]. DANE, octubre de 2007. Disponible en internet: <URL: <http://www.dane.gov.co/censo/>>.

- DANE. Estimaciones de población de los municipios colombianos 2005-2009. [documento en línea]. Wikipedia.ene 2006[citado, octubre 2008]. Disponible en Internet:
<URL:http://es.wikipedia.org/wiki/Area_Metropolitana_de_Bogotá#Estadísticas_por_municipio>.
- DIGITAL GANGETIC PLAINS. RuralNet, Digital Gangetic Plains (DGP) 802.11-based Low-Cost Networking for Rural India [en línea]. Marzo 2007 [citado en noviembre 2007]. Disponible en internet: <URL:<http://www.cse.iitk.ac.in/users/braman/dgp.html>>.
- EHAS, Enlace Hispano Americano de Salud. Proyectos llevados a cabo por la fundación [en línea] [citado en octubre 2007] Disponible en internet: <URL:<http://www.ahas.org/>>.
- EHAS, Enlace Hispano Americano de Salud. Quienes Somos [en línea]. [citado en octubre 2007] Disponible en internet: <URL:<http://www.ahas.org/>>.
- GIT, Grupo de Ingeniería Telemática. EHAS, Subprograma EHAS Colombia [en línea] Universidad del Cauca [citado en octubre 2007]. Disponible en internet: <URL: <http://git.ucauca.edu.co/ahas/#obje>>.
- GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA. Municipios [documento en línea]. Cundinamarca, Colombia [citado noviembre, 2008]. Disponible en Internet: <URL:http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/municipios/frm_indexmunicipios.asp>.
- GUANOTOA, Diego. Diseño de una red inalámbrica de voz y datos utilizando tecnología WIMAX para interconectar las dependencias de Petroproducción con el Bloque 15 en el Distrito Quito [documento en línea]. Octubre 2007 [citado en febrero 2009] Disponible en internet: <URL: [Diseño de una red inalámbrica de voz y datos utilizando tecnología WIMAX para interconectar las dependencias de Petroproducción con el Bloque 15 en el Distrito Quito](#)>.
- HERNÁNDEZ. Comunicación de datos [en línea] México [citado en feb 2009], unidad dos, Disponible en internet: <URL: <http://www.itlalaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/COMUNICACION%20DE%20DATOS/Unidad%20II/UNIDAD%20II-8.pdf>>.
- IDRIS. Calculo de ancho de banda en VoIP [en línea]. Noviembre 2008 [citado marzo, 2008]. Seri de Documentos. Disponible en Internet <URL: <http://www.idris.com.ar/articulos/ART0001%20%20Calculo%20de%20ancho%20de%20banda%20en%20VoIP.pdf> >.

- IDRIS. Protocolos de VoIP [en línea]. Noviembre 2008[citado marzo, 2008]. Serie de Documentos. Disponible en Internet <URL: <http://www.idris.com.ar/articulos/ART0002%20-%20Protocolos%20en%20VoIP.pdf> >.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Mapa físico - político Cundinamarca [documento en línea]. Noviembre 2000 [citado, enero 2009]. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. Disponible en Internet: <www.mapascolombia.igac.gov.co >.
- JALERCOM. Radwin se complace en anunciar que la nueva versión del WinLink 1000, Release 1.750, ya está disponible [en línea] [citado en marzo 2009]. Disponible en internet: <URL: http://www.jalercom.com/cms/front_content.php?idcat=134&idart=844>.
- MINISTERIO DE COMUNICACIONES. Resolución 689 de 2004[en línea]. Abril de 2004[citado en marzo de 2009]. Diario oficial No 45533. Disponible en internet: <URL: http://www.cntv.org.co/cntv_bop/basedoc/resolucion/mincomunicaciones/resolucion_mincomunicaciones_0689_2004.html>.
- MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. ¿Qué es el Régimen Subsidiado? [en línea]. Publicado en septiembre de 2006 [citado en agosto 2008]. Disponible en internet: <URL:<http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/NewsDetail.asp?ID=14661&IDCompany=3>>.
- MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Registro Especial de Prestadores de Servicio de Salud [documento en línea]. Dirección general de Calidad de Servicios, Marzo 2009 [citado octubre, 2008]. Disponible en Internet: <<http://www.minproteccionsocial.gov.co/habilitacion/>>.
- MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Sistema de seguridad social en salud: régimen contributivo [en línea] 2004 [citado en agosto 2008].Disponible en internet: <URL: <http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo14612DocumentNo1141.PDF>>.
- MORENO, Jose. SOTO, Ignacio. LARRABEITI, David. Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre redes IP [on line] Madrid, España. Univesidad Carlos III [citado, enero 2009]. Disponible en internet: <URL:<http://www.it.uc3m.es/~jmoreno/articulos/protocolssenalizacion.pdf>>.

- NEWLINE. Serie UPS online [en línea] [citado en marzo 2009]. Disponible en internet: <URL:<http://www.newline.com.co/pdf/serieupsonlineimportadas.pdf>>.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD OPS/OMS. Aplicaciones de telecomunicaciones en salud en la subregión andina [en línea]. Comunidad Andina, nov. 2000 [citado nov, 2008]. Serie de documentos institucionales. Disponible en Internet: <URL:http://www.comunidadandina.org/telec/Documentos/Telecomunicaciones_salud.pdf>.
- ORTA Morel, SANABRIA Tomás. Telemedicina en poblaciones rurales de Venezuela: una iniciativa privada [en línea]. [citado en noviembre 2007] Disponible en: <URL:<http://www.ahciet.net/portales/1000/10002/10007/10733/21797/docs/112007.pdf>>.
- OZVOIP. Codec Support in VoIP Devices [en línea].[citado marzo, 2009].Disponible en Internet <URL: <http://ozvoip.com/voip-codecs/devices/>>.
- PEREY, Christine. ABCs of videoconferencing [en línea].Octubre de 2001 [citado enero 2009]. Disponible en internet<URL:<http://www.networkworld.com/research/2001/1029feat2.html>>.
- PESCA, plataforma para la e-salud en código abierto. ¿Qué es PESCA? [en línea].Bogotá, agosto de 2007 [citado en septiembre 2007].Disponible en internet: <URL:http://www.fsb.edu.co/pesca/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1>.
- PLANEACIÓN DE CUNDINAMARCA. Audiencias Provinciales como mecanismo de participación de los actores regionales en el proceso de construcción del Plan de Desarrollo Departamental 2008-2011 [documento en línea]. Enero de 2008 [citado en agosto 2008]. Disponible en internet: <URL:http://www.planeacion.cundinamarca.gov.co/BancoConocimiento/E/epdd_2008_audiencias/epdd_2008_audiencias.asp>.
- POLYCOM. Guía de conferencias y colaboración [en línea] Noviembre2006 [citado en nov 2008]. Disponible en internet: <URL:<http://latinamerica.polycom.com/index.html>>.
- PRASAD, Anjaneya. Performance measurement and analysis of H.323 videoconference traffic [en línea] Ohio, Año 2002 [citado enero 2009] Disponible en internet:<URL: http://www.adec.edu/nsf/PrasadCalyam_MS_Thesis.pdf>.
- RADWIN. Base Distribution Unit (PDF) data Sheet[en línea] [citado en marzo 2009]. Disponible en internet: <<http://www.radwin.com/Content.aspx?Page=multiple-point-to-point>>.

- _____. Descripción de la compañía [en línea] [citado en abril 2009] Disponible en internet: <URL: http://www.radwin.com/Content.aspx?Page=company_overview>.
- _____. Product Overview [en línea] [citado en marzo 2009]. Disponible en internet: <http://www.radwin.com/Content.aspx?Page=winlink_1000_series>.
- SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD DE BOGOTÁ. Régimen Contributivo. [documento en línea]. Salud Capital. [citado, noviembre 2008]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.saludcapital.gov.co/Paginas/RegimenContributivo.aspx>>.
- SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD DE CUNDINAMARCA. Diagnóstico epidemiológico [documento en línea]. Gobernación de Cundinamarca, octubre 2007 [citado en agosto 2008]. Disponible en internet: <URL:<http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/Entidades/inicioentidades.asp?codigo=30&opcion=> >.
- _____, Perfil epidemiológico [documento en línea]. Gobernación de Cundinamarca, Octubre de 2007 [citado en agosto 2008]. Disponible en internet: <URL:<http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/Entidades/inicioentidades.asp?codigo=30&opcion=> >.
- SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION. Junio 2003. [citado febrero 17 2009] Disponible en internet: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/media_06_19_2003_sp.htm>.
- TRAXEASA. Proyecto nacional de telemedicina y telesalud [en línea] Panamá, septiembre 2007 [citado en noviembre 2007]. Disponible en internet: <URL: <http://www.telemedicina.org/index.html>>.
- UIT. Telemedicina: de lo experimental al uso cotidiano [en línea]. Junio de 1999 [citado en octubre 2007]. Segundo simposio mundial de telemedicina. Disponible en internet: <URL:<http://www.itu.int/ITU-D/hrd/publications/reports/1999/telemed/pdf/fr/12-ARG-TELECOM%20ARG-E.pdf>>.
- UNIVERSIDAD INCCA DE COLOMBIA. Estándares para videoconferencia [en línea] Bogotá [citado enero 2009] Disponible en internet: <URL: <http://www.unincca.edu.co/video/documen/temas/pag9a.htm>>.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, Instituto de investigación de la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica. Capítulo4: características de radio-enlaces de Microondas [en línea] Lima, Perú. Publicado en noviembre de 2008 [citado en febrero 2009]. Serie de Clases por capítulos. Disponible en internet: <URL:<http://aniak.uni.edu.pe/sdemicro/Cap%204%20MW%202005-1.pdf>>.

- WAGEMAKERS, Alexandre. IBARZ, Borja. Modelos de Propagación electromagnética [documento en línea] 23 de octubre de 2007. Disponible en internet: <URL:http://www.escet.urjc.es/~fisica/personal/alexandre/docencia/mpe_tema2.pdf>.
- WHALES, Kevin. Codec Definition [en línea]. Hidden agendas of ip telephony, Julio 2006. [citado marzo, 2009]. Disponible en Internet <URL:<http://www.ip-voip-service.com/codec-definition.htm>>.
- WINNCOM, Technologies. RADWIN Outdoor Power Over Ethernet Device [en línea] [citado en marzo 2009]. Disponible en internet: <URL:<http://www.winncom.com/moreinfo/item/AT0055010/index.html>>.
- ZATOR SYSTEMS. Instalaciones de par trenzado [en línea] [citado en marzo, 2009] Disponible en internet: <URL: http://zator.com/Hardware/H12_4_2.htm#TOP>.

GLOSARIO

ANCHO DE BANDA: en conexiones a Internet el ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bits por segundo (bps), Kilobits por segundo (Kbps), o Megabits por segundo (Mbps).

ANTENA: es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma voltajes en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

ATENUACIÓN: reducción en la densidad de potencia con la distancia.

BACKHAUL: parte de una red de comunicaciones que conecta a otras redes y que transporta tráfico pesado. Los backhaul conectan redes de datos, redes de telefonía celular y constituyen una estructura fundamental de las redes de comunicación. Un Backhaul es usado para interconectar redes entre sí utilizando diferentes tipos de tecnologías alámbricas o inalámbricas. Un ejemplo de backhaul lo tenemos en los radioenlaces que se utilizan para conectar las estaciones bases celulares con el nodo principal de esta red.

CODEC: es una abreviatura de Compresor-Decompresor. Describe una especificación desarrollada en software, hardware o una combinación de ambos, capaz de transformar un archivo con un flujo de datos o una señal. Los codecs pueden codificar el flujo o la señal (a menudo para la transmisión, el almacenaje o el cifrado) y recuperarlo o descifrarlo del mismo modo para la reproducción o la manipulación en un formato más apropiado para estas operaciones. Los codecs son usados a menudo en videoconferencias y emisiones de medios de comunicación.

DIFRACCIÓN: modulación o redistribución de energía, dentro de un frente de onda, cuando pasa cerca del extremo de un objeto opaco. La difracción es el fenómeno que permite que las ondas de luz o de radio se propaguen a la vuelta de las esquinas.

DISPERSIÓN: en física se denomina dispersión al fenómeno de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material. Todos los medios materiales son más o menos dispersivos, y la dispersión afecta a todas las ondas; por

ejemplo, a las ondas sonoras que se desplazan a través de la atmósfera, a las ondas de radio que atraviesan el espacio interestelar o a la luz que atraviesa el agua, el vidrio o el aire.

EPIDEMIOLOGÍA: la epidemiología es la disciplina científica que estudia la distribución, frecuencia, determinantes, relaciones, predicciones y control de los factores relacionados con la salud y enfermedad en poblaciones humanas. La epidemiología en sentido estricto, que podría denominarse humana, ocupa un lugar especial en la intersección entre las ciencias biomédicas y las ciencias sociales y aplica los métodos y principios de estas ciencias al estudio de la salud y la enfermedad en poblaciones humanas determinadas. La epidemiología se considera una ciencia básica de la medicina preventiva y una fuente de información para la formulación de políticas de salud pública. La epidemiología estudia, sobre todo, la relación causa-efecto entre exposición y enfermedad. Las enfermedades no se producen de forma aleatoria; tienen causas, muchas de ellas sociales, que pueden evitarse. Por tanto, muchas enfermedades podrían prevenirse si se conocieran sus causas. Los métodos epidemiológicos han sido cruciales para identificar numerosos factores etiológicos que, a su vez, han justificado la formulación de políticas sanitarias encaminadas a la prevención de enfermedades, lesiones y muertes prematuras.

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO: conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan de manera ondulatorias y con velocidad constante, que es la de la luz, aproximadamente de 300.000 km/s. Las ondas electromagnéticas se dividen en luz visible, infrarroja, ultravioleta, rayos X, rayos gama, radiofrecuencia y microondas. Cada onda se diferencia en la frecuencia (número de vibraciones en la unidad de tiempo) y la longitud (distancia entre dos ondas sucesivas)

ESPECTRO ENSANCHADO: el espectro ensanchado (también llamado espectro esparcido, espectro disperso, spread spectrum o SS) es una técnica de modulación empleada en telecomunicaciones para la transmisión de datos, por lo común digitales y por radiofrecuencia. El fundamento básico es el "ensanchamiento" de la señal a transmitir a lo largo de una banda muy ancha de frecuencias, mucho más amplia, de hecho, que el ancho de banda mínimo requerido para transmitir la información que se quiere enviar. No se puede decir que las comunicaciones mediante espectro ensanchado son medios eficientes de utilización del ancho de banda. Sin embargo, rinden al máximo cuando se los combina con sistemas existentes que hacen uso de la frecuencia. La señal de espectro ensanchado, una vez ensanchada puede coexistir con señales en banda estrecha, ya que sólo les aportan un pequeño incremento en el ruido. En lo que se

refiere al receptor de espectro ensanchado, él no ve las señales de banda estrecha, ya que está escuchando un ancho de banda mucho más amplio gracias a una secuencia de código preestablecido.

ETHERNET: tecnología para redes de área local (LAN) basada en tramas de datos, desarrollada al principio por Xerox, y tiempo después se le unieron DEC e Intel. Fue aceptada como estándar por la IEEE. La tecnología define las características del cableado y señalización de nivel físico y los formatos de trama del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

FRECUENCIA: es una medida para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en la unidad de tiempo. Para calcular la frecuencia de un evento, se contabilizan un número de ocurrencias de este teniendo en cuenta un intervalo temporal, luego estas repeticiones se dividen por el tiempo transcurrido. Según el Sistema Internacional, el resultado se mide en Hertz (Hz), en honor a Heinrich Rudolf Hertz.

INTERFERENCIA: interferir significa entrar en oposición, la interferencia es el acto de interferir. La interferencia de ondas de radio ocurre, cuando dos o más ondas electromagnéticas se combinan de tal forma que el funcionamiento del sistema se degrada.

IP: protocolo para la comunicación en una red a través de paquetes conmutados, es principalmente usado en Internet. Los datos se envían en bloques conocidos como paquetes (datagramas) de un determinado tamaño (MTU). El envío es no fiable (conocido también como best effort o mejor esfuerzo); se llama así porque el protocolo IP no garantiza si un paquete alcanza o no su destino correctamente. Un paquete puede llegar dañado, repetido, en otro orden o no llegar. Para la fiabilidad se utiliza el protocolo TCP de la capa de transporte. Los paquetes poseen una cabecera con información sobre la máquina de origen y la de destino (sus direcciones IP), con esta información los enrutadores determinan por dónde enviar la información. Cada paquete de un mismo archivo puede enviarse por diferentes rutas dependiendo de la congestión del momento.

MÁSTIL: elemento utilizado para apoyar una antena con el fin de darle apoyo, dirección y altura.

MODULACIÓN: conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea, protegiéndola de posibles interferencias y ruidos.

MORBILIDAD: efectos de una enfermedad en una población en el sentido de la proporción de personas que la padecen en un sitio y tiempo determinado. En el sentido de la epidemiología se puede ampliar al estudio y cuantificación de la presencia y efectos de una enfermedad en una población.

NODO: espacio real o abstracto en el que confluyen parte de las conexiones de otros espacios reales o abstractos que comparten sus mismas características y que a su vez también son nodos. Todos estos nodos se interrelacionan entre sí de una manera no jerárquica y conforman lo que se llama red.

POLARIZACIÓN DE ANTENA: es la orientación del campo eléctrico radiado desde la antena. Se puede polarizar en forma lineal (por lo regular, polarizada horizontal o verticalmente, suponiendo que los elementos de la antena se encuentran dentro de un plano horizontal o vertical), en forma elíptica o circular.

