

**DISEÑO DE UN ENLACE DE TELEMEDICINA PARA EL HOSPITAL
UNIVERSITARIO SAN JUAN DE DIOS DEL QUINDÍO**

**CARLOS EDUARDO ARCILA GÓMEZ
MAILYN JOHANNA LOAIZA OSORIO**



**UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ARMENIA
2010**

**DISEÑO DE UN ENLACE DE TELEMEDICINA PARA EL HOSPITAL
UNIVERSITARIO SAN JUAN DE DIOS DEL QUINDÍO**

**CARLOS EDUARDO ARCILA GÓMEZ
MAILYN JOHANNA LOAIZA OSORIO**

Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Electrónico

**Director:
Julián Adolfo Ramírez Gutiérrez
Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**

**UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ARMENIA
2010**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Armenia 25/10/2010

Dedicatoria

Carlos Eduardo Arcila Gómez

Dedico este trabajo a mi familia, ya que son la razón de mis estudios.

Maily Johanna Loaiza Osorio

A mis padres que fueron soporte y apoyo incondicional, pese a las dificultades en esta corta pero maravillosa etapa de mi vida.

A mis hermanos por brindarme consejos y reconfortarme en los momentos en que el ánimo decaía.

AGRADECIMIENTOS

Carlos Eduardo Arcila Gómez

Agradezco al Hospital San Juan de Dios del Quindío, al profe Julián Adolfo Ramírez por guiarnos y brindarnos su amistad, a majola 20 (por su apoyo durante la carrera y el trabajo de grado), a mis padres, mi hermano y a todas las personas que nos colaboraron y que hacen de la Universidad del Quindío una gran institución pública.

Mailyn Johanna Loaíza Osorio

Gracias a Dios por la oportunidad, la fortaleza y la sabiduría de concluir satisfactoriamente este trabajo, a caliche, su familia y mis seres queridos por la ayuda incondicional durante estos años.

Gracias a la academia por las bases eruditas con que nos formaron, a mi director de tesis Ing. Julián Adolfo Ramírez quien me guio en las diferentes etapas del proceso, además de aportarnos visiones de un mundo profesional diferente. A todos aquellos que contribuyeron anímica y moralmente con la realización de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. LA TELEMEDICINA	15
1.1 DEFINICIÓN DE LA TELEMEDICINA	15
1.2 HISTORIA RESUMIDA DE LA TELEMEDICINA	15
1.3 CLASIFICACIÓN DEL LOS SERVICIOS TELEMÉDICOS	17
1.3.1 Clasificación general por tipo de servicio	17
1.3.1.1 La Teleconsulta	17
1.3.1.2 El Telediagnóstico	18
1.3.1.3 La Teleeducación	18
1.3.2 Clasificación en el tiempo	18
1.3.2.1 Tiempo diferido	18
1.3.2.2 Tiempo real	19
1.4 TIPO DE INFORMACIÓN INTERCAMBIADA	19
1.5 ESCENARIO DE UN ENLACE DE TELEMEDICINA	20
2. MARCO DE REFERENCIA	22
2.1 TRATAMIENTOS TELEMÉDICOS A OFRECER	22
2.1.1 Teledermatología	22
2.1.2 Telecardiología	23
2.2 ENLACE ENTRE EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DEL QUINDÍO Y UN HOSPITAL DE ALTA COMPLEJIDAD	24
2.3 TIPO DE INFORMACIÓN A TRANSMITIR Y ALMACENAR GENERALMENTE EN UN ENLACE DE TELEMEDICINA	26
2.3.1 Texto	26
2.3.2 Imágenes	26
2.3.3 Video	28
2.3.3.1 Sistema de Video-Conferencia	29

2.4 ANCHO DE BANDA RECOMENDADO PARA ALGUNAS MODALIDADES DE LA TELEMEDICINA	31
3. DISEÑO DEL ENLACE PARA TELEDERMATOLOGÍA Y TELECARDIOLOGÍA PARA EL HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN JUAN DE DIOS DEL QUINDÍO	33
3.1 REQUERIMIENTOS	33
3.1.1 Necesidades de los usuarios	34
3.1.1.1 Resultado de las encuestas	34
3.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED	39
3.2.1 Dimensionamiento de los equipos necesarios de acuerdo a la intensidad de tráfico	39
3.2.1.1 Desarrollo del estudio de teoría de colas	44
3.2.2 Dimensionamiento del tráfico de la red	46
3.2.2.1 Cálculos teóricos del tráfico generado por usuario	47
3.2.2.2 Cálculo del tráfico mediante: el sniffer Wireshark y análisis estadístico realizado en Matlab	53
3.3 ALTERNATIVAS PARA EL MEDIO DE TRANSMISIÓN ENTRE LAS INSTITUCIONES	60
3.3.1 Alternativa en fibra óptica	61
3.3.1.1 Sistema propio de comunicación por fibra óptica	61
3.3.1.2 Sistema de comunicación por fibra óptica alquilando el medio	62
3.3.1 Sistema de comunicación híbrido fibra-coaxial	64
3.3.1.1 Sistema de comunicación híbrido alquilando el medio	64
3.4 ALTERNATIVAS DEL DISEÑO DEL ENLACE	65
3.4.1 Alternativas globales	65
3.4.1.1 Topología global del enlace	65
3.4.1.2 Estructura global del enlace	66
3.4.2 Alternativas en las instituciones	66

3.4.2.1 Escenario integral de la institución remitora	67
3.4.2.2 Escenario integral del centro de referencia	69
3.4.3 Estructura para la institución remitora y el centro de referencia	70
3.4.3.1 Red LAN para la institución remitora	70
3.4.3.2 Red LAN para el centro de referencia	75
3.4.4 Simulación del enlace global y las redes LAN de los hospitales usando Cisco Packet Tracer 5.3	76
3.4.5 Equipos y materiales necesarios para las redes LAN en los dos hospitales	80
3.4.5.1 Cableado y accesorios	80
3.4.5.2 Equipos para las redes LAN	84
3.4.5.3 Equipos de trabajo, adquisición y digitalización de la información médica en la institución remitora y centro de referencia	87
4. PRESUPUESTO GENERAL PARA EL ENLACE	92
5. CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	105

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ranking de los hospitales de alta complejidad	24
Tabla 2. Tamaño y peso de las imágenes médicas más utilizadas	28
Tabla 3. Relación entre el ancho de banda y calidad del video	30
Tabla 4. Clasificación del ancho de banda recomendado para el uso de los principales servicios de Telemedicina	32
Tabla 5. Características del tipo de información usada en las especialidades de Teledermatología y Telecardiología	38
Tabla 6. Resultados de la simulación del algoritmo aplicando teoría de colas	45
Tabla 7. Ancho de banda acumulado por un usuario para el servicio de Teledermatología	49
Tabla 8. Ancho de banda acumulado por un usuario para el servicio de Telecardiología	51
Tabla 9. Estimación del ancho de banda por usuario para Teledermatología	52
Tabla 10. Estimación del ancho de banda por usuario para Telecardiología	52
Tabla 11. Resultados de las sesiones capturadas con Wireshark	55
Tabla 12. Parámetros establecidos por las recomendaciones de la ITU. G.652: Fibras y cables ópticos mono-modo	61
Tabla 13. Precio de la fibra óptica mono-modo de doce hilos para campo exterior	61
Tabla 14. Precio de los equipos para realizar un enlace en fibra óptica	62
Tabla 15. Precio del alquiler de un canal dedicado de 4 Mbps en fibra óptica por MEDIA COMMERCE, con IVA incluido. Agosto 2010	63
Tabla 16. Precio total a pagar en el primer mes por el servicio alquilado de fibra óptica. IVA incluido	63

Tabla 17. Precio del sistema híbrido, para pagar en el primer mes. Con IVA	64
Tabla 18. Distribución de las direcciones IP para la institución remitora	78
Tabla 19. Distribución de las direcciones IP para el centro de referencia	78
Tabla 20. Especificaciones técnicas de Router Cisco RVL 200	84
Tabla 21. Especificaciones técnicas del Switch 3com 3cgsu08a	85
Tabla 22. Especificaciones técnicas del Servidor Dell PowerEdge R715	86
Tabla 23. Precio de los equipos y materiales para el diseño de la red LAN en el centro de referencia y la institución remitora. Con IVA incluido	87
Tabla 24. Especificaciones técnicas del equipo de videoconferencia	89
Tabla 25. Precio de los equipos de trabajo, adquisición y digitalización para las dos instituciones. Con IVA incluido	91
Tabla 26. Presupuesto total aproximado del enlace para la realización del enlace de Telemedicina. Con IVA incluido, para el año 2010	92

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Portada de Radio News (abril de 1924)	16
Figura 2. Clasificación de los servicios de Telemedicina	20
Figura 3. Escenario básico para Telemedicina	20
Figura 4. Foto satelital de la distancia de los dos Hospitales y la elevación del terreno entre los dos puntos. Fuente Google Earth	25
Figura 5-6. Imágenes anatómicas. A la izquierda se observa una resonancia magnética y a la derecha una imagen de ultrasonido	26
Figura 7. Imagen fisiológica. Estudio de medicina nuclear para el sistema óseo	27
Figura 8. Imagen anatomo-fisiológica. Se observa una imagen Doppler a color para un electrocardiograma	27
Figura 9. Imagen de una videoconferencia de Telemedicina con un sistema de videoconferencia de calidad intermedia	30
Figura 10. Gráfica del porcentaje de usuarios conectados durante un día para el sistema multimedia	35
Figura 11. Gráfica del porcentaje de usuarios conectados durante un día para el sistema de videoconferencia	36
Figura 12. Gráfica del porcentaje de usuarios conectados durante un día para el servicio de internet	36
Figura 13. Esquema porcentual de la Información multimedia	37
Figura 14. Modelo de un sistema de colas	39
Figura 15. Modelo de cola de Erlang C	41
Figura 16. Modelo de cola de Erlang B	42
Figura 17. Funcionamiento del tráfico de colas para Erlang B	42
Figura 18. Curva normal que representa la distribución de Poisson	46
Figura 19. Tráfico máximo generado en una sesión, con los filtros de los protocolos HTTP (azul) y TCP (lila) utilizando Wireshark 1.4.0	54

Figura 20. Histograma que representa el tiempo de inicio de los picos en todas las sesiones	56
Figura 21. Histograma que representa el tiempo de duración de los picos en todas las sesiones	56
Figura 22. Ajuste de los datos del tiempo entre inicio de los picos a la distribución exponencial	57
Figura 23. Ajuste de los datos del tiempo de duración de los picos a la distribución exponencial	58
Figura 24. Resultado de la simulación con generadores congruenciales. Que representa el número de picos de tráfico iniciados por los 4 usuarios en un tiempo determinado	59
Figura 25. Topología de malla extendida para el enlace de la red de Telemedicina	66
Figura 26. Estructura global del enlace de Telemedicina	66
Figura 27. Escenario para la institución remitora	67
Figura 28. Escenario para el centro de referencia	69
Figura 29. Topología tipo estrella	70
Figura 30. Diagrama físico de la red LAN para la institución remitora	73
Figura 31. Plano preliminar de la distribución del cableado y equipos en el cuarto piso del hospital Universitario San Juan de Dios del Quindío	74
Figura 32. Plano para el diseño de la red de Telemedicina, del cableado horizontal en el hospital San Juan de Dios del Quindío	75
Figura 33. Diagrama físico de la red LAN para el centro de referencia	76
Figura 34. Simulación implementada en Packet Tracer 5.3	77
Figura 35-36. Envío del paquete. A la izquierda se observa el comienzo del envío del paquete desde el PC4, a la derecha el camino por donde viaja el paquete	79
Figura 37-38. Llegada del paquete. A la izquierda se observa que el paquete ha llegado al servidor, a la derecha la devolución del paquete avisando a PC4 de que llegó correctamente	80

Figura 39. Cable UTP Cat. 7A/Clase FA	81
Figura 40. Jacks RJ45 Cat 6A F/UTP	82
Figura 41. Patch Panel Cat6 12 Puertos	82
Figura 42. Bastidor o Rack Energex	83
Figura 43. Canaleta lisa marca dexson	83
Figura 44. Router Cisco RVL 200	84
Figura 45. Switch 3com 3cgsu08a	85
Figura 46. Servidor Dell PowerEdge R715	86
Figura 47. Computador DELL Opti Plex 160	88
Figura 48. Equipo de videoconferencia POLYCOM VSX 5400	89
Figura 49. Cámara digital SONY DSC-S730	90
Figura 50. Digitalizador De Placas Rx Microtek Scanmaker 9800xl	90
Figura 51 y 52. A la izquierda se puede observar Electrocardiógrafo Dr. ECG modelo RT-100 Plus y al lado derecho su interfaz en un computador	91

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Ley de Telemedicina en Colombia. Resolución No. 1448 de 8 de Mayo de 2006. Ministerio de la protección social de Colombia	94
Anexo B. Programa en Matlab para el dimensionamiento del Backbone	102
Anexo C. Resultados de las encuestas realizadas en las dependencias de cardiología y dermatología del hospital San Juan de Dios, hecha por: Carlos Eduardo Arcila y Maily Johanna Loaiza	104

GLOSARIO

INSTITUCIÓN REMISORA: centro hospitalario que cuenta con la tecnología de comunicaciones, para recibir y enviar información y ser apoyado por otra institución.

CENTRO DE REFERENCIA: institución prestadora del servicio de salud que cuenta con los recursos asistenciales y la tecnología para brindar apoyo preciso a distancia.

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACION Y COMUNICACIÓN (TIC): agrupan los elementos y las técnicas utilizadas en el tratamiento y la transmisión de las informaciones, principalmente de la informática, internet y telecomunicaciones.

RADIOGRAFÍA: procedimiento para hacer fotografías del interior de un cuerpo, por medio de rayos X.

PATOLOGÍA: parte de la medicina que estudia las enfermedades.

ESTETOSCOPIO: aparato destinado a auscultar los sonidos del pecho y otras partes del cuerpo.

ELECTROCARDIÓGRAFO: aparato que registra las corrientes eléctricas emanadas del músculo.

ECÓGRAFÍA: técnica de exploración del interior del cuerpo mediante ondas electromagnéticas o acústicas, que registra las reflexiones o ecos producidas en su propagación por las discontinuidades internas. Se emplea en medicina.

DERMATOSCOPIO: microscopio manual de superficie (aumento de 10x) que permite la visualización de estructuras pigmentadas de la epidermis y de la unión dermoepidérmica. Usado por los dermatólogos para el diagnóstico diferencial de las lesiones pigmentarias.

OFTALMOSCOPIO: instrumento para reconocer las partes interiores del ojo.

DICOM: (digital Imaging and Communications in Medicine) es un estándar para la manipulación, almacenamiento, impresión y transmisión de imágenes médicas digitales y de la información relacionada (datos del paciente, fechas, modificaciones).

BACKBONE: se refiere a las principales conexiones troncales de internet.

VIDEO STREAMING: es una distribución de audio o video por internet, en donde el usuario puede escuchar o ver en el momento que quiera.

PROCESO ESTOCÁSTICO: proceso matemático que sirve para caracterizar; es una sucesión de variables aleatorias (estocásticas) que evolucionan en función de otra variable, generalmente en tiempo.

ITU: la unión internacional de telecomunicaciones es el organismo especializado de la organización de las naciones unidas encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

KBps: kilo bytes por segundo

Kbps: Kilo bites por segundo

RESUMEN

El desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación han permitido el desarrollo de la Telemedicina. Analizando la situación del servicio público de la salud en el departamento del Quindío, surge la necesidad de realizar un estudio sobre un plan para la realización de un enlace de Telemedicina en el Hospital Departamental San Juan de Dios del Quindío, con el fin de complementar el servicio salud. En este trabajo se plantea un sistema de comunicación con la infraestructura más óptima para los requerimientos mínimos para implementar: la teleeducación, el telediagnóstico y la teleconsulta en las modalidades de Telecardiología y Teledermatología.

Palabras clave: Telemedicina, Teleeducación, Telediagnóstico, Teleconsulta, Backbone, algoritmo.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones de salud y calidad de vida de la sociedad son aspectos que diariamente se mejoran gracias a la tecnología, así como el intercambio de información entre profesionales y la capacitación del personal; El avance de la tecnología, ha permitido que cada día sea más común encontrar en hospitales y centros de salud, elementos como PCs, redes de computadoras, sistemas de comunicación. Por otra parte, se presenta la necesidad de descentralizar los servicios de salud, ampliar la cobertura y mejorar la calidad de atención en favor de quienes no tienen acceso a dicha atención por razones de lejanía de las zonas urbanas y por falta de personal y/o equipo médico acordes a su patología. También, el analizar la forma de evitar desplazamientos innecesarios a niveles de atención más altos por falta de elementos de diagnóstico para prevención, detección temprana o determinación de patologías y tratamiento preventivo o correctivo en lugares de origen.

Es por ello que crece la importancia en dar un primer paso en el diseño de sistemas de telemedicina en el Quindío, como un mecanismo de optimización de los recursos limitados existentes para la salud. Incrementando así el acceso por parte de la comunidad a la misma sin que las condiciones topográficas signifiquen una limitante. Implementar además, la existencia real de bases de datos actualizadas para fijar políticas de prevención, promoción y atención terapéutica en salud.

La importancia de este proyecto radica en integrar adecuadamente tecnologías de telecomunicación e informática para proveer al sector de la salud, aplicaciones que permitan realizar diagnósticos con gran agilidad y confiabilidad, disminuyendo riesgos para la integridad de los profesionales, así como la oportuna atención de los pacientes, brindando soluciones efectivas, con los menores costos posibles y acorde con las necesidades en el Hospital Universitario San Juan de Dios, en la ciudad de Armenia- Quindío.

1. LA TELEMEDICINA

1.1 DEFINICIÓN TELEMEDICINA

Según la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y la OMS (Organización Mundial de la Salud):

“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 en 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.” [1]

La Telemedicina es la prestación de prácticas médicas a distancia, utilizando tecnologías de telecomunicaciones. Sirve para intercambiar información médica de cualquier tipo por medios electrónicos de comunicación, para la educación, la salud y para mejorar la calidad de las prestaciones médicas.

1.2 HISTORIA RESUMIDA DE LA TELEMEDICINA

En abril de 1924 Radio News muestra en su portada (ver Figura 1) un médico que examina a distancia a un paciente mediante un máquina que incluye una pantalla (la televisión comercial no comenzó hasta 1929) y un alta voz. Más tarde, en 1951, en la feria mundial de New York se presenta un sistema que permite intercambiar

datos médicos entre diferentes estados. Finalmente, en 1967, se establece la primera estación de telemedicina entre el Hospital General de Massachusetts y el aeropuerto Logan de Boston, lo que contribuyó una experiencia pionera que logró probar la eficacia del sistema que utilizaba un circuito audiovisual bidireccional a través de las ondas. Diez años después de este experimento piloto, la tecnología permitió el primer programa internacional de Telemedicina llamado Space Bridge entre la National Aeronautics & Space Administration (NASA) y Armenia¹. Las conexiones de este programa se hicieron usando video en una dirección, voz y fax bidireccionales entre el centro médico de Yervan, Armenia y cuatro hospitales en Estados Unidos. En Europa fue el Dr. Steinar Pdersen de Noruega quien, desde Tromso, puso en marcha un servicio de telemedicina en anatomía patológica que permitía obtener información sobre la existencia de Tumores y otras patologías. [2]



Figura 1. Portada de Radio News (abril de 1924).

¹ La república de Armenia es un país Euroasiático, ex república soviética.

