

**SOLUCIÓN DE TELECOMUNICACIONES PARA INTERCONECTAR LAS
SEDES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LICEO DE BOLÍVAR**

**ALEXANDER CASTELLÓN ARENAS
MARLON DAVID MOLINA TAJÁN**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES
CARTAGENA DE INDIAS
OCTUBRE DE 2011**

**SOLUCIÓN DE TELECOMUNICACIONES PARA INTERCONECTAR LAS
SEDES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LICEO DE BOLÍVAR**

**ALEXANDER CASTELLÓN ARENAS
MARLON DAVID MOLINA TAJÁN**

**Monografía presentada como requisito para optar el título de Especialista en
Telecomunicaciones**

**Director
GONZALO LÓPEZ VERGARA
Ingeniero Electrónico
Magister en Telemática**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERIAS
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES
CARTAGENA DE INDIAS
OCTUBRE DE 2011**

Nota de aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Cartagena de Indias D. T. y C, Octubre de 2011

Cartagena de Indias D. T. y C, Octubre 18 de 2011

Señores

**COMITÉ DE REVISIÓN DE MONOGRAFÍA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

La Ciudad

Apreciados señores:

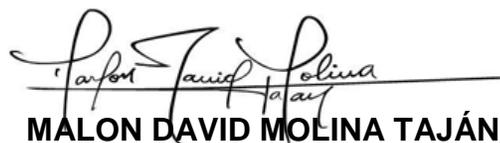
Por medio de la presente nos permitimos informarles que la monografía titulada **“SOLUCIÓN DE TELECOMUNICACIONES PARA INTERCONECTAR LAS SEDES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LICEO DE BOLÍVAR”** ha sido desarrollada de acuerdo a los objetivos establecidos.

Como autores del proyecto consideramos que el trabajo es satisfactorio y amerita ser presentado para su evaluación.

Atentamente,



ALEXANDER CASTELLÓN ARENAS



MALON DAVID MOLINA TAJÁN

Cartagena de Indias D. T. y C, Octubre 27 de 2011

Señores

**COMITÉ DE REVISIÓN DE MONOGRAFÍA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

La Ciudad

Apreciados señores:

Por medio de la presente nos permitimos informarles que la monografía titulada **“SOLUCIÓN DE TELECOMUNICACIONES PARA INTERCONECTAR LAS SEDES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LICEO DE BOLÍVAR”** ha sido desarrollada de acuerdo a los objetivos establecidos.

Como director del proyecto consideramos que el trabajo es satisfactorio y amerita ser presentado para su evaluación.

Atentamente,



GONZALO LÓPEZ VERGARA

Ingeniero Electrónico

Magister en Telemática

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D. T. y C, Octubre 28 de 2011.

Yo, ALEXANDER CASTELLÓN ARENAS, identificado con cédula de ciudadanía Número 7.920.507 expedida en la ciudad de Cartagena, manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica de Bolívar los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982 sobre Derechos de Autor, del trabajo final denominado **“SOLUCIÓN DE TELECOMUNICACIONES PARA INTERCONECTAR LAS SEDES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LICEO DE BOLÍVAR”** producto de mi actividad académica para optar el título de ESPECIALISTA EN TELECOMUNICACIONES de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

La Universidad Tecnológica de Bolívar, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y extensión. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento que hace parte integral del trabajo antes mencionado y entrego al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica de Bolívar.



ALEXANDER CASTELLÓN ARENAS

7.920.507 de Cartagena.

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D. T. y C, Octubre 28 de 2011.

Yo, MARLON DAVID MOLINA TAJÁN, identificado con cédula de ciudadanía Número 73.181.740 expedida en la ciudad de Cartagena, manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica de Bolívar los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982 sobre Derechos de Autor, del trabajo final denominado **“SOLUCIÓN DE TELECOMUNICACIONES PARA INTERCONECTAR LAS SEDES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LICEO DE BOLÍVAR”** producto de mi actividad académica para optar el título de ESPECIALISTA EN TELECOMUNICACIONES de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

La Universidad Tecnológica de Bolívar, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y extensión. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento que hace parte integral del trabajo antes mencionado y entrego al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica de Bolívar.



MARLON DAVID MOLINA TAJÁN
73.181.740 de Cartagena.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar esta etapa de mi vida, con alegría dedico este triunfo principalmente al todopoderoso, por haberme guiado y ayudado en todos los momentos difíciles del año de estudio, ya que sin esta fuerza divina no hubiese sido posible terminar con orgullo mis estudios de postgrado.

***A mi esposa e hijo** por haber soportado mi ausencia debido a mis ocupaciones tanto laborales como académicas, las cuales consumieron gran parte del tiempo que podía dedicarle a ellos.*

A los dos gracias por su comprensión.