PROTOCOLO: en redes informáticas, un protocolo es el lenguaje (conjunto de reglas formales) que permite comunicar nodos (computadores) entre sí. Al encontrar un lenguaje común no existen problemas de compatibilidad entre ellas.

PROVINCIA: es el nombre de una subdivisión gubernamental usualmente en el nivel inferior a estado. La palabra fue introducida por los romanos, quienes dividieron su imperio en provinciae. Proviene del latín «provincia» cuyo significado es por (pro) victoria (vincia). En un principio designaba a los territorios conquistados fuera de la península Itálica. La provincia romana por excelencia era la actual Provenza francesa.

RADIOENLACE: se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Se puede definir al radioenlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz. Los radioenlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la transmisión y otra para la recepción.

RECEPTOR: en redes de comunicación es el equipo de la red que recibe la información.

REFRACCIÓN: es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la

superficie de separación de los dos medios y si éstos tienen índices de refracción distintos. La refracción se origina en el cambio de velocidad que experimenta la onda. El índice de refracción es precisamente la relación entre la velocidad de la onda en un medio de referencia (el vacío para las ondas electromagnéticas) y su velocidad en el medio de que se trate.

ROUTER: un router es un dispositivo que se utiliza para conectarse a Internet en la mayoría de las redes. En algunos casos (especialmente algunos dispositivos inalámbricos 802.11), los routers tienen funciones de red incluidas. Gracias a los Routers se disfruta de comunicación en Internet (como por ejemplo navegar por el Web, descargar o subir archivos, en envío y la recepción de correos electrónicos) en ambas direcciones, al tiempo que mantiene su actividad de red protegida del mundo exterior.

SISTEMA: es un conjunto de funciones, virtualmente referenciada sobre ejes, bien sean reales o abstractos.

SWITCH: dispositivo de la red que filtra, direcciona y difunde tramas con base en la dirección de destino de cada trama. El switch opera a nivel de la capa de enlace de datos del modelo OSI.

TELEFONÍA: se define como la ciencia que estudia la conversión del sonido en señales eléctricas y la transmisión de este entre puntos muy distantes.

TOPOLOGÍAS DE RED: la topología hace referencia a la forma de un red. La topología muestra cómo los diferentes nodos están conectados entre sí, y la forma de cómo se comunican está determinada por la topología de la red. Las topologías pueden ser físicas o lógicas.

TELEFONÍA IP: voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP, VoIP (por sus siglas en inglés), es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP. Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital en paquetes en lugar de enviarla (en forma digital o analógica) a través de circuitos utilizables sólo para telefonía como una compañía telefónica convencional o Red Telefónica Pública Conmutada.

TELEMEDICINA: según la OMS: "La telemedicina es el suministro de servicios de atención sanitaria, en cuanto la distancia constituye un factor crítico, por profesionales que apelan a las tecnologías de la información y de la comunicación con objeto de intercambiar datos para hacer diagnósticos, preconizar tratamientos y prevenir enfermedades y heridas, así como para la formación permanente de los

profesionales de atención de salud y en actividades de investigación y de evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven”.

TRANSMISOR: es un equipo que emite una señal, código o mensaje a través de un medio y suele tener un protocolo industrial.

UPS: sistema de alimentación ininterrumpida. Es una fuente de suministro eléctrico que posee una batería con el fin de seguir dando energía a un dispositivo en el caso de interrupción eléctrica. Las UPS suelen conectarse a la alimentación de las computadoras, permitiendo usarlas varios minutos en el caso de que se produzca un corte eléctrico.

LISTA DE ACRÓNIMOS

1x EV-DO	1x Evolution Data Optimized
2G	Second Generation
3G	Third Generation
3GPP	Third Generation Partnership Project
3GPP2	Third Generation Partnership Project 2
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry Solutions
BDU	Base Distribution Unit
BER	Bit Error Ratio
BHT	Busy Hour Traffic
CDMA	Code Division Multiple Access
CPU	Central Processing Unit
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
CWTS	China Wireless Telecommunication Standard Group
DCT	Discrete Cosine Transform
EHAS	Enlace Hispano Americano de Salud
EHF	Extremely High Frequency
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EVM	Error Vector Magnitude
FEC	Forward Error Correction
FDD	Frequency Division Duplex
FPLMTS	Future Public Land Mobile Telecommunications Systems
GIT	Grupo de Ingeniería Telemática
GSM	Global System For Mobile Communications
HIPERLAN	High Performance Radio LAN
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
HSS	Hub Site Synchronization
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
HTTP	HyperText Transfer Protocol
ICM	Industriales, Científicas y Médicas
IDU	Indoor Unit
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IMT-2000	International Mobile Telecommunications - 2000
IS-95	Interim Standart'95
LOS	Line Of Sight

MAC	Medium Access Control
MCU	Multipoint Control Unit
MEGACO	Media Gateway Control
MGCP	Media Gateway Control Protocol
MIMO	Multiple Input/Multiple Output
MIPS	Millones de Instrucciones Por Segundo
MOS	Mean Opinion Score
NLOS	Non Line Of Sight
ODU	Outdoor Unit
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
PC	Personal Computer
PER	Packet Error Rate
PoE	Power over Ethernet
QoS	Quality of Service
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
RTCP	Real Time Control Protocol
RTP	Real Time Protocol
RTPBC	Red de Telefonía Pública Básica Conmutada
SHF	Super High Frequency
SIP	Session Initiation Protocol
SNR	Signal to Noise Ratio
TCP	Transmission Control Protocol
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TD-SCDMA	Time Division Synchronous CDMA
TIA	Telecommunications Industry Association
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
TTA	Telecommunications Technology Association
TTC	Telecommunication Technology Committee
UDP	User Datagram Protocol
UHF	Ultra High Frequency
UMTS	Universal Mobile Telephone System
U-NII	Unlicensed National Information Infrastructure
VHF	Very High Frequency
VoIP	Voice over Internet Protocol
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WPAN	Wireless Personal Area Network
WWW	World Wide Web

ANEXO A. INSTRUMENTO DE ENCUESTA

OBJETIVO: Establecer la viabilidad para diseñar un sistema de interconexión inalámbrica, a fin de proveer servicios de telemedicina en centros y puestos de salud ubicados en la provincia de Ubaté departamento de Cundinamarca.

CENTRO DE SALUD:

FECHA:

A continuación se desglosarán una serie de preguntas de múltiple y única respuesta. Estás deberán ser resueltas marcando con una X en el lugar indicado (espacio en blanco).

1. ¿Qué cargo desempeña dentro de la institución?

Médico general profesional	Odontólogo	Enfermer@
Auxiliar de enfermería	Trabajador social	Promotor de salud
Administrativo	Técnico administrativo	Otro

¿Cuál? _____

2. ¿Profesión?

Médico general profesional	Odontólogo	Enfermer@
Auxiliar de enfermería	Trabajador social	Promotor de salud
Administrador	Secretari@	Otro

¿Cuál? _____

3. Servicios que presta la institución

Medicina general	Odontología general	Enfermería
Toma de muestras farmacéutico	Urgencias	Servicio
Transporte de pacientes	Otro	

¿Cuál? _____

4. Actividades de promoción de la salud

Charlas ¿cuántas al mes?	1- 3	4-6	7 - 9	10 ó más
Vacunación en salud bucal	Planificación familiar			Atención preventiva en
Parto	Visitas domiciliarias			Otro

¿Cuál? _____

5. Actividades de prevención de la enfermedad

Toma de citologías___ Crecimiento y desarrollo___ Control prenatal___

Alteraciones visuales___ Otro___

¿Cuál?_____

6. De los siguientes servicios cuales cree usted que deberían implementarse. Remítase a la última hoja donde encontrará las definiciones de cada uno de los servicios

Teleconsulta___ Teleeducación___ Telediagnóstico___

Teleadministración___ Teleterapia___ Telecardiología___

Telepatología___ Teledermatología___ Teleoftalmología___

Otro___

¿Cuál?_____

7. Espacios disponibles para la atención del usuario

Consultorios___ ¿cuántos?___

Oficina de archivo___ Oficina de historias clínicas___ Farmacia___

Administrativo___ Información___ Otro___

¿Cuál?_____

8. Medios con los que cuenta la institución para el transporte de pacientes

Ambulancia___ Camioneta___ Otro___

Cuál?_____

9. ¿Cómo se adjudican las citas especializadas?

Línea telefónica___ Internet___ Fax___

Radio___ Otro___

Cuál?_____

Complemento para la pregunta seis.

Teleconsulta

- Consulta general: consulta a través de sistemas de videoconferencia a un médico general
- Consulta de especialista: consulta a través de sistemas de videoconferencia a un médico especialista con o sin examen diagnóstico asociado. Por ejemplo, una consulta a un dermatólogo en el cual se hace una observación de la epidermis sin necesidad de practicar un procedimiento diagnóstico.

Teleeducación

Existen muchas aplicaciones de educación remota en tiempo real o diferido. La teleeducación permite realizar entre otras:

- Capacitación a distancia
- Educación continuada
- Apoyo a estudiantes en práctica
- Campañas de Prevención
- Enseñanza de procedimientos mediante técnicas interactivos o de módulos de realidad virtual
- Evaluación y posibilidad de retroalimentación entre docente y alumnos

Telediagnóstico

Los diagnósticos por telemedicina pueden ser los resultantes de una consulta de primera vez rutinaria (primer diagnóstico) en el caso de pacientes que no tienen acceso físico a una consulta o de segunda opinión. Esta última se puede dar como resultado de una interconsulta entre especialistas o de una solicitud de nuevo diagnóstico por parte del paciente que desea tener otro concepto.

Teleadministración

Aplicada a los sistemas de gestión de salud para realizar a distancia la administración de procesos tales como control de citas, remisiones, referencias, facturación, control de cartera, inventarios, planeación estratégica y orientación al usuario, orientados a dar servicios de mejor calidad.

Teleterapia

Por medio de sistemas de videoconferencia es posible realizar tratamiento y consulta de pacientes para:

- Telepsiquiatría
- Telefisioterapia
- Teleoncología
- Teleprescripción.

Telerradiología

La telerradiología es una de las especialidades más utilizadas en telemedicina. Esto se debe a que en general el radiólogo no tiene contacto directo con el paciente, lo que hace esta disciplina más propicia para trabajarla a distancia. Adicionalmente, algunas modalidades son de por sí digitales lo que facilita el proceso de captura de información. Las especialidades radiológicas más usadas son:

- RX - Radiología convencional
- CT - Escanografía (TAC - Tomografía Axial Computada)
- MR - Resonancia Magnética
- NM - Medicina Nuclear
- US - Ultrasonido (Ecografía).

Telepatología

La telepatología se trabaja a partir de imágenes, digitales o de video obtenidas directamente del ocular del microscopio. Las imágenes pueden venir de estudios de tipo:

- Anatómico: Frotis, especímenes de cirugía, Biopsias, Punciones, Citología, Autopsias.
- Pueden acompañarse de otro tipo de exámenes anexos a la historia del paciente y de origen clínico: Banco de sangre, Citogenética, Hematología, Microbiología, Análisis de orina, etc.

Teledermatología

La teledermatología consiste en consultas, más que procedimientos, a distancia. En ella el dermatólogo utiliza mecanismos de videoconferencia para ver al paciente en tiempo real, o puede recibir fotografías digitales en tiempo diferido.

Teleoftalmología

La práctica de la oftalmología se puede realizar en parte a través de sistemas de oftalmoscopios conectados a un sistema de videoconferencia o de digitalización de imágenes de video para diagnósticos de fondo de ojo, muy útiles en la prevención y seguimiento de enfermedades metabólicas.

ANEXO B. COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS DEL PLANO DE CONTROL PARA VoIP

	H.323	IAX	MEGACO	MGCP	SIP
Adopción	Larga adopción en el mercado	IAX aun esta siendo estandarizado y es por ello que no se encuentra en muchos dispositivos existentes en el mercado.	En la actualidad existe una creencia general de que será de gran utilidad a medio plazo, debido a que la mayoría de los fabricantes están empezando a incorporarlo.	La opinión mayoritaria de los fabricantes es que H.323 se convertirá en la norma "convencional" de las empresas, mientras que MGCP y H.248/MEGACO tendrá una mayor presencia en los agentes de llamadas y otras pasarelas de medios de los operadores.	Largamente implementado en el mercado
Ancho de banda de los mensajes	En H.323 los mensajes son codificados en un formato binario compacto que es apropiado para conexiones de banda ancha y banda angosta. Este tipo de codificación se emplea para reducir el tamaño de la transmisión y resguardar el ancho de banda	Es un protocolo binario en lugar de ser un protocolo de texto como SIP y que hace que los mensajes usen menos ancho de banda, además intenta reducir al máximo la información de las cabeceras de los mensajes reduciendo también el ancho de banda	Esta gestión es necesaria durante la comunicación entre una pasarela de medios y el controlador que la gestiona, para establecer, mantener, y finalizar las llamadas entre múltiples extremos	Los mensajes MGCP viajan sobre UDP, por la misma red de transporte IP.	Es un protocolo de señalización extremo a extremo que implica que toda la lógica es almacenada en los dispositivos finales, el precio a pagar por esta capacidad de distribución y su gran escalabilidad es una sobrecarga en la cabecera de los mensajes incrementando el ancho de banda requerido.

	H.323	IAX	MEGACO	MGCP	SIP
Arquitectura	Cliente/Servidor, compuesta por: Terminales, Gateway, Gatekeeper y MCUs	Fue diseñado como un protocolo de conexiones VoIP entre servidores Asterisk, aunque hoy en día también sirve para conexiones entre clientes y servidores que soporten el protocolo.	Maestro/Esclavo, compuesto por el maestro MGC (Softswitch) y el esclavo MG (VoIP gateway, teléfono IP, router MPLS)	Centralizada, en donde el dispositivo centralizado es un MGC y los dispositivos esclavos son los MG y uno o mas SG	cliente/servidor compuesta por: Registro SIP, Agente de Usuario y Servidor SIP
Compatibilidad con otros estándares	Esencial en la conectividad con proyectos antiguos. Total compatibilidad con estándares anteriores a el	La versión actual es IAX2 ya que la primera versión de IAX ha quedado obsoleta Es un protocolo diseñado y pensado para su uso en conexiones de VoIP aunque puede soportar otro tipo de conexiones (por ejemplo video)	Tiene su origen en el protocolo MGCP y realiza las mismas funciones básicas de MGCP, pero permite la interconexión de un mayor número de redes IP como FR y ATM	Su compatibilidad con Normas de IETF y H323 lo hace ideal para aplicaciones de multimedia sobre redes	Debido a la naturaleza modular de SIP, este protocolo es ideal para desarrollar soluciones junto a otros protocolos como MEGACO, ya que provee funcionalidades que otros no tienen.
Compatibilidad con SS7	Toma protocolos de la tradicional PSTN como por ejemplo Q.931, por lo tanto, permite la integración con la RTPBC	No posee elementos comunes con RTPBC	Es una solución para la coexistencia de la RTPBC sobre una red IP	Un Gateway de señalización cuando es conectado a una red controlada por SS7 permite el enrutamiento y control de la información y el tráfico de voz a través de las diferentes redes de comunicación.	No posee elementos comunes con RTPBC
Complejidad	Baja	Baja	Alta	Alta	Alta
Control de señalización de llamada	H,245	No aplica ya que lo ejecuta el mismo	SDP	SDP	SDP

	H.323	IAX	MEGACO	MGCP	SIP
Control de transporte de audio	RTCP	No aplica ya que lo ejecuta el mismo	RTCP	RTCP	RTCP
Costo	Es más complejo y costoso de implementar en los terminales representando un costo alto	Bajo	Moderado	Moderado	Trabaja sobre sistemas operativos lo que reduce la inversión notoriamente
Cubrimiento	Completo	sencillo	Parcial	Parcial	sencillo
Desventajas	Complejo y poco adoptado en Telefonía IP- Falta de flexibilidad-No es un protocolo para grandes masas, la integración de H.323 con Internet se ve obstaculizada por características propias de ésta tecnología	Asterisk	No constituye un sistema completo, un protocolo de inicio de sesión es requerido entre los gateway controllers.	No posee características adecuadas para manejar terminales.	Problemas con el uso de NAT
Escalabilidad	Con respecto a los componentes de red y el soporte de múltiples conversaciones, se dificulta para zonas H.323 muy grandes, ya que el Gatekeeper tiene que conocer el estado de cada llamada que maneja. Escalabilidad pobre	El protocolo IAX es tan simple y directo que el stack IP completo, el stack IAX, el interface TDM, la cancelación de eco y la generación de caller ID se puede implementar en un adaptador de terminales analógicos (ATA)	Consigue separar las funciones de control de las de transporte dentro de la red, lo que permite un desarrollo de nuevos servicios y aporta una mayor escalabilidad. Se califica como escalabilidad moderada.	Este Protocolo es un protocolo muy simple con mucha facilidad para ampliarse	En SIP cuando la carga de llamadas en la red es elevada, se pueden usar los servidores de redirección, que no mantienen ningún tipo de estado. En si la escalabilidad es buena
Filosofía	Vertical	Horizontal	Vertical	Vertical	Horizontal que rehúsa elementos de Internet

	H.323	IAX	MEGACO	MGCP	SIP
Funciones	Define un grupo de protocolos para la creación de servicios multimedia sobre IP	Es un protocolo de conexiones VoIP entre servidores Asterisk aunque hoy en día también sirve para conexiones entre clientes y servidores que soporten el protocolo.	Permite la interconexión de redes IP con la RTPBC	Es un protocolo del control y de señalización para las conexiones de VOIP.	Usado para establecer, enrutar, modificar y liberar sesiones de comunicaciones a través de redes IP.
Organización	UIT	Asterisk	UIT / IETF La UIT-T aprobó la Recomendación H.248 el 15 de junio de 2000 y después el IETF emitió un protocolo MEGACO RFC 2885	IETF y esta definido informalmente en el RFC 3435	IETF
QoS	Los gatekeepers de una red H.323 se encargan de la reserva de recursos y del QoS	Existen complementos que permiten implementar parámetros de calidad.	El control de calidad de servicio QoS se integra en el gateway GW o en el controlador de llamadas MGC	El control de calidad de servicio QoS se integra en el gateway GW o en el controlador de llamadas MGC.	Este control no es realizado por SIP
Seguridad	H.323 define mecanismos de seguridad y facilidades de negociación vía H.235	La información de la llamada puede incluir el nombre de usuario y la conexión de entrada tiene una IP que Asterisk usa para autenticación también	Emplea una serie de comandos incluidos en los mensajes intercambiados para manejar los contextos y las terminaciones	Una vez que se configura la conexión entre dos extremos, la transferencia de datos tiene lugar. En una conexión multipunto, la conexión se establece entre un extremo y un período de sesiones multipunto.	SIP se diseñó sin elementos de seguridad, soporta mecanismos de autenticación vía HTTP usando servidores RADIUS.