1.3 CLASIFICACIÓN DEL LOS SERVICIOS TELEMÉDICOS

Teniendo en cuenta los proyectos que se han adelantado durante el desarrollo de la Telemedicina, según [3], las áreas de más apoyo a la medicina que se destacan son:

- **El Diagnóstico:** En esta área la Telemedicina se acompaña de elementos computacionales tales como los sistemas expertos a distancia, los cuales contribuyen al diagnóstico del paciente o el uso de las bases de datos en línea, que ayudan al personal médico en el proceso de la toma de decisiones.
- **El control a distancia:** Consiste en la transmisión de información del paciente (Electrocardiograma (ECG), radiografías, datos clínicos, entre otros) para ser analizados por especialistas encargados del cuidado de él. Esta es una de las aplicaciones de mayor uso actualmente.
- **La Consulta en tiempo real:** Permite que un médico pueda observar y discutir los síntomas de un paciente que está siendo asistido por otro médico a distancia. Este se perfila como la aplicación del futuro, cuando se normalicen ciertos aspectos tales como la responsabilidad, la acreditación y las formas de pago.

1.3.1 Clasificación general por tipo de servicio

Las aplicaciones Telemédicas pueden enmarcarse dentro de un conjunto de servicios básicos, como se muestra en [4], entre los que se encuentran:

1.3.1.1 La Teleconsulta: En donde los médicos especialistas de un centro médico de referencia dan una segunda opinión a los médicos que se encuentran en la institución remitora, de acuerdo a la especialidad en el tratamiento de los pacientes. Los médicos de la institución remitora y los médicos especialistas comparten el historial clínico del paciente y discuten las condiciones del paciente

de forma interactiva. De esta manera se realiza el diagnóstico final después de la discusión entre los médicos. La Teleconsulta usa un sistema síncrono de videoconferencia de dos vías, un mecanismo para compartir los documentos que son necesarios para la consulta y para que los médicos puedan participar de una conversación cara a cara.

1.3.1.2 El Telediagnóstico: similar a la Teleconsulta, el especialista hace un diagnóstico con base a la información recibida. La mayor diferencia entre Telediagnóstico y Teleconsulta es que la primera requiere de alta calidad de datos y de imágenes para lograr un diagnóstico preciso, mientras que la última requiere de un entorno interactivo de conferencias. La Telediagnostics se puede realizar de forma asíncrona. Es decir el especialista puede hacer el diagnóstico a su conveniencia y enviar luego el informe del diagnóstico hacia la institución remitora.

1.3.1.3 La Teleeducación: el médico de la institución remitora juega el rol del estudiante, respecto a los avanzados conocimientos del médico especialista. Dicho conocimiento se puede transmitir a través de la teleconferencia, mediante el sistema de videoconferencia en tiempo real. También se puede transmitir materiales médicos de enseñanza en texto digital multimedia presentado en la Web.

1.3.2 Clasificación 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 físico y el cliente.

1.3.2.1 Tiempo diferido: el cliente de un servicio de Telemedicina no se encuentra en comunicación directa con el proveedor del servicio, o es decir que no

está en línea (off line). Esta modalidad se conoce como almacenamiento y envío, en donde 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 servicio¹.

1.3.2.2 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 de la teleconsulta y la teleeducación interactiva. Esta aplicación requiere anchos de banda superiores. Existen dos herramientas básicas para la Telemedicina en tiempo real², estas son:

- **Videoconferencia:** es el sistema común de videoconferencia interactiva a través de cámaras de video.
- **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. [23]

1.4 TIPO DE INFORMACIÓN INTERCAMBIADA

Los tipos de datos asociados a servicios de Telemedicina suelen ser multimedia. Para su correcta evaluación es necesario conocer su naturaleza y su generación, esta información suele ser de tres tipos: texto, señales de tipo fisiológico o funcional, imágenes de tipo anatómico y video. En la figura 2, se observa un esquema en donde se involucra la información intercambiada junto con la clasificación de los servicios médicos.

^{1,2} Esta información es respaldada por: NORRIS A C, Essentials of Telemedicine and Telecare. 2002. Pág. 68

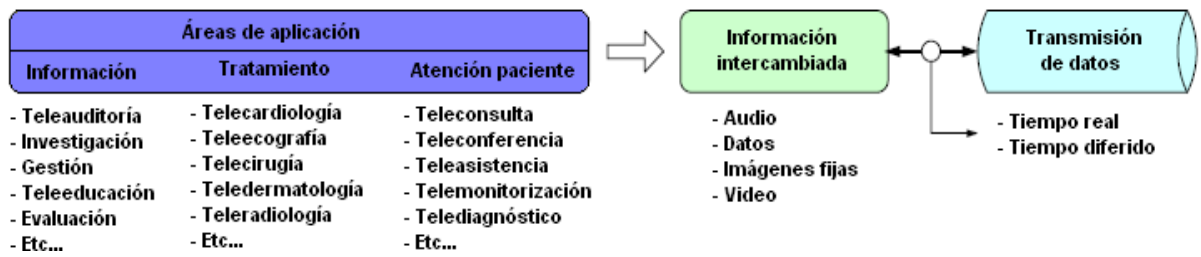


Figura 2. Clasificación de los servicios de Telemedicina. [5]

1.5 ESCENARIO DE UN ENLACE DE TELEMEDICINA

En la figura 3, se observa un escenario básico que principalmente es utilizado como enlace de Telemedicina, en donde varios usuarios hacen uso de las diferentes aplicaciones médicas. [5]

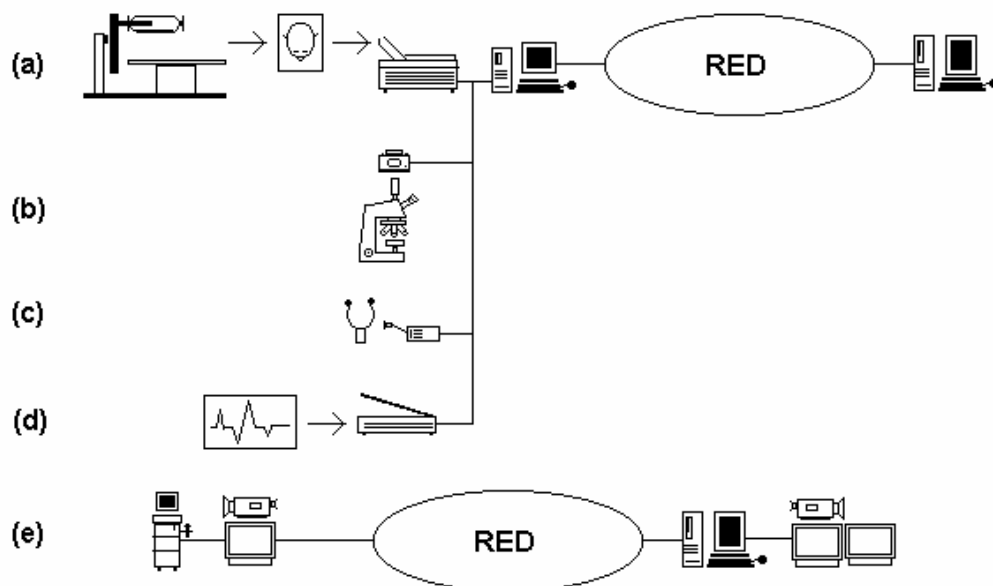


Figura 3. Escenario básico para Telemedicina. [5]

Los equipos que están al lado izquierdo son los de la institución remitora, en donde se encuentra el paciente, mientras que los de la derecha corresponden al centro de referencia, en donde se encuentra el especialista que realiza el

diagnóstico. En los casos (a) al (d) se asume que se dispone de un sistema de manejo de información a través de un computador, el cual permite almacenar las historias clínicas y capturar los estudios (imágenes o señales). La información recolectada en este sistema viaja rumbo al centro de referencia, donde se realiza el diagnóstico. Este diagnóstico puede ser enviado a la institución remitora por la misma red; puede ser en tiempo diferido o si es necesario en tiempo real.

La red de comunicación varía dependiendo de la tecnología necesaria para soportar la demanda del centro de referencia y de la institución remitora. A continuación se explica la composición de cada literal de la figura 3:

Caso (a): se toma de una radiografía convencional, se revela, se pasa por un digitalizador y de allí a un PC; por medio de la red se manda al centro de referencia.

Caso (b): se examina una preparación de patología en el microscopio y a medida que se seleccionan las imágenes de interés se fotografían por medio de una cámara digital adaptada al microscopio mediante un triocular (dispositivo óptico que permite tener una derivación óptica de la imagen hacia un dispositivo externo); se pasan las imágenes a un PC; y por medio de la red se envía al centro de referencia.

Caso (c): se conecta el estetoscopio digital al PC y a medida que se realiza el examen el PC va digitalizando la señal que almacena en el disco duro; por medio de la red se envía al punto de referencia; una variante de esta opción es hacerla en tiempo real, conectando el estetoscopio electrónico al canal de comunicación y tener del otro lado la red un dispositivo de reproducción, esta solución requiere de un ancho de banda de mínimo 128 KBps.

Caso (d): en caso de que no se disponga con un electrocardiograma (ECG) con salida digital, se toma el trazado en el papel generado en el papel generado por un ECG convencional y se digitaliza mediante un escáner normal conectado al PC; por medio de la red se envía al centro de referencia.

Caso (e): se realiza una teleconsulta usando un equipo de videoconferencia punto a punto del lado remitente; del lado del especialista se puede utilizar otro equipo punto a punto, o un sistema multipunto para conectar varios interlocutores simultáneamente; adicionalmente si el equipo de video conferencia tiene entrada de video y un ancho de banda apropiado, se podrían conectar otros equipos con salida de video (como ecógrafos, dermatoscopios, oftalmoscopios, etc.) para transmitir las imágenes en movimiento. [11]

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 TRATAMIENTOS TELEMÉDICOS A OFRECER

Basándose en que el Hospital San Juan de Dios del Quindío posee varias dependencias médicas (requerimientos pág. 33), se ha decidido realizar el enlace para los servicios de: Telecardiología y Teledermatología, en donde se pretende ofrecer: Telediagnóstico, Teleconsulta y Teleeducación. Se eligieron éstos dos servicios médicos, ya que la implementación de éstos no requiere de equipos de adquisición y digitalización de alto costo y complejos; por otra parte sería un buen comienzo para más adelante incluir más servicios Telemédicos.

2.1.1 Teledermatología: se define como la práctica de la dermatología a distancia. Para ello se emplean equipos de Teleconferencia; cuando se trata del

envío en tiempo real. Sistemas informáticos de captura y almacenamiento de imágenes que son enviadas posteriormente; para uso en diferido.

Aspectos técnicos

Las consideraciones óptimas para utilizar una cámara digital en Teledermatología, debe tener las siguientes especificaciones: resolución de 2048 x 1536 píxeles y 24 bits de profundidad de color (16.7 millones de colores); zoom óptico con un aumento mínimo de al menos 3x (3 aumentos); flash intrínseco a través de la lente; capacidad de almacenamiento media mínima de 16MB o mayor; sistema de macro (que permita un enfoque perfecto a 10-30cm de distancia); opción de compresión en formato Joint Photographic Expert Group (JPEG). Para el sistema de videoconferencia en tiempo real esta aplicación requiere hasta 384 KBps. [7]

2.1.2 Telecardiología: es la aplicación de la Telemedicina a la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades cardiovasculares. Permite interactuar al personal sanitario de primer nivel en tiempo real o diferido, y de forma ambulatoria con médicos especialistas cardiólogos para evitar traslados y resolver urgencias. [8]

Aspectos Técnicos

Para realizar una consulta de telecardiología generalmente se necesita de los siguientes periféricos médicos:

Estetoscopio digital y Fonocardiograma: permiten realizar el seguimiento de un paciente para evaluar su patología cardíaca, capaz de obtener señales de sonido del corazón, estas señales se almacenan en formato WAV (formato de audio digital que almacena sonidos en el PC, admite archivos mono y estéreo a diversas resoluciones y velocidades de muestreo) con 16 bits de resolución, 1 canal, y 8000 Hz de frecuencia de muestreo;

Electrocardiograma: genera un registro gráfico del ritmo cardíaco en papel milimetrado, que puede ser de forma digital o si no se puede digitalizar por medio de un equipo de digitalización (cámara digital, escáner).

Radiografía de Tórax: son imágenes que son generadas en promedio por una resolución de 4096 x 4096 con resolución de 12 bits. [8]

2.2 ENLACE ENTRE EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DEL QUINDÍO Y UN HOSPITAL DE ALTA COMPLEJIDAD

A la hora de elegir el hospital que va servir como centro de referencia se tiene en cuenta el grado de complejidad; que se refiere a los hospitales que constituyen el nivel superior del sistema de salud, y concentran equipos profesionales y tecnologías de alta especialización, generando el mayor consumo de recursos financieros del presupuesto total de salud pública. También hay que tener en cuenta la disponibilidad de los especialistas para dar respuesta al servicio de la institución remitora. En el ranking de los 10 mejores hospitales del país, se encuentran en las siguientes ciudades (ver tabla 1):

CIUDAD	NOMBRE	RANKING
Medellín	Fundación San Vicente de Paúl	1
Bogotá D.C	Fundación Santafé de Bogotá	2
Villavicencio	Departamental de Villavicencio ESE	6
Bucaramanga	ESE Hospital Universitario de Santander	9

Tabla 1. Ranking de los hospitales de alta complejidad. Fuente [6]

Se ha decidido realizar el enlace con el Hospital Universitario San Vicente de Paúl de la ciudad de Medellín, ya que dicho hospital es una institución sin ánimo de lucro que presta servicios de salud con énfasis en la atención al paciente de alta complejidad y posee el equipamiento necesario para el soporte en cardiología y dermatología.

Topología del terreno: es de gran interés conocer la topología del terreno entre los dos hospitales, ya que de ésta depende el medio de transmisión más óptimo y eficiente para realizar el enlace. La altura a la que se encuentra el Hospital San Juan de Dios del Quindío es de 1478 metros, la del hospital San Vicente de Paúl es de 1475 metros. La distancia que los separa es de 195 Km en línea recta, este terreno posee tres picos, cada uno con una elevación de: 578 metros, 1328 metros y 3056 metros, con respecto al nivel de mar. En la parte de arriba de la figura 4 (foto satelital) se puede ver desde una vista superior la distancia entre los hospitales y en la parte de abajo se observa la topología del terreno que los separa, en donde se pueden distinguir los picos.

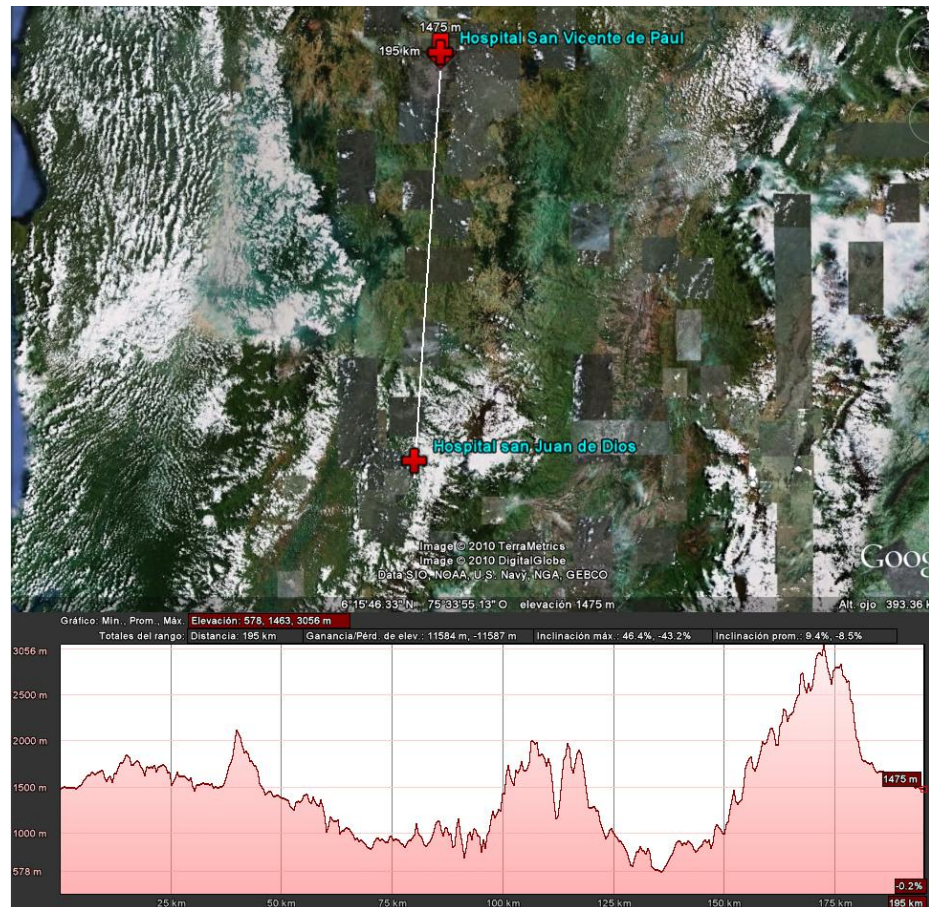


Figura 4. Foto satelital de la distancia de los dos Hospitales y la elevación del terreno entre los dos puntos. Fuente Google Earth.

2.3 TIPO DE INFORMACIÓN A TRANSMITIR Y ALMACENAR GENERALMENTE EN UN ENLACE DE TELEMEDICINA

Para establecer los servicios de Teleeducación, Telediagnóstico y Teleconsulta, en las modalidades de: telecardiología y teledermatología, se necesita implementar un sistema de comunicación para transferir cierta información médica, que generalmente se derivan en los siguientes tipos: texto, imágenes diagnósticas, señales y video.

2.3.1 Texto: son archivos personales en donde están almacenados los datos de los pacientes, como: antecedentes, resultados de algún examen y su historia clínica que va ser almacenada. En la mayoría de los casos son documentos hechos en Word, Excel, PDF o formatos similares.

2.3.2 Imágenes: hay tres tipos básicos de imágenes médicas: anatómicas, fisiológicas y anatomo-fisiológicas. [5]

- **Imágenes anatómicas:** son representaciones de un órgano o estructura física, ya sea interna o externa. Las imágenes más comunes son las de radiología convencional y las de patología en microscopio.

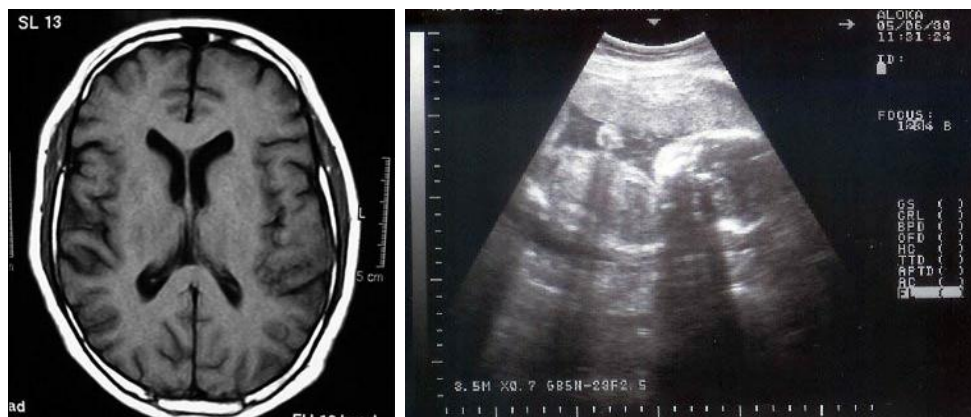


Figura 5-6. Imágenes anatómicas. A la izquierda se observa una resonancia magnética y a la derecha una imagen de ultrasonido.

- **Imágenes fisiológicas:** estas imágenes representan una actividad fisiológica medida en un punto determinado. Algunas de ellas pertenecen a las modalidades de: datos gráficos (ECG, test función pulmonar, flujo sanguíneo), señales digitales (ECG electrónico, estetoscopio electrónico), medicina nuclear.

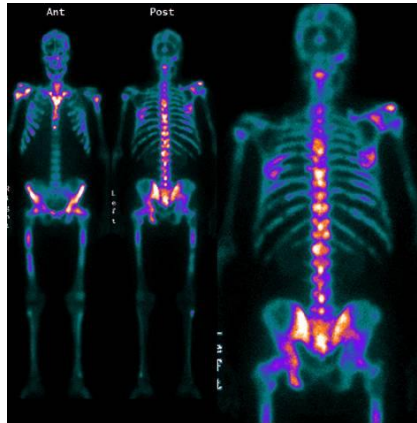


Figura 7. Imagen fisiológica. Estudio de medicina nuclear para el sistema óseo.