***Al ingeniero Abdón Ramírez Plazas**, gran amigo y compañero de trabajo que me colaboro en todo lo que pudo desinteresadamente.*

A todos mis compañeros de estudios por ser personas comprometidas y colaboradoras con el grupo.

Y finalmente a todas aquellas personas que de una u otra manera me extendieron su mano cuando la necesite.

Ing. Alexander Castellón Arenas.

AGRADECIMIENTOS

***A Dios**, quien me ha dado la fortaleza necesaria para salir siempre adelante pese a las dificultades, por colocarme en el mejor camino, iluminando cada paso de mi vida, y por darme la salud y la esperanza para terminar este trabajo.*

***A mi madre**, por todos los sacrificios realizados, a quien con mucho amor y cariño le dedico todo el esfuerzo y trabajo empleado para la realización de este proyecto. ¡Gracias!*

***A mi familia**, por su comprensión y ayuda en momentos buenos y malos. Por enseñarme a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Por darme todo lo que soy como persona, los valores y principios, la perseverancia y el empeño, todo esto con una gran dosis de Amor y sin pedir nunca nada a cambio.*

***A mi maestro**, el Ing. Gonzalo López, nuestro director, por toda la paciencia y su valioso tiempo, por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios y al resto de Docentes que nos acompañaron en este proceso.*

*A la **Universidad Tecnológica de Bolívar** y en especial a la **Facultad de Ingeniería** por permitirme hacer parte de una generación de triunfadores y de personas productivas para nuestra región y para el país.*

Lic. Marlon David Molina Taján.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	23
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	26
2. JUSTIFICACIÓN	27
3. OBJETIVOS	29
3.1. OBJETIVO GENERAL	29
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
4. ANALISIS DE LAS CONDICIONES INICIALES DE LA RED ACTUAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LICEO DE BOLÍVAR SEDE PRINCIPAL Y SEDES ALTERNAS	31
4.1. CONDICIONES INICIALES SEDE PRINCIPAL	31
4.2. CONDICIONES INICIALES SEDES ALTERNAS	36
4.3. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA ACTUAL SEDE PRINCIPAL Y SEDES ALTERNAS	37
4.4. PLANO ACTUAL SEDE PRINCIPAL Y ALTERNAS	41
4.4.1. Plano de la Sede Principal	41
4.4.2. Plano de las sedes Alternas	43
5. REDISEÑO DE LA RED LAN SEDE PRINCIPAL Y ALTERNAS	45
5.1. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS	45
5.1.1. Rediseño del Cableado Estructurado en la Sede Principal y Sedes Alternas	47
5.1.1.1. Dispositivos Pasivos a Utilizar	47
5.1.2. Diseño de la Red Inalámbrica en la Sede Principal	48
5.1.3. Características de los AP a utilizar	52

	Pág.
5.2. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL ANCHO DE BANDA A CONTRATAR	55
5.2.1. Generalidades	55
5.2.2. Cálculo del Ancho de Banda	56
5.2.3. Cálculo del Ancho de Banda de los Servicios de Red	57
5.2.4. Ancho de banda general a contratar	62
5.2.5. Proveedor a Contratar	65
6. SOLUCIÓN PARA LA INTERCONEXIÓN ENTRE LA SEDE PRINCIPAL Y LAS TRES SEDES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LICEO DE BOLÍVAR	68
6.1. LAS VPN (VIRTUAL PRIVATE NETWORK)	69
6.2. VENTAJAS DE UTILIZAR VPN	69
6.3. DISEÑO DE LA REDUNDANCIA EN LA INFRAESTRUCTURA DE RED PROPUESTA	70
6.4. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS ACTIVOS PROPUESTOS PARA LA TOPOLOGÍA SUGERIDA	74
6.4.1. Equipos activos propuestos para la sede principal	74
6.4.2. Equipos activos propuestos para cada una de las Sedes Alternas	79
7. CONCLUSIONES	82
8. RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	87

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de las 4 sedes I.E. Liceo de Bolívar.	24
Figura 2. Estado Inicial de la Sala de Informática #1.	32
Figura 3. Estado Inicial de la Sala de Informática #2.	33
Figura 4. Estado Inicial de la Sala de Informática #3.	33
Figura 5. Estado Inicial de la Sala CERES.	34
Figura 6. Estado Inicial de la Sala de Bilingüismo.	35
Figura 7. Cuarto de Comunicaciones.	36
Figura 8. Estado actual de las sedes del Liceo de Bolívar.	37
Figura 9. Plano Liceo de Bolívar - Sede Principal Piso 1.	41
Figura 10. Plano Liceo de Bolívar - Sede Principal Piso 2.	42
Figura 11. Plano Liceo de Bolívar - Sede Principal Piso 3.	42
Figura 12. Plano Liceo de Bolívar - Sede 7 de agosto.	43
Figura 13. Plano Liceo de Bolívar - Sede La Paz.	44
Figura 14. Plano Liceo de Bolívar – 11 de Noviembre.	44
Figura 15. Como operan los Puntos de acceso inalámbrico.	49
Figura 16. Área de cobertura de los AP - Primer Piso.	50
Figura 17. Área de cobertura de los AP - Segundo Piso.	51
Figura 18. Área de cobertura de los AP - Tercer Piso.	51
Figura 19. Redundancia de la Red LAN.	70
Figura 20. Apilamiento de Switches.	72