	H.323	IAX	MEGACO	MGCP	SIP
Servicios	Permite implementar servicios suplementarios de voz gracias a la fuerte relación con los protocolos de la RTPC	EL IAX puede ser usado con cualquier tipo de medio como voz y video, pero fue pensado principalmente para llamadas de voz	Con el esquema que trabaja consigue separar la inteligencia y las funcionalidades de control, lo que permite el desarrollo de nuevos servicios	Realmente no hace nada más que simplemente los medios de comunicación directa y pasarelas de señalización pasarelas que realizan todo el trabajo.	SIP no proporciona servicios sino que provee primitivas que son usadas para implementar los servicios como : Seguimiento de llamadas , Servicios de traslado de direcciones, Movilidad personal, Tipos de negociación
Sesiones	Provee sesiones de comunicación audiovisual sobre paquetes de red	Usa una única asociación entre dos host, usa un mismo protocolo para señalización y sesión.	No constituye un sistema completo un protocolo de inicio de sesión es requerido entre gateway controllers	Informa al GW sobre la forma de crear y liberar conexiones para llamadas. Maneja señalización y gestión de la sesión para multimedia.	Solo gestiona sesiones, usa sesiones TCP y UDP para protocolos de señalización y RTP para transmitir trafico de voz o video.
Sofswitch	Gatekeeper	IAX	Call agent MGC	Call agent	SIP Server
Transporte de datos	RTP	No aplica ya que lo ejecuta el mismo	RTP	RTP	RTP
Ventajas	Permite el control del tráfico de la red, es independiente del tipo de red física que lo soporta, permite la integración de video.	Minimizar el ancho de banda usado en las transmisiones de control y multimedia de VoIP. Evitar problemas de NAT. Soporte para transmitir planes de marcación	Puede usarse para una gran variedad de aplicaciones de pasarela trasladando trenes de información de redes IP, RTPBC, ATM y otros sistemas.	Define una arquitectura centralizada para aplicaciones multimedia incluyendo VoIP.	SIP puede establecer múltiples sesiones durante una sola llamada. Esto significa que los usuarios pueden compartir un juego, mensajería instantánea y hablar al mismo tiempo. permite la portabilidad del número independientemente de la localización física del usuario

	Videoconferencia	H.323	<p>Soporta tanto la conferencia de datos como la de video. Tienen lugar procesos para el control de la conferencia y la sincronización de los streams de audio y video</p>	IAX	<p>Permite manejar una gran cantidad de CODECs y un gran número de streams, lo que significa que puede ser utilizado para transportar virtualmente cualquier tipo de dato. Esta capacidad lo hace muy útil para realizar videoconferencias o realizar presentaciones remotas.</p>	MEGACO	<p>Da respuesta a las funciones técnicas para la conferencia multimedia que se pasaron por alto en MGCP.</p>	MGCP	<p>No considera funciones específicas para este servicio.</p>	SIP	<p>No soporta protocolos como el T.120 para la conferencia de datos. No posee mecanismos de sincronización ni de control para la conferencia.</p>
--	-------------------------	--------------	--	------------	---	---------------	--	-------------	---	------------	---

ANEXO C. TABLA COMPARATIVA DE CODECS DE VOZ

Códec	Factor de compresión	Ancho de Banda (Kbps)	Calidad de pico ¹	Ruido de fondo	Resistencia a pérdida de paquetes	Complejidad en MIPS	Tamaño de la trama (ms)	Look Ahead (ms)	Codec Delay (Tamaño de la trama +Lookahead)	MOS ²	Distribución	Pros	Contras ³
G.711	1	64	Toll	Toll	Ningún mecanismo	~0,35	0,125	0	0,25	4,1	Gratuito	Diseñado para ofrecer transmisiones precisas de voz. Bajo procesamiento de encabezados	Incluye overheads, usa un ancho de banda mayor a 64 Kbps , por lo menos 128kbps son necesarios en cada sentido
G.723.1	~ 10	6,3	≤ Toll	≤ Toll	3%	~19	30	7.5	67,5	3,9	Propietario	Alta compresión manteniendo una alta calidad de audio	Requiere mucha potencia de procesador
	~ 12	5,3	≤ Toll	≤ Toll	3%	~19	30	7,5	67,5	3,8			
G.726	2	16/24/32/40	≤ Toll	≤ Toll	Ningún mecanismo	~12	0,125	0	0,25	3,85	Gratuito	Baja carga del procesador, soporta detección de actividad de voz y de generación de ruido.	El encabezado de CPU es relativamente bajo para el nivel de compresión obtenida.

¹ Tomado de: PacketCable™ Audio/Video Codecs Specification, PKT-SP-CODEC-I06-050812

² Tomado de : http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094ae2.shtml

³ Tomado de : <http://ozvoip.com/codecs.php>

Códec	Factor de compresión	Ancho de Banda (Kbps)	Calidad de pico ¹	Ruido de fondo	Resistencia a pérdida de paquetes	Complejidad en MIPS	Tamaño de la trama (ms)	Look Ahead (ms)	Codec Delay (Tamaño de la trama +Lookahead)	MOS ²	Distribución	Pros	Contras ³
G.728	4	16	Toll	Toll	3%	~36	0,625	0	1,25	3,61	Propietario	Es una solución de alta calidad, bajo ancho de banda, ofrece un buen manejo de ruido de fondo	Requiere un índice alto de potencia de procesador
G.729	8	8	Toll	≤ Toll	3%	~22	10	5	25	3,92	Propietario	Excelente uso del ancho de banda para calidades de voz tipo toll. Buen rendimiento bajo errores de bits aleatorios	Requiere licencia para su uso.
G.729A		8	Toll	≤ Toll	3%	~13	10	5	25				
G.729D		6,4	<Toll	<Toll	3%	~20	10	5	25				
G.729E		11,8	Toll	Toll	3%	~27	10	5	25				

Fabricanteⁱ	G.711	G.723.1	G.726	G.728	G.729A	G.722	GSM	iLBC	DVI4	Siren
Family										
Siemens optiPoint 410 Family	x	x								
Siemens optiPoint 420 Family	x	x			x	x				
Sipura SPA-2000	x	x	x		x					
Sipura SPA-2100	x	x	x		x					
Sipura SPA-3000	x	x	x		x					
Sipura SPA-841	x				x					
sipXphone	x									
SJPhone (free version)	x						x	x		
Snom 190	x	x	x		x	x	x			
Snom 320	x	x	x		x	x	x			
Snom 360	x	x	x		x	x	x			
SwissVoice IP 10S					x			x		
Uniden UIP-200	x				x					
Windows Messenger	x	x				x	x		x	x
X-lite	x						x	x		
X-Pro	x				x		x	x		
Zyxel Prestige 2000W	x				x					
Zyxel Prestige 2002	x				x					
Zyxel Prestige 2602HW(-L)	x				x					

ⁱ OZVOIP. Devices IP phones [en línea] [citado en febrero 2009] Disponible en internet: <URL: <http://ozvoip.com/voip-códecs/devices/>> ,

ANEXO E. ANCHO DE BANDA REQUERIDO POR CADA CODEC DE VOZ

Las siguientes tablas muestran los resultados arrojados por la calculadora *Erlangs y Ancho de Banda VoIP*, cada una muestra la cifra de ancho de banda requerido por cada CODEC; respecto a la duración del paquete y el grado de servicio.

G.711

Compression algorithm	Packet duration	B.H.T.	Blocking	Bandwidth (kbps)	Voice paths
G.711 (PCM) 64kbps uncompressed	10 milliseconds (80 samples)	2.150	0.010	672	7
G.711 (PCM) 64kbps uncompressed	20 milliseconds (160 samples)	2.150	0.010	560	7
G.711 (PCM) 64kbps uncompressed	30 milliseconds (240 samples)	2.150	0.010	523	7
G.711 (PCM) 64kbps uncompressed	40 milliseconds (320 samples)	2.150	0.010	504	7
G.711 (PCM) 64kbps uncompressed	10 milliseconds (80 samples)	2.150	0.020	576	6
G.711 (PCM) 64kbps uncompressed	20 milliseconds (160 samples)	2.150	0.020	480	6
G.711 (PCM) 64kbps uncompressed	30 milliseconds (240 samples)	2.150	0.020	448	6
G.711 (PCM) 64kbps uncompressed	40 milliseconds (320 samples)	2.150	0.020	432	6

G.723.1

Compression algorithm	Packet duration	B.H.T.	Blocking	Bandwidth (kbps)	Voice paths
G.723.1 (MP-MLQ) 6.4kbps compression	30 milliseconds (1 sample)	2.150	0.010	120	7
G.723.1 (MP-MLQ) 6.4kbps compression	60 milliseconds (2 sample)	2.150	0.010	83	7
G.723.1 (MP-MLQ) 6.4kbps compression	90 milliseconds (3 sample)	2.150	0.010	70	7
G.723.1 (MP-MLQ) 6.4kbps compression	30 milliseconds (1 sample)	2.150	0.020	103	6
G.723.1 (MP-MLQ) 6.4kbps compression	60 milliseconds (2 sample)	2.150	0.020	71	6
G.723.1 (MP-MLQ) 6.4kbps compression	90 milliseconds (3 sample)	2.150	0.020	60	6

G.726

Compression algorithm	Packet duration	B.H.T.	Blocking	Bandwidth (kbps)	Voice paths
G.726 (ADPCM) 32kbps compression	10 milliseconds (80 samples)	2.150	0.010	448	7
G.726 (ADPCM) 32kbps compression	20 milliseconds (160 samples)	2.150	0.010	336	7
G.726 (ADPCM) 32kbps compression	30 milliseconds (240 samples)	2.150	0.010	299	7
G.726 (ADPCM) 32kbps compression	40 milliseconds (320 samples)	2.150	0.010	280	7
G.726 (ADPCM) 32kbps compression	10 milliseconds (80 samples)	2.150	0.020	384	6
G.726 (ADPCM) 32kbps compression	20 milliseconds (160 samples)	2.150	0.020	288	6
G.726 (ADPCM) 32kbps compression	30 milliseconds (240 samples)	2.150	0.020	256	6
G.726 (ADPCM) 32kbps compression	40 milliseconds (320 samples)	2.150	0.020	240	6

G.728

Compression algorithm	Packet duration	B.H.T.	Blocking	Bandwidth (kbps)	Voice paths
G.728 (LD-CELP) 16kbps compression	10 milliseconds (16 samples)	2.150	0.010	336	7
G.728 (LD-CELP) 16kbps compression	20 milliseconds (32 samples)	2.150	0.010	224	7
G.728 (LD-CELP) 16kbps compression	30 milliseconds (48 samples)	2.150	0.010	187	7
G.728 (LD-CELP) 16kbps compression	40 milliseconds (64 samples)	2.150	0.010	168	7
G.728 (LD-CELP) 16kbps compression	10 milliseconds (16 samples)	2.150	0.020	288	6
G.728 (LD-CELP) 16kbps compression	20 milliseconds (32 samples)	2.150	0.020	192	6
G.728 (LD-CELP) 16kbps compression	30 milliseconds (48 samples)	2.150	0.020	160	6
G.728 (LD-CELP) 16kbps compression	40 milliseconds (64 samples)	2.150	0.020	144	6

G.729A

Compression algorithm	Packet duration	B.H.T.	Blocking	Bandwidth (kbps)	Voice paths
G.729A (CS-CELP) 8kbps compression	10 milliseconds (1 sample)	2.150	0.010	280	7
G.729A (CS-CELP) 8kbps compression	20 milliseconds (2 samples)	2.150	0.010	168	7
G.729A (CS-CELP) 8kbps compression	30 milliseconds (3 samples)	2.150	0.010	131	7
G.729A (CS-CELP) 8kbps compression	40 milliseconds (4 samples)	2.150	0.010	112	7
G.729A (CS-CELP) 8kbps compression	10 milliseconds (1 sample)	2.150	0.020	240	6
G.729A (CS-CELP) 8kbps compression	20 milliseconds (2 samples)	2.150	0.020	144	6
G.729A (CS-CELP) 8kbps compression	30 milliseconds (3 samples)	2.150	0.020	112	6
G.729A (CS-CELP) 8kbps compression	40 milliseconds (4 samples)	2.150	0.020	96	6

ANEXO F. TABLA COMPARATIVA ENTRE SIP Y H.323 PARA VIDEOCONFERENCIA IP

	H.323	SIP
Arquitectura	H.323 cubre casi todos los servicios como capacidad de intercambio, control de conferencia, señalización básica, calidad de servicio, registro, servicio de descubrimiento y más.	SIP es modular y cubre la señalización básica, la localización de usuarios y el registro. Otras características se implementan en protocolos separados.
Codificación de mensajes (Message Encoding)	H.323 codifica los mensajes en un formato binario compacto adecuado para conexiones de gran ancho de banda.	SIP codifica los mensajes en formato ASCII, adecuado para que lo puedan leer los humanos.
Compatibilidad con otras tecnologías	Alta. Porque las especificaciones son bien detalladas. La mayoría de los sistemas trabajarán siguiendo las normas. La interoperabilidad es común entre unidades de diferentes fabricantes.	Variable. Los estándares menos rigurosos generalmente crea diferencias entre los productos, pero la simplicidad inherente de SIP significa que las operaciones básicas son simples y sencillas de implementar con diferentes productos.
Compatibilidad con otras versiones	Cada nueva generación se configura para ser compatible con versiones anteriores.	No se asegura. Las características pueden ser adicionadas o removidas para nuevas implementaciones, y las diferentes versiones no son totalmente compatibles.
Complejidad	Alta. Tiene un número de características sofisticadas que requieren un alto grado de desarrollo de software	Variable. Puede ser implementado de una manera simple sin asignar grandes características. Implementar más características requiere más desarrollo.
Conferencias de video y datos	H.323 soporta todo tipo de conferencia de video y datos. Los procedimientos permiten control de la conferencia y sincronización de los streams de audio y video,	SIP no soporta protocolos de video como T.120 y no tiene ningún protocolo para control de la conferencia.
Control de la llamada de un tercero (Third-party Call Control)	Si, a través de pausa de la tercera parte y re-enrutando según esta definido en H.323. Un control más sofisticado se define en el estándar de las series H.450.x	Si, según se describe en los borradores (Drafts) del protocolo.
Facturación	Incluso con el modelo de llamada directa H.323, la posibilidad de facturar la llamada no se pierde porque los puntos finales reportan al gatekeeper el tiempo de inicio y finalización de la llamada mediante el protocolo RAS.	Si un proxy SIP quiere recoger información de facturación no tiene otra opción que revisar el canal de señalización de manera constante para detectar cuando se completa la llamada. Incluso así, las estadísticas están sesgadas porque la señalización de la llamada puede tener retardos.
Flexibilidad	Media. Soporta una variedad de sistemas compresión de video y audio, sin embargo todas las implementaciones deben tener capacidades de audio.	Alta. Se pueden iniciar diferentes tipos de sesiones y añadir muchas más. Se usan procedimientos similares para iniciar sesiones de voz, datos, video y mensajería instantánea.