- **Imágenes anatomo-fisiológicas:** dan información tanto de forma como de actividad del órgano estudiado. En donde se pretende realizar una fusión entre imágenes anatómicas e imágenes fisiológicas.

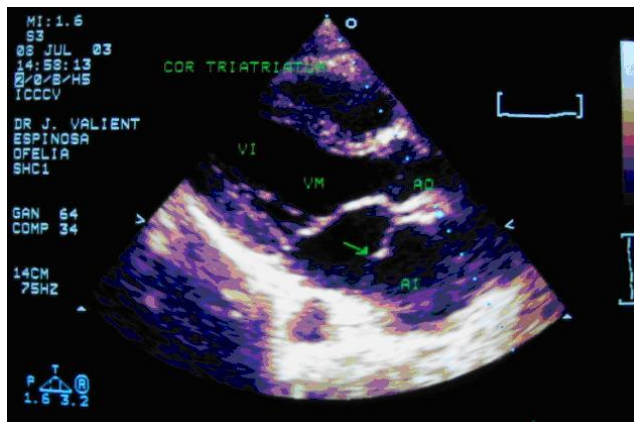


Figura 8. Imagen anatomo-fisiológica. Se observa una imagen Doppler a color para un electrocardiograma.

En la tabla 2, se muestra el tamaño en bytes utilizado generalmente para la digitalización de los distintos tipos de imágenes mostradas anteriormente:

TIPO DE IMAGEN	RESOLUCION		TAMAÑO DE IMAGEN (Kbytes)	PROMEDIO IMÁGENES POR ESTUDIO	TAMAÑO TOTAL DE ESTUDIO (Mbytes)
	Espacial	Contraste			
Ecografía	256 x 256	X8	64	9	0.576
Endoscopia	512 x 512	X8	256	9	2.304
Ecografía Doppler	512 x 512	X8	256	9	2.304
Ecografía Color	512 x 512	X8	256	9	2.304
Densitometría	512 x 512	X8	256	9	2.304
Ultrasonido	512 x 512	X8	256	30	7.680
Gammagrafía	512 x 512	X8	256	9	2.304
Tomografía computada	512 x 512	X12	384	25	9.600
Resonancia Magnética	512 x 512	X12	384	40	15.360
Angiografía	1024 x 1024	X8	1024	15	15.360
Rayos X Digitalizado	2048 x 2560	X12	10000	6	60.000
Radiografía Digital	2048 x 2560	X12	10000	6	60.000
Radiografía de Tórax	4096 x 4096	X12	32000	6	192.000
Mastografía	4096 x 4096	X12	32000	300	9600.000

Tabla 2. Tamaño y peso de las imágenes médicas más utilizadas. Fuente [8]

2.3.3 Video: Para permitir principalmente la gran parte del servicio de la Teleducación se utiliza el video streaming y el sistema de video-conferencia, video-grabaciones o películas varias. Que se puede utilizar para grabar y almacenar (diferido) o para ofrecer conferencias en tiempo real.

2.3.3.1 Sistema de Video-Conferencia: Un sistema de vídeo-conferencia permite la comunicación audiovisual a través de monitores, generalmente asociados a un computador y ubicados en distintos lugares, posibilitando la interacción de dos o más personas mediante el uso de un enlace de comunicaciones; por ende facilita y diversifica el acceso paciente-especialista, evita desplazamientos sin perder el contacto “cara-cara”. Además pueden intercambiar documentos de forma inmediata. La consulta on-line, como la presencial, permite una atención en tiempo real, personalizado, exclusivo y confidencial. [9]

Las señales proporcionadas por las cámaras, el micrófono y equipos periféricos son enviadas al CODEC (Codificador-Decodificador); dentro de éste se realiza un proceso complejo que se puede resumir en tres etapas:

- a)** El CODEC convierte las señales de audio y video a un código de computadora. A esto se le conoce como digitalizar. La información es reducida en pequeños paquetes de datos binarios (1 ó 0). De esta forma se transmiten datos requiriendo menos espacio en el canal de comunicación.
- b)** Los datos son enviados a otro dispositivo de comunicación, el cual los transmite al sitio remoto por un canal de transmisión (cable coaxial, fibra óptica, microondas o satélite) por el que viajarán.
- c)** A través del canal de transmisión, el otro sitio recibe los datos por medio del dispositivo de comunicación el cual los entrega al CODEC que se encarga de decodificar las señales de audio y video, que envía a los monitores para que sean vistas y escuchadas por las personas que asisten al evento. [9]

A continuación se muestra el ancho de banda mínimo para una buena calidad del video ante el ojo humano:

Calidad (Fps)	Ancho de Banda Mínimo	Consumo Real de Ancho de Banda
15 cuadros por segundo	128KBps	128 KBps + 25%
30 cuadros por segundo	*192KBps	192 KBps + 25%

Tabla 3. Relación entre el ancho de banda y calidad del video. [9]

Nota: Se recomienda que este ancho de banda sea mayor o igual a 192 KBps para que el ojo humano lo perciba como video (30 – 40 Frames¹ por segundo) y no como una animación o película pausada.

En la figura 9, se observa una videoconferencia de Telemedicina de calidad intermedia reflejada por un video beam en una sala.



Figura 9. Imagen de una videoconferencia de Telemedicina con un sistema de videoconferencia de calidad intermedia en Colombia. Fuente URL telemedicinaalejandro.blogspot.com

¹Se denomina frame, a un fotograma o cuadro, una imagen particular dentro de una sucesión de imágenes que componen una animación.

- **Tipos de videoconferencia dependiendo del ancho de banda utilizado**

Según la clasificación establecida en [10], de los tipos de videoconferencia más utilizados dependiendo de la aplicación que se vaya a implementar, son:

- **Videoconferencia personal de baja calidad:** ideal para conversaciones informales de 2 personas. Transmite en un rango de velocidades entre los 28.8 y los 64 Kbps sobre líneas telefónicas.
- **Videoconferencia de escritorio:** usado por grupos pequeños de individuos, por ejemplo, reuniones hasta de 4 personas. Opera en el rango de velocidades entre los 64 y 128 Kbps.
- **Videoconferencia de calidad intermedia:** ideal para reuniones en torno a una mesa (hasta 15 personas). Se transmite en un rango de velocidades entre los 128 y los 384 Kbps. Sobre tecnología IP en internet.
- **Videoconferencia de alta calidad:** Necesaria para grandes reuniones. Opera en un rango de velocidad entre 384 Kbps y los 2 Mbps.

2.4 ANCHO DE BANDA RECOMENDADO PARA ALGUNAS MODALIDADES DE LA TELEMEDICINA

En la tabla 4, se pueden observar valores que algunos servicios médicos implican, en media, de volumen de información generada (indicando el tamaño medio de las señales o ficheros transmitidos) y de recursos necesarios (indicando el ancho de banda medio recomendados en [11] para cada servicio). Algunos de estos servicios son empleados en el uso de la teledermatología y telecardiología.

Servicio de Telemedicina	Características Técnicas	Tipo de Información	Tamaño (Bytes)	BW (KBps)
Audio Conferencia - seguimiento de pacientes - líneas fijas de emergencias - teleconsulta remota, telediagnóstico	Canales de Audio (Voz) - 1 conexión Telefónica convencional - 2 canales digitales de voz - 1 canal digital de voz	Audio - analógico - digital - digital comprimido	- 8KB - 8KB - 4KB	N-64 64 128 32
Monitorización de Pacientes - Presión sanguínea - electrocardiografía (ECG) - electroencefalografía (EEG) - electrocografía (ECO)	Adquisición y envío de señales biomédicas con dispositivos médicos digitales o analógicos (con posterior digitalización) de tipo: - simple (muestras numéricas 2B) - evento (señal continua N canales)	Biomédica BP/PsO2 ECG holter EEG ECO	- 400B -250B -8B -2B -8B	N-64 3.2 24 8.7 80 384
Acceso a bases de datos médicas: - Gestión/actualización de HCE - Información médica on-line	Conexiones a Internet (acceso web) para consulta remota de hipertexto (audio, datos, imágenes, vídeo)	Web-Datos HTTP FTP	10kB 800kB	N-128 13 80
Transmisión de imágenes médicas: - teleradiología - telepatología	Adquisición y envío de imágenes: - digitales (radiografías) - escaneadas (fotografía corporal)	Imagen fija B/N color	1MB 9MB	N-256 46 285
Vídeo Conferencia - Telepsiquiatría - Teledermatología - Emergencias, urgencias, UVI móvil - Teleeducación	Puede usar vídeo digital y analógico. Para vídeo digital, se asume tamaño de 320·280·24b/píx y tasas entre 5-30fps. El vídeo analógico usa 1 canal TV.	Vídeo analógico dig-H.263 dig-compr dig-compr	-800kB -140kB -253kB	N-512 128 a 512 en general
Información relativa al paciente Historial Clínico Electrónico (HCE)	Digitalización electrónica del historial en papel del paciente con datos administrativos, clínicos, etc.	Texto-Datos Word PDF	800kB 80kB	64(*)
Señales biomédicas pre-adquiridas - Electrocardiografía (ECG) - Test Holter (ECG continuo) - Electroencefalograma (EEG) - Estudio del sueño	Adquisición de señales vitales, sin la necesidad de envío instantáneo. A médicos de cabecera es suficiente con pruebas simplificadas junto a informe explicativo. Al	Bio-Datos ECG Holter EEG EEG ECO	40MB 692MB 2MB 664MB 384MB	256(*)

- Electroecografía (ECO)	especialista, es necesario el archivo completo.			
Imágenes fijas pre-adquiridas - Radiografía conmutada (CR) - Mamografía (rayos X) - Tomografía Axial Computarizada - Resonancia Magnética Nuclear - Gammagrafía y cartografía - Angiografía digital por sustracción - Imagen digitalizada	Imagen digital/resolución/compres: 2048·2048píx (x 2.5)/12-16b/20:1 1280·1024píx (x 5)/24b/15:1 256·256-512·512píx (x 20)/8-16b/2:1 512·512píx (x 100)/16b/4:1 512·512píx (x 50)/8b/2:1 1024·1024píx (x 100)/8b/2:1 Según tamaño Word-PDF/16b/2:1	Imagen-Datos RADIO MAMO TAC RNM GAMMA DIVAS Digital	96MB 267MB 14MB 28MB 28MB 3.5MB 0.7MB	512(*)

N-# son los canales por ejemplo (N-64) son N canales para 64Kb/s, en el caso de telemedicina solo se utilizan 1 o 2 canales; Líneas de Red Digital. (*) Ancho de Banda Recomendado para uso en Telemedicina.

Tabla 4. Clasificación del ancho de banda recomendado para el uso de los principales servicios de Telemedicina. [11]

3. DISEÑO DEL ENLACE PARA TELEDERMATOLOGÍA Y TELECARDIOLOGÍA PARA EL HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN JUAN DE DIOS DEL QUINDÍO

3.1 REQUERIMIENTOS

El Hospital Departamental Universitario San Juan de Dios del Quindío es una empresa social del estado que brinda servicios de mediana y alta complejidad a la comunidad, es un establecimiento de tercer nivel, dotado para brindar atención ambulatoria y hospitalaria a una población de aproximadamente 880.000 personas en su área de influencia. Como se muestra en [20]. El hospital está capacitado

para prestar generalmente 7 servicios médicos (hospitalización, servicios ambulatorios, procedimientos quirúrgicos de urgencias, atención urgencias, apoyo diagnóstico y terapéutico, atención cardiovascular integral y servicios de ambulancia de atención médica y urgencias) en distintas áreas, en donde posee una gran cantidad de personal y equipos médicos para dar soporte. Las áreas en donde regularmente se practican pruebas de cardiología y dermatología son: Quirófanos, maternidad, médica hombres, médica mujeres, radiología, unidad recién nacidos y urgencias. Por medio de equipos como: Monitores de signos vitales, rayos x y electrocardiógrafos, que son muy utilizados en dichas dependencias.

3.1.1 Necesidades de los usuarios

En este estudio se pretende determinar principalmente el número de usuarios que harán uso de la red, el tipo de información médica que se va a intercambiar y el uso en tiempo que debe soportar la red. Teniendo en cuenta el personal capacitado en varias dependencias del hospital donde se realizan pruebas de cardiología y dermatología.

3.1.1.1 Resultado de las encuestas

Se realizan unas encuestas a 25 personas, que hacen parte de las distintas dependencias médicas del hospital que elaboran exámenes relacionados con cardiología y dermatología. Estas personas son los usuarios potenciales de la red de Telemedicina. La entrevista se divide en tres, una para el servicio multimedia; el cual se encarga del envío de la información médica al hospital que hace del centro de referencia. Otra es para el uso del sistema de videoconferencia y la última el uso del internet con propósitos de investigación.

- **Resultados para el sistema multimedia (adquisición y digitalización):**

Usuarios: 25

Duración promedio de una sesión al día: 70.2 minutos/día

Promedio de sesión diaria: 1.6 veces/día

Duración promedio total en un día por un usuario:

$1.6 \times 70.2 \text{ minutos/día} = 112.32 \text{ minutos/día}$

Personas conectadas en la peor hora del día: 4 sesiones/día

En la figura 10, se observa un gráfico del porcentaje de usuarios conectados durante todo el día. En donde se puede contemplar las horas con más usuarios conectados.

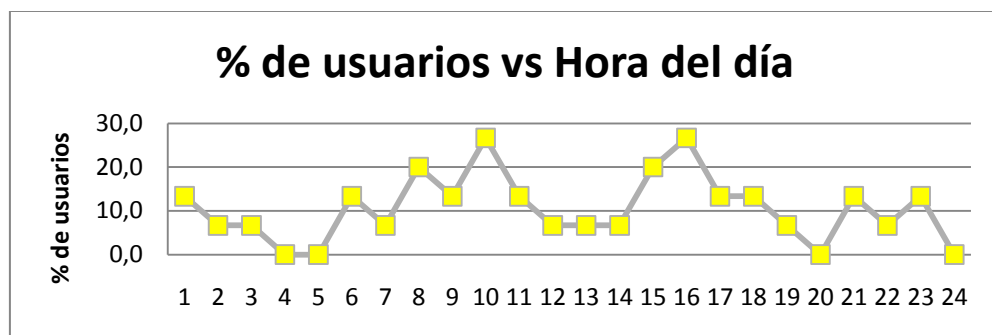


Figura 10. Gráfica del porcentaje de usuarios conectados durante un día para el sistema multimedia. Resultado del análisis de la encuesta, ver Anexo C.

- **Resultados para el sistema de videoconferencia:**

Se ha considerado por elección de los usuarios un sistema de videoconferencia de alta calidad, partiendo de una velocidad de 1 Mbps para un grupo pequeño de personas. También se fijó solo un equipo de videoconferencia, es decir que solo uno o un grupo pequeño de usuarios pueden hacer uso del sistema a la vez.

Usuarios: 25

Duración promedio de una sesión a la semana:

$68.4 \text{ minutos/semana} = 9.77 \text{ minutos/día}$

Promedio de sesiones a la semana: $1.4 \text{ veces/semana} = 0.2 \text{ veces/semana}$

Duración promedio total en un día por un usuario:

$0.2 \times 9.77 \text{ minutos/día} = 1.95 \text{ minutos/día}$

Personas conectadas en la peor sesión de la semana: 3

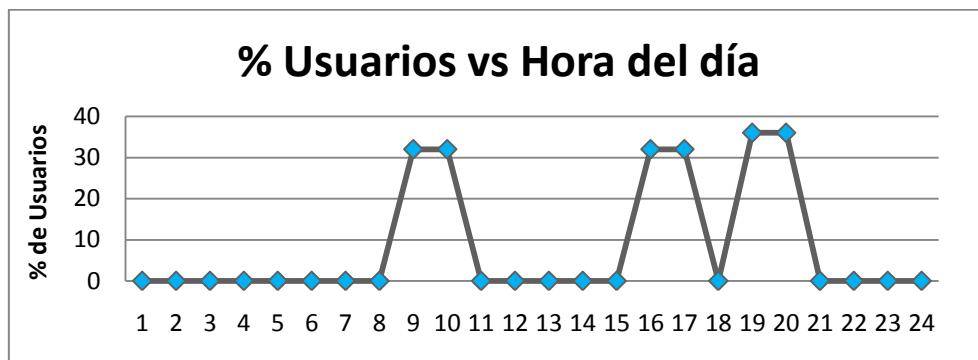


Figura 11. Gráfica del porcentaje de usuarios conectados durante un día para el sistema de videoconferencia. Resultado del análisis de la encuesta, ver anexo C.

- **Resultados para el servicio de internet:**

Usuarios: 25

Duración promedio de una sesión al día: 66.4 minutos / día

Promedio de sesión diaria: 1.1 veces/día

Duración promedio total en un día por un usuario:

$1.1 \times 66.4 \text{ minutos/día} = 73.04 \text{ minutos/día}$

Personas conectadas en la peor hora del día: 3 sesiones/día

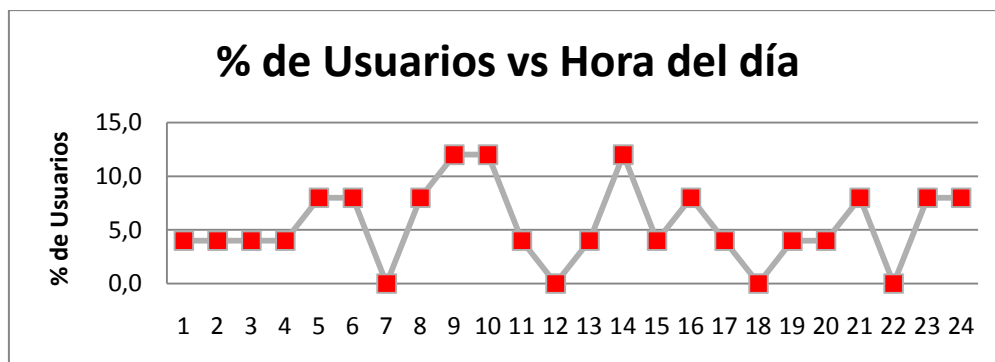


Figura 12. Gráfica del porcentaje de usuarios conectados durante un día para el servicio de internet. Resultado del análisis, ver anexo C.

- **Recopilación de las encuestas**

Para realizar la recopilación de todos los servicios, se realiza una sumatoria de la duración promedio de uso por aplicación, de acuerdo con las sesiones iniciadas en un día.

Usuarios: 25

Duración promedio de uso al día:

112.32 minutos/día + 1.95 minutos/día + 73.04 minutos/día = 187.3 minutos/día

Sumatoria del promedio de personas conectadas en la peor hora de todos los casos:

4 sesiones/día + 0.43 sesiones/día + 3 sesiones/día= 7.43 sesiones/día

Tipo de Información a Enviar y Recibir

De acuerdo a lo planteado por el diseño y a los requerimientos de los usuarios, se tiene un ponderado de la información multimedia¹ requerida a enviar, recibir y almacenar por el personal médico; en la figura 13 se observa el tipo de información que manejan los diferentes usuarios.

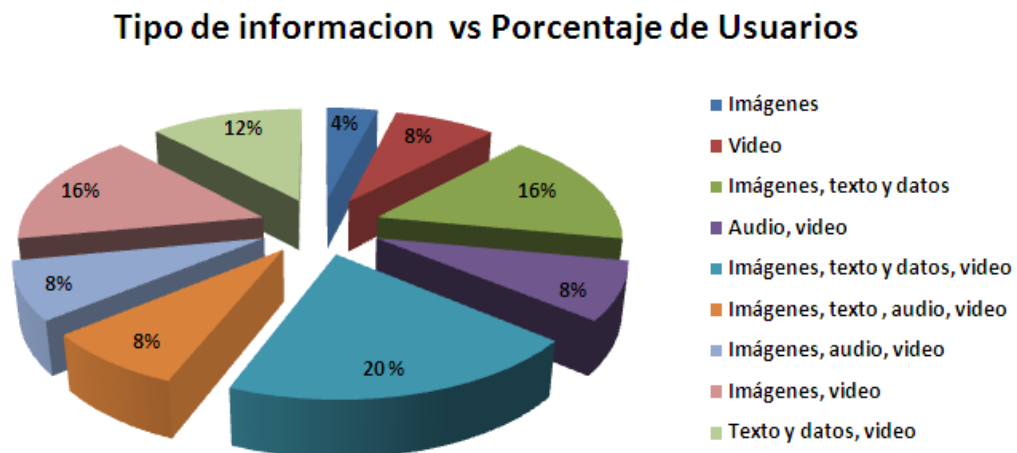


Figura 13. Esquema porcentual de la Información multimedia.