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación del uso del correo electrónico.	59
Tabla 2. Clasificación del uso del correo electrónico por Jornada.	60
Tabla 3. Estimaciones de ancho de banda para usuarios Administrativos.	63
Tabla 4. Estimaciones de ancho de banda para otros usuarios (Docentes Y Estudiantes).	64
Tabla 5. Estimaciones de ancho de banda para las sedes (7 de Agosto, 11 de Noviembre y La Paz).	65
Tabla 6. Switch de Core.	74
Tabla 7. Switch de Acceso.	75
Tabla 8. Router / Firewall.	76
Tabla 9. Access Point.	77
Tabla 10. Central Telefónica.	78
Tabla 11. Teléfonos IP.	79
Tabla 12. Switch de Acceso para las sedes alternas.	80
Tabla 13. Router / Firewall para las sedes alternas.	81
Tabla 14. Teléfonos IP para las sedes alternas.	81

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Topología Actual Sede Principal.	39
Gráfico 2. Topología Actual Sedes Alternas.	40
Gráfico 3. Ejemplo de Tiempo Vs Transferencia Real.	56
Gráfico 4. Topología Propuesta.	68
Gráfico 5. Diseño de la redundancia de la red.	73

TABLA DE ANEXOS

Anexo A. Carta de Agradecimiento	89
----------------------------------	----

GLOSARIO

ACRÓNIMOS

- EIA** Electronic Industries Alliance. Alianza de Industrias de la Electrónica.
- IEEE** The Institute of Electrical and Electronics Engineers. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
- IP** Internet Protocol (en español *Protocolo de Internet*) es un protocolo no orientado a conexión, usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos, a través de una red de paquetes conmutados no fiable y de mejor entrega posible sin garantías.
- IPTV** Internet Protocol Television. Se ha convertido en la denominación para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión o vídeo usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP.
- ISP** Los proveedores de servicio Internet (ISP) son normalmente empresas privadas, aunque en algunos países pueden ser públicas, que ofrecen la conectividad y el acceso a Internet y la interconexión a los consumidores (usuarios particulares o empresas que desean acceder a Internet).
- LAN** Local Area Network (Red de Área Local o simplemente Red Local). Una red local es la interconexión de varios ordenadores y periféricos. Su extensión está limitada físicamente a un edificio o a un entorno de unos pocos kilómetros. Su aplicación más extendida es la interconexión de

computadores y estaciones de trabajo en oficinas, fábricas, instituciones educativas, etc.; para compartir recursos, datos y aplicaciones.

MC Main Cross-Connect. Lugar donde se encuentra el primer nivel del Backbone (punto central del Backbone).

PoE La alimentación a través de Ethernet (Power over Ethernet, PoE) es una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura LAN estándar. Permite que la alimentación eléctrica se suministre al dispositivo de red como, por ejemplo, un teléfono IP o una cámara de red, usando el mismo cable que se utiliza para una conexión de red.

QoS calidad de Servicio (**Quality of Service**, en inglés) son las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo dado (*throughput*). Calidad de servicio es la capacidad de dar un buen servicio. Es especialmente importante para ciertas aplicaciones tales como la transmisión de vídeo o voz.

TIA Telecommunications Industry Association. Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones.

UTP Unshielded Twisted Pair (en español "par trenzado no blindado") es un tipo de cable que se utiliza principalmente para comunicaciones. Se encuentra normalizado de acuerdo a la norma estadounidense TIA/EIA-568-B y a la internacional ISO/IEC 11801.

VoIP Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP, Voz IP, VozIP, VoIP (por sus siglas en inglés, *Voice over IP*), es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet

empleando un protocolo IP (Protocolo de Internet).

VPN Red Privada Virtual o Virtual Private Network (VPN) supone una tecnología de red que, por razones de costo y comodidad, brinda la posibilidad de conectarse a una red pública generando una extensión a nivel de área local. Este tipo de redes se utilizan a la hora de conectar dos o más oficinas de una empresa a través de Internet. Esto facilita la conexión y el intercambio a un bajo costo económico y permite que miembros de un mismo equipo se conecten entre sí desde locaciones remotas.

WLAN Una red de área local inalámbrica, también conocida como WLAN (del inglés *Wireless Local Area Network*), es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes de área local cableadas o como extensión de estas. Utiliza tecnologías de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizar las conexiones cableadas.