	H.323	SIP
Gran cantidad de llamadas (Large Number of Calls)	El control de llamadas en se implementa de una manera sin estado. Un gateway usa los mensajes definidos en H.225 para ayudar al gatekeeper en el balanceo de carga de los gateways implicados.	El control de llamadas en se implementa de una manera sin estado. SIP necesita menos ciclos de CPU para generar mensajes de señalización Por lo tanto, teóricamente un servidor puede manejar más transacciones. SIP ha especificado un método de balanceo de carga basado en el mecanismo de traslación DNS SRV.
Implementación	Amplia. Hay millones de sistemas en el mundo instalados, y continua en expansión.	Creciente. Esta en crecimiento particularmente en el área de la voz.
Madurez	Ha pasado por varias versiones y cubre muchas características avanzadas como llamada en espera	Las funciones básicas empiezan a madurar. Gran parte del esfuerzo actual es mejor las características de SIP
Número amplio de dominios (Large Number of Domains)	La intención inicial de H.323 fue el soporte de LANs, por lo que está pensado para el direccionamiento de redes amplias. El concepto de zona fue añadido para acomodar este direccionamiento amplio. Los procedimientos son definidos por localización de usuarios a través de nombres de email. El anexo G define la comunicación entre dominios administrativos, describiendo los métodos para resolución de direcciones, autorización de acceso y el reporte entre dominios administrativos. En las búsquedas multidominio no hay formas sencillas de detectar bucles. La detección de bucles se puede realizar a través del campo "PathValue" pero introduce problemas relativos a la escalabilidad.	SIP soporta de manera inherente direccionamientos de áreas. Cuando muchos servidores están implicados en una llamada SIP usa un algoritmo similar a BGP que puede ser usado en una manera sin estado evitando problemas de escalabilidad. Los SIP Registrar y servidores de redirección fueron diseñados para soportar localización de usuarios.
Protocolo de transporte	Fiable (Reliable) o no fiable (unreliable), ej., TCP o UDP. La mayoría de las entidades H.323 usan transporte fiable (TCP) para señalización.	Fiable (Reliable) o no fiable (unreliable), ej., TCP o UDP. La mayoría de las entidades SIP usan transporte no fiable (UDP) para señalización.
Seguridad	Define mecanismos de seguridad y facilidades de negociación mediante H.235, puede usar SSL para seguridad en la capa de transporte.	SIP soporta autenticación de llamante y llamado mediante mecanismos HTTP. Autenticación criptográfica y encriptación son soportados salto a salto por SSL/TSL pero SIP puede usar cualquier capa de transporte o cualquier mecanismo de seguridad de HTTP, como SSH o S-HTTP. Claves para encriptación multimedia se ofrecen usando SDP. SSL soporta autenticación simétrica y asimétrica. SIP también define autenticación y encriptación final usando PGP o S/MIME.

	H.323	SIP
Señalización multicast (Multicast Signaling)	Si, requiere localización (LRQ) y descubrimiento automático del gatekeeper (GRQ).	Si, ejemplo, a través de mensajes de grupo INVITEs.

ANEXO G. ESTÁNDARES DE VIDEOCONFERENCIA SOPORTADOS POR EQUIPOS COMERCIALES

Fabricante	Equipo	Estándares y protocolos de Video							Estándares y protocolos de audio					Estándares y protocolos de red			
		H.261	H.263	H.263+	H.263++	H.264	H.239	H.241	G.722	G.711	G.728	G.723	G.729A	SIP	H.323	H.320	SCCP
Polycom	HDX 9000	x		x		x	x		x	x	x		x	x	x	x	
	HDX 8000	x		x		x	x		x	x	x		x	x	x	x	
	HDX 7000	x			x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	
	HDX 4000	x		x		x	x		x	x	x		x	x	x	x	
	QDX 6000	x	x			x			x	x	x				x		
	VSX 8000	x		x		x	x		x	x	x		x	x	x	x	x
	VSX 7000e	x		x		x	x		x	x	x		x	x	x	x	x
	VSX 7000s	x		x		x	x		x	x	x		x	x	x	x	x
	VSX 6000	x		x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x
	VSX 5000	x		x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x
	VSX 3000	x		x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x
	V 700	x		x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		
	V 500	x		x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	
PVX	x	x	x		x			x	x	x		x	x	x			
Aethra	Electra	x	x	x		x	x	x	x	x	x			x	x	x	
	Athena	x		x		x	x	x	x	x	x			x	x	x	
	Vega X7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	
	Vega X5	x	x	x	x		x	x	x	x	x			x	x	x	
	Vega X3	x	x	x	x		x	x	x	x	x			x	x	x	
	Vega X1	x	x	x	x			x	x	x	x			x	x	x	
	Maia XC	x	x	x	x	x			x	x	x			x	x		

Fabricante	Equipo	Estándares y protocolos de Video							Estándares y protocolos de audio					Estándares y protocolos de red			
Sony	PCS-XG80	x	x	x	x	x	x		x	x	x			x			
	PCSG50	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x		
	PCSG70S	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
	PCSTL33	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x	x		
	PCS1	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	

ANEXO I. CÁLCULO DE PERFILES Y PRIMERA ZONA DE FRESNEL PARA CADA ENLACE DE LA RED

En este anexo se consignaron los datos calculados teóricamente, los cuales permitieron representar el perfil y la primera zona de Fresnel de cada enlace.

Enlace Simijaca-Repetidor1, en la frecuencia de 2.4 GHz

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
2,4 GHz	Simijaca	5,50729	-73,85554	2577	0	10660	0	0	2577	2577
	P1	5,506352	-73,848218	2559	820	9840	9,727043981	5,836226389	2579,901954	2599,356042
	P2	5,505449	-73,840803	2549	1640	9020	13,17047981	7,902287887	2589,087517	2615,428477
	P3	5,504342	-73,832293	2545	2590	8070	15,65535981	9,393215887	2601,233794	2632,544513
	P4	5,502757	-73,821481	2541	3800	6860	17,48357578	10,49014547	2618,041051	2653,008202
	P5	5,501163	-73,809519	2539	5140	5520	18,24011208	10,94406725	2637,922146	2674,40237
	P6	5,499928	-73,800226	2542	6180	4480	18,01812721	10,81087632	2654,161397	2690,197652
	P7	5,498866	-73,791861	2548	7110	3550	17,20383945	10,32230367	2669,298817	2703,706496
	P8	5,497594	-73,782681	2541	8140	2520	15,50918145	9,305508869	2686,856729	2717,875092
	P9	5,496269	-73,77274	2540	9250	1410	12,36678547	7,420071279	2707,094477	2731,828048
	Rep 1	5,494648	-73,76058	2742	10660	0	0	0	2742	2742

Enlace Simijaca-Repetidor1, en la frecuencia de 5.75 GHz

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
5,75GHz	Simijaca	5,50729	-73,85554	2577	0	10660	0	0	2577	2577
	P1	5,506352	-73,848218	2559	820	9840	6,297838457	3,778703074	2579,901954	2599,356042
	P2	5,505449	-73,840803	2549	1640	9020	8,527313582	5,116388149	2589,087517	2615,428477
	P3	5,504342	-73,832293	2545	2590	8070	10,13616544	6,081699266	2601,233794	2632,544513
	P4	5,502757	-73,821481	2541	3800	6860	11,31985587	6,791913523	2618,041051	2653,008202
	P5	5,501163	-73,809519	2539	5140	5520	11,80968026	7,085808156	2637,922146	2674,40237
	P6	5,499928	-73,800226	2542	6180	4480	11,6659547	6,99957282	2654,161397	2690,197652
	P7	5,498866	-73,791861	2548	7110	3550	11,13873875	6,68324325	2669,298817	2703,706496
	P8	5,497594	-73,782681	2541	8140	2520	10,0415213	6,024912782	2686,856729	2717,875092
	P9	5,496269	-73,77274	2540	9250	1410	8,006956403	4,804173842	2707,094477	2731,828048
	Rep 1	5,494648	-73,76058	2742	10660	0	0	0	2742	2742

Enlace Susa-Repetidor1, en la frecuencia de 2.4 GHz y 5.75 GHz

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
2,4 GHz	Susa	5,455699	-73,81439	2557	0	7390	0	0	2557	2557
	P1	5,461554	-73,806305	2544	1100	6290	10,81818621	6,490911727	2573,687544	2595,323917
	P2	5,467292	-73,798353	2541	2190	5200	13,87894698	8,327368185	2597,882462	2625,640356
	P3	5,471986	-73,791887	2539	3070	4320	14,97765589	8,986593533	2618,788338	2648,743649
	P4	5,476011	-73,786325	2539	3830	3560	15,18648177	9,111889065	2637,583471	2667,956435
	P5	5,480629	-73,779943	2543	4700	2690	14,62371977	8,774231863	2659,900766	2689,148205
	P6	5,484909	-73,774036	2537	5510	1880	13,23693729	7,942162373	2681,541768	2708,015642
	P7	5,489344	-73,767913	2555	6350	1040	10,56905893	6,341435361	2705,214022	2726,35214
Rep 1	5,494648	-73,76058	2742	7390	0	0	0	2742	2742	
5,75 GHz	Susa	5,455699	-73,81439	2557	0	7390	0	0	2557	2557
	P1	5,461554	-73,806305	2544	1100	6290	7,004305654	4,202583393	2577,501425	2591,510036
	P2	5,467292	-73,798353	2541	2190	5200	8,986015296	5,391609178	2602,775394	2620,747424
	P3	5,471986	-73,791887	2539	3070	4320	9,697381592	5,818428955	2624,068612	2643,463375
	P4	5,476011	-73,786325	2539	3830	3560	9,832587282	5,899552369	2642,937366	2662,60254
	P5	5,480629	-73,779943	2543	4700	2690	9,468223331	5,680933999	2665,056262	2683,992709
	P6	5,484909	-73,774036	2537	5510	1880	8,570341912	5,142205147	2686,208363	2703,349047
	P7	5,489344	-73,767913	2555	6350	1040	6,843006564	4,105803938	2708,940075	2722,626088
Rep 1	5,494648	-73,76058	2742	7390	0	0	0	2742	2742	

Enlace Repetidor1-Repetidor2, en la frecuencia de 2.4 GHz

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
2,4 GHz	Rep 1	5,494648	-73,76058	2742	0	22100	0	0	2742	2742
	P1	5,488033	-73,759801	2626	740	21360	9,455300891	5,673180534	2740,716481	2759,627083
	P2	5,482463	-73,759145	2538	1360	20740	12,63085356	7,578512133	2744,387557	2769,649264
	P3	5,475496	-73,758248	2538	2130	19970	15,51092521	9,306555127	2750,010556	2781,032406
	P4	5,467207	-73,757235	2534	3050	19050	18,1282666	10,87695996	2757,552727	2793,809261
	P5	5,454126	-73,755601	2534	4510	17590	21,18263878	12,70958327	2770,621061	2812,986338
	P6	5,446342	-73,754725	2534	5380	16720	22,55631464	13,53378879	2778,85475	2823,967379
	P7	5,43878	-73,753894	2539	6220	15880	23,63629007	14,18177404	2787,050852	2834,323432
	P8	5,430671	-73,752819	2539	7120	14980	24,56149361	14,73689617	2796,064302	2845,187289
	P9	5,420049	-73,751527	2538	8300	13800	25,45291101	15,2717466	2808,203564	2859,109386
	P10	5,40307	-73,749317	2540	10190	11910	26,20003325	15,72001995	2828,327616	2880,727682
	P11	5,395806	-73,748645	2537	11000	11100	26,27947602	15,76768561	2837,192961	2889,751913
	P12	5,390099	-73,747886	2586	11630	10470	26,24351892	15,74611135	2844,185976	2896,673014
	P13	5,382629	-73,746821	2626	12470	9630	26,06184995	15,63710997	2853,643722	2905,767422
	P14	5,372523	-73,745762	2543	13590	8510	25,57604445	15,34562667	2866,49763	2917,649719
	P15	5,355927	-73,743749	2593	15440	6660	24,11679725	14,47007835	2888,386333	2936,619928
	P16	5,348445	-73,742844	2590	16270	5830	23,16257953	13,89754772	2898,506198	2944,831357
	P17	5,340088	-73,741918	2625	17200	4900	21,83338802	13,10003281	2910,105332	2953,772108
	P18	5,330287	-73,740644	2551	18290	3810	19,85309452	11,91185671	2924,12244	2963,828629
	P19	5,317421	-73,739113	2634	19720	2380	16,29299047	9,775794282	2943,473961	2976,059942
Rep 2	5,297547	-73,73667	2986	22100	0	0	0	0	2986	2986

Enlace Repetidor1-Repetidor2, en la frecuencia de 5.75 GHz

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
5,75 GHz	Rep 1	5,494648	-73,76058	2742	0	22100	0	0	2742	2742
	P1	5,488033	-73,759801	2626	740	21360	6,12189661	3,673137966	2744,049886	2756,293679
	P2	5,482463	-73,759145	2538	1360	20740	8,177929021	4,906757413	2748,840481	2765,196339
	P3	5,475496	-73,758248	2538	2130	19970	10,04265031	6,025590189	2755,478831	2775,564131
	P4	5,467207	-73,757235	2534	3050	19050	11,73726517	7,042359102	2763,943729	2787,418259
	P5	5,454126	-73,755601	2534	4510	17590	13,71483848	8,228903089	2778,088861	2805,518538
	P6	5,446342	-73,754725	2534	5380	16720	14,60423394	8,762540362	2786,806831	2816,015299
	P7	5,43878	-73,753894	2539	6220	15880	15,30347111	9,182082667	2795,383671	2825,990613
	P8	5,430671	-73,752819	2539	7120	14980	15,90250022	9,54150013	2804,723296	2836,528296
	P9	5,420049	-73,751527	2538	8300	13800	16,47965426	9,887792556	2817,176821	2850,13613
	P10	5,40307	-73,749317	2540	10190	11910	16,96338346	10,17803007	2837,564265	2871,491032
	P11	5,395806	-73,748645	2537	11000	11100	17,0148192	10,20889152	2846,457618	2880,487257
	P12	5,390099	-73,747886	2586	11630	10470	16,99153854	10,19492312	2853,437957	2887,421034
	P13	5,382629	-73,746821	2626	12470	9630	16,87391577	10,12434946	2862,831656	2896,579488
	P14	5,372523	-73,745762	2543	13590	8510	16,55937782	9,93562669	2875,514297	2908,633053
	P15	5,355927	-73,743749	2593	15440	6660	15,61457864	9,368747183	2896,888552	2928,117709
	P16	5,348445	-73,742844	2590	16270	5830	14,99676412	8,998058469	2906,672014	2936,665542
	P17	5,340088	-73,741918	2625	17200	4900	14,13617035	8,481702211	2917,80255	2946,074891
	P18	5,330287	-73,740644	2551	18290	3810	12,85401633	7,712409796	2931,121518	2956,829551
	P19	5,317421	-73,739113	2634	19720	2380	10,5490036	6,329402159	2949,217948	2970,315955
Rep 2	5,297547	-73,73667	2986	22100	0	0	0	0	2986	2986

Enlace Capellanía-Repetidor2, en la frecuencia de 2.4 GHz

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
2,4 GHz	Capell	5,406111	-73,76491	2544	0	12410	0	0	2544	2544
	P1	5,398049	-73,762813	2537	920	11490	10,31865385	6,191192309	2566,448433	2587,085741
	P2	5,390314	-73,760802	2538	1800	10610	13,86957203	8,321743216	2594,239946	2621,97909
	P3	5,38054	-73,758258	2542	2920	9490	16,70681439	10,02408863	2631,29307	2664,706699
	P4	5,37274	-73,756226	2545	3810	8600	18,16690015	10,90014009	2661,531579	2697,865379
	P5	5,364266	-73,753974	2581	4780	7630	19,16661119	11,49996672	2695,079774	2733,412997
	P6	5,354767	-73,751575	2541	5860	6550	19,66249267	11,7974956	2733,049604	2772,374589
	P7	5,346717	-73,749453	2554	6780	5630	19,60821951	11,76493171	2765,870964	2805,087403
	P8	5,337768	-73,747075	2607	7800	4610	19,03123096	11,41873858	2802,776679	2840,839141
	P9	5,326869	-73,744293	2554	9050	3360	17,50100722	10,50060433	2848,827401	2883,829415
	P10	5,316234	-73,741544	2686	10260	2150	14,90603121	8,943618724	2894,518219	2924,330282
	P11	5,306378	-73,738945	2842	11390	1020	10,81760361	6,490562168	2938,853177	2960,488385
R2	5,297547	-73,73667	2986	12410	0	0	0	0	2986	2986

Enlace Capellanía-Repetidor2, en la frecuencia de 5.75 GHz

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
5,75 GHz	Capell	5,406111	-73,76491	2544	0	12410	0	0	2544	2544
	P1	5,398049	-73,762813	2537	920	11490	6,680880148	4,008528089	2570,086207	2583,447967
	P2	5,390314	-73,760802	2538	1800	10610	8,979945424	5,387967255	2599,129572	2617,089463
	P3	5,38054	-73,758258	2542	2920	9490	10,81693661	6,490161967	2637,182948	2658,816821
	P4	5,37274	-73,756226	2545	3810	8600	11,76227872	7,057367231	2667,9362	2691,460758
	P5	5,364266	-73,753974	2581	4780	7630	12,40954819	7,445728916	2701,836837	2726,655934
	P6	5,354767	-73,751575	2541	5860	6550	12,73060991	7,638365946	2739,981486	2765,442706
	P7	5,346717	-73,749453	2554	6780	5630	12,6954704	7,617282238	2772,783713	2798,174653
	P8	5,337768	-73,747075	2607	7800	4610	12,32189537	7,393137223	2809,486014	2834,129805
	P9	5,326869	-73,744293	2554	9050	3360	11,33114197	6,798685184	2854,997266	2877,65955
	P10	5,316234	-73,741544	2686	10260	2150	9,651007721	5,790604633	2899,773243	2919,075258
	P11	5,306378	-73,738945	2842	11390	1020	7,003928448	4,202357069	2942,666853	2956,674709
R2	5,297547	-73,73667	2986	12410	0	0	0	0	2986	2986