¹El término **multimedia** se refiere a un sistema que utiliza los siguientes medios: texto, imágenes, hasta animación, sonido, video, etc.

En la tabla 5, se especifica el tipo de información que los usuarios pretenden enviar y recibir, para las especialidades de Teledermatología y Telecardiología.

	INFORMACIÓN	RESOLUCION	PESO EN MBYTES	TIPO DE ARCHIVO
TELECARDIOLOGIA	Imágenes	4096x4096	32	JPEG
	Audio	16 bits	7	WAV
	Texto y Datos	x	1	PDF,WORD
	Señales Biomédicas	x	40	ECG
	Videoconferencia	30 FPS	x	MPEG4,H. 261
TELEDERMATOLOGIA	Imágenes	2048x1536	1.5	JPEG
	Texto y Datos	x	1	PDF,WORD
	Videoconferencia	30 FPS	x	MPEG4,H.323

Tabla 5. Características del tipo de información usada en las especialidades de Teledermatología y Telecardiología.

El resultado del tiempo prudente que los usuarios esperan según la encuesta realizada, en que llegue de regreso la información después de ser enviada, con una disposición instantánea del centro de referencia, es de:

Tiempo mínimo de espera: 15 minutos

Tiempo máximo de espera: 1440 minutos/ 12 Horas

Promedio de tiempo de envío y llegada de espera: 194.4 minutos / 3.2 Horas

3.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

3.2.1 Dimensionamiento de los equipos necesarios de acuerdo a la intensidad de tráfico

Se decidió implementar un estudio de la teoría de colas porque proporciona tanto una base teórica del tipo de servicio que se puede esperar de un determinado recurso, como en la forma en la cual dicho recurso puede ser diseñado para proporcionar un determinado grado de servicio a sus clientes.

Teoría de colas

Los sistemas de colas son modelos de sistemas que proporcionan servicio. Como modelo, pueden representar cualquier sistema en donde los trabajos o clientes llegan buscando un servicio de algún tipo y salen después de que dicho servicio haya sido atendido. Se puede modelar los sistemas de este tipo tanto como colas sencillas o como un sistema de colas interconectadas formando una red de colas. En la figura 14, se muestra un ejemplo de modelo de colas sencillo. Este modelo puede usarse para representar una situación típica en la cual los clientes llegan, esperan si los servidores están ocupados, son servidos por un servidor disponible y se marchan cuando se obtiene el servicio requerido. [13]

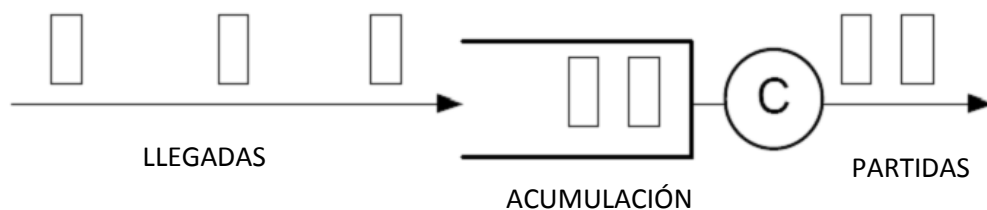


Figura 14. Modelo de un sistema de colas. Fuente URL

<http://www.comm.utoronto.ca/~jorg/teaching/ece466/labs/Lab1v3.pdf>

Los parámetros de la teoría de colas son:

- Estadística de llegadas, tasa promedio de llegadas.
- Estadística del tiempo de servicio, tasa promedio de salidas.
- Disciplina de servicio.
- Número de servidores.
- Tamaño de la población.

El análisis presentado a continuación, acerca de la teoría de colas, está descrito más extensamente en [14].

La intensidad de tráfico se define la ecuación (1):

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (1)$$



Donde: λ = *tasa de llegada en un tiempo determinado*

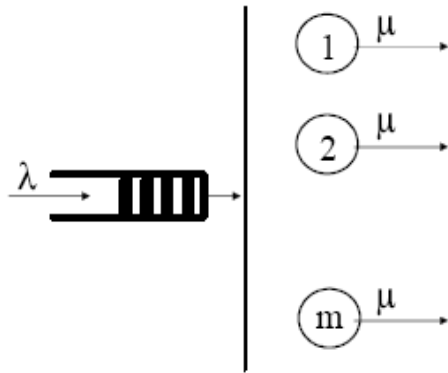
μ = *tasa de despacho en un tiempo determinado*

Para representar el número de llegadas de paquetes en un intervalo de tiempo se usa el Proceso de Poisson¹. Ya que es un proceso estocástico de tiempo continuo que consiste en contar eventos raros que ocurren a lo largo del tiempo y da muy buena descripción de muchos procesos de la vida real. En un proceso de Poisson (ecuación 2), la tasa λ , es el número de (llegadas) eventos en un intervalo de tiempo y el tiempo entre dos (llegadas) eventos sigue una distribución exponencial. Donde k es el número de eventos ocurriendo en un tiempo.

$$f(k, \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} \quad (2)$$

¹Un **proceso de poisson** es un proceso estocástico de tiempo continuo que consiste en contar eventos raros que ocurren a lo largo del tiempo.

Modelo de cola M/M/m, Erlang C



Características:

- Solo hay **m** servidores.
- Después de que los servidores estén ocupados, las llegadas hacen cola.
- Tasa de llegada λ .
- Tasa de atención $K * \mu$, para los parámetros de m estados, donde K es el índice de llegada
- Para las llegadas que hacen cola, las tasas de atención son $m * \mu$.

Figura 15. Modelo de cola de Erlang C. [14]

$$\rho = \frac{\lambda}{m * \mu}, \text{ Utilización}$$

$$a = \frac{\lambda}{\mu}, \text{ Intensidad de tráfico}$$

La función de Erlang C representa la probabilidad de que un elemento sea demorado para ser atendido, es decir la probabilidad de tener elementos en cola.

$$P_d = \sum_{k=m}^{\infty} P_k = \text{Er2}(m, a)$$

$$P_d = \frac{P_m}{1 - \rho}$$

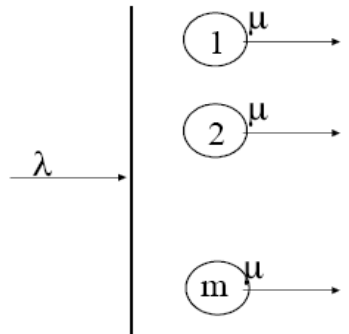
Donde:

P_d = Probabilidad de que a un usuario le toque esperar

P_k = Probabilidad de llegada

P_m = Probabilidad del estado m

Modelo de cola M/M/m/m, Erlang B



Características:

- Solo hay **m** servidores
- No hay cola, si hay una llegada y todos los servidores están ocupados el elemento se pierde.

Figura 16. Modelo de cola de Erlang B. [14]

La función de Erlang B representa la probabilidad de que el sistema este en situación de bloqueo y corresponde al caso de estar en el estado M/M/m. Se define Bloqueo como la situación en donde todos los servidores están ocupados y por lo tanto un nuevo elemento no puede ser atendido y se pierde.

$$P_m = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m \frac{1}{m!} \cdot \frac{1}{\sum_{k=0}^m \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{1}{k!}} = \frac{a^m}{m!} \cdot \frac{1}{\sum_{k=0}^m \frac{a^k}{k!}} = Er1(m, a)$$

En la figura 17 se muestra cómo funciona el proceso en el estado M/M/m:

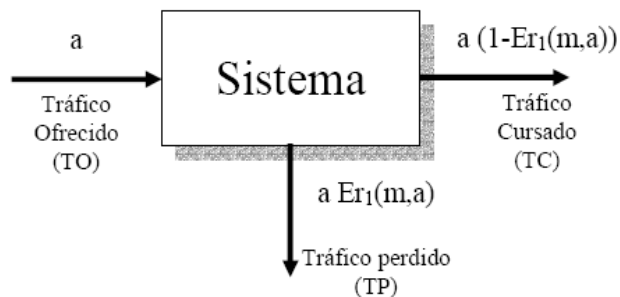


Figura 17. Funcionamiento del tráfico de colas para Erlang B.

Donde:

- a es el tráfico ofrecido al sistema (TO) al sistema
- El tráfico perdido será (TP) $a \cdot P_m = a \cdot \text{Er1}(m, a)$
- El tráfico cursado será (TC) $\text{TC} = \text{TO} - \text{TP} = a(1 - \text{Er1}(m, a))$

Por lo tanto el número medio de unidades en el sistema es:

$$E[n] = \sum_{k=0}^{\infty} k \cdot P_k = \sum_{k=0}^m k \cdot P_k = a \cdot [1 - \text{Er1}(m; a)]$$

Relación de recurrencia:

$$\text{Er1}(m; a) = \frac{a \cdot \text{Er1}(m-1; a)}{a \cdot \text{Er1}(m-1; a) + m}$$

Relación entre Erlang B y Erlang C

$$\text{Er2}(m; a) = \frac{\text{Er1}(m; a)}{[1 - \left(\frac{a}{m}\right) + \left(\frac{a}{m}\right) \cdot (\text{Er1}(m; a))]}$$

Número medio de elementos en cola:

$$\overline{n_q} = \sum_{k=m}^{\infty} (k - m) \cdot P_k = \frac{a}{m - a} \text{Er2}(m; a)$$

Tiempo de espera en cola:

$$\overline{W_q} = \frac{\overline{n_q}}{\lambda} = \frac{1}{\mu \cdot (m - a)} \text{Er2}(m; a)$$

3.2.1.1 Desarrollo del estudio de teoría de colas

Por medio de la recopilación de las encuestas, se obtuvo:

$$\begin{aligned}\lambda &= \text{tasa de llegada} = 7.43 \text{ sesiones/día} \\ \mu &= \text{tasa de despacho} = 1 \frac{\text{salida}}{187.3 \text{ minutos}} = \frac{1 \text{ salida}}{130 \text{ e} - 3 \text{ días}} = 7.6876 \text{ salidas/día} \\ a &= \text{intensidad de trafico} = \lambda/\mu = 0.966 \\ m &= \text{numero de servidores} = 4\end{aligned}$$

Nota: se necesita dejarla expresada en llegadas atendidas en un tiempo, pero se tiene expresado en un despacho de 187.3 minutos. Al pasarla a un despacho de días (ya que todo se maneja en días), queda de la siguiente manera: 187.3 minutos= 130.079 e-3 días.

Entonces:

$$a = \text{intensidad de trafico} = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{7.43}{7.68} = 0.966$$

Para realizar la simulación se parte de un **m=4**; equipos para atender a los usuarios. Utilizando un algoritmo en Matlab; se halló el valor de Erlang B, mediante la ecuación de recurrencia. Después se halló el valor de Erlang C, por medio de la ecuación de relación. Y por último el número medio de elementos en cola y el tiempo de espera en cola. El algoritmo es:

```
clc
clear all

i=1;
E(1)=1;
user= 4;           %% Equipos para atender (en este caso m=4)
a= 0.9664;         %% Intensidad de tráfico en un día
u=7.687;           %% Tasa de despacho en un día

for i=2:user+1

    E(i)=a*(E(i-1))/(a*E(i-1)+i-1);

end
```

```

Eb=E(i)                                %% Erlang B - Probabilidad de bloqueo
Ec= E(i) / (1-(a/user)+(a/user)*E(i)) %% Erlang C - Probabilidad de espera
Wq=(Ec/(u*(user-a)))*24*60             %% Tiempo de espera en cola (Little)
                                        resultado en minutos
nq= Ec/(u*(user-a))                    %% Número medio de elementos en cola
                                        en un día

```

El resultado de la simulación:

```

Eb = 0.0139                          %% Erlang B - Probabilidad de bloqueo
Ec = 0.0182                          %% Erlang C - Probabilidad de espera
Wq = 1.1244                          %% Tiempo de espera en cola (Little)
                                        resultado en minutos
nq = 7.8085e-004                     %% Número medio de elementos en cola
                                        en un día

```

En la tabla 6, se observan claramente los resultados del estudio de teoría de colas:

Parámetros	Resultados
Número de equipos de atención	4
Probabilidad de bloqueo	1.39 %
Probabilidad de espera	1.82 %
Tiempo de espera en cola	1 minuto 7 segundos
Número medio de elementos en cola	0.001

Tabla 6. Resultados de la simulación del algoritmo aplicando teoría de colas.

Nota: Para tener más exactitud en el momento de saber qué tanto debe esperar un usuario, se implementó la ecuación de la varianza (ecuación 3), puesto que ésta optimiza los resultados en el tiempo de espera.

$$V(X) = \frac{K}{\lambda^2} \quad (3)$$

Donde K es el tiempo de espera hasta el suceso número K en un proceso de Poisson; pero en este caso se toma como la media a utilizar, lo que significa que su valor será el número de equipos, $K=4$.

$$V(X) = \frac{4}{7.43^2} = 72.45^{-3}$$

La suma de esta varianza con el tiempo de espera, nos proporciona una totalidad de la espera en tiempo de un usuario hasta ser atendido.

$$Tiempo\ total = W + V = 1.13 + 0.07245 = 1.20\ min$$

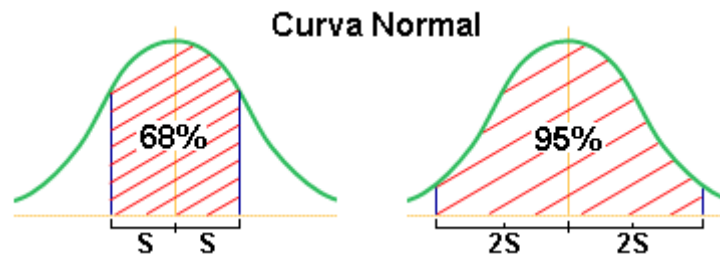


Figura 18. Curva normal que representa la distribución de Poisson.

Analizando la figura 18 y los valores encontrados, se tiene que hay un 68% de probabilidad de que el tiempo de espera sea de 1.13 min, pero cuando a este valor se le suma la varianza, la confiabilidad será del 95%, esto arroja un tiempo de 1.20 min (1 minuto con 12 segundos) Dando así una mayor certeza en el tiempo que un usuario deberá esperar en el momento que todos los equipos estén ocupados.

3.2.2 Dimensionamiento del tráfico de la red

Para el dimensionamiento del ancho de banda necesario para el backbone, se ponen en manifiesto dos metodologías: una teórica; que realiza el cálculo teórico estimado según las aplicaciones de los usuarios para determinar un valor

aproximado del ancho de banda. Una práctica; que estima el ancho de banda, mediante el software Wireshark y posteriormente mediante el desarrollo de un análisis estadístico.

3.2.2.1 Cálculos teóricos del tráfico generado por usuario

El Análisis sobre el uso de los servicios en las especialidades médicas de: Teledermatología y Telecardiología toma como referencia el peso en Bytes de los archivos a ser transmitidos por el enlace de Telemedicina.

Para calcular teóricamente la velocidad efectiva promedio de las aplicaciones, se parte desde los requerimientos de los usuarios en cuanto al tiempo de envío y respuesta. De la encuesta expuesta anteriormente se tiene que el tiempo mínimo esperado por los usuarios para enviar un archivo es de 15 minutos, el máximo de 12 Horas, y el promedio de 3.2 Horas. A continuación se realiza el cálculo del tráfico aproximado generado por un usuario de Teledermatología y Telecardiología.

Teledermatología

Imágenes

El peso aproximado de una imagen para uso de Teledermatología de 2048*1536 pixeles, un zoom de 3x es de 1.5 Megabytes. Para el envío de imágenes, se ha estimado que para cada estudio se requiere un envío de 4 imágenes por un usuario en 15 minutos, en la siguiente ecuación se obtiene la velocidad necesaria para dicha aplicación.

$$V_{Ef} = \frac{2 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{4 \text{ Envío}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ Usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuario}$$

$$= 71.11 \text{ Kbps}$$

Texto y datos

Los archivos relacionados con el envío de datos administrativos, clínicos e información del paciente, involucra archivos de tipo PDF y WORD, los cuales tienen un promedio de un peso de 1 Megabytes. Por cada estudio se tiene un envío de 6 a 10 archivos en 15 minutos.

$$V_{Ef} = \frac{1 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{10 \text{ Envío}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ Usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuarios}$$
$$= 88.88 \text{ Kbps}$$

Correo electrónico

Para el uso normal del correo electrónico según los usuarios, el peso de los archivos enviados o descargados es de 1.5 Megabytes, y se pueden enviar o recibir 8 archivos durante 15 minutos, por consiguiente la velocidad necesaria es:

$$V_{Ef} = \frac{1.5 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{8 \text{ Envío}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ Usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuarios}$$
$$= 106.66 \text{ Kbps}$$

Navegación en Internet

El peso promedio de una página web es de 60 a 75 KB, como se muestra en [15], y se estima que un usuario puede abrir (o cargar) 100 páginas web en 15 minutos.

$$V_{Ef} = \frac{75 \text{ Kilobytes}}{1 \text{ Envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{100 \text{ Envío}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ Usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuarios}$$
$$= 66.66 \text{ Kbps}$$

Video

Para esta aplicación se tiene en cuenta el uso del video streaming, de acuerdo a los diferentes tipos existentes como: video streaming bajo demanda y en tiempo real. Según un estudio realizado por la Universidad de los Andes, que se describe

en [16], para un buen rendimiento de esta aplicación se necesita una velocidad mínima efectiva de:

$$V_{Ef} = 600 \text{ Kbps}$$

En la tabla 7, se presenta la acumulación del ancho de banda necesario para las aplicaciones citadas anteriormente en Teledermatología.

Aplicación	Ancho de banda en Kbps
Imágenes	71.11
Texto y datos	88.88
Correo electrónico	106.66
Navegación en internet	66.66
Video	600
Total	933.31

Tabla 7. Ancho de banda acumulado por un usuario para el servicio de Teledermatología.

Según las aplicaciones necesarias para Teledermatología, sin contar con la aplicación de videoconferencia se tiene un ancho de banda aproximado por usuario de 933.31 Kbps.

Telecardiología

Audio

Los archivos de audio utilizados para esta aplicación son de formato WAV de 16 bits de resolución [8]. Los sonidos corporales (latido cardiaco); con una adquisición de 20 segundos (44.1 KHz, 16 bits), tienen un peso aproximado de 7 Megabytes. Estimando un envío de este archivo en los 15 minutos mínimos de espera por los usuarios, se tiene:

$$\begin{aligned}
 V_{Ef} &= \frac{7 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{1 \text{ Envío}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ Usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuarios} \\
 &= 62.22 \text{ Kbps}
 \end{aligned}$$

Imágenes

Las imágenes de radiografía al tórax, tienen una resolución de 4096*4096 de 12 bits, como se observa en la tabla 2. Cada una tiene un peso aproximado de 32 Megabytes. Estimando el envío de una imagen en el tiempo mínimo, se calcula:

$$V_{Ef} = \frac{32 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{1 \text{ Envío}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ Usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuarios}$$
$$= 284.44 \text{ Kbps}$$

Texto y datos

Se manejan en mismo tipo de archivos que en la modalidad de Teledermatología.

$$V_{Ef} = 88.88 \text{ Kbps}$$

Señales biomédicas

Las señales biomédicas pre adquiridas; en una electrocardiografía (ECG), tienen un peso aproximado de 40 Megabytes [11]. Estimando un envío en 15 minutos, se calcula:

$$V_{Ef} = \frac{40 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{1 \text{ Envío}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ Usuario}} * \frac{1 \text{ minutos}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuarios}$$
$$= 355.55 \text{ Kbps}$$

Correo electrónico

$$V_{Ef} = 106.66 \text{ Kbps}$$

Navegación en Internet

$$V_{Ef} = 66.66 \text{ Kbps}$$

Video

Considerando la aplicación de video streaming igual que en Teledermatología, se tiene una velocidad de:

$$V_{Ef} = 600 \text{ Kbps}$$

La tabla 8, presenta la acumulación del ancho de banda necesario para las aplicaciones citadas anteriormente en Telecardiología.