TÉRMINOS

Access Point. Un punto de acceso inalámbrico (WAP o AP por sus siglas en inglés: Wireless Access Point) en redes de computadoras es un dispositivo que interconecta dispositivos de comunicación alámbrica para formar una red inalámbrica. Normalmente un WAP también puede conectarse a una red cableada, y puede transmitir datos entre los dispositivos conectados a la red cableada y los dispositivos inalámbricos.

Alien Crosstalk. Se define como una señal no deseada que se acopla de uno de los componentes de los pares trenzados balanceados, del canal o del enlace permanente hacia otro (interferencia de cable a cable). El AXT se observa en frecuencias mayores tales como 10GBASE-T y es más problemático en sistemas no blindados (UTP)

Ancho de Banda. En conexiones a Internet el ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bites por segundo (BPS), Kilobites por segundo (Kbps), o Megabites por segundo (Mps).

Backbone. La palabra *backbone* se refiere a las principales conexiones troncales de Internet. Está compuesta de un gran número de Routers interconectados que llevan los datos a través de países, continentes y océanos del mundo mediante cables de fibra óptica.

Backup. Copia de seguridad de los ficheros o aplicaciones disponibles en un soporte magnético, con el fin de poder recuperar la información y las aplicaciones

en caso de una avería en el disco duro, un borrado accidental o un accidente imprevisto. Es conveniente realizar copias de seguridad a intervalos temporales fijos (una vez al mes, por ejemplo), en función del trabajo y de la importancia de los datos manejados.

Encriptación. Es el proceso para volver ilegible información considerada importante. La información una vez encriptada sólo puede leerse aplicándole una clave. Se trata de una medida de seguridad que es usada para almacenar o transferir información delicada que no debería ser accesible a terceros. Pueden ser contraseñas, números de tarjetas de crédito, conversaciones privadas, etc. Para encriptar información se utilizan complejas fórmulas matemáticas y para desencriptar, se debe usar una clave como parámetro para esas fórmulas. El texto plano que está encriptado o cifrado se llama criptograma.

Ethernet. Es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por contienda CSMA/CD. CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

Firewall. Un firewall es un dispositivo que funciona como cortafuegos entre redes, permitiendo o denegando las transmisiones de una red a la otra. Un uso típico es situarlo entre una red local y la red Internet, como dispositivo de seguridad para evitar que los intrusos puedan acceder a información confidencial.

Gateway. Una pasarela o puerta de enlace (del inglés *gateway*) es un dispositivo, con frecuencia una computadora, que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. Su propósito es

traducir la información del protocolo utilizado en una red al protocolo usado en la red de destino.

La puerta de enlace es normalmente un equipo informático configurado para dotar a las máquinas de una red de área local conectadas a él de un acceso hacia una red exterior, generalmente realizando para ello operaciones de traducción de direcciones IP (Network Address Translation). Esta capacidad de traducción de direcciones permite aplicar una técnica llamada "enmascaramiento de IP", usada muy a menudo para dar acceso a Internet a los equipos de una red de área local compartiendo una única conexión a Internet, y por tanto, una única dirección IP externa.

Roaming. Es el efecto de mantenerse "siempre conectado" que tiene un usuario móvil que circula de una zona de cobertura inalámbrica a otra adyacente, siendo transparente para el usuario este cambio de zona. El principio de operación del roaming en redes LAN inalámbricas es análogo al de la telefonía celular, sustituyendo las zonas de cobertura de los puntos de acceso por celdas.

Router. Conocido como enrutador, es un dispositivo de hardware usado para la interconexión de redes informáticas que permite asegurar el direccionamiento de paquetes de datos entre ellas o determinar la mejor ruta que deben tomar.

Switch. Un conmutador o *Switch* es un dispositivo digital de lógica de interconexión de redes de computadores que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red. Se utilizan cuando se desea conectar múltiples redes, fusionándolas en una sola. Al igual que los puentes, dado que funcionan como un filtro en la red, mejoran el rendimiento y la seguridad de las redes de área local.

Topología. Hace referencia a la forma de una red. La topología muestra cómo los diferentes nodos están conectados entre sí, y la forma de cómo se comunican está determinada por la topología de la red. Las topologías pueden ser físicas o lógicas. Existen topologías de malla, de estrella, de bus, de anillo y de árbol.

Wi-Fi. Es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Los dispositivos habilitados con Wi-Fi, tales como: una computadora personal, una consola de videojuegos, un teléfono inteligente o un reproductor de audio digital, pueden conectarse a Internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica. Dicho punto de acceso tiene un alcance de unos 20 metros (65 pies) en interiores y al aire libre una distancia mayor puede cubrir grandes áreas la superposición de múltiples puntos de acceso.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el manejo de la información de manera eficiente constituye una de las principales preocupaciones dentro de cualquier organización, sea esta de carácter público o privado, por lo que se hace necesario manejarla y emplearla con mucho criterio, de ello podría depender, el éxito o fracaso de la misma.