Enlace Fúquene-Repetidor2, en la frecuencia de 2.4 GHz

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
2,4 GHz	Fúquene	5,405618	-73,796012	2856	0	13720	0	0	2856	2856
	P1	5,397063	-73,791329	2786	1080	12640	11,15227232	6,69136339	2855,080948	2877,385492
	P2	5,390228	-73,787575	2704	1940	11780	14,42950593	8,657703558	2859,952389	2888,811401
	P3	5,383465	-73,783848	2630	2790	10930	16,6682549	10,00095294	2865,767563	2899,104073
	P4	5,376904	-73,780255	2609	3620	10100	18,25126299	10,95075779	2872,048974	2908,5515
	P5	5,370688	-73,776899	2546	4400	9320	19,32912725	11,59747635	2878,361768	2917,020023
	P6	5,362964	-73,772598	2545	5380	8340	20,21864812	12,13118887	2886,757947	2927,195243
	P7	5,352015	-73,766577	2543	6760	6960	20,70407912	12,42244747	2899,348297	2940,756455
	P8	5,344448	-73,762417	2551	7710	6010	20,546714	12,3280284	2908,507105	2949,600533
	P9	5,335944	-73,75772	2647	8790	4930	19,86990762	11,92194457	2919,417132	2959,156947
	P10	5,327223	-73,752961	2548	9880	3840	18,59182553	11,15509532	2931,023185	2968,206837
	P11	5,317845	-73,747931	2548	11060	2660	16,37179631	9,823077784	2944,423955	2977,167548
	P12	5,309292	-73,743105	2819	12150	1570	13,18305051	7,909830305	2957,940673	2984,306774
Rep 2	5,297547	-73,73667	2986	13720	0	0	0	2986	2986	

Enlace Fúquene-Repetidor2, en la frecuencia de 5.75 GHz

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
5,75 GHz	Fúquene	5,405618	-73,796012	2856	0	13720	0	0	2856	2856
	P1	5,397063	-73,791329	2786	1080	12640	7,220611896	4,332367138	2859,012608	2873,453832
	P2	5,390228	-73,787575	2704	1940	11780	9,342478305	5,605486983	2865,039417	2883,724373
	P3	5,383465	-73,783848	2630	2790	10930	10,79197102	6,475182612	2871,643847	2893,227789
	P4	5,376904	-73,780255	2609	3620	10100	11,81689999	7,090139994	2878,483337	2902,117137
	P5	5,370688	-73,776899	2546	4400	9320	12,51477028	7,508862169	2885,176125	2910,205666
	P6	5,362964	-73,772598	2545	5380	8340	13,0906964	7,854417843	2893,885899	2920,067291
	P7	5,352015	-73,766577	2543	6760	6960	13,40499189	8,042995134	2906,647384	2933,457368
	P8	5,344448	-73,762417	2551	7710	6010	13,30310481	7,981862888	2915,750715	2942,356924
	P9	5,335944	-73,75772	2647	8790	4930	12,86490208	7,718941248	2926,422137	2952,151941
	P10	5,327223	-73,752961	2548	9880	3840	12,03739945	7,222439668	2937,577612	2961,65241
	P11	5,317845	-73,747931	2548	11060	2660	10,60002695	6,360016172	2950,195724	2971,395778
	P12	5,309292	-73,743105	2819	12150	1570	8,535452562	5,121271537	2962,588271	2979,659176
Rep 2	5,297547	-73,73667	2986	13720	0	0	0	2986	2986	

Enlace Ubaté -Repetidor2, en la frecuencia de 2.4 GHZ y 5.75 GHZ

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
2,4 GHZ	Ubaté	5,304656	-73,813723	2560	0	8620	0	0	2560	2560
	P1	5,303913	-73,805715	2552	890	7730	9,988174562	5,992904737	2593,99554	2613,971889
	P2	5,303048	-73,796392	2546	1930	6690	13,68337052	8,210022312	2641,697045	2669,063786
	P3	5,302145	-73,786605	2548	3020	5600	15,66025605	9,396153629	2693,587855	2724,908367
	P4	5,301249	-73,776822	2543	4100	4520	16,39315402	9,835892414	2746,228454	2779,014762
	P5	5,300291	-73,766526	2544	5250	3370	16,01754585	9,610527508	2803,436952	2835,472044
	P6	5,299491	-73,757405	2687	6260	2360	14,63674618	8,782047708	2854,731855	2884,005347
	P7	5,298481	-73,74707	2757	7410	1210	11,40258091	6,841548549	2914,79891	2937,604072
	Rep 2	5,297547	-73,73667	2986	8620	0	0	0	2986	2986
5,75 GHZ	Ubaté	5,304656	-73,813723	2560	0	8620	0	0	2560	2560
	P1	5,303913	-73,805715	2552	890	7730	6,466909165	3,880145499	2597,516806	2610,450624
	P2	5,303048	-73,796392	2546	1930	6690	8,859388036	5,315632822	2646,521027	2664,239803
	P3	5,302145	-73,786605	2548	3020	5600	10,13933554	6,083601327	2699,108776	2719,387447
	P4	5,301249	-73,776822	2543	4100	4520	10,61385515	6,368313089	2752,007753	2773,235463
	P5	5,300291	-73,766526	2544	5250	3370	10,37066517	6,222399102	2809,083833	2829,825163
	P6	5,299491	-73,757405	2687	6260	2360	9,476657364	5,685994419	2859,891944	2878,845258
	P7	5,298481	-73,74707	2757	7410	1210	7,38267584	4,429605504	2918,818815	2933,584167
	Rep 2	5,297547	-73,73667	2986	8620	0	0	0	2986	2986

Enlace Sutatausa-Repetidor2, en la frecuencia de 2.4 GHz

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
2,4 GHz	Suta	5,250144	-73,86578	2874	0	15310	0	0	2874	2874
	P1	5,251792	-73,860104	2744	650	14660	8,820456747	5,292274048	2869,934554	2887,575467
	P2	5,255539	-73,850633	2583	1780	13530	14,02252783	8,413516698	2872,998885	2901,043941
	P3	5,258345	-73,842376	2653	2750	12560	16,79301121	10,07580672	2877,32434	2910,910363
	P4	5,261165	-73,835684	2574	3550	11760	18,4622764	11,07736584	2881,507395	2918,431948
	P5	5,264509	-73,826657	2568	4610	10700	20,06826202	12,04095721	2887,655734	2927,792258
	P6	5,267587	-73,81828	2562	5600	9710	21,07031555	12,64218933	2893,895927	2936,036558
	P7	5,270706	-73,809895	2549	6590	8720	21,66049419	12,99629651	2900,547995	2943,868983
	P8	5,273098	-73,803449	2549	7350	7960	21,85584563	13,11350738	2905,912348	2949,624039
	P9	5,27623	-73,794747	2543	8380	6930	21,77489341	13,06493605	2913,528163	2957,07795
	P10	5,279096	-73,786945	2543	9300	6010	21,36220712	12,81732427	2920,671017	2963,395432
	P11	5,282243	-73,77838	2551	10310	5000	20,51548299	12,3092898	2928,906296	2969,937262
	P12	5,2849	-73,771132	2747	11160	4150	19,4456989	11,66741934	2936,194171	2975,085568
	P13	5,288448	-73,761585	2780	12290	3020	17,40791767	10,4447506	2946,498354	2981,31419
	P14	5,291163	-73,754084	2822	13170	2140	15,16935746	9,101614473	2955,174467	2985,513182
	P15	5,294539	-73,744868	2818	14260	1050	11,05660573	6,633963441	2967,261005	2989,374217
	Rep 2	5,297547	-73,73667	2986	15310	0	0	0	2986	2986

Enlace Sutatausa-Repetidor2, en la frecuencia de 5.75 GHz

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
5,75 GHz	Suta	5,250144	-73,86578	2874	0	15310	0	0	2874	2874
	P1	5,251792	-73,860104	2744	650	14660	5,710862603	3,426517562	2873,044148	2884,465873
	P2	5,255539	-73,850633	2583	1780	13530	9,078977663	5,447386598	2877,942435	2896,100391
	P3	5,258345	-73,842376	2653	2750	12560	10,8727453	6,523647183	2883,244606	2904,990097
	P4	5,261165	-73,835684	2574	3550	11760	11,95352201	7,172113206	2888,01615	2911,923194
	P5	5,264509	-73,826657	2568	4610	10700	12,99332794	7,795996762	2894,730668	2920,717324
	P6	5,267587	-73,81828	2562	5600	9710	13,64211407	8,185268442	2901,324129	2928,608357
	P7	5,270706	-73,809895	2549	6590	8720	14,0242291	8,414537462	2908,18426	2936,232718
	P8	5,273098	-73,803449	2549	7350	7960	14,15071068	8,490426406	2913,617483	2941,918904
	P9	5,27623	-73,794747	2543	8380	6930	14,09829763	8,458978578	2921,204758	2949,401354
	P10	5,279096	-73,786945	2543	9300	6010	13,83110118	8,298660709	2928,202123	2955,864326
	P11	5,282243	-73,77838	2551	10310	5000	13,28288409	7,969730455	2936,138895	2962,704663
	P12	5,2849	-73,771132	2747	11160	4150	12,59024536	7,554147217	2943,049624	2968,230115
	P13	5,288448	-73,761585	2780	12290	3020	11,27087053	6,762522319	2952,635401	2975,177143
	P14	5,291163	-73,754084	2822	13170	2140	9,82150003	5,892900018	2960,522324	2980,165324
	P15	5,294539	-73,744868	2818	14260	1050	7,158671939	4,295203163	2971,158939	2985,476283
Rep 2	5,297547	-73,73667	2986	15310	0	0	0	2986	2986	

Enlace Lenguazaque-Repetidor2, en la frecuencia de 2.4 y 5.75 GHz

Frecuencia de Trabajo	Punto	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)	d1 (m)	d2 (m)	Radio primera zona Fresnel r_1 (m)	60% r_1 (m)	Lóbulo inferior elipse (m)	Lóbulo superior elipse (m)
2,4 GHz	Lengu	5,306492	-73,7128	2586	0	2860	0	0	2586	2586
	P1	5,304277	-73,718715	2663	700	2160	8,129201442	4,877520865	2675,77287	2692,031273
	P2	5,302024	-73,724715	2747	1410	1450	9,45291053	5,671746318	2773,749833	2792,655654
	P3	5,299866	-73,730483	2808	2090	770	8,38668817	5,032012902	2869,920925	2886,694301
	Rep 2	5,297547	-73,73667	2986	2860	0	0	0	2986	2986
5,75 GHz	Lengu	5,306492	-73,7128	2586	0	2860	0	0	2586	2586
	P1	5,304277	-73,718715	2663	700	2160	5,263304819	3,157982892	2678,638766	2689,165376
	P2	5,302024	-73,724715	2747	1410	1450	6,120348955	3,672209373	2777,082395	2789,323093
	P3	5,299866	-73,730483	2808	2090	770	5,430016291	3,258009775	2872,877597	2883,737629
	Rep 2	5,297547	-73,73667	2986	2860	0	0	0	2986	2986

ANEXO J. COMPARACIÓN DE VALORES DE POTENCIAS DE TRANSMISIÓN EN EQUIPOS COMERCIALES

Fabricante	Nombre	Bandas de operación	Data throughput (Mbps)	Potencia de TX (dBm)	Sensibilidad del receptor (dBm)
Airaya	AI108-4958-ON-150	5.725-5.85GHz	hasta 24	21	-85
Airmux-200	Point-to-Point Wireless Multiplexer	5,725 - 5,850 MHz	hasta 48	23	-84
Proxim Wireless	TSUNAMI.GX 32	5,725 - 5,850 MHz	hasta 32	23,5	-85
RadWin	Winlink 1000	5,725 - 5,850 MHz	hasta 48	23	-88
Trango Systems	TrangoLInK-10	5725 MHz to 5850 MHz	Hasta 10	41,3	-87

ANEXO K. GANANCIAS TÍPICAS DE ANTENAS COMERCIALES QUE OPERAN EN BANDAS DE FRECUENCIA LIBRE

Fabricante	Nombre	Bandas de operación	Clase	Ganancia antena interna (dBi)	Apertura del haz (°)
Airaya	AI108-4958-ON-150	5.725-5.85GHz	Panel-Externa	23	10
Airmux	Airmux 200	5,725 - 5,850 MHz	Panel-Externa	28	4,5
Airmux	Airmux 200	5,725 - 5,850 MHz	Parabólica-Externa	32,5	4,5
Radwin	Winlink 1000	5,725 - 5,850 MHz	Interna	22	20
Radwin	Winlink 1001	5,725 - 5,850 MHz	Parabólica-Externa	29	4,5
Trango Systems	TrangoLnK-10	5725 MHz to 5850 MHz	Panel-Integrada	18	18
Trango Systems	AD5830-23-DP	5726 MHz to 5850 MHz	Panel-Externa	24	9
Trango Systems	SPD3-5.2T	5727 MHz to 5850 MHz	Parabólica-Externa	31	4

COTIZACION

COTIZACION N°

2133

JEP

B

Bogotá D. C, 8 de mayo de 2009

Señores: UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA
 Contacto: SANDRA PALMA / JENNIFER MENDEZ
 Cargo: INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES
 Teléfono: 3156482807 / 3005555419
 Fax:
 E-mail: spalmausb@yahoo.com
 jennifermendezr@gmail.com



Apreciadas Jennifer y Sandra, de acuerdo con su requerimiento atentamente me permito presentarles nuestra propuesta de radioenlaces para el proyecto de Telemedicina :

I. RELACIÓN DE PRECIOS

ITEM	CANT	DETALLE	DESCRIPCION	REFERENCIA	VALOR UNITARIO US\$	VALOR TOTAL US\$
Radioenlaces Proyecto Telemedicina – Universidad San Buenaventura						
1	16		Outdoor unit supporting HSS for external antenna operating in 5.8GHz band according to FCC radio regulation, max Tx power 23dBm, supporting 5, 10, 20MHz channel BW. Can be configured with the Combo Configuration Tool, where regulation allows, to: 5.8GHz FCC, 5.8GHz India WPC, 5.3GHz universal (HP), 5.4GHz universal (HP), 5.9GHz universal (HP).	WL1000-ODU-HE/F58/FCC/CMB/EXT	\$1.183,00	\$18.928,00
2	1		Indoor Unit supporting upto 8 ODUs and performing traffic aggregation towards 2 uplinks of Ethernet and/or TDM (with optional SFP plug-in device)	Base Distribution Unit (BDU)	\$1.350,00	\$1.350,00
3	16		CAT5. ODU-IDU Cable, 25m, assembled w/RJ45 connectors	Cbl/25 Assy	\$70,00	\$1.120,00
4	9		Hub Site Synchronization (HSS) Cable, 5m, assembled w/RJ45 connectors	HSS-Cbl/5 Assy	\$45,00	\$405,00
5	2		Hub Site Synchronization (HSS) Unit to connect 8 collocated ODUs and two additional HSS Units	HSSU-10	\$246,00	\$492,00
6	16		PoE Device. See /AC02 – PoE device with US AC plug	PoE	\$79,00	\$1.264,00
7	6		Dish antenna, 3ft, gain 29 dBi, 5.150-5.850 Ghz	HDDA-5W-29	\$379,00	\$2.274,00
8	10		Dish antenna, 3ft, gain 32 dBi, 5.150-5.850 GHz	HDDA-5W-32	\$399,00	\$3.990,00
9	9		Mástiles y Herrajes	M&H	\$625,00	\$5.625,00
10	16		Materiales de Instalación	M.I.(IDU+ODU)	\$118,00	\$1.888,00
11	43		Cables de Tierra	GND Kit	\$18,00	\$774,00
12	8		Switch	8P - 3Com	\$103,00	\$824,00
13	59		Kit Conexión	Kit Conexión	\$15,00	\$885,00
					SUBTOTAL	\$39.819,00
					IVA 16%	\$6.371,04
					TOTAL	\$46.190,04

II. CONDICIONES COMERCIALES

Lugar de entrega de los equipos:

Los precios especificados corresponden a los equipos entregados en Bogotá, D. C., Colombia.

Materiales:

No están incluidos en la presente oferta, ducterías, torres, pararrayos, salidas eléctricas, etc. se facturarán por separado, los materiales requeridos en la instalación. Si llegase a necesitar metraje adicional de cables, estos serán facturados por separado.

Tiempo de entrega:

3 semanas contadas a partir de la fecha real de la orden de compra.

Forma de Pago propuesta:

50% anticipo y 50% contra entrega.

Continúa

Facturación:

La presente oferta, esta cotizada en dolares americanos, los cuales se liquidarán la la Tasa Representativa del Mercado (TRM) vigente al momento de presentar la factura.

Validez de la oferta:

30 días.

Tiempo de garantía:

12 Meses.

Garantía Extendida:

Por cada año, adicionar un 6 % del valor total del equipo correspondiente.

Quedamos a su disposición para las aclaraciones, complementos y eventuales ajustes que se llegaren a requerir.