Aplicación	Ancho de banda en Kbps
Audio	62.22
Imágenes	284.44
Texto y datos	88.88
Señales biomédicas	355.55
Correo electrónico	106.66
Navegación en internet	66.66
Video	600
Total	1564.41

Tabla 8. Ancho de banda acumulado por un usuario para el servicio de Telecardiología.

Como se puede observar en la tabla 8, sin contar con el servicio de videoconferencia, se tiene un ancho de banda aproximado por usuario de 1.56 Mbps.

Cálculos de tráfico con el sistema de videoconferencia

El sistema de Videoconferencia de alta calidad, consume un ancho de banda aproximado de 128 KBps (1024 Kbps), teniendo en cuenta de que solo hay un sistema funcionando en uno de los cuatro computadores, se calcula que en el peor de los casos, un usuario siempre va a estar utilizando dicha aplicación en el transcurso de una sesión, por lo tanto el ancho de banda de este sistema se promedia con el ancho de banda acumulado por aplicación (descrito en tabla 7 y 8), tanto para Teledermatología como Telecardiología. En las tablas 9 y 10 se

presenta el cálculo del ancho de banda por modalidad médica, incluyendo el sistema de videoconferencia.

Teledermatología	
Usuario	Ancho de banda en Kbps
PC 1	933.31
PC 2	933.31
PC 3	933.31
PC4 (videoconferencia)	1024
Promedio	955.98

Tabla 9. Estimación del ancho de banda por usuario para Teledermatología.

Telecardiología	
Usuario	Ancho de banda en Kbps
PC 1	1564.41
PC 2	1564.41
PC 3	1564.41
PC4 (videoconferencia)	1024
Promedio	1429.30

Tabla 10. Estimación del ancho de banda por usuario para Telecardiología.

Para tener un valor aproximado del ancho de banda necesario para el backbone, se toma el peor de los casos, en donde los 4 computadores estén ocupados simultáneamente, teniendo la estimación del valor del ancho por servicio se calcula:

$$BW = 955.98 \text{ Kbps} * 4 \text{ usuarios} = \mathbf{3823.92 \text{ Kbps para Teledermatología}}$$

$$BW = 1429.30 \text{ Kbps} * 4 \text{ usuarios} = \mathbf{5717.20 \text{ Kbps para Telecardiología}}$$

3.2.2.2 Cálculo del tráfico mediante: el sniffer Wireshark y análisis estadístico realizado en Matlab

Para determinar cuanta información, que tipo de información y cuanto tráfico está fluyendo por la red, de parte de los usuarios, se utiliza un sniffer y analizador de protocolos, como Wireshark, que es una herramienta en software libre, y se ejecuta sobre la mayoría de sistemas operativos. Posteriormente se recurre a un análisis estadístico desarrollado a través de Matlab, ya que este software cuenta con las herramientas matemáticas necesarias para este estudio. [24]

Pruebas realizadas con Wireshark 1.4.0

Las pruebas se hacen en las salas de computación del hospital San Juan de Dios del Quindío, en donde gran parte de los especialistas en dermatología y cardiología, usuarios de la red de Telemedicina, acceden al servidor principal del hospital y a internet para fines médicos.

Por medio de un computador, con Wireshark instalado y configurado en modo promiscuo, se capturan 8 sesiones de algunos usuarios durante un periodo de tiempo. Para así obtener información sobre: promedio del tráfico generado, número de picos más altos del tráfico, protocolos utilizados, tiempo de cada sesión, entre otros.

La prueba consiste en el análisis de las 8 sesiones, que son suficientes para tener una idea general de cuanto tráfico generan los usuarios, y posteriormente mediante un análisis estadístico, encontrar el tráfico mínimo necesario que debería soportar la red en sus peores momentos, que es cuando cuatro usuarios estén conectados simultáneamente, generando el mayor tráfico posible.

En la figura 19, se observa una gráfica del tráfico máximo generado en la red, capturada durante una sesión. Los paquetes capturados están asociados a los protocolos de red HTTP (azul) y TCP (lila). El eje horizontal (X) es el tiempo en

segundos de la ocupación del canal y el eje vertical (Y) es la cantidad de bits transmitidos. Si observamos la gráfica del protocolo TCP, que es la que genera más tráfico, vemos que a partir de los 920 segundos se empieza a representar por unos picos o ráfagas, que tienen un tiempo de inicio y un tiempo de duración. En el caso de esta prueba se promedia también en ancho de banda que generan los picos más altos durante las 8 sesiones capturadas, como el pico que se observa a partir de los 940 hasta los 1015 segundos de la siguiente figura.

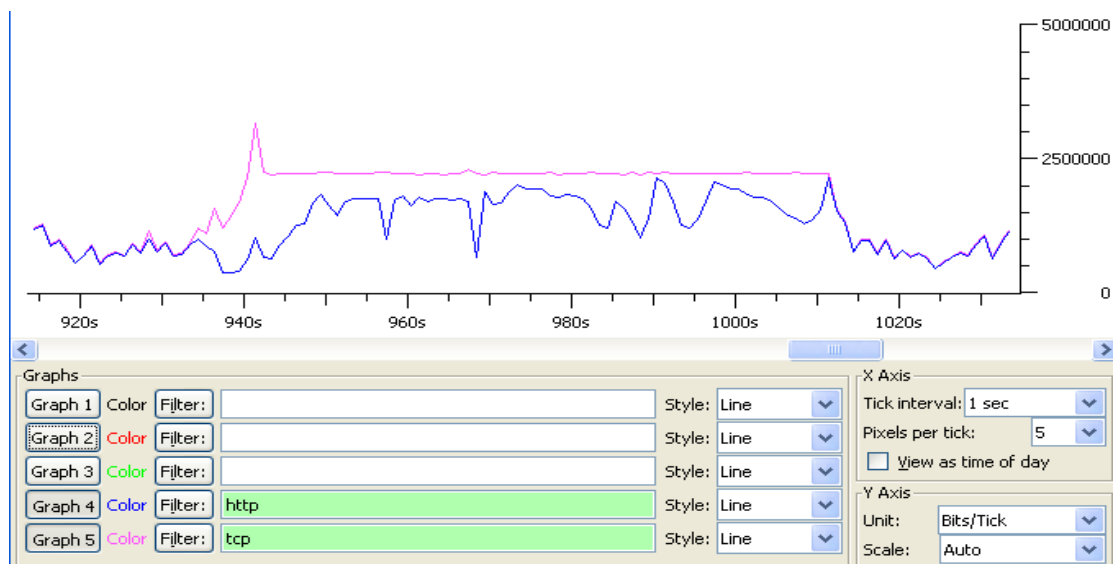


Figura 19. Tráfico máximo generado en una sesión, con los filtros de los protocolos HTTP (azul) y TCP (lila), utilizando Wireshark 1.4.0.

La tabla 11, muestra la recopilación de los resultados obtenidos mediante la captura de las 8 sesiones por medio de Wireshark, en los que se destacan: el promedio del tráfico general de todas las sesiones, promedio del máximo tráfico generado por los picos o ráfagas más altos y el tiempo de duración por sesión.

Especificaciones	Resultados
Promedio del tráfico general de todas las sesiones	0.6622 Mbits/segundo
Tráfico máximo generado por una sesión	2.25 Mbits/segundo
Promedio del tráfico generado por los picos más altos	1.7375 Mbits/segundo
Pico de tráfico más alto en una sesión	2.5 Mbits/segundo
Tiempo promedio de duración por sesión	31 minutos
Tiempo promedio de la duración de los picos más altos	113.13 segundos
Promedio de picos iniciados durante una sesión	20

Tabla 11. Resultados de las sesiones capturadas con Wireshark.

Análisis para encontrar el ancho de banda del backbone

Al tener los promedios del tráfico, tanto de las sesiones, como de los picos más altos; Se procede a realizar un análisis para encontrar el tamaño del ancho de banda del Backbone que permita atender el mayor porcentaje de las solicitudes de los usuarios, en el peor de los casos, partiendo de los picos de tráfico más altos generados durante las 8 sesiones.

Para descubrir si el tiempo entre inicio durante una sesión y el tiempo de duración de los picos, tienen una distribución exponencial; se contabilizó el número de éstos por sesión, el tiempo entre inicio de cada uno y el tiempo de duración, mediante las gráficas presentadas por Wireshark. Con los datos recolectados, se implementó un programa en Matlab, para asegurar de que la distribución estadística que más se ajusta al tiempo entre inicio, entre picos, y la duración de cada uno de estos, es exponencial. Inicialmente se realizó un histograma con

todos los datos recolectados sobre el inicio entre picos y el tiempo de duración de cada pico, durante todas las sesiones. En la figuras 20 y 21 se pueden observar.

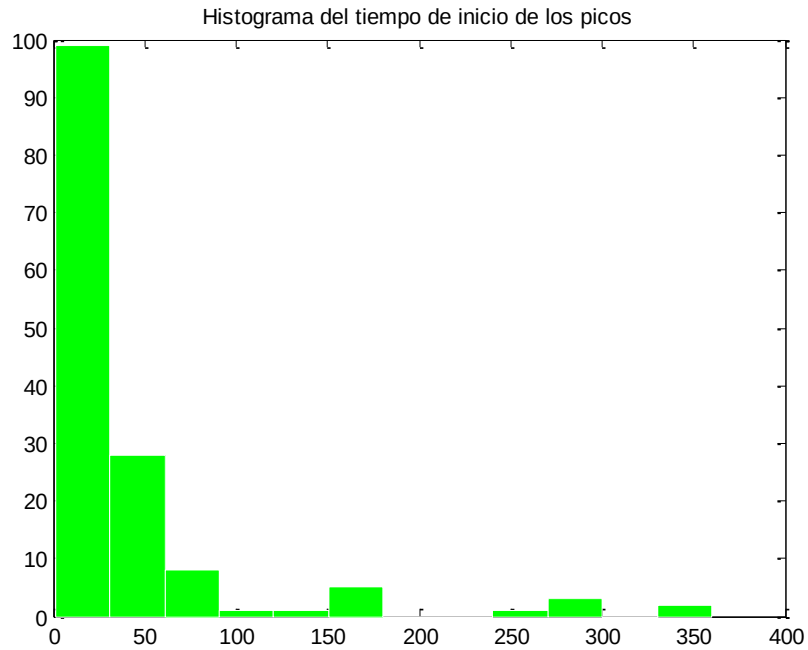


Figura 20. Histograma que representa el tiempo de inicio de los picos en todas las sesiones.

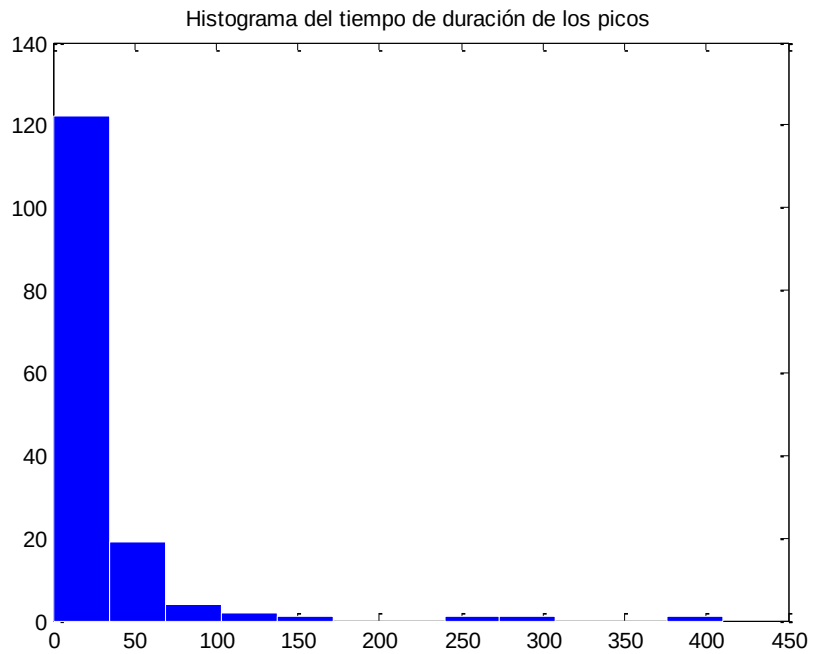


Figura 21. Histograma que representa el tiempo de duración de los picos en todas las sesiones.

Después de tener los histogramas se utiliza la herramienta “*dfittool*” que tiene Matlab, ésta abre una interfaz gráfica de usuario que permite seleccionar la visualización de alguna distribución adecuada para los datos. Al ajustar alguna distribución a los datos, se obtiene una gráfica en que se aproxima la distribución elegida al histograma. En las figuras 22 y 23 se pueden observar las aproximaciones de los datos del tiempo entre inicio y el tiempo de duración de los picos ajustados a la distribución exponencial (color rojo).

Por lo tanto se puede decir que el tiempo entre inicio de los picos y el tiempo de duración de los picos se puede ajustar a la distribución exponencial.

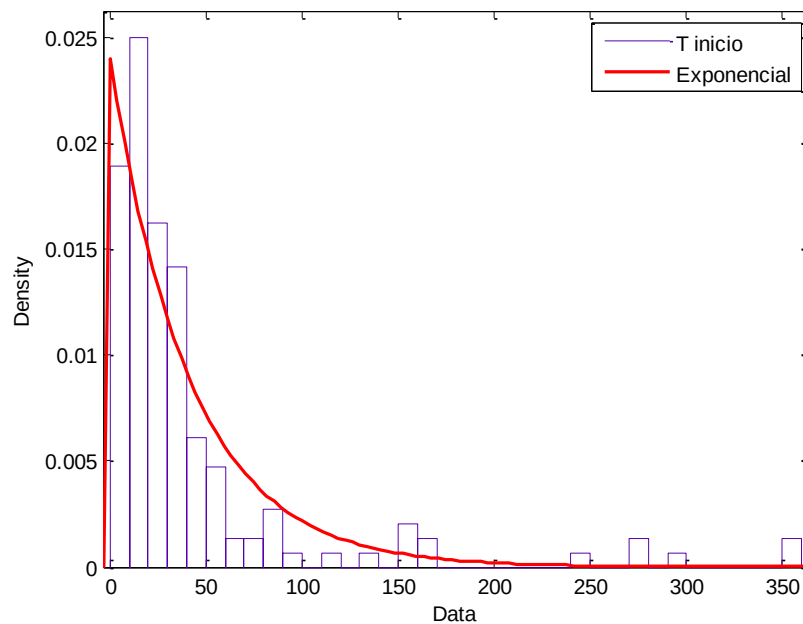


Figura 22. Ajuste de los datos del tiempo entre inicio de los picos a la distribución exponencial.

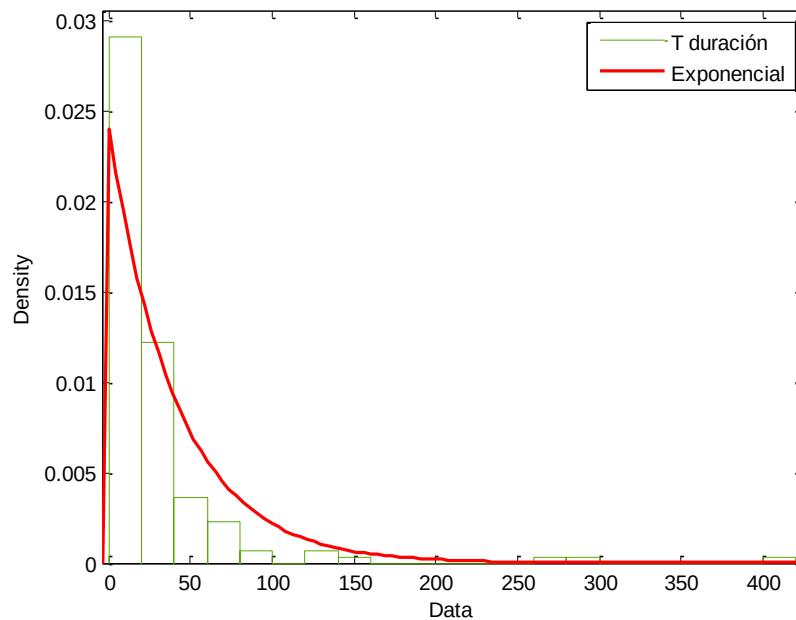


Figura 23. Ajuste de los datos del tiempo de duración de los picos a la distribución exponencial.

Con los resultados anteriores se plantea un algoritmo de simulación en Matlab, con los siguientes requisitos:

Se necesita el servicio de internet para 4 computadores, conectados al mismo punto de acceso. Que en su peor hora están todos ocupados. De las pruebas realizadas se tiene que durante una sesión se muestra un promedio de 20 picos o ráfagas que representan el tráfico que fluye por la red. Se tiene un promedio de 160 picos generados en las 8 sesiones capturadas.

El tiempo entre inicio de los picos de tráfico en cada sesión tiene una distribución exponencial y en promedio se inician 20 picos en 31 minutos (promedio de tiempo de una sesión). El tiempo de la duración de los picos de tráfico durante una sesión tiene una distribución exponencial y en promedio un pico dura 113.13 segundos (aproximadamente 2 minutos).

Suponiendo un tráfico constante durante la duración de un pico de 1.73 Mbps, que es tráfico más alto capturado. ¿Cuál es el promedio del ancho de banda del

backbone que permitiría atender al mayor porcentaje de las solicitudes de inicio de los picos de tráfico, y el tiempo de espera de las solicitudes no atendidas?

Solución

Implementando la función generadora de números aleatorios (RND) con la distribución exponencial y los parámetros específicos, se realiza una simulación con generadores congruenciales, que permiten obtener valores lo más aleatorios posibles, descritos en [17]. Como resultado se obtuvo una gráfica del número de picos iniciados aleatoriamente con una distribución exponencial en un intervalo de tiempo, que representa cuantos usuarios inician a la vez picos de tráfico. En la figura 24 se ilustra la gráfica que da como resultado la simulación del algoritmo, en el eje horizontal (X) se tiene el tiempo de simulación y en el eje vertical (Y) el número de picos de tráfico iniciados simultáneamente por los 4 usuarios.

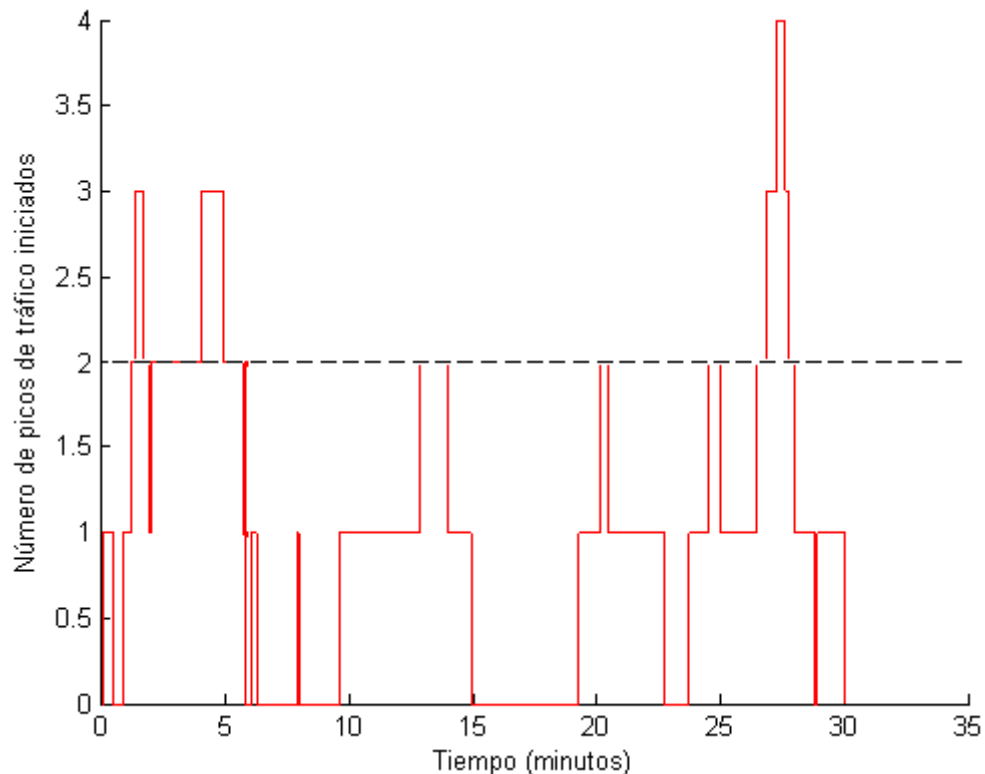


Figura 24. Resultado de la simulación con generadores congruenciales. Que representa el número de picos de tráfico iniciados por los 4 usuarios en un tiempo determinado.