Son muchas las herramientas que, en la actualidad, facilitan al hombre el manejo de los recursos informativos, así como el acceso a estos. Una de estas herramientas, que permite utilizar el recurso de la información de forma eficiente, rápida y confiable, la constituyen las redes de computadores, las cuales aparecen enmarcadas dentro del acelerado avance tecnológico que ha caracterizado las últimas décadas.

Las instituciones educativas deben garantizar a sus diferentes usuarios el acceso a la información con fines investigativos, de gestión y administrativos, por lo que no pueden permanecer ajenas al uso de esta herramienta. La Institución Educativa Liceo de Bolívar así lo ha entendido, adquiriendo desde hace varios años una gran variedad de computadores y equipos de comunicaciones para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, al momento de realizar las visitas a las instalaciones de las diferentes sedes objeto de estudio se encontró que existen dependencias que, aun cuando lo requieren, funcionan de manera aislada.

En el año 2011 se presenta, ante las directivas de la institución, el proyecto denominado **Solución de telecomunicaciones para interconectar las sedes de la Institución Educativa Liceo de Bolívar**, el cual pone en práctica la filosofía de los recursos compartidos así como el uso del Internet. Con este proyecto se pretende brindar el diseño de una red entre las diferentes dependencias, oficinas y salas de informática de la Sede Principal, y a su vez de esta última con las tres sedes alternas, ubicadas en edificios diferentes.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Institución educativa Liceo de Bolívar es una institución de carácter oficial, fundada en 1950, nace como facultad de bachillerato de la Universidad de Cartagena, convirtiéndose luego en colegio Departamental de bachillerato. El decreto 49 del 31 de enero de 1950 crea El Liceo de Bolívar como plantel de enseñanza secundaria de bachillerato. La institución de 1950 tenía como sede el “Cuartel del fijo”. Desde sus inicios el Liceo de Bolívar se convirtió en uno de los más importantes planteles públicos de la costa Atlántica, por la calidad de su enseñanza y el empuje de sus estudiantes. En 1964 es trasladado al nuevo edificio construido por la administración departamental en la avenida Pedro de Heredia (donde actualmente funciona la Institución Educativa Nuestra Señora del Carmen). Hacia el año 1976 el plantel fue trasladado de la Av. Pedro de Heredia al barrio Daniel Lemaitre, donde funciona actualmente su sede principal. Para el año de 1994 se abre la sección femenina convirtiéndose en una institución mixta.

En el 2003 se da la fusión del Liceo de Bolívar con las Escuelas 11 de noviembre, 7 de agosto y San Vicente de Paúl, pertenecientes a la zona de los barrios Canapote, 7 de agosto y La Paz respectivamente, hecho este que trae como consecuencia la conformación de cuatro sedes, cuya principal es la sede ubicada en el barrio Daniel Lemaitre, con el cambio de razón social, quedando así la denominación “**Institución Educativa Liceo de Bolívar**”. A partir de esta fusión, se ofrecen los niveles de PRE-ESCOLAR, BÁSICA PRIMARIA, BÁSICA SECUNDARIA Y MEDIA ACADÉMICA.

La proyección del CASD Manuela Beltrán y TECNAR- Fundación Tecnológica Antonio de Arévalo para el año 2003 permitió ofrecer a los estudiantes, además, de la formación Media Académica, la formación Media Técnica, diversificada.

El 4 de agosto de 2004, el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, mediante convenio con el área de Educación y Cultura Distrital, se dispone a proyectarse, brindándoles a los estudiantes y a la Comunidad en general, Educación Media Técnica. De esta forma se abona el terreno, y es así como en el año 2006 se establece un convenio con el SENA y se logra la articulación de la Media técnica ofreciendo 8 especialidades diferentes. En 2010, la institución es seleccionada como NODO de Telemática y Telecomunicaciones, en convenio entre la Secretaría de Educación Distrital y el SENA, programa que inicia a partir del año 2011 ofreciendo formación Media Técnica para todas las instituciones oficiales del sector, en modalidades de esta área.

En la actualidad, la Institución ofrece tres (3) jornadas: Diurnas (mañana y tarde) y nocturna. A partir del año 2010, la institución en su jornada nocturna, se encuentra vinculada al proyecto CERES (Centros Regionales de Educación Superior) en convenio con varias universidades del sector. Esta institución cuenta con una sede principal, ubicada en el barrio Daniel Lemaitre en un edificio de 3 pisos, donde tiene lugar este último proyecto y tres sedes alternas (7 de Agosto, La Paz y 11 de Noviembre) ubicadas a distancias de 0,5, 0,7 y 1Km. de la sede principal respectivamente.