Cordialmente,

Jorge Potes

Gerente de Cuenta

INSITEL S.A .www.insitel.com
Calle 126a No 7-71 Bogotá D.C.
PBX (+57 1) 6 20 0177 Ext 723
Movil (+57) 316 8344671
Mail jpotes@insitel.com

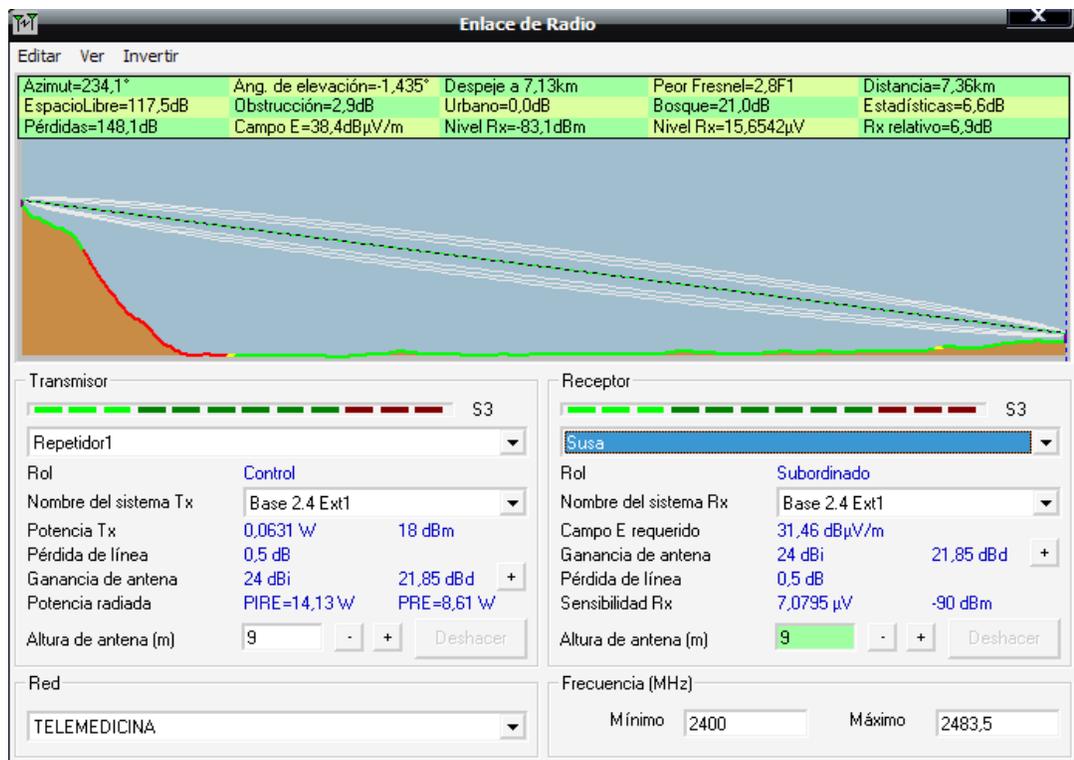


ANEXO M. RESULTADOS ARROJADOS POR RADIO MOBILE PARA CADA UNO DE LOS ENLACES DE LA RED DE TELEMEDICINA

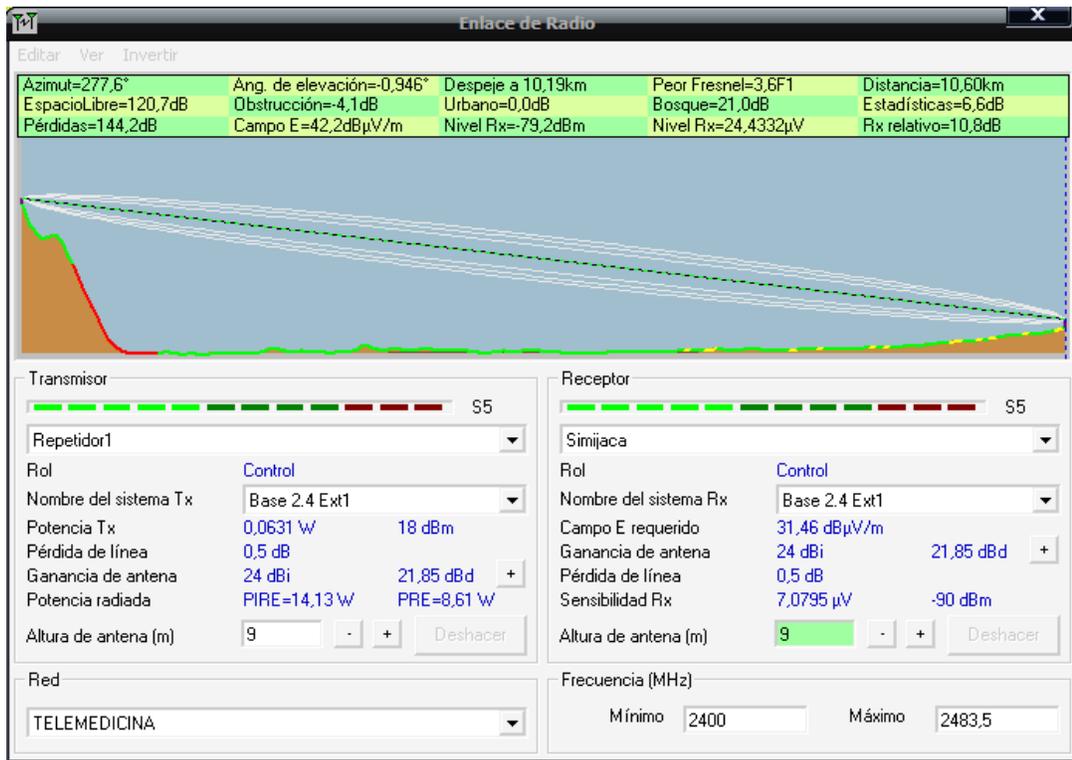
Este anexo contiene los resultados obtenidos trabajando en dos bandas de frecuencia diferentes.