En la figura anterior se puede observar que la mayoría del tiempo (por debajo de la raya punteada) se inician 2 picos de tráfico simultáneamente, es decir que dos usuarios están conectados a la vez y hacen uso del mayor tráfico posible. En algunos instantes de tiempo se inician 3 o 4 picos de tráfico a la vez, pero representan un pequeño porcentaje del tiempo de la simulación, estos se encuentran por encima de la raya negra punteada.

Analizando la figura 24 se tiene que en una sesión de 35 minutos, durante 3 minutos se exceden más de dos picos a la vez, lo que equivale al 8.57% del tiempo total. Mientras que en un 91.43% del tiempo se permiten atender las solicitudes, que es cuando se tienen 1 o 2 sesiones activas simultáneamente. Multiplicando el tráfico constante durante la duración de un pico de 1.73 Mbps con las dos sesiones iniciadas simultáneamente, se tiene un valor acumulado de:

$$BW = 1.73 \text{ Mbps} * 2 \text{ sesiones} = \mathbf{3.46 \text{ Mbps}}$$

Con este ancho de banda del backbone se permitiría atender el 91.43% de las solicitudes de inicio de los picos de tráfico, con un tiempo de espera de las solicitudes no atendidas de 3 minutos en total. En el anexo B se puede observar el código del programa.

3.3 ALTERNATIVAS PARA EL MEDIO DE TRANSMISIÓN ENTRE LAS INSTITUCIONES

Del análisis de tráfico anterior, se determinó que aproximadamente el ancho de banda necesario para el backbone es de 4096 Kbps (4 Mbps). Con este valor como referencia, se muestran algunas opciones como medio de transmisión de datos entre las instituciones:

3.3.1 Alternativa en fibra óptica

Esta alternativa se convierte inicialmente en la más apropiada ya que brinda gran ancho de banda, seguridad, poca atenuación con la distancia para la minimización del número de repetidores.

3.3.1.1 Sistema propio de comunicación por fibra óptica

En este enlace se debe adquirir el tendido de fibra óptica para enlazar los dos hospitales, los equipos transmisores, equipos receptores y los repetidores, si son necesarios. Este sistema sería ideal respecto a la cobertura y a la disponibilidad, ya que es propio. También hay que tener en cuenta la actualización y el mantenimiento de los equipos y del mismo cableado.

Teniendo en cuenta las recomendaciones de la ITU, para este caso se utilizaría fibra mono-modo que ofrece la mayor capacidad del transporte de la información y alcanza una distancia alrededor de los 100 Kilómetros.

Aplicaciones	Cortas distancias		Largas distancias	
	1310	1550	1310	1550
Longitud de onda nominal de la fuente (nm)				
Tipo de fibra	G.652		G.652, G.654	
Distancia (Km)	~15		~40	~80

Tabla 12. Parámetros establecidos por las recomendaciones de la ITU. G.652: Fibras y cables ópticos mono-modo.

A continuación se muestra el precio mínimo necesario para realizar el diseño del enlace en fibra óptica, sin considerar costos de obra civil:

Cableado en fibra Óptica			
Longitud	Unidad	Precio unidad	Precio total
10 Km	20	\$ 180'000.000	\$ 3.600'000.000

Tabla 13. Precio de la fibra óptico mono-modo de doce hilos para campo exterior, año 2010.

Teniendo en cuenta que la fibra óptica es de doce hilos, se puede utilizar un solo hilo para el enlace y los otros once hilos se podrían alquilar, ya que el ancho de banda total de la fibra óptica es enorme (Gbps) comparándolo con el necesario para el enlace.

A continuación se muestra una tabla con los equipos necesarios para un enlace en fibra óptica a largo alcance, según las anteriores recomendaciones de la ITU. Mostrados en [12].

Equipamiento	Unidad	Precio unidad	Precio total
Equipos terminales (Optrix Metro 500)	2	\$ 3´225.000	\$ 6´450.000
Repetidores (Cisco Systems Módulo de transceptor GBIC)	20	\$ 1´520.000	\$ 30´400.000
Conectores ópticos SC	40	\$ 95.526	\$ 3´821.700
			Equivalente \$ 40´671.700

Tabla 14. Precio de los equipos para realizar un enlace en fibra óptica.

El costo total (suma del equivalente de la tabla 13 y 14) para el equipamiento del diseño de un sistema en fibra óptica, es de **\$ 3.640´671.700** tres mil seiscientos cuarenta millones, seiscientos setenta y un mil, setecientos pesos.

Nota: El valor del equipamiento puede variar según la configuración de la instalación, ya que no se tuvieron en cuenta costos de instalación, de ningún estudio topológico del terreno por donde se instalará la fibra y los precios de mano de obra ni permisos.

3.3.1.2 Sistema de comunicación por fibra óptica alquilando el medio

Teniendo en cuenta los servicios mínimos expuestos anteriormente para ofrecer en el enlace de Telemedicina, se requiere como mínimo un ancho de banda de 4 Mbps (512 KBps). De acuerdo a esta velocidad de transmisión se realizó un

estudio con la empresa prestadora del servicio MEDIA COMMERCE, que es uno de los mayores operadores de Telecomunicaciones en fibra óptica en Colombia, con clientes corporativos como: Comcel, Telmex, Home Center, Universidad del Quindío, entre otros. Como se muestra en [21]. Para solicitar el servicio de internet dedicado por fibra óptica. En la tabla 15 se muestra la propuesta de dicha empresa:

Velocidad	Instalación	Mensualidad
4 Mega bits por segundo (canal dedicado)	\$696.000	\$1'020.800

Tabla 15. Precio del alquiler de un canal dedicado de 4 Mbps en fibra óptica por MEDIA COMMERCE, con IVA incluido. Precio cotizado en agosto del 2010.

En la siguiente tabla se presenta el precio de la instalación de la red en las dos ciudades en donde se encuentran los hospitales:

Cuidad	Instalación	Mensualidad
Armenia	\$696.000	\$1´020.800
Medellín	\$696.000	
	Equivalente \$2´412.800	

Tabla 16. Precio total a pagar en el primer mes por el servicio alquilado de fibra óptica. IVA incluido.

En conclusión, en el primer mes se pagarían **\$2'412.800** dos millones, cuatrocientos doce mil, ochocientos pesos, teniendo en cuenta las instalaciones. Después del primer mes se pagaría una mensualidad de **\$1'020.800** un millón, veinte mil, ochocientos pesos. Todos los precios incluyen IVA.

Nota: La empresa MEDIA COMMERCE no cobra el cableado de fibra óptica en las dos ciudades donde se va instalar, mientras los Hospitales no estén a una distancia mayor a 400 metros del punto en donde ya este establecida la fibra óptica en dichas ciudades.

- **Viabilidad técnica**

El equipamiento que presta la empresa alquiladora del medio, permite una conexión desde el Hospital San Juan de Dios (Armenia) con el Hospital San Vicente de Paúl (Medellín). Con una velocidad de 4 Mbps. Se cumple con una disponibilidad del canal permanente, ya que el enlace es dedicado, con un **rehúso de 1:1**, permitiendo mayores tasas de velocidad y mejor rendimiento de la red.

- **Cobertura y disponibilidad**

Las redes de fibra óptica de MEDIA COMMERCE permiten garantizar estándares de **disponibilidad** superiores a **99.8%** y una cobertura entre el Hospital San Juan de Dios (Armenia) con el Hospital San Vicente de Paúl (Medellín).

3.3.1 Sistema de comunicación híbrido fibra-coaxial

En Telecomunicaciones se denomina híbrido de fibra y coaxial un término que define a una red que incorpora tanto fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha.

3.3.1.1 Sistema de comunicación híbrido alquilando el medio

La consulta se realizó con la empresa TELEFÓNICA, por el servicio de internet dedicado, con un ancho de banda de 4 Mbps. A continuación se muestran los valores de esta alternativa:

Ciudad	Velocidad	Instalación	Mensualidad
Armenia	4 Mbps (canal dedicado)	\$700.000	\$1,500.000
Medellín	4 Mbps (canal dedicado)	\$700.000	
		Total \$ 2'900.000	

Tabla 17. Precio del sistema híbrido, para pagar en el primer mes. Con IVA.

El costo a pagar en el primer mes teniendo en cuenta las instalaciones sería de **\$ 2'900.000** dos millones, novecientos mil pesos. Luego se pagaría una mensualidad de **\$1,500.000** un millón, quinientos mil pesos. Con IVA incluido.

- **Viabilidad técnica:** El equipamiento de la empresa TELEFÓNICA, permite una conexión de 4 Mbps y cumple con una disponibilidad del canal permanente, con un **rehúso de 1:1**.

3.4 ALTERNATIVAS DEL DISEÑO DEL ENLACE

La manera en que se pretende realizar el enlace de Telemedicina entre las dos instituciones, se muestra a continuación:

3.4.1 Alternativas globales

A continuación se expone de forma general las alternativas del diseño del enlace de Telemedicina, desde una forma global.

3.4.1.1 Topología global del enlace

De acuerdo a la estructura y funcionamiento de la institución remitora (Hospital San Juan de Dios del Quindío) y el centro de referencia (Hospital San Vicente de Paúl de Medellín) para tener conectividad se necesita: que el enlace sea bidireccional con conexión punto a punto, también, tanto médicos especialistas como médicos consultores puedan acceder a la información a través de otros lugares diferentes a los Hospitales por medio de la internet. Lo cual da como resultado una topología de malla extendida (ver figura 25).

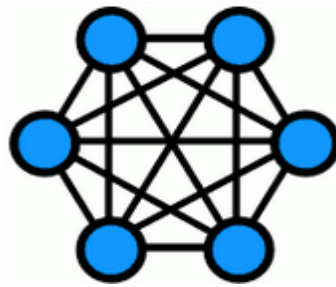


Figura 25. Topología de malla extendida para el enlace de la red de Telemedicina.

3.4.1.2 Estructura global del enlace

En la figura 26, se observa como por medio de una conexión a internet se pretende conectar los dos hospitales, y permitir el acceso a la red al personal autorizado para realizar consultas desde otros lugares diferentes a las dos instituciones. También se especifica sobre el escenario integral tanto para la institución remitora como para el centro de referencia.

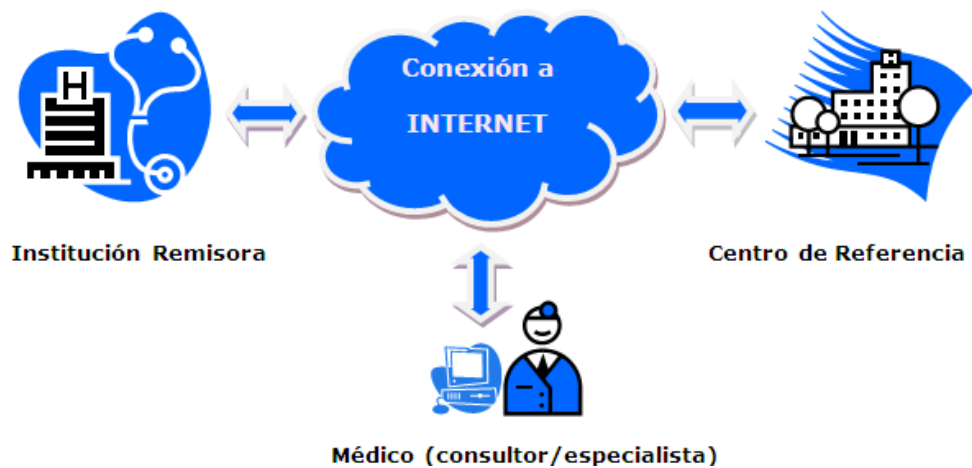


Figura 26. Estructura global del enlace de Telemedicina.

3.4.2 Alternativas en las instituciones

Los escenarios que se proponen en la institución remitora y en centro de referencia, consisten en unas salas que llevan un funcionamiento específico para

poder realizar el diseño detallado de las redes de datos dentro de los dos hospitales. Estos escenarios y componentes se especifican a continuación.

3.4.2.1 Escenario integral de la institución remitora



Figura 27. Escenario para la institución remitora.

En la figura 27, se muestra el escenario que se plantea para el diseño de la red dentro del Hospital San Juan de Dios del Quindío. Este escenario integra cuatro componentes principales que constituyen la implementación de una red LAN, estos son:

- **Sistema de videoconferencia:** este sistema consiste en una sala que dispone de un sistema de videoconferencia para comunicarse simultáneamente con el centro de referencia y una conexión con los servidores locales.
- **Sistema de lectura:** la sala de lectura se conecta con los servidores mediante la red local, en la cual se pueden realizar consultas sobre los estudios

almacenados anteriormente, o revisar los resultados enviados desde el centro de referencia en línea. También existe la posibilidad de lectura desde otro lugar distinto a la institución. Para esto se requiere que el especialista o consultor se conecte con el servidor para trabajar en línea o para descargar la información en su aplicación local.

- **Adquisición y digitalización:** Una vez registrada la información demográfica del paciente y los datos del estudio que se van a realizar, se procede a tomar el estudio. Las imágenes producidas en esta etapa deben ingresar al sistema digital. Para esto hay dos posibilidades: que los equipos médicos ya funcionen con un protocolo (DICOM) y transfieran las imágenes médicas ya digitales a un computador o que el equipo genere una imagen en papel, en película radiográfica, en pantalla, en el visor de un microscopio o una señal eléctrica o sonora. En caso de que así sea se procede a digitalizar los estudios para ser transferidos por la red hasta el servidor. Después de digitalizar los estudios estos son transferidos por la red hasta el servidor.

Pueden existir varios sitios de adquisición y digitalización conectados a la red simultáneamente. Una vez se tenga el resultado del centro de referencia se podrá consultar desde la estación de digitalización en la que se creó la información, también se pueden consultar desde otras estaciones.

- **Servidores de gestión y almacenamiento:** este servidor tiene la función principal de almacenar toda la información de la red y de gestionar el tráfico de la información entre los distintos componentes. Una vez que llegue el estudio al servidor, éste es almacenado en la base de datos y luego lo envía a la estación de lectura del centro de referencia que debe hacer el diagnóstico o lo deja disponible en la web. También tiene la función de gestionar los diagnósticos asociados a cada estudio, es decir: recibir los diagnósticos enviados por los especialistas y retransmitirlos a los remitentes.

Adicionalmente el servidor debe sincronizar la información existente en las bases de datos de los distintos equipos de adquisición y lectura y realizar la gestión del almacenamiento de la información a corto, mediano y largo plazo.

3.4.2.2 Escenario integral del centro de referencia

La figura 28 se observa el escenario planteado para el diseño de la red de datos dentro del centro de referencia.



Figura 28. Escenario para el centro de referencia.

En este escenario solo se utilizan dos componentes, ya que este centro solo da soporte a la institución remitora, por lo tanto las demás estaciones presentadas en el diseño de red de datos para la institución remitora no son necesarias. Este escenario se compone de:

- **Sistema de lectura:** se compone de una sala en donde se responden a las consultas de la institución remitora, por lo tanto se tiene un acceso al sistema de comunicación de los dos hospitales. También debe tener un acceso al servidor de la institución remitora para descargar la información necesaria para dar respuesta.
- **Sistema de videoconferencia:** igual que en la institución remitora, este posee un sistema de videoconferencia para dar apoyo, también una conexión con el sistema de lectura. Este sistema podría estar en la misma sala con el sistema de lectura.

3.4.3 Estructura para la institución remitora y el centro de referencia

Como estructura de comunicación dentro de cada hospital se propone el diseño de una red LAN, que consiste en un medio de transmisión compartido y un conjunto de software y de hardware para servir de interfaz entre los dispositivos y el medio, y así regular el acceso al mismo. Lo que se desea lograr por medio de esta red es alcanzar velocidades de transmisión de datos altas (del orden de 1000 Mbps) en distancias relativamente cortas y permitir el acceso a internet.

3.4.3.1 Red LAN para la institución remitora

Los componentes claves para el diseño de la red LAN en la institución remitora son:

- **Topología**

La topología seleccionada para esta red, de acuerdo con la tecnología IEEE 802.3 acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisión (CSMA-/CD Ethernet), es en tipo estrella.

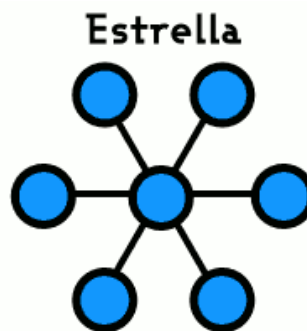


Figura 29. Topología tipo estrella.

- **Protocolos usados**

TCP/IP: protocolos que trabajan juntos para transmitir datos: el protocolo de Control de Transmisión (TCP) y el protocolo internet (IP).

Norma EIA/TIA 568: Alambrado de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales.

- **Equipos utilizados en la Red de Área Local**

Dentro del diseño de la red se utilizan los siguientes dispositivos: Estaciones de trabajo (computadores), un servidor, Switch y Router.

- **Seguridad**

Se recomienda utilizar Routers que utilicen servicio de Firewall, es decir que examinen todo el tráfico de entrada y salidas de la redes, permitiendo solo el paso del tráfico autorizado.

- **Estructura de la red**

La estructura de la institución remitora se divide en 4 componentes, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

Sala de videoconferencia: consta de una conexión a internet para conectar el equipo de videoconferencia a un computador. Contando con un ancho de banda hasta de 128 KBps (1 Mbps) para esta aplicación.

Sala de lectura: dispone de una conexión a un computador para consultas al servidor y a internet.

Adquisición y digitalización: Consiste de una conexión entre unos periféricos y un computador con acceso a el servidor y a internet.

Servidor: Cuenta con un equipo servidor.

- **Diseño físico de la red**

El **backbone** de red consiste en un Switch de 8 puertos 10/100/1000 Mbps, al que se conecta un Router para permitir la salida a Internet y también van conectados los equipos de la red. Este se encuentra dentro del gabinete de Telecomunicaciones.

Sala de videoconferencia: posee una con conexión al servidor y a internet mediante un cable UTP categoría 7.

Sala de lectura: tiene una conexión al servidor y a internet mediante un cable UTP categoría 7.

Adquisición y digitalización: consta de una conexión al servidor y a internet mediante un cable UTP categoría 7. También debe poseer equipos para la adquisición y digitalización de la información médica.

Servidor de gestión y almacenamiento: posee un servidor con acceso a todos los equipos. Todo el cableado mediante cable UTP categoría 7.