Figura 1. Ubicación de las 4 sedes I.E. Liceo de Bolívar

La institución cuenta con una (1) sala de bilingüismo, cuatro (4) salas de informática en su sede principal y tres (3) más en las sedes alternas, las cuales poseen una red LAN con 20 equipos cada una. A nivel administrativo, cuenta con un total de 16 computadores distribuidos en las diferentes oficinas.

Actualmente las redes LAN que operan en las diferentes sedes no cuentan con un diseño estandarizado, carecen de documentación y no están interconectadas entre sí.

La necesidad de compartir entre las sedes información de matrículas y estudiantes, programas, mensajería, video conferencia, correo electrónico interno, telefonía IP y demás recursos, hace necesario el diseño de una red que interconecte todos los equipos de la sede principal y además permita la comunicación de esta última con sus tres sedes alternas para ofrecer los servicios de voz y datos anteriormente mencionados.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿COMO DISEÑAR UNA SOLUCIÓN DE TELECOMUNICACIONES QUE PERMITA LA INTERCONEXIÓN DE LAS CUATRO SEDES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LICEO DE BOLÍVAR?

2. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años la comunicación digital ha sido fundamental para la sociedad, gracias a esta evolución tecnológica se han mejorado muchos procesos y tareas a nivel empresarial, industrial, educativo y en el hogar, se han acortado las distancias y se han eliminado las barreras físicas. Ya que las personas pueden establecer una comunicación mediante el uso de equipos de Telecomunicaciones.

Este gran avance tecnológico ha permitido que en la actualidad sea posible disponer de muchos servicios (Correo electrónico, video conferencia, chat, telefonía IP, descarga de archivos, etc.) que tiempo atrás no eran posibles, ni siquiera pensables, porque anteriormente las redes de Telecomunicaciones estaban limitadas.

Lo mencionado anteriormente dio pie a que evolucionara rápidamente la tecnología llamada red de computadoras, que hace posible interconectar muchos computadores con equipos de red con el fin de compartir recursos y establecer una comunicación eficiente entre estos.

Actualmente muchas empresas poseen una infraestructura de red para voz y datos que permite el manejo adecuado de la información que procesan y envían, ya que para que todo el tráfico de red viaje por el medio de transmisión instalado, este debe soportar los requerimientos de ancho de banda, capacidad, congestión, latencia entre otros. Por tanto si el cableado para la red de datos y voz no es el adecuado, se tendrán muchos problemas de comunicación que finalmente causarían un infarto a la red teniendo como consecuencia el bloqueo de toda la actividad en la infraestructura de red.

Es por esto que en la Institución Educativa Liceo de Bolívar se necesita de un rediseño de red físico que permita centralizar todos sus procesos académicos y

administrativos. Actualmente las redes LAN de la institución se encuentran totalmente aisladas unas de otras, con cableado de diferentes categorías en varios puntos de red, a la intemperie y no cumplen con las normas internacionales EIA/TIA, hay presencia de cables sin canalización, mal conectorizados, sulfatados, doblados, con acumulación de polvo y no se cuenta con un plano que permita identificar cada punto de red, generando todo esto problemas de conectividad, lentitud, pérdida de paquetes y usuarios (Directivos, docentes, estudiantes y empleados) poco satisfechos con el recurso tecnológico que están utilizando.

Además, se desea se desea adquirir servicios de telefonía IP y Videoconferencia, por parte de las directivas de la institución, estos servicios requieren de un sistema de cableado estructurado que soporte estas transmisiones y la infraestructura de red actual no es la adecuada para soportar estos nuevos servicios.

Por último, es muy complicado en la actualidad aplicar controles de administración a la Red de la Institución Liceo de Bolívar, tanto física como lógicamente y mucho menos brindar seguridad al tráfico transmitido y recibido, ya que al no contar con un sistema centralizado, cada uno de los segmentos de la red se comporta como una LAN diferente con requerimientos distintos, por eso se hace necesario realizar un diseño físico que permita reorganizar el sistema de cableado actual, brindando a las directivas de la institución opciones para mejorar y soportar los servicios existentes y futuros además de realizar un plan de adquisición de equipos activos de red y dispositivos pasivos para el Cableado Estructurado de tal manera que los usuarios de la red se sientan satisfechos de la infraestructura utilizada y ofrezcan un mejor servicio.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

DISEÑAR UNA SOLUCIÓN DE TELECOMUNICACIONES PARA INTERCONECTAR LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LICEO DE BOLIVAR SEDE PRINCIPAL CON SUS TRES SEDES ALTERNAS.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar el estado actual de la red LAN de la institución en su sede principal y diferentes sedes alternas.
- ✓ Caracterizar los diferentes tipos de usuarios, recursos y servicios que hacen parte de la red LAN a partir de los requerimientos de las diferentes dependencias de la institución.
- ✓ Examinar las condiciones físicas de las sedes para determinar el tipo de tecnología a utilizar en el diseño, planos internos y externos de las edificaciones involucradas en la red.
- ✓ Generar el Inventario del proyecto para presentarlo ante las directivas de la institución teniendo en cuenta la relación costo-beneficio.
- ✓ Diseñar un sistema de respaldo entre las diferentes sedes que respalde el funcionamiento de la red cuando esta falle.