En la banda de 2400MHz – 2483,5 MHz

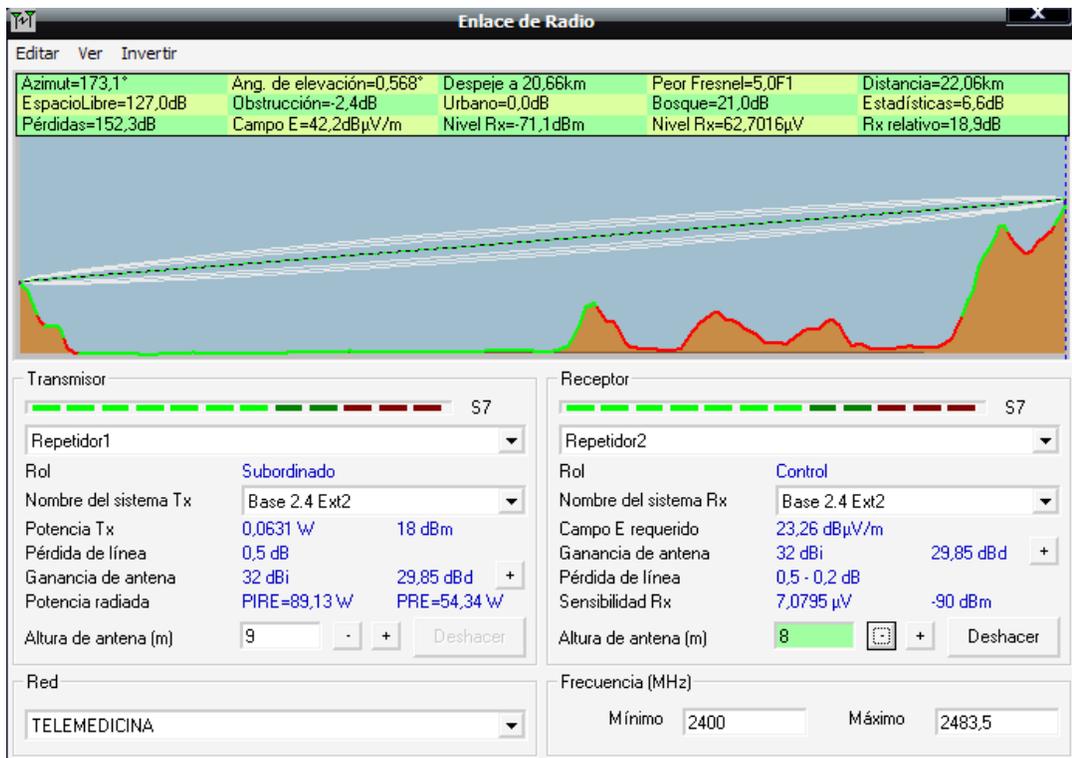
- Repetidor 1 - Susa



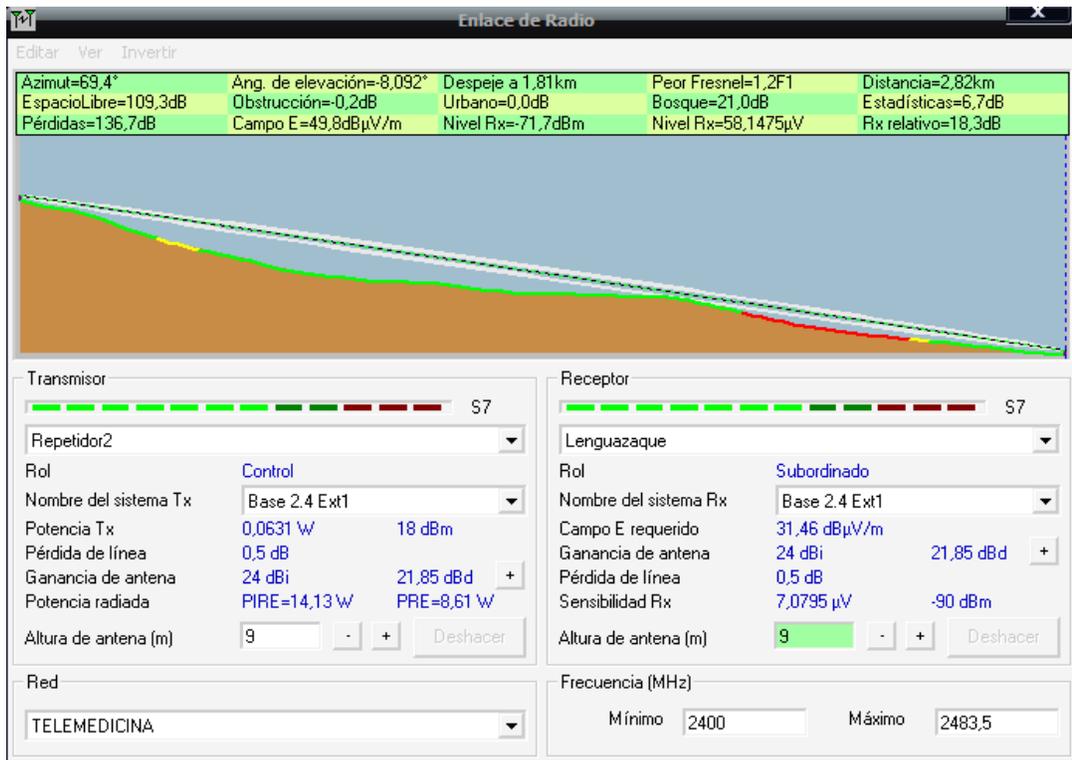
- Repetidor 1 - Simijaca



- Repetidor 1 – Repetidor 2



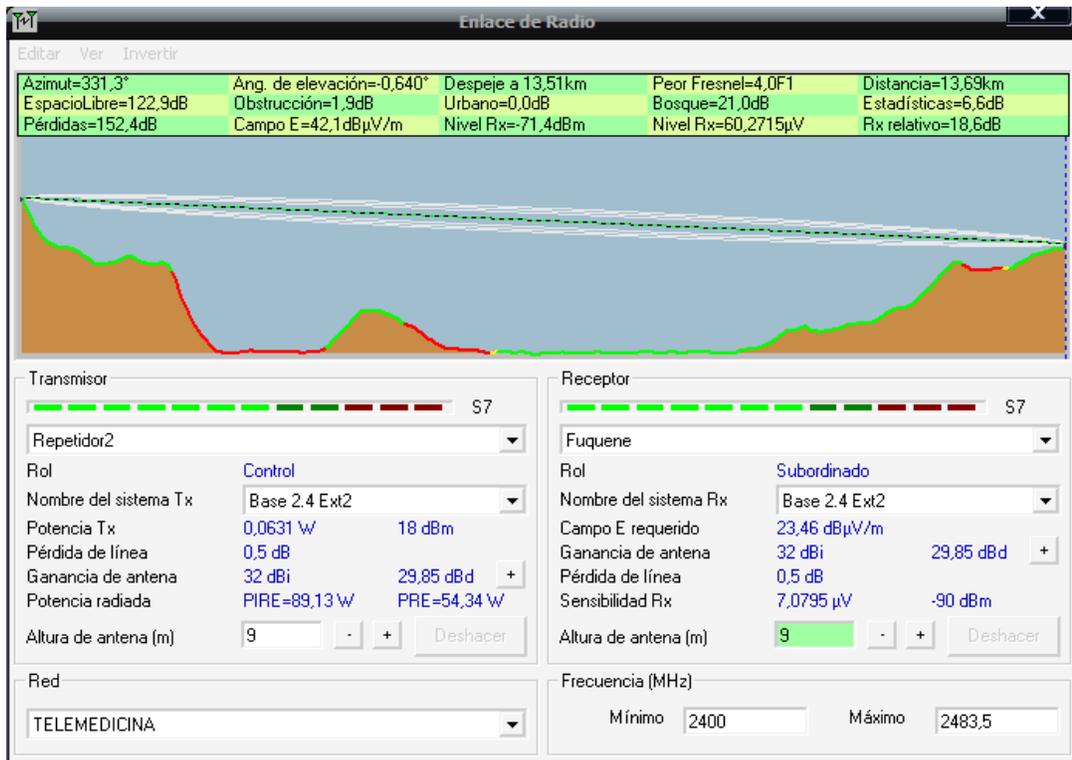
- Repetidor 2 - Lenguazaque



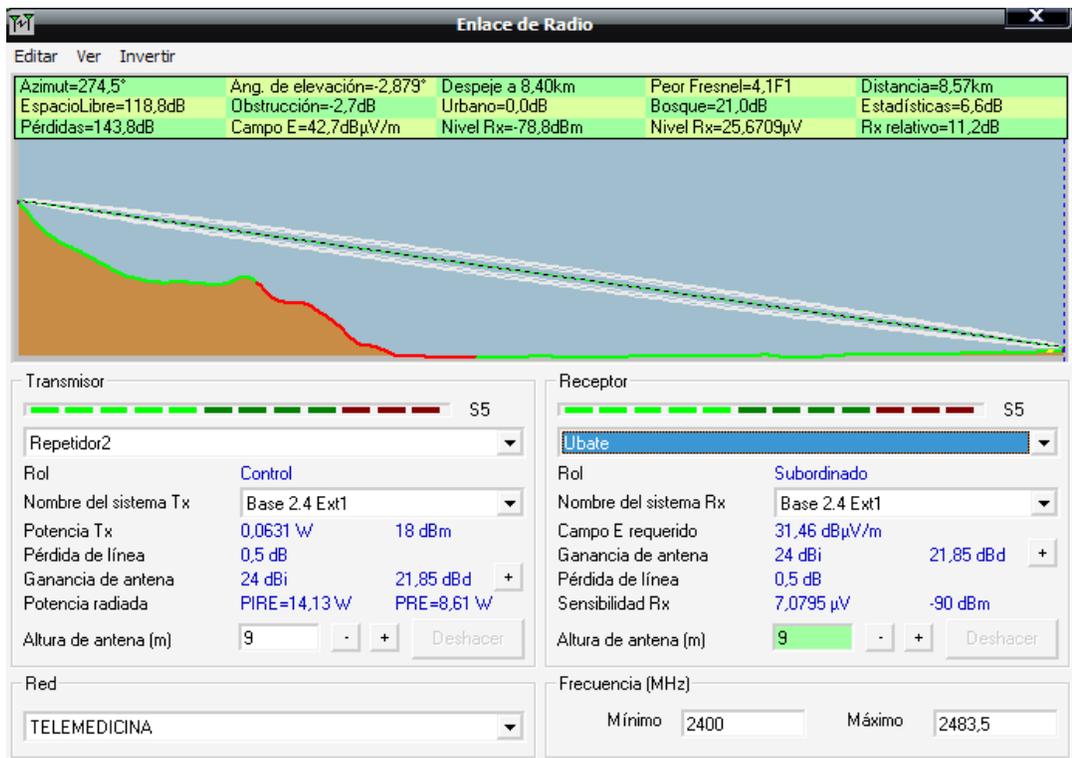
- Repetidor 2 – Capellania



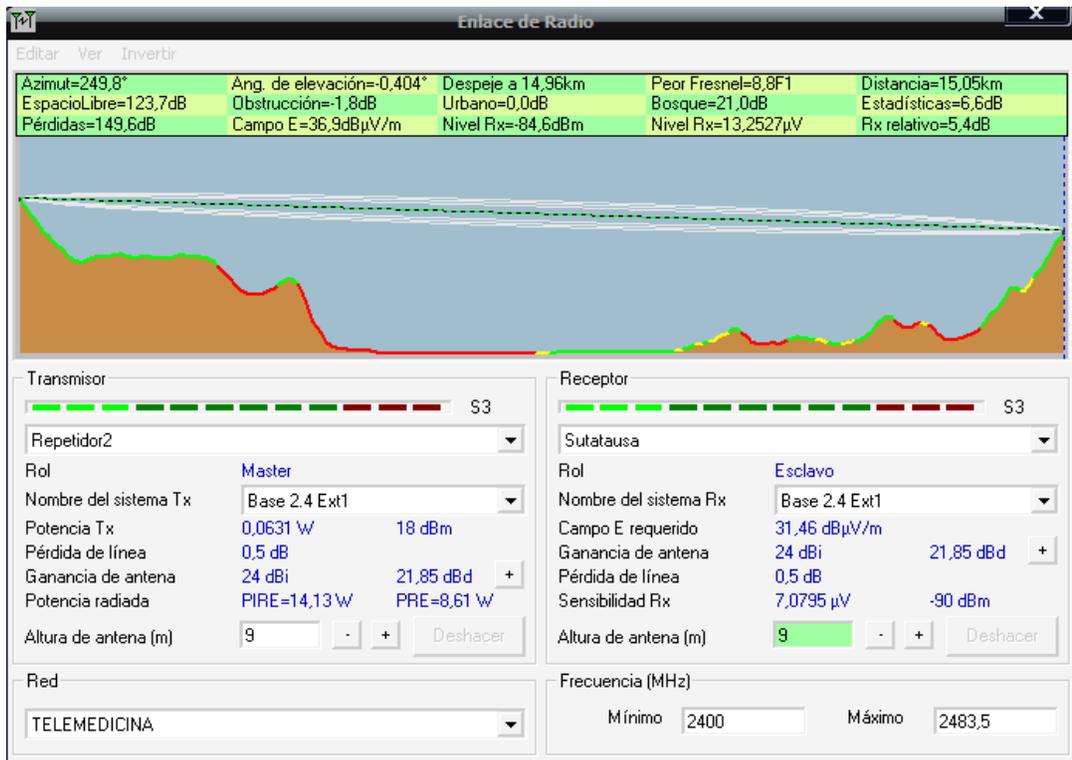
- Repetidor 2 – Fúquene



- Repetidor 2 - Ubaté



- Repetidor 2 – Sutatausa

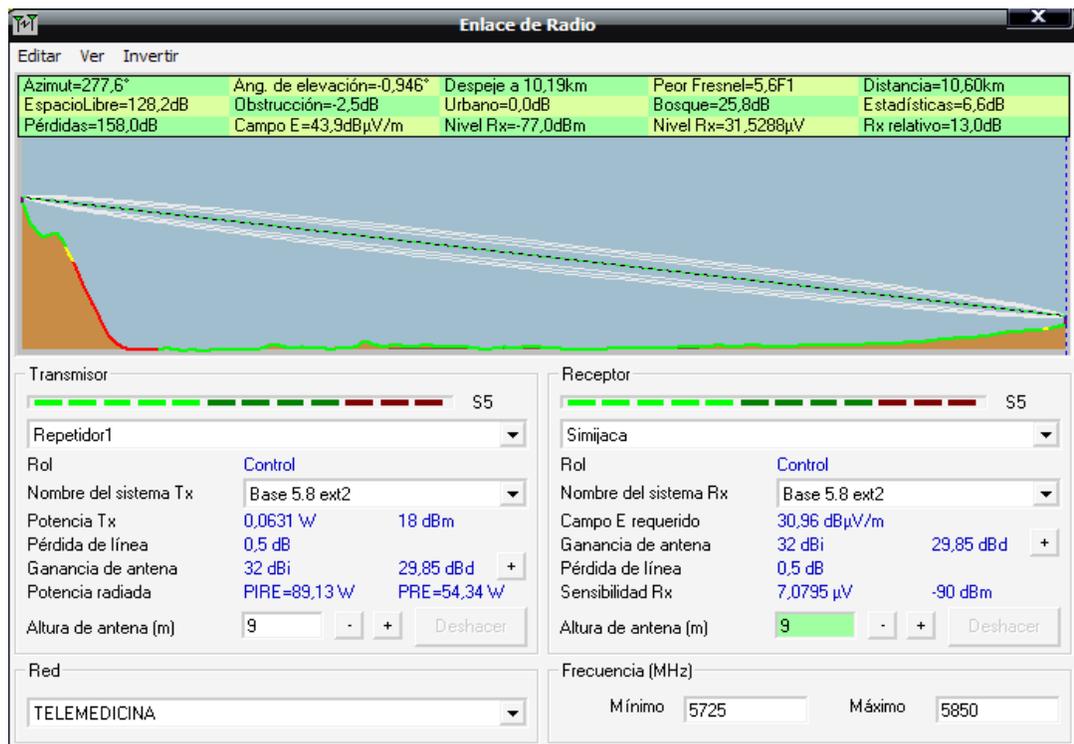


En la banda de 5725 MHz – 5850 MHz

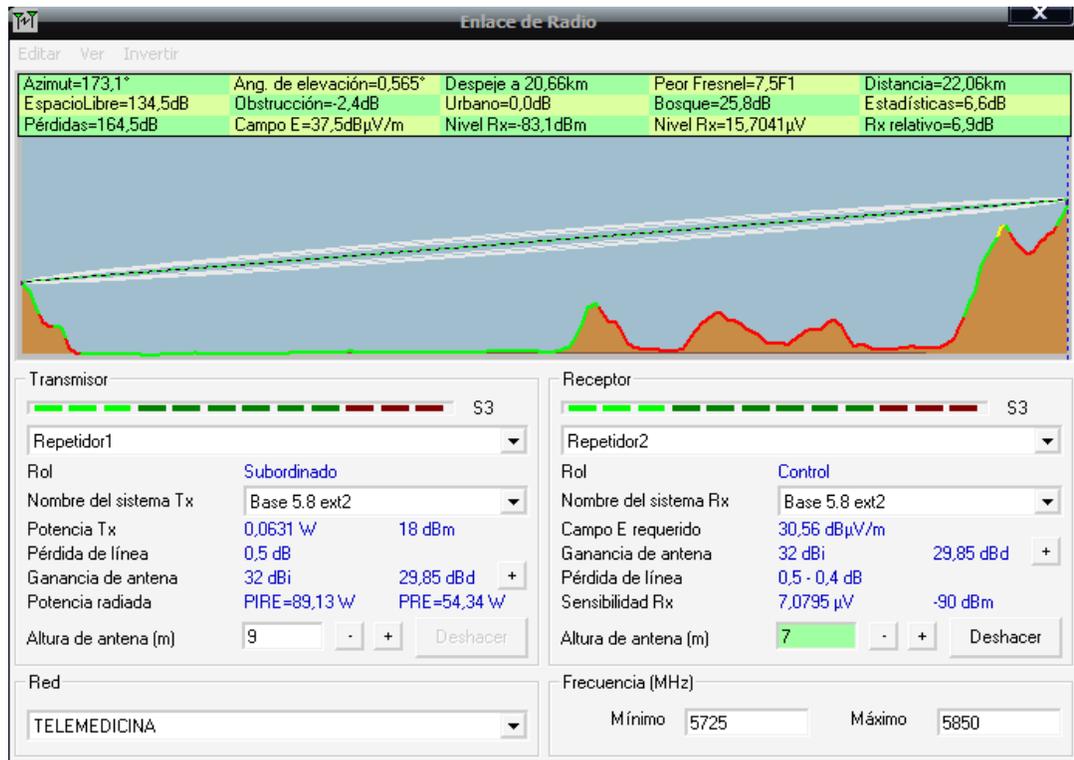
- Repetidor 1 – Susa



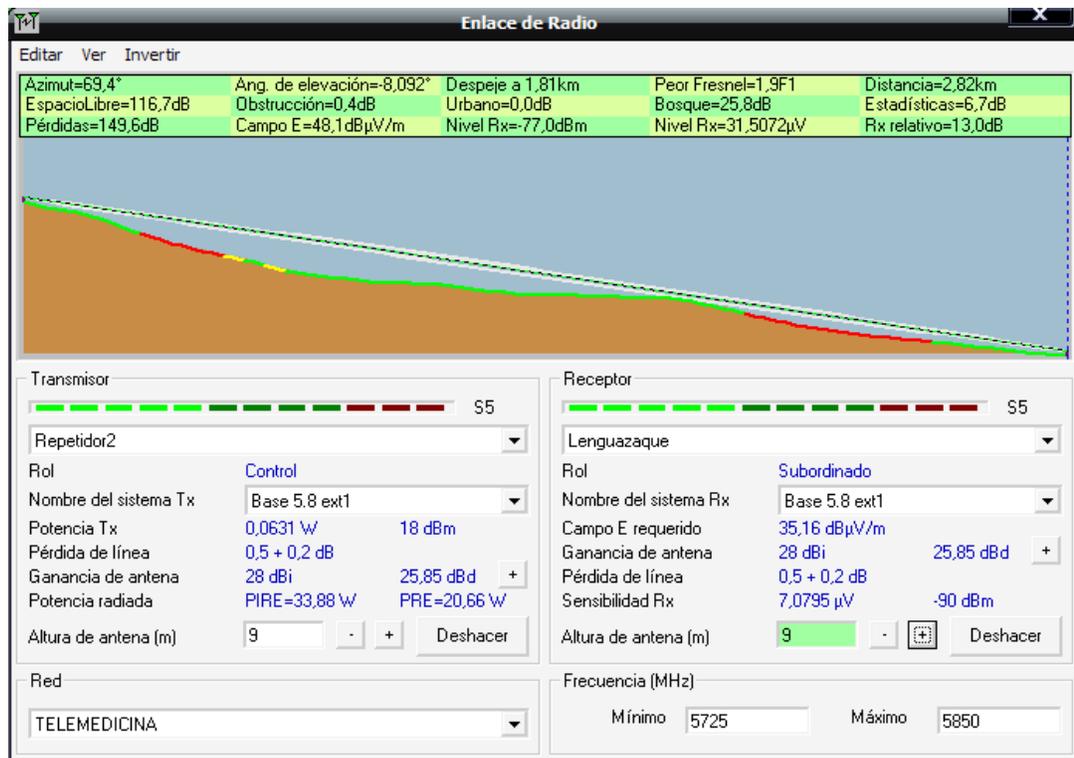
- Repetidor 1 – Simijaca



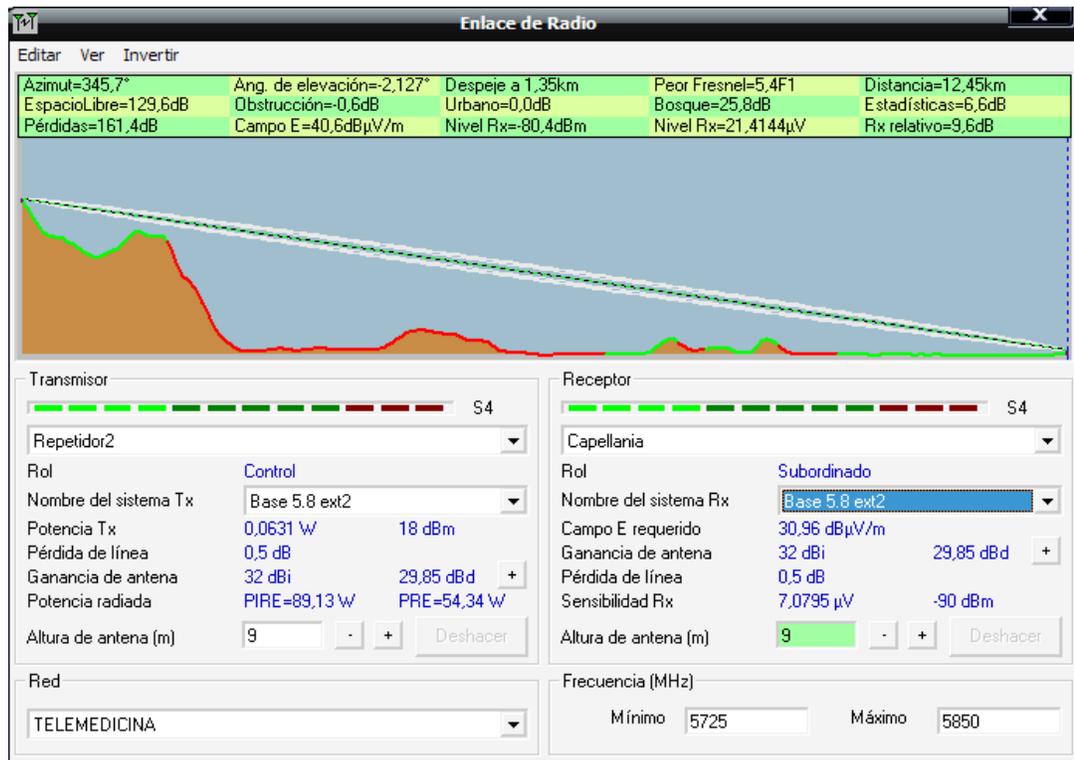
- Repetidor 1 – Repetidor 2



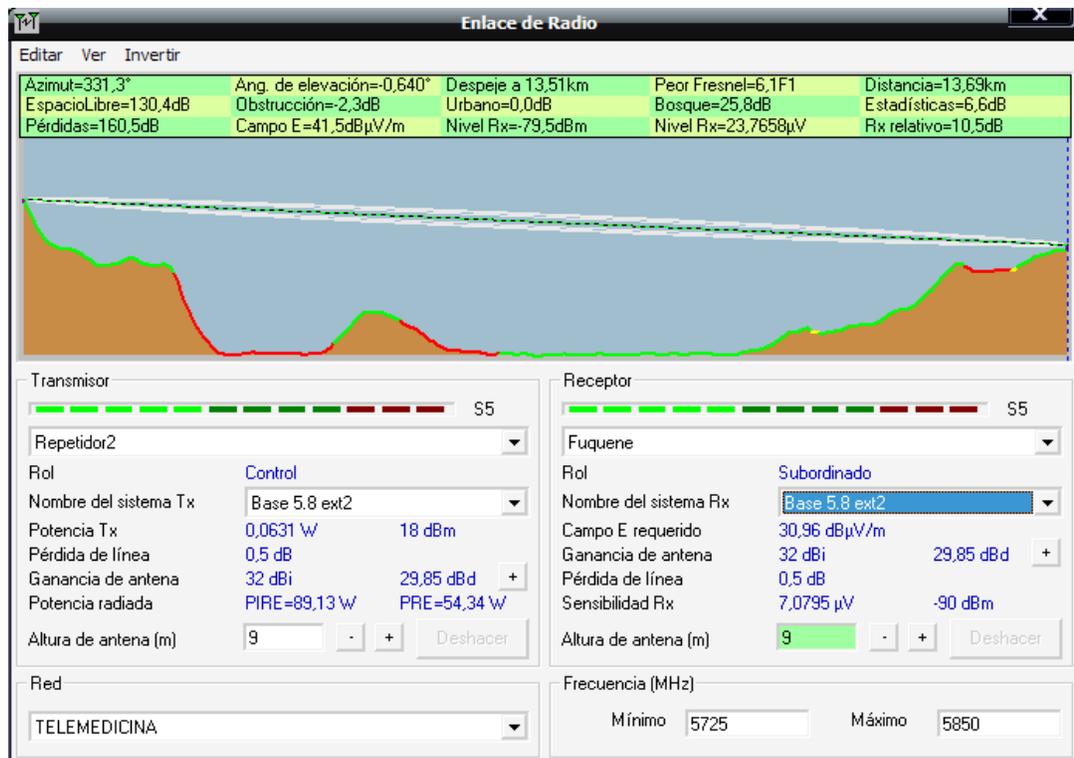
- Repetidor 2 – Lenguazaque



- Repetidor 2 – Capellanía



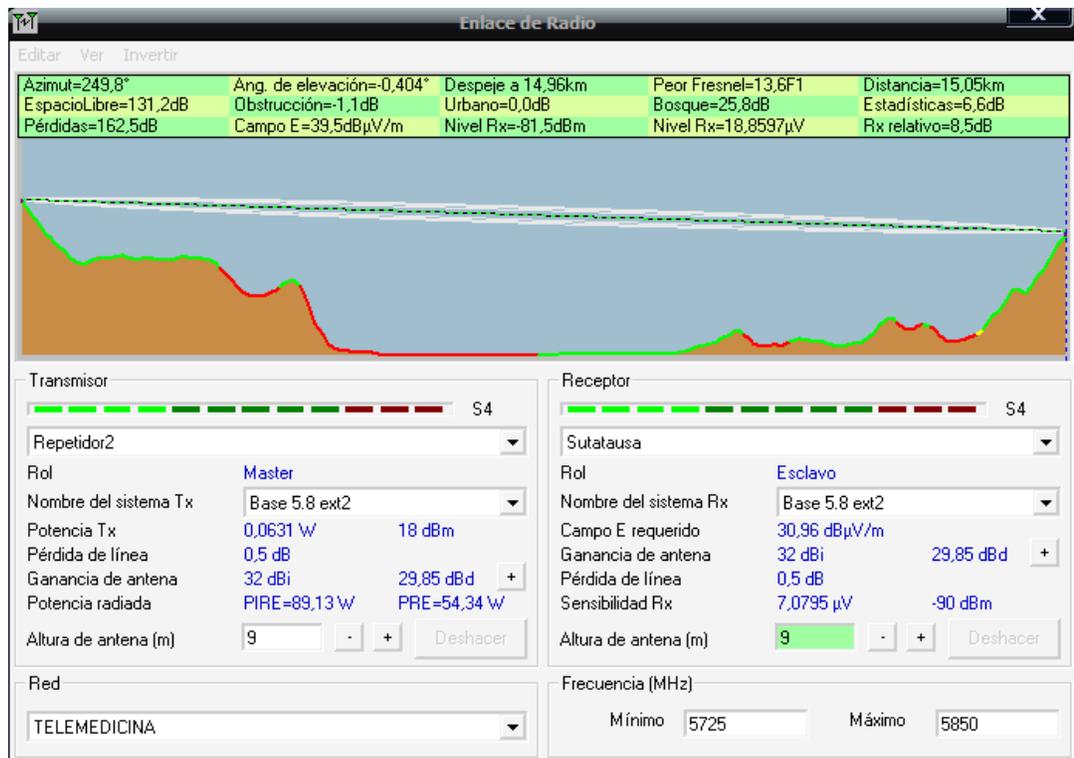
- Repetidor 2 – Fúquene



- Repetidor 2 – Ubaté



- Repetidor 2 – Sutatausa



ANEXO O. RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL: DATOS TEÓRICOS VS DATOS ARROJADOS POR RADIO MOBILE

Enlace Simijaca-Repetidor1, en la frecuencia de 2.4 GHz y 5.75 GHz

Punto	Distancia a Simijaca	Altura (m)		Primer Fresnel (m) 2,4 GHz		Primer Fresnel (m) 5,8 GHz	
		Teórica	Radio Mobile	Teórica	Radio Mobile	Teórica	RadioMobile
Simijaca		2577,00	2576,70	-	-	-	-
P1	820	2559,00	2557,60	9,727043981	9,6	6,29783846	6,2
P2	1640	2549,00	2548,00	13,17047981	12,9	8,52731358	8,4
P3	2590	2545,00	2544,00	15,65535981	15,4	10,1361654	10,1
P4	3800	2541,00	2542,30	17,48357578	17,3	11,3198559	11,3
P5	5140	2539,00	2539,20	18,24011208	18	11,8096803	11,7
P6	6180	2542,00	2543,80	18,01812721	17,8	11,6659547	11,6
P7	7110	2548,00	2556,20	17,20383945	16,9	11,1387388	11
P8	8140	2541,00	2539,90	15,50918145	15,3	10,0415213	9,9
P9	9250	2540,00	2537,00	12,36678547	12	8,0069564	7,8
Rep1		2742,00	2742,30	-	-	-	-