En la figura 30 se observa el diagrama físico de la red, donde se incluyen todos los dispositivos utilizados en el diseño de la red LAN para el hospital San Juan de Dios del Quindío:

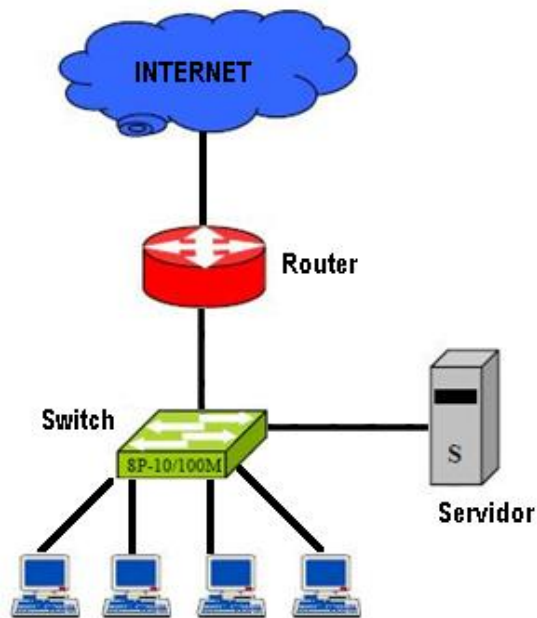


Figura 30. Diagrama físico de la red LAN para la institución remitora.

- **Plano preliminar**

A continuación se muestra el plano del cuarto piso del hospital San Juan de Dios del Quindío, en donde se puede observar: el cableado distribuido, la canaleta, la ubicación del gabinete de Telecomunicaciones y los computadores o estaciones de trabajo.

En el **Gabinete de Telecomunicaciones** se encuentra: el Router, el Switch y el servidor de la red. La canaleta lleva consigo cable UTP categoría 7.



Figura 31. Plano preliminar de la distribución del cableado y equipos en el cuarto piso del hospital Universitario San Juan de Dios del Quindío.

La siguiente figura muestra el tendido del cableado horizontal desde el sótano hasta el cuarto piso del hospital. Cabe tener en cuenta de que para la implementación del cableado de la red LAN para Telemedicina dentro del hospital San Juan de Dios del Quindío, se tomó desde la canaleta del cuarto piso hasta el segundo piso, al cuarto de sistemas; que es donde se distribuyen todas las conexiones de redes a lo largo de la institución.

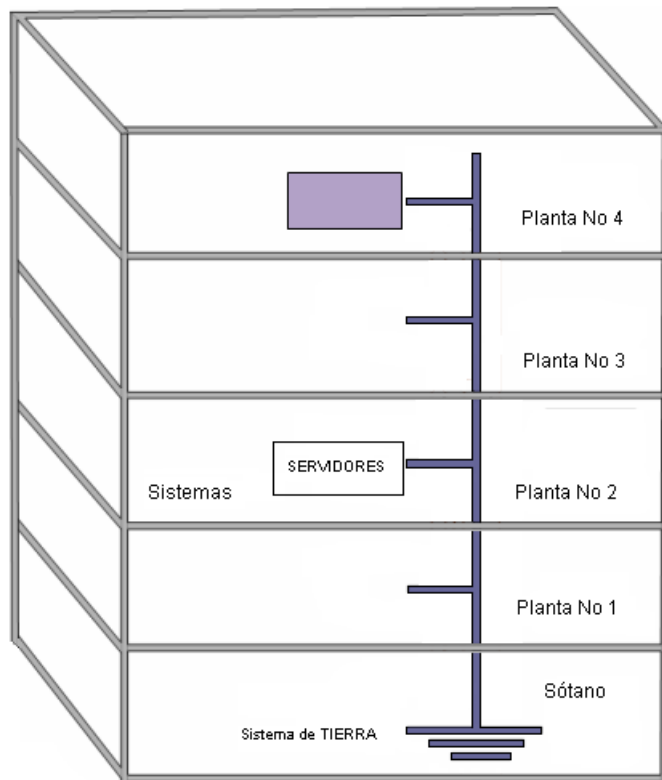


Figura 32. Plano para el diseño de la red de Telemedicina, del cableado horizontal en el hospital San Juan de Dios del Quindío.

3.4.3.2 Red LAN para el centro de referencia

La red LAN para el centro de referencia consta de las mismas características de la red de la institución remitora, en cuanto a equipos y materiales.

- **Estructura de la red**

La estructura del centro de referencia consiste de la siguiente manera:

Sala de videoconferencia: consta de una conexión a internet para conectar el equipo de videoconferencia a un computador. Contando con un ancho de banda hasta de 128 KBps (1 Mbps) para esta aplicación. También debe tener acceso al servidor de la institución remitora.

Sala de lectura: dispone de una conexión a un computador para consultas al servidor de la institución remitora y a internet.

A continuación en la figura 33, se muestra el diagrama físico de la red LAN para el centro de referencia.

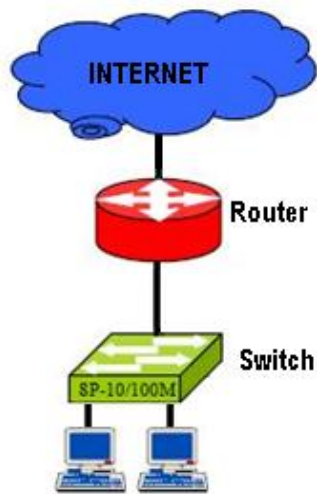


Figura 33. Diagrama físico de la red LAN para el centro de referencia.

3.4.4 Simulación del enlace global y las redes LAN de los hospitales usando Cisco Packet Tracer 5.3

Se decidió usar la herramienta de Packet Tracer 5.3 ya que permite crear topologías de red, configurar dispositivos, insertar paquetes y simular una red con múltiples representaciones visuales. Este software tiene como propósito ser un producto educativo que brinda exposición a la interfaz comando-línea de los dispositivos de Cisco para práctica, y aprender por descubrimiento. También soporta muchos protocolos de red, entre ellos: HTTP, TCP/UDP, IPv4, IPv6, Ethernet 802.3. [22]

En la figura 34 se muestra el escenario de la simulación hecha en Packet Tracer 5.3, donde se pone en marcha el diseño de la red dentro de la institución remitora y el centro de referencia. También se simula el enlace entre los dos hospitales, donde los computadores del centro de referencia tienen acceso al servidor de la institución remitora.

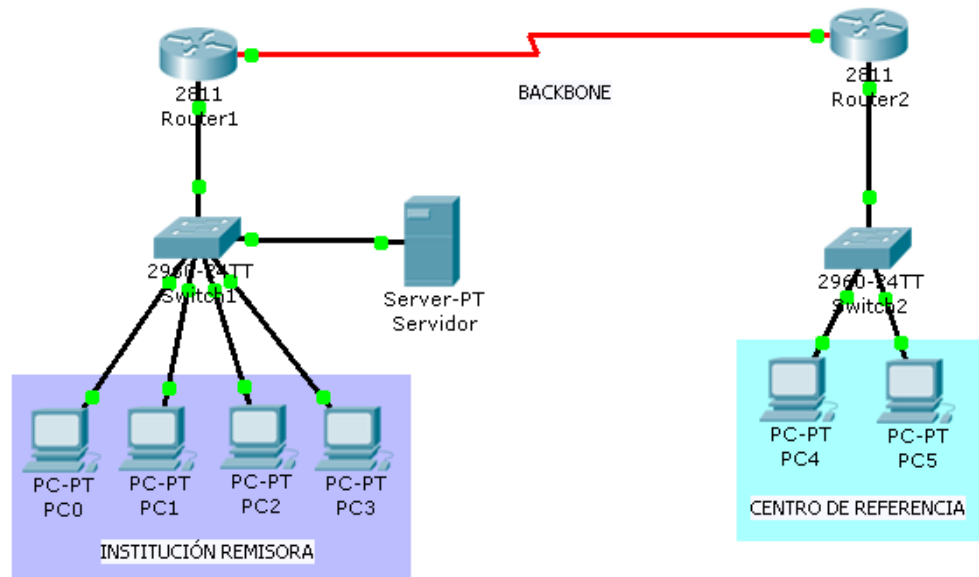


Figura 34. Simulación implementada en Packet Tracer 5.3.

- **Distribución de las direcciones IP**

Teniendo en cuenta las direcciones IP clase C para establecimientos públicos y la posible dirección del proveedor del medio de transmisión, a continuación se muestran las direcciones utilizadas en las dos instituciones para la simulación.

Direcciones IP para la institución remitora:

Equipo	Dirección de subred	Mascara de subred	Dirección IP
PC 0	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.3
PC 1	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.4
PC 2	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.5
PC 3	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.6

Servidor	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.254
Proveedor			200.21.200.1

Tabla 18. Distribución de las direcciones IP para la institución remitora.

Direcciones IP para el centro de referencia:

Equipo	Dirección de subred	Máscara de subred	Dirección IP
PC 4	192.168.2.2	255.255.255.0	192.168.2.3
PC 5	192.168.2.2	255.255.255.0	192.168.2.4
Proveedor			200.21.200.2

Tabla 19. Distribución de las direcciones IP para el centro de referencia.

• Configuración de los Routers

Los Routers 1 y 2 se configuran para permitir el acceso y envío de datos entre las dos instituciones, en el caso del acceso al servidor por parte de todos los equipos de la red. Para así permitir una comunicación Full Dúplex entre los dos hospitales.

Configuración Router 1

En un Router 2811, se utilizó un puerto Fast Ethernet para la red LAN dentro del hospital, y para el enlace un puerto serial. Con un Clock Rate de 64000. A continuación se muestra la interfaz de línea en donde se configuró el dispositivo:

IOS Command Line Interface

Router > enable

Router # confure terminal

Router (config) # router rip

Router (config-router) # net 200.21.200.0

Router (config-router) # net 192.168.1.2

Router (config-router) # end

Router # sh ip route

Router # sh ip interface brie

Configuración Router 2

En un Router 2811, se utilizó un puerto Fast Ethernet para la red LAN dentro del hospital, y para el enlace un puerto serial. A continuación se muestra la interfaz de línea:

IOS Command Line Interface

```
Router > enable
```

```
Router # confure terminal
```

```
Router (config) # router rip
```

```
Router (config-router) # net 200.21.200.0
```

```
Router (config-router) # net 192.168.2.0
```

```
Router (config-router) # end
```

```
Router # sh ip route
```

```
Router # sh ip interface brie
```

• Simulación

A continuación se muestra una simulación realizada paso a paso, que consiste en el envío de un paquete desde el computador PC4, que se encuentra en el centro de referencia, dirigido hacia el servidor de la institución remitora.

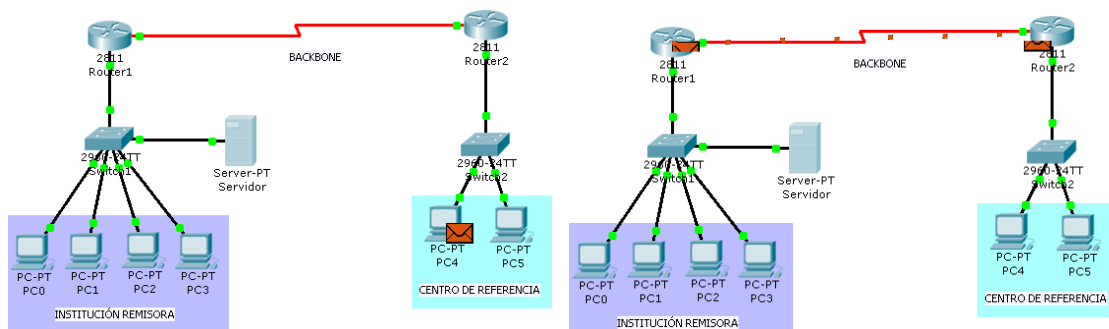


Figura 35-36. Envío del paquete. A la izquierda se observa el comienzo del envío del paquete desde el PC4, a la derecha el camino por donde viaja el paquete.

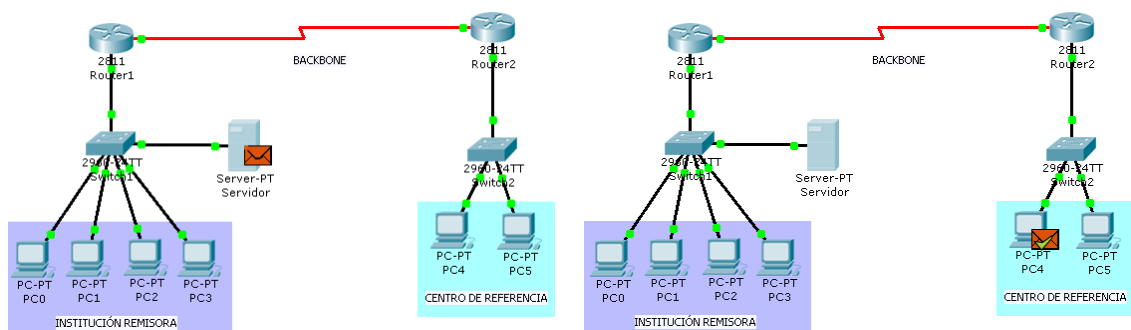


Figura 37-38. Llegada del paquete. A la izquierda se observa que el paquete ha llegado al servidor, a la derecha la devolución del paquete avisando a PC4 de que llegó correctamente.

3.4.5 Equipos y materiales necesarios para las redes LAN en los dos hospitales

Para la selección de cada uno de los equipos y materiales que se plantean, se ha tenido como base principal su proyección positiva en futuras expansiones del sistema y que soporten tecnología 10/100/1000 Base Tx., la cual se propone en este proyecto. Otro aspecto muy importante que se tuvo en cuenta fue la garantía, calidad, servicio, costos y soporte técnico que el proveedor puede brindar a sus productos. Eligiendo así marcas de prestigio, reconocidas y de amplia trayectoria a nivel mundial.

3.4.5.1 Cableado y accesorios

A la hora de implementar una red de datos en un hospital se debe tener en cuenta el tipo cable; que debe cumplir con las normas EIA/TIA 568. En este proyecto se ha optado por una solución que proporcione: desempeño superior, mayor seguridad de la información, excelente inmunidad al ruido externo, protección contra emisión de radiofrecuencia, facilidad de administración e instalación, entre otros. Las cuales las presenta el cable UTP categoría 7A, ya que los estudios en instalaciones realizadas indican que una entidad o empresa en la actualidad debe instalar soluciones apantalladas o blindadas, para garantizar un ancho de banda de 1 a 10 Gbps o superiores. [18]

Siemon Cable Cat 7a/Clase Fa Con Conectores Rj45 Blindados Cat 6a F/Utp

El cable UTP Cat 7A/Clase FA (Fig.39) con conectores RJ45 blindados Cat 6A F/UTP. Se emplea para manejar anchos de banda del orden de 1000 MHz (para aplicaciones médicas que requieren entre 500 MHz y 1000 MHz de ancho de banda). Acá no se puede para manejar el sistema multiservicios simultáneo por el mismo jack pero se tiene la oportunidad de crecer a Cat 7A cuando se requiera solamente actualizando los jacks y los patch cords. Se mantiene el empleo del sistema blindado que es el de más alto performance existente.

La categoría 7A es totalmente compatible con los equipos actuales de Networking que manejan conectores RJ45 y es la única categoría diseñada para manejar los conectores aprobados internacionalmente para el manejo de aplicaciones de 10Gbps y 40Gbps. Por otra parte Cat 7A es la categoría en donde se empleará 40Gbps por su ancho de banda de 1000 MHz.



Figura 39. Cable UTP Cat. 7A/Clase FA.

Jacks Y Tomas

Acorde a la norma EIA/TIA-568-A, se utilizan jacks y tomas tipo RJ45 Cat 6A F/UTP Fig.40 con el fin de conectar redes de cableado estructurado (categorías 6, 6^a y 7), posee 8 pines o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado; por esta razón se opto por implementar este toma.



Figura 40. Jacks RJ45 Cat 6A F/UTP.

Patch Panel Cat6 12 Puertos Nexxt Redes LAN Rj45

Utilizados en algún punto de una red informática donde todos los cables de red terminan. Se puede definir como paneles donde se ubican los puertos de una red, normalmente localizados en un bastidor o rack de telecomunicaciones. Todas las líneas de entrada y salida de los equipos (ordenadores, servidores, impresoras... etc.) tendrán su conexión a uno de estos paneles. El Patch Panel Nexxt (Fig.41) cumple con las especificaciones TIA/EIA-568-B.2.



Figura 41. Patch Panel Cat6 12 Puertos.

Rack Energex

Estos racks Fig.42 son elementos sobre el cual se soporta toda la estructura del cableado, estos pueden ser de tipo abierto, anclados al piso en sus cuatro extremos. Entre la pared y la parte posterior al rack debe haber un espacio de 75 cm., esto centímetros son suficientes para que el trabajador pueda movilizarse.

Sistema de rack interno para equipos de 19 pulgadas.

Sistema organizado de cableado estructurado, Puerta frontal en vidrio templado, Ventilación forzada (con ventiladores de 4 pulgadas y ranuras de ventilación en las tapas), Multitoma vertical con tomas de tierra aislada, Bandeja porta-PC, Bandeja porta-teclado.



Figura 42. Bastidor o Rack Energex.

Canaleta lisa marca Dexson referencia sumelic IA23 medidas 100x40 mm

Una funcional, solución asequible y atractivo para aplicaciones recinto alambrado en entornos comerciales, industriales y residenciales. Esta línea de productos incluye caminos de rodadura extruido con refuerzo adhesivo pre-aplicada, accesorios, cajas de conexión, los guardias de cable a tierra y el tubo en espiral. Todas las piezas necesarias para diseñar un sistema de gestión de cables. Pinturas fácilmente con látex, fácil de instalar, fácil de usar. Sostiene, guías y protege de alambre y cables de hasta 600 voltios adhesivo. No se caen de la pared incluso con cables pesados. Fig.43

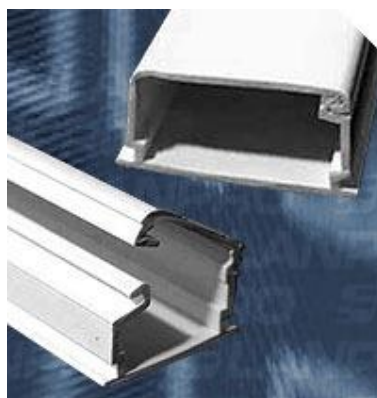


Figura 43. Canaleta lisa marca dexson.

3.4.5.2 Equipos para las redes LAN

Los equipos necesarios para el diseño de la red LAN presentado anteriormente, en la institución remitora y en el centro de referencia, se escriben a continuación:

Router SSL/IPsec VPN de 4 puertos Cisco RVL200 Cisco Small Business

La protección de su red es una actividad esencial para su servicio. Cisco Small Business Solutions (Fig.44) dispone de funciones de firewall, cifrado y autenticación para mantener seguras sus redes de cableado e inalámbricas. Estas características contribuyen a proteger su servicio frente a las amenazas de la red que lo pueden perturbar o dañar gravemente, ya sea mediante el robo de datos valiosos, haciendo que su red funcione con lentitud o interfiriendo en aplicaciones fundamentales para usted.



Figura 44. Router Cisco RVL 200.

Descripción del producto	Cisco RVL200 Cisco Small Business Routers
Factor de forma	Externo - modular - 1U
Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura)	(170 x 42,5 x 170 mm)
Peso	0,86 lb (0,39 kg)
Capacidad de transferencia con traducción de dirección de red (NAT)	Velocidad de cable: 100 Mbps
Protocolo de interconexión de datos	Ethernet, Fast Ethernet
Capacidad de transferencia SSL	16,99 Mbps

Interfaz de usuario para Internet	Interfaz de usuario para Internet incorporada para una fácil configuración con el navegador (HTTP/HTTPS)
Características	Norma de cifrado de datos (DES), triple DES (3DES), norma de cifrado avanzada (AES), Reglas de acceso basadas en IP y puertos TCP/ Protocolo de datagrama de usuario (UDP) Firewall SPI Bloqueo URL, bloqueo con contraseña Prevención de DoS (ping de desactivación, desbordamiento SYN , IP spoofing) HTTPS, usuario/contraseña
Cumplimiento de normas	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.1Q, IEEE 802.1p, RFC791 (protocolo IP)
Soporte de VLAN	Pueden correlacionarse 4 puertos LAN con un máximo de 16 VLAN, Etiquetado de VLAN 802.1Q

Tabla 20. Especificaciones técnicas de Router Cisco RVL 200.