- ✓ Proponer una solución que permita la interconexión entre la sede principal y las tres sedes de la Institución Educativa Liceo de Bolívar, a través de las Redes Privadas Virtuales (VPN).

- ✓ Realizar el diseño del segmento inalámbrico que corresponde a la LAN en la sede principal.

- ✓ Justificar el ancho de banda a contratar al proveedor de Servicios de Internet dependiendo de los servicios requeridos por la infraestructura de red propuesta.

4. ANALISIS DE LAS CONDICIONES INICIALES DE LA RED ACTUAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LICEO DE BOLÍVAR SEDE PRINCIPAL Y SEDES ALTERNAS

4.1. CONDICIONES INICIALES SEDE PRINCIPAL

En su Sede principal, la Institución Educativa Liceo de Bolívar cuenta con tres salas de informática (cada una de ellas con 20 PC's), una sala correspondiente al programa de educación superior CERES, con 20 equipos portátiles y un laboratorio de bilingüismo con 20 PC's, correspondiente al programa de COMPARTEL liderado por el gobierno de la república.

La Sala #1 cuenta con canalización, cableado UTP de categoría 5E verificado según la norma TIA/EIA 568 B.2, un Switch LINKSYS SR224 de 24 puertos, 18 puntos de acceso a datos con conector RJ45 sencillo, ubicado en un gabinete pequeño que se encuentra instalado en la pared. Existen 38 tomacorrientes dobles de 120v con polo a tierra, 20 de ellos instalados en las paredes de la sala y los otros 18 fijados, por medio de canaletas, a la parte inferior de las mesas, 1 para cada equipo. La topología utilizada ha sido estrella, con una distribución de los equipos en forma de (E). Algunos puntos de datos con que se cuenta en la sala, no poseen ningún tipo de identificación y otros se encuentran inactivos. Para el acceso a internet, se dispone de un enrutador Cisco modelo DPC2325 como Gateway, este último suministrado por la empresa UNE que actualmente funciona como ISP para esta sala ofreciendo una velocidad de 2Mbps (Down) y 800Kbps (Up) según pruebas de velocidad realizadas. El estado actual de esta sala se muestra a continuación en la Figura 1. Estado Inicial de la Sala de Informática #1.