Enlace Susa-Repetidor1, en la frecuencia de 2.4 GHz y 5.75 GHz

Punto	Distancia a Susa	Altura (m)		Primer Fresnel (m) 2,4 GHz		Primer Fresnel (m) 5,8 GHz	
		Teórica	Radio Mobile	Teórico	Radio Mobile	Teórico	RadioMobile
Susa	-	2557	2559,1	-	-	-	-
P1	1100	2544	2545,3	10,81818621	10,8	7,00430565	6,9
P2	2190	2541	2542,5	13,87894698	13,7	8,9860153	8,9
P3	3070	2539	2539,5	14,97765589	14,8	9,69738159	9,6
P4	3830	2539	2539,1	15,18648177	15	9,83258728	9,8
P5	4700	2543	2554,1	14,62371977	14,4	9,46822333	9,4
P6	5510	2537	2537,3	13,23693729	13,1	8,57034191	9
P7	6350	2555	2547,3	10,56905893	10,4	6,84300656	6,8
Rep1	-	2742	2742,3	-	-	-	-

Enlace Repetidor1-Repetidor2, en la frecuencia de 2.4 GHz y 5.75 GHz

Punto	Distancia a Repetidor2	Altura (m)		Primer Fresnel (m) 2,4 GHz		Primer Fresnel (m) 5,8 GHz	
		Teórico	Radio Mobile	Teórico	Radio Mobile	Teórico	RadioMobile
Rep1	-	2742	-	-	-	-	-
P1	740	2626	2857,2	9,455300891	9,1	6,12189661	5,9
P2	1360	2538	2923,6	12,63085356	12,7	8,17792902	8,2
P3	2130	2538	2695,5	15,51092521	15,3	10,0426503	9,9
P4	3050	2534	2555	18,1282666	18	11,7372652	11,7
P5	4510	2534	2562,5	21,18263878	20,9	13,7148385	13,6
P6	5380	2534	2608,1	22,55631464	22,2	14,6042339	14,4
P7	6220	2539	2569,9	23,63629007	23,5	15,3034711	15,3
P8	7120	2539	2634,3	24,56149361	24,3	15,9025002	15,8
P9	8300	2538	2543,5	25,45291101	25,2	16,4796543	16,4
P10	10190	2540	2669,8	26,20003325	25,9	16,9633835	16,9
P11	11000	2537	2538,3	26,27947602	26	17,0148192	16,9
P12	11630	2586	2542	26,24351892	26	16,9915385	16,9
P13	12470	2626	2539,5	26,06184995	25,8	16,8739158	16,8
P14	13590	2543	2536	25,57604445	25,3	16,5593778	16,5
P15	15440	2593	2539,8	24,11679725	23,6	15,6145786	15,5
P16	16270	2590	2540,1	23,16257953	23	14,9967641	14,9
P17	17200	2625	2535	21,83338802	21,6	14,1361704	14
P18	18290	2551	2536	19,85309452	19,6	12,8540163	12,7
P19	19720	2634	2535	16,29299047	16,1	10,5490036	10,5
Rep2	-	2986	-	-	-	-	-

Enlace Capellanía-Repetidor2, en la frecuencia de 2.4 GHz y 5.75 GHz

Punto	Distancia a Repetidor2	Altura (m)		Primer Fresnel (m) 2,4 GHz		Primer Fresnel (m) 5,8 GHz	
		Teórico	Radio Mobile	Teórico	Radio Mobile	Teórico	RadioMobile
Capellanía	-	2544	2543,00	-	-	-	-
P1	920	2537	2538,00	10,31865385	10,4	6,68088015	6,7
P2	1.800	2538	2540,40	13,86957203	13,8	8,97994542	9
P3	2.920	2542	2542,20	16,70681439	16,6	10,8169366	10,8
P4	3.810	2545	2547,70	18,16690015	18,1	11,7622787	11,7
P5	4.780	2581	2584,20	19,16661119	19	12,4095482	12,3
P6	5.860	2541	2541,00	19,66249267	19,5	12,7306099	12,7
P7	6.780	2554	2566,40	19,60821951	19,5	12,6954704	12,6
P8	7.800	2607	2605,40	19,03123096	18,9	12,3218954	12,3
P9	9.050	2554	2554,70	17,50100722	17,4	11,331142	11,3
P10	10.260	2686	2694,40	14,90603121	14,9	9,65100772	9,7
P11	11.390	2842	2849,30	10,81760361	11,1	7,00392845	7,2
Rep 2	-	2986	2986,80	-	-	-	-

Enlace Fúquene-Repetidor2, en la frecuencia de 2.4 GHz y 5.75 GHz

Punto	Distancia a Repetidor2	Altura (m)		Primer Fresnel (m) 2,4 GHz		Primer Fresnel (m) 5,8 GHz	
		Teórico	Radio Mobile	Teórico	Radio Mobile	Teórico	RadioMobile
Fúquene	-	2856	2855,9	-	-	-	-
P1	1080	2786	2784,8	11,15227232	10,9	7,2206119	7,1
P2	1940	2704	2696	14,42950593	14,2	9,3424783	9,2
P3	2790	2630	2628,6	16,6682549	16,5	10,791971	10,7
P4	3620	2609	2601,9	18,25126299	18,1	11,8169	11,8
P5	4400	2546	2544,9	19,32912725	19,2	12,5147703	12,4
P6	5380	2545	2546,7	20,21864812	20	13,0906964	13
P7	6760	2543	2542,7	20,70407912	20,5	13,4049919	13,3
P8	7710	2551	2553,6	20,546714	20,3	13,3031048	13,2
P9	8790	2647	1649,3	19,86990762	19,7	12,8649021	12,8
P10	9880	2548	2550,4	18,59182553	18,5	12,0373994	12
P11	11060	2548	2547,7	16,37179631	16,3	10,600027	10,6
P12	12150	2819	2822,9	13,18305051	13	8,53545256	8,5
Rep2	-	2986	2986,8	-	-	-	-

Enlace Ubaté -Repetidor2, en la frecuencia de 2.4 GHZ y 5.75 GHZ

Punto	Distancia a Repetidor2	Altura (m)		Primer Fresnel (m) 2,4 GHz		Primer Fresnel (m) 5,8 GHz	
		Teórico	Radio Mobile	Teórico	Radio Mobile	Teórico	RadioMobile
Ubaté	-	2560	2561,1	-	-	-	-
P1	890	2552	2553,9	9,988174562	9,8	6,46690917	6,4
P2	1930	2546	2546,8	13,68337052	13,5	8,85938804	8,8
P3	3020	2548	2547,2	15,66025605	15,5	10,1393355	10,1
P4	4100	2543	2543,7	16,39315402	16,2	10,6138551	10,5
P5	5250	2544	2572,4	16,01754585	15,5	10,3706652	10,1
P6	6260	2687	2726,2	14,63674618	14,4	9,47665736	9,4
P7	7410	2757	2761,9	11,40258091	11	7,38267584	7,2
Rep2	-	2986	2986,8	-	-	-	-

Enlace Lenguaque-Repetidor2, en la frecuencia de 2.4 y 5.75 GHz

Punto	Distancia a Repetidor2	Altura (m)		Primer Fresnel (m) 2,4 GHz		Primer Fresnel (m) 5,8 GHz	
		Teórico	Radio Mobile	Teórico	Radio Mobile	Teórico	RadioMobile
Leng	-	2586	2585,90	-	-	-	-
P1	700	2663	2665,50	8,129201442	8	5,26330482	5,3
P2	1.410	2747	2729,30	9,45291053	9,3	6,12034895	6
P3	2.090	2808	2785,50	8,38668817	8,2	5,43001629	5,3
Rep2	-	2986	2986,80	-	-	-	-

Enlace Sutatausa-Repetidor2, en la frecuencia de 2.4 GHz y 5.75 GHz

Punto	Distancia a Repetidor2	Altura (m)		Primer Fresnel (m) 2,4 GHz		Primer Fresnel (m) 5,8 GHz	
		Teórico	Radio Mobile	Teórico	Radio Mobile	Teórico	RadioMobile
Sutatausa	-	2874	2895,10	-	-	-	-
P1	650	2744	2714,40	8,820456747	8,8	5,7108626	5,7
P2	1.780	2583	2593,50	14,02252783	13,7	9,07897766	8,9
P3	2.750	2653	2599,90	16,79301121	16,6	10,8727453	10,8
P4	3.550	2574	2594,70	18,4622764	18,2	11,953522	11,8
P5	4.610	2568	2612,00	20,06826202	19,9	12,9933279	12,9
P6	5.600	2562	2550,60	21,07031555	20,8	13,6421141	13,5
P7	6.590	2549	2547,60	21,66049419	21,3	14,0242291	13,9
P8	7.350	2549	2547,30	21,85584563	21,5	14,1507107	14
P9	8.380	2543	2542,40	21,77489341	21,4	14,0982976	13,9
P10	9.300	2543	2544,00	21,36220712	20,9	13,8311012	13,6
P11	10.310	2551	2566,60	20,51548299	20	13,2828841	13
P12	11.160	2747	2740,60	19,4456989	18,8	12,5902454	12,2
P13	12.290	2780	2787,40	17,40791767	16,9	11,2708705	11
P14	13.170	2822	2833,90	15,16935746	14,3	9,82150003	9,3
P15	14.260	2818	2824,70	11,05660573	10	7,15867194	6,5
Rep2	-	2986	2986,80	-	-	-	-

ANEXO P. INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA DEL HOSPITAL

La información que se encuentra a continuación fue provista por el departamento de estadística del Hospital el Salvador de Ubaté en marzo de 2009.

 E.S.E. HOSPITAL EL SALVADOR UBATE NIT 899999147 - 3 RECURSOS ECONÓMICOS		
Recursos económicos	Tarifa del minuto de voz local y larga distancia	En la actualidad el hospital maneja planes fijos de Línea telefónica por costos en los centros de salud de aproximadamente 1.500.000
	Tarifa mensual del servicio de internet en el hospital y los centros de salud	La tarifa mensual de internet es de 986000 , y los centros de salud no tienen acceso a internet



E.S.E. HOSPITAL EL
SALVADOR UBATE
NIT 899999147 - 3

RECURSOS INFORMÁTICOS

Recursos informáticos y de Comunicaciones	Características técnicas de los computadores existentes en cada centro de salud	Pentium III 800 MHz, RAM de 256 y S.O Windows XP SP 2
	Características técnicas de los servidores del hospital el Salvador	El HP ProLiant ML350, el servidor de quinta generación, El ProLiant ML350 G5 combina la más reciente tecnología de procesadores de dos núcleos, E/S serie y memoria de alto rendimiento. Mediante convenio con la empresa Colvatel fue entregado al Hospital el servidor HP ProLiant ML350 con sistema operativo Windows Server Enterprise 2003 y Microsoft Office 2007 como software pre instalado. compuesto por cinco (5) discos duros con capacidad de (146.8 Gb 10K rpm cada uno)
	Referencias de los equipos de telecomunicaciones existentes y especificar si son propios o arrendados	4 hub 100base t (16 y 24) puertos, un firewall físico
	Diagrama Topológico de la red del hospital el salvador (cantidad de equipos en la red, si existen subredes)	El esquema topológico que maneja la ESE Hospital el Salvador Ubaté, es en Estrella Jerárquico.
	Promedio de minutos de voz local y larga distancia al mes en cada uno de los centros y el hospital	VOZ LOCAL: Simijaca y Susa 550 min; Fúquene 265 min: Capellanía, Sutatausa y Lenguazaque 200 min, Ubaté maneja 14 líneas 200 o 300 min
	Centros de salud que cuentan con servicio de Internet, velocidad contratada y el operador que presta el servicio	En la actualidad los centros de salud no cuentan con servicio de Internet En Ubaté tiene contratado un enlace dedicado de 512k, son los únicos clientes en el municipio, se interconectan con una antena que apunta a Cucunubá y de allí se comunica con Zipaquirá.

Pacientes atendidos en el Hospital el Salvador en cada trimestre del año 2008

	Pobre	No POSS	Subsidiado	Contributivo	Otros	Total
PRIMER TRIMESTRE						
Consultas de medicina general electivas realizadas	0	4864	135	24	272	5295
Consultas de medicina general urgentes realizadas	0	3035	2899	777	529	7240
Total de consultas de medicina especializada electiva realizadas	2512	2343	290	148	386	5679
SEGUNDO TRIMESTRE						
Consultas de medicina general electivas realizadas	0	4636	107	55	318	5116
Consultas de medicina general urgentes realizadas	0	3293	3023	862	514	7692
Total de consultas de medicina especializada electiva realizadas	2758	2248	334	149	287	5776
TERCER TRIMESTRE						
Consultas de medicina general electivas realizadas	30	5385	96	133	281	5925
Consultas de medicina general urgentes realizadas	0	3165	2954	892	474	7485
Total de consultas de medicina especializada electiva realizadas	2431	2130	457	175	311	5504
CUARTO TRIMESTRE						
Consultas de medicina general electivas realizadas	9	4227	80	101	1320	5737
Consultas de medicina general urgentes realizadas	0	3089	2872	792	2103	8856
Total de consultas de medicina especializada electiva realizadas	2132	1878	1007	166	1719	6902

Pacientes atendidos en los puestos de salud pertenecientes a la E.S.E Hospital el Salvador en cada trimestre del año 2008

	Pobre	No POSS	Subsidiado	Contributivo	Otros	Total
PRIMER TRIMESTRE						
Consultas de medicina general electivas realizadas	0	9537	0	7	395	9939
Consultas de medicina general urgentes realizadas	0	968	170	31	84	1253
Total de consultas de medicina especializada electiva realizadas	0	0	0	0	0	0
SEGUNDO TRIMESTRE						
Consultas de medicina general electivas realizadas	0	12044	0	10	560	12614
Consultas de medicina general urgentes realizadas	0	1069	177	30	67	1343
Total de consultas de medicina especializada electiva realizadas	0	0	0	0	0	0
TERCER TRIMESTRE						
Consultas de medicina general electivas realizadas	0	12218	5	5	410	12638
Consultas de medicina general urgentes realizadas	0	1003	220	25	26	1274
Total de consultas de medicina especializada electiva realizadas	0	0	0	0	0	0
CUARTO TRIMESTRE						
Consultas de medicina general electivas realizadas	19	13032	127	15	356	13549
Consultas de medicina general urgentes realizadas	0	1030	250	17	78	1375
Total de consultas de medicina especializada electiva realizadas	0	0	0	0	0	0

Discriminación de pacientes atendidos por cada puesto de salud en el año 2008

	SIMIJAÇA	SUSA	CAPELLANÍA	FÚQUENE	LENGUAZAQUE	SUTATAUSA	TOTAL
Consultas de medicina general electivas realizadas	14821	7286	6475	4092	10598	5545	48817
Consultas de medicina general urgentes realizadas	2791	1164	156	108	845	181	5245
Total de consultas de medicina especializada electiva realizadas	0	0	0	0	0	0	0

Especialidades ofrecidas por el Hospital el Salvador de Ubaté

CÓDIGO	NOMBRE
1	LABORATORIO
2	ANESTESIA
3	CIRUGÍA
4	DERMATOLOGÍA
5	ECOGRAFÍA
6	ELECTROCARDIOGRAMAS
7	ENFERMERÍA
8	GASTROENTEROLOGÍA Y ENDOSCOPIAS
9	GENÉTICA
10	GINECOLOGÍA
11	MEDICINA GENERAL
12	MEDICINA INTERNA
13	NEUROLOGÍA

CÓDIGO	NOMBRE
14	NUTRICIÓN
15	ODONTOLOGÍA
16	OFTALMOLOGÍA Y OPTOMETRÍA
17	ORTOPEDIA
18	OTORRINOLARINGOLOGÍA
19	OTROS
20	PEDIATRÍA
21	PSICOLOGÍA
22	PLANEACIÓN Y PREVENCIÓN
23	SANEAMIENTO
24	TERAPIAS
25	TRABAJO SOCIAL
26	UROLOGÍA
27	VACUNAS



E.S.E. HOSPITAL EL
SALVADOR UBATE
NIT 899999147 - 3

SERVICIOS DE SALUD EN LOS PUESTOS DE SALUD

Servicios que presta cada uno de los centros de salud	Consulta Externa, Servicios PYP y Odontología
Actividades de promoción y prevención desarrolladas en cada centro de salud	Vacunación, Control de crecimiento y desarrollo, consulta del joven, consulta de planificación, Toma de citologías, Consulta del Adulto Mayor, Agudeza Visual
Medios con los que cuenta el hospital y cada uno de los centros de salud para el transporte de pacientes	Para el transporte de los pacientes, el hospital El Salvador cuenta con 8 ambulancias, 3 para la Sede principal y 6 para cada uno de los centros de salud (Fúquene, Lenguazaque, Capellanía, Sutatausa, Susa y Simijaca)