Switch 3com 8 Puertos Giga 3cgsu08a



Figura 45. Switch 3com 3cgsu08a.

Descripción del producto	3com Superstack-switch – 4500-26 puertos
Tipo de dispositivo	Conmutador - Gestionado - apilable
Factor de forma	Externo - modular - 1U
Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura)	158,0 mm, 31,0 mm, 91,0 mm
Peso	240,0g
Protocolo de interconexión de datos	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
Interfaces con los medios:	5 RJ-45 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-TX
Funcionalidades de conmutación Ethernet:	Almacenamiento y retransmisión (Store-and-forward); autonegociación full-/half-duplex; priorización del tráfico 802.1p (generación de cola de prioridades), soporta datos, voz y video.
Cumplimiento de normas	Emisiones EMC: FCC Parte 15 Subparte B Clase B, ICES-003 Clase B, EN 55022 Clase B, CISPR 22 Clase B, EN 61000-3-2 EN 61000-3-3.
Velocidad transferencia	1 Gbps

Tecnología Conectividad	Cableado
Seguridad	UL 60950-1, CSA 22.2 60950-1, EN 60950-1, IEC 6095-1

Tabla 21. Especificaciones técnicas del Switch 3com 3cgsu08a.

Servidor en Rack de 2U Dell PowerEdge R715



Figura 46. Servidor Dell PowerEdge R715.

Memoria	Hasta 256 GB (16 ranuras DIMM) 1 GB / 2 GB / 4 GB / 8 GB / 16 GB Hasta 1333 MHz
Sistemas Operativos	Microsoft® Windows Server® 2008 R2 SP2, x86/x64 (x64 incluye Hyper-V™) (en inglés) Microsoft® Windows Server® 2008 R2, x64 (incluye Hyper-V™) (en inglés) Microsoft® Windows® HPC Server 2008 (en inglés) Novell® SUSE® Linux® Enterprise Server (en inglés) Citrix® XenServer® (en inglés) VMware® ESX / ESXi 4.1 (en inglés) Red Hat® Enterprise Linux® (en inglés) Sun® Solaris™ (en inglés)
Almacenamiento	Opciones de disco duro: SATA de 2,5 pulgadas (7.200 RPM): 160 GB ¹ , 250 GB ¹ , 500 GB ¹ SAS Near Line de 2,5 pulgadas (7.200 RPM): 500 GB ¹ SAS de 2,5 pulgadas (10.000 RPM): 146 GB ¹ , 300 GB ¹ SAS de 2,5 pulgadas (15.000 RPM): 73 GB ¹ , 146 GB ¹ SAS de 2,5 pulgadas (10.000 RPM): 146 GB ¹ , 300 GB ¹ Unidad de estado sólido SATA de 2,5 pulgadas: 50 GB ¹ , 100 GB ¹ Capacidad máxima de almacenamiento interno: 3 TB ¹
Controladora integrada de red	Dos NIC Gigabit de doble puerto Broadcom 5709C (Total de 4 puertos de 1 GbE)
Compartimientos de unidades	Chasis de 6 discos duros: unidades de estado sólido, SATA o SAS de 2,5 pulgadas
Soporte de Rack	Rieles deslizantes ReadyRails™ para racks de 4 postes, y soporte opcional para brazo de administración de cables
Conformidad con regulaciones y normas medioambientales	Modelo reglamentario: E05S Tipo reglamentario: E05S003

Tabla 22. Especificaciones técnicas del Servidor Dell PowerEdge R715.

El precio con IVA incluido de los materiales y equipos necesarios para las redes LAN en las dos instituciones, sin instalación, se pueden observar en la tabla 23.

Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Cable UTP Cat. 7	100mts	700.000	700.000
Conectores RJ45	20	500	10.000
Patch panel 12 Puertos	1	124.000	124.000
Servidor	1	6´464.655	6´464.655
Router	2	443.000	886.000
Switch	2	160.000	320.000
Rack	1	1´000.000	1´000.000
		Total	9´504.655

Tabla 23. Precio de los equipos y materiales para el diseño de la red LAN en el centro de referencia y la institución remitora. Con IVA incluido.

El costo aproximado de los materiales y equipos necesarios para la implementación de las redes LAN en los dos hospitales es de **9´504.655** nueve millones quinientos cuatro mil seiscientos cincuenta y cinco pesos. Sin contar con precios de instalación y mano de obra.

3.4.5.3 Equipos de trabajo, adquisición y digitalización de la información médica en la institución remitora y centro de referencia

A continuación se recomiendan algunos equipos empleados para la adquisición y digitalización de la información médica, para los tratamientos en las modalidades de Telecardiología y Teledermatología. Los equipos que se recomiendan en mayoría son utilizados por enlaces de Telemedicina realizados posteriormente, como en el caso del centro de Telemedicina de la Universidad Nacional de Colombia.

- **Estaciones de trabajo**

Como estaciones de trabajo se proponen computadores con las características necesarias para implementar el enlace de Telemedicina.

Computador DELL Opti Plex 160

Procesador: Intel® Atom™ 330 Dual Core

Sistema operativo: Windows® 7 Home Premium Original

Memoria: 2GB DDR2 Non-ECC SDRAM, 800MHz

Garantía: 3 Año de garantía limitada

Disco duro: 160GB 2.5 SATA 3.0Gb/s and 8MB DataBurst Cache

Monitor: Monitor plano Dell E1910 de 19 pulgadas

Tarjeta de Video: SIS® Mirage 3, Video Integrado

Con teclado, mouse y parlantes incluidos.



Figura 47. Computador DELL Opti Plex 160.

- **Equipo de videoconferencia POLYCOM VSX 5400**

Es ideal para espacios de videoconferencia pequeños, ofrece una muy buena calidad de audio y video, y puede ser colocado sobre un monitor. Mediante este equipo se pueden agregar fácilmente periféricos (cámara documental o VCR/DVD) monitores duales o hacer llamadas de audio a través de ISDN. El VSX 5400 emplea varios tipos de contenido (por ejemplo: imágenes, presentaciones, películas y archivos de audio). Las opciones de conexión incluyen IP, ISDN, SIP y H323, por lo que se puede utilizar en una gran variedad de ambientes para videoconferencia.

Máxima velocidad de datos IP: 768 Kbps, Máxima velocidad de datos ISDN: hasta 512 Kbps.



Figura 48. Equipo de videoconferencia POLYCOM VSX 5400.

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones técnicas del equipo de videoconferencia mencionado:

Especificaciones	Requerimientos
Estándares y protocolos de audio	H.323, SIP y H.320 G.711A/U, G.722, G.722.1C, G.723.1
Estándares y protocolos de video	H.261, H.263, H.264
Conectores	-Cámara principal integrada -1XS video; cámara documental mini DIN -RS 232
Salidas de video	-2 S-Video mini DIN 4 pines (soporte doble monitor) -1 VGAHD15
Formatos de video	-NTCS/PAL -XGA, SVGA, VGA
Resolución para contenido	-XGA (1024x768), SVGA (800x600), VGA (640x480)
Cámara principal	-Campo de visión 85° -2X de zoom
Características de audio	Audio digital FULL DUPLEX
Salidas de audio	RCA Stereo
Interfaces de red	-1 Puerto Ethernet 10/100 Mbps -Soporte de: TCP/IP, UDP/IP, RTP, DNS, WINS, DHCP, ARP, HTTP, FTP.

Tabla 24. Especificaciones técnicas del equipo de videoconferencia.

- **Imágenes**

Para la adquisición y digitalización de las imágenes médicas se recomiendan los siguientes equipos:

Cámara digital SONY Cyber-shot DSC-S730

Resolución de 7,2 megapíxeles efectivos para obtener ampliaciones nítidas de tamaño hasta A3. Lente de zoom óptico 3x, Modo de alta sensibilidad (ISO 1250) para obtener imágenes más clara con menor movimiento, Grabación de películas JPEG a 30 fps.



Figura 49. Cámara digital SONY DSC-S730.

Escáner de alta resolución, digitalizador de placas Rx Microtek Scanmaker 9800xl

Ideal para digitalizar Placas radiografías de gran tamaño como placas de tórax, Tomografías y Resonancias. Posee la resolución ideal para digitalizar mamografías. Velocidad de escaneo de: 11.5 ms/line - color, 53 sec/scan - color - 300 dpi , 186 sec/scan - color - 600 dpi. Con una resolución de 48 Bits del color.



Figura 50. Digitalizador De Placas Rx Microtek Scanmaker 9800xl.

- **Adquisición de señales biomédicas**

Para la adquisición de señales cardíacas, se opta por adquirir el siguiente equipo:

Electrocardiógrafo digital Dr. ECG modelo RT-100 Plus

Permite recolectar en tiempo real las señales de 12 derivaciones en un computador a través del puerto USB. Con software para la interpretación del ECG.

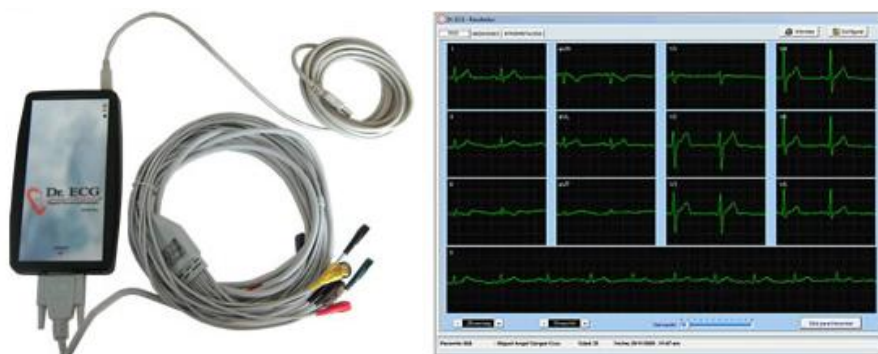


Figura 51 y 52. A la izquierda se puede observar Electrocardiógrafo Dr. ECG modelo RT-100 Plus y al lado derecho su interfaz en un computador.

En la tabla 24 se puede contemplar el precio con IVA incluido de los equipos de trabajo, adquisición y digitalización para las dos instituciones

Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Computador	6	1'700.000	10'200.000
Equipo de videoconferencia	2	8'000.000	16'000.000
Cámara digital	1	250.000	250.000
Escáner de alta resolución	2	4'000.000	4'000.000
Electrocardiógrafo digital	1	7'000.000	7'000.000
		Total	37'450.000

Tabla 25. Precio de los equipos de trabajo, adquisición y digitalización para las dos instituciones.
Con IVA incluido.

El costo de los equipos de trabajo, adquisición y digitalización para el enlace de Telemedicina es de aproximadamente **37´450.000** treinta y cuatro millones cincuenta mil pesos.

4. PRESUPUESTO GENERAL PARA EL ENLACE

El costo total del diseño del enlace de Telemedicina para el hospital universitario San Juan de Dios del Quindío, agrupa los presupuestos de: el medio de transmisión, los equipos de la red LAN, los equipos de trabajo, adquisición y digitalización. De acuerdo a las alternativas que se presentaron anteriormente como medio de transmisión entre las instituciones, se propone el alquiler del medio por fibra óptica, por medio de MEDIA COMMERCE, que es la alternativa que más se ajusta al grado de servicio requerido y presenta un precio razonable (ver tabla 16).

En la tabla 25 se expone el precio total aproximado con IVA incluido del enlace en general, contando con todos los equipos necesarios en la institución remitora y el centro de referencia. Los precios son cotizados a mediados del año 2010.

Campo	Valor (\$)
Precio del medio alquilado para la comunicación por fibra óptica por parte de MEDIA COMMERCE	2´412.800
Precio de los materiales y equipos para las redes LAN	9´504.655
Precio de los equipos de trabajo, adquisición y digitalización.	37´450.000
Total	49´367.455

Tabla 26. Presupuesto total aproximado del enlace para la realización del enlace de Telemedicina.
Con IVA incluido, para el año 2010.

El valor total para el diseño que se propone en este proyecto es de aproximadamente **49'367.455** cuarenta y cinco millones novecientos sesenta y siete mil cuatrocientos cincuenta y cinco pesos, con IVA. Este presupuesto no incluye costos de mano de obra ni instalación. También hay que tener en cuenta el alquiler mensual de canal de fibra óptica alquilado.

7. CONCLUSIONES

Se presenta el diseño que más se ajusta al enlace de Telemedicina para el Hospital Universitario San Juan de Dios del Quindío, en el cual se permiten como mínimo los servicios de Teleconsulta, Telediagnóstico y Teleeducación para las aplicaciones de Teledermatología y Telecardiología. Contando como centro de referencia el hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Medellín.

Para el desarrollo del diseño se implementa una metodología basada en el alto rendimiento para el diseño de redes de datos, descrita en el libro "HIGH PERFORMANCE DATA NETWORKS DESIGN" de TONY KENYON; ya que está encaminada a conocer los requisitos a la hora de establecer lo que la organización y sus clientes esperan de la red y los servicios que serán ofrecidos.

Las opciones de solución que otorga un medio alquilado para comunicar los dos hospitales, por la empresa Media Commerce, satisfacen las necesidades mínimas establecidas en el análisis del ancho de banda para el backbone en las dos instituciones.

ANEXOS

ANEXO A. Ley de Telemedicina en Colombia. Resolución No. 1448 de 8 de Mayo de 2006. Ministerio de la protección social de Colombia

ANEXO B. Programa en Matlab para el dimensionamiento del Backbone

```
itera=1000;
traficos=zeros(1,itera);
for k=1:itera

    n=round(random('poiss',20)); %número de picos
    if n>160
        n=16 %número total de picos en las 4 sesiones
    end
    if n==0
        n=1;
    end

    acum=0;
    ti=zeros(1,n);
    td=random('exp',31/20,1,n); %tiempo de duración de los picos en min
    tf=zeros(1,n);
    for i=1:n
        t1=random('exp',2); %tiempo entre inicio de sesiones en minutos
        acum=acum+t1;
        ti(1,i)=acum; %tiempo de inicio de sesiones
        tf(1,i)=acum+td(1,i); %tiempo de finalización de las sesiones
    end

    t_act=zeros(3,2*n);

    for i=1:n
        t_act(2,i)=ti(1,i);
        t_act(1,i)=0;
        t_act(2,i+n)=tf(1,i);
        t_act(1,i+n)=1;
    end

    for j=1:2*n
        for i=2:2*n
            if (t_act(2,i-1))>(t_act(2,i))
                aux1=t_act(1,i-1);
                aux2=t_act(2,i-1);
                t_act(1,i-1)=t_act(1,i);
                t_act(2,i-1)=t_act(2,i);
                t_act(1,i)=aux1;
                t_act(2,i)=aux2;
            end
        end
    end
    acum=0;
    for i=1:2*n-1
        if t_act(1,i)==0
            acum=acum+1;
        else
            acum=acum-1;
        end
    end
end
```

```

        end
        t_act(3,i)=acum;
    end
    x=zeros(1,2*n);
    y=zeros(1,2*n);
    for i=1:2*n
        x(1,i)=t_act(2,i); %tiempo de inicio o fin de sesiones
        y(1,i)=t_act(3,i); %numero de sesiones
    end
    acum=0;
    for i=1:2*n-1
        acum=acum+(x(1,i+1)-x(1,i))*(y(1,i)*1730);
    end
    traficos(1,k)=acum/(x(1,2*n)-x(1,1));

end

%% Grafica de simulación

%title('Comportamiento del número de picos de la última simulación')
ylabel('Número de picos de tráfico iniciados')
xlabel('Tiempo (minutos)')

hold on
for i=1:2*n-1
    line ([x(1,i),x(1,i+1)], [y(1,i),y(1,i)], 'Color','r') %línea
horizontal
    line ([x(1,i+1),x(1,i+1)], [y(1,i),y(1,i+1)], 'Color','r') %línea
vertical

end
line ([x(1,1),x(1,1)], [0,y(1,1)], 'Color','r')

```

ANEXO C. Resultados de las encuestas realizadas en las dependencias de cardiología y dermatología del hospital San Juan de Dios, hecha por: Carlos Eduardo Arcila y Maily Johanna Loaiza

BIBLIOGRAFÍA

- [1] VÉLEZ Jorge Alberto. Panorama y tendencias de la telemática en salud, hablando de Telemedicina. Sistemas & Telemática, Universidad Icesi de Colombia. p. 3.
- [2] C. BARUDY, Cómo manejar el bisturí a larga distancia, Consorcio Reuna, 2003.
- [3] PUERTA María Liliana. La Telemedicina, Facultad de ingeniería, Universidad de Manizales. Mayo 3 del 2002.
- [4] IEEE, A Unified Multimedia Database System to Support Telemedicine. Transactions of Information Technology in Biomedicine, Vol. 2, No. 3, September 1998.
- [5] ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD OPS/OMS. SALAZAR GÓMEZ Antonio. Aplicaciones de Telecomunicaciones en salud subregión andina: Telemedicina. 2002.
- [6] FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO DE LA SALUD. Documento técnico de construcción del ordenamiento (Ranking) de instituciones prestadoras del servicio de salud. Septiembre de 2006.
- [7] PAK HS. Teledermatology and teledermopathology. Sem Cutaneous Med Surg 2002.
- [8] SECRETARIA DE SALUD. Tele-Cardiología versión 1.0. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud de México, Tercera edición. 2007.

[9] OCHOA G., DAZA M. Archila M., MONTILLA G., DE LA TORRE M. VERGARA T., ESCALONA P, BARRIOS V, ACUÑA M. Las telecomunicaciones, la telemedicina y la reingeniería de la salud. Universidad de Carabobo.

[10] RUÍZ SANCHEZ Myriam. Estudio de factibilidad de un sistema de videoconferencia para el ministerio de energía y minas. Escuela Politécnica de Ecuador. Abril de 2009.

[11] MARTÍNEZ RUÍZ Ignacio. Contribuciones a modelos de tráfico y control de QoS en los nuevos servicios sanitarios basados en Telemedicina. Tesis doctoral, Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Universidad de Zaragoza. Julio 2006.

[12] COMETA COLORADO Joan. Diseño de un sistema de Telecomunicación para la empresa sanitaria del Quindío ESAQUIN. Universidad del Quindío, Programa de Ingeniería Electrónica. 2008.

[13] VEGA VALLE Jorge. Diseño e implementación de una herramienta para la enseñanza y el aprendizaje de la teoría de colas. Facultad de Informática, Universidad da Coruña. 2004.

[14] HEESELBACH Xavier, ALTÉS Jordi. Análisis de redes y sistemas de comunicación. Octubre 2002.

[15] PRAT Marie. Cree su primer sitio web con Dreamwaver 8. Ediciones ENI 2007.

[16] MONTAÑA Alejandra, ZAMBRANO Rafael. Análisis de tráfico de video streaming sobre tecnologías actuales de banda ancha en Colombia. Universidad de los Andes de Colombia. 2007.

[17] TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES. Métodos de generación de simulaciones aleatorias. Universidad de Vigo.

[18] ROGRIGUEZ QUICENO Rafael. Gerente SIEMON ADEAN Colombia y Ecuador. Categoría 7A la solución para las entidades de salud actuales. 2010.

[19] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES ICONTEC. Decreto 2269 de 1993. NTC 1486 (Sexta actualización). Julio 23 de 2008.

Páginas web:

[20] Hospital Universitario San Juan de Dios del Quindío:
<http://hospitalquindio.gov.co/hospital/index.php/servicios> Junio 2 del 2010

[21] Página WEB de la empresa MEDIA COMMERCE:
<http://www.mediacommerce.co/index.php/cliente/clientes-corporativos.html>, 9 de Agosto del 2010.

[22] Cisco Packet Tracer:
http://www.cisco.com/web/learning/netacad/course_catalog/PacketTracer.html, 22 de septiembre del 2010.

[23] Página web del resumen del libro essentials of telemedicine and telecare:
<http://www.cfnavarra.es/salud/anales/textos/vol28/n3/colaba.html>, 2002

[24] Página web del software Wireshark:
<http://www.wireshark.org/>, Octubre de 2010