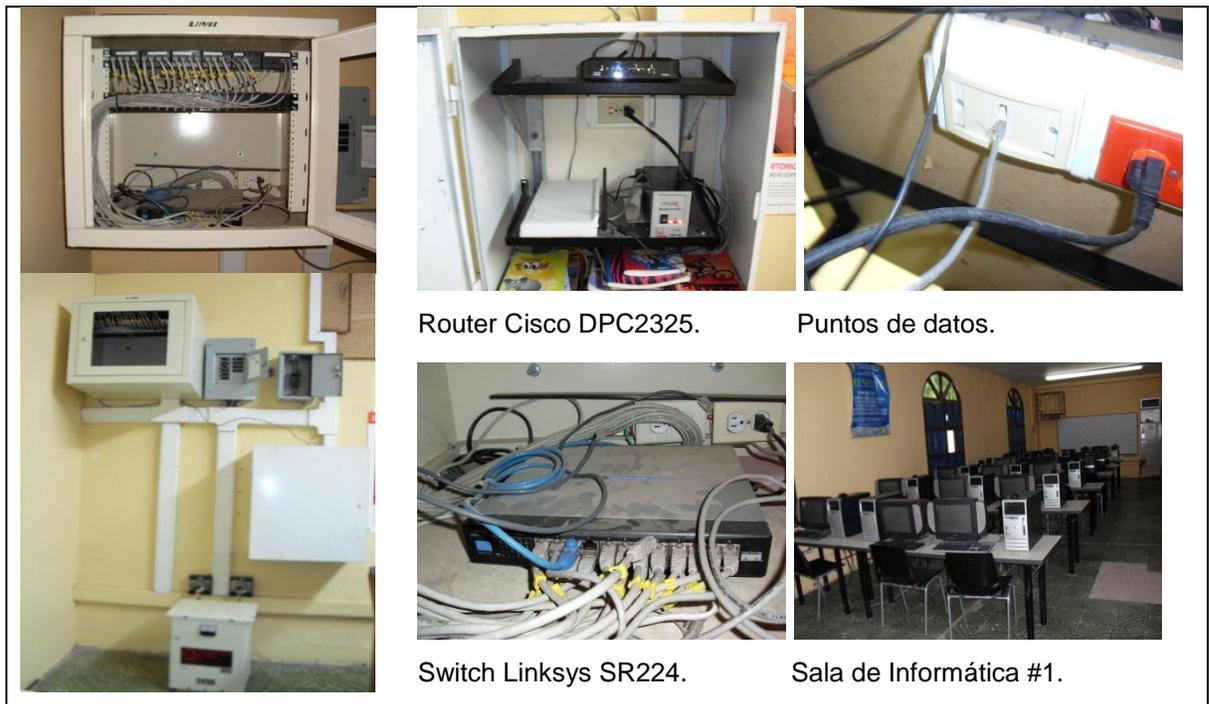


Figura 2. Estado Inicial de la Sala de Informática #1

La Sala #2 cuenta actualmente con 18 computadores, 18 puntos de acceso datos, 22 tomacorrientes dobles de 120v con polo a tierra, todos ellos fijados a las paredes de la sala en forma de U. Se dispone de un Switch Nortel Networks Baystack 70-24T de 24 puertos, ubicado en un gabinete pequeño, fijado a la pared, cable UTP categoría 5E y canaletas que no cumplen con las normas para el tendido de cableado estructurado. La topología implementada es de estrella, los cables no cuentan con ningún tipo de identificación y esto dificulta la solución de problemas que se presentan eventualmente. Esta sala carece del acceso a internet. En la Figura 2. Estado Inicial de la Sala de Informática #2, se muestran las condiciones encontradas en el sitio mencionado.



Figura 3. Estado Inicial de la Sala de Informática #2

La Sala #3 cuenta con 12 equipos, 20 puntos de acceso a datos, 20 tomacorrientes dobles de 120v con polo a tierra, fijados a las paredes y mesones de la sala, por medio de canaletas. Se dispone de un enrutador SIEMENS Gigaset SX762WLAN dsl de 4 puertos y dos Switches ENCORE ENH908-nwy de 8 puertos 10/100 ubicados dentro de un gabinete fijado a la pared. Al momento de la visita, los equipos activos mencionados, se encontraban fuera de operación. El acceso a Internet es ofrecido por la empresa UNE. En la Figura 3. Estado Inicial de la Sala de Informática #3, se presentan las condiciones de la sala al momento de la visita.



Figura 4. Estado Inicial de la Sala de Informática #3

La Sala #4 ha sido asignada al programa CERES y cuenta con 20 equipos portátiles DELL Vostro 1520, un enrutador DLink DWL 2100AP de 4 puertos, un Router Modem SIEMENS Gigaset SX762WLAN dsl y 20 tomacorrientes dobles de 120v en las paredes con polo a tierra. El acceso a internet lo ofrece la empresa UNE. Actualmente no se dispone de ningún tendido de cable, canaleta o puntos de datos físicos. Las conexiones se realizan de forma inalámbrica. En la Figura 4. Estado Inicial de la Sala CERES.



Sala de Informática CERES.

Equipo activo para acceso a Internet.

Figura 5. Estado Inicial de la Sala CERES

La Sala de Bilingüismo, a cargo del área de Idiomas extranjeros, funciona con el programa COMPARTEL, cuenta con 22 equipos, acceso a internet en el equipo del docente, por medio de un punto de datos de la sala #1, 20 puntos de acceso a datos con conector RJ45, cable UTP categoría 5E instalado en canaletas, sin identificación e incumpliendo algunas normas para el tendido de cableado estructurado. Se dispone de un Switch SMC Networks EZ 1024DT 10/100 de 24 puertos ubicado en un gabinete. En la Figura 5. Estado Inicial de la Sala de Bilingüismo.



Figura 6. Estado Inicial de la Sala de Bilingüismo.

En las oficinas del área administrativa se cuenta con 16 equipos que requieren del acceso a internet para llevar a cabo los procesos, que en ella se desarrollan, de forma eficiente. Al visitar las oficinas de la sede principal de la Institución Educativa Liceo de Bolívar, se pudo observar que sólo en rectoría, administración y la oficina de estadísticas se cuenta con acceso a internet utilizando como proveedor del servicio a la empresa Telefónica Telecom. No se cuenta con un Switch que permita centralizar los equipos de las oficinas en una red LAN, quedando estos aislados completamente. En las oficinas no existen puntos de datos, las conexiones se realizan directamente con el enrutador que suministró el ISP violando las normas establecidas para instalación de soluciones de cableado estructurado, los cables se encuentran tirados en el piso, doblados, a la intemperie, donde cualquiera puede pisarlos o dañarlos. Los equipos activos del

cuarto de comunicaciones, no disponen de ningún sistema de refrigeración y se encuentran ubicados con otra serie de elementos utilizados para tareas de construcción o aseo, como se muestra en la Figura 6. Cuarto de Comunicaciones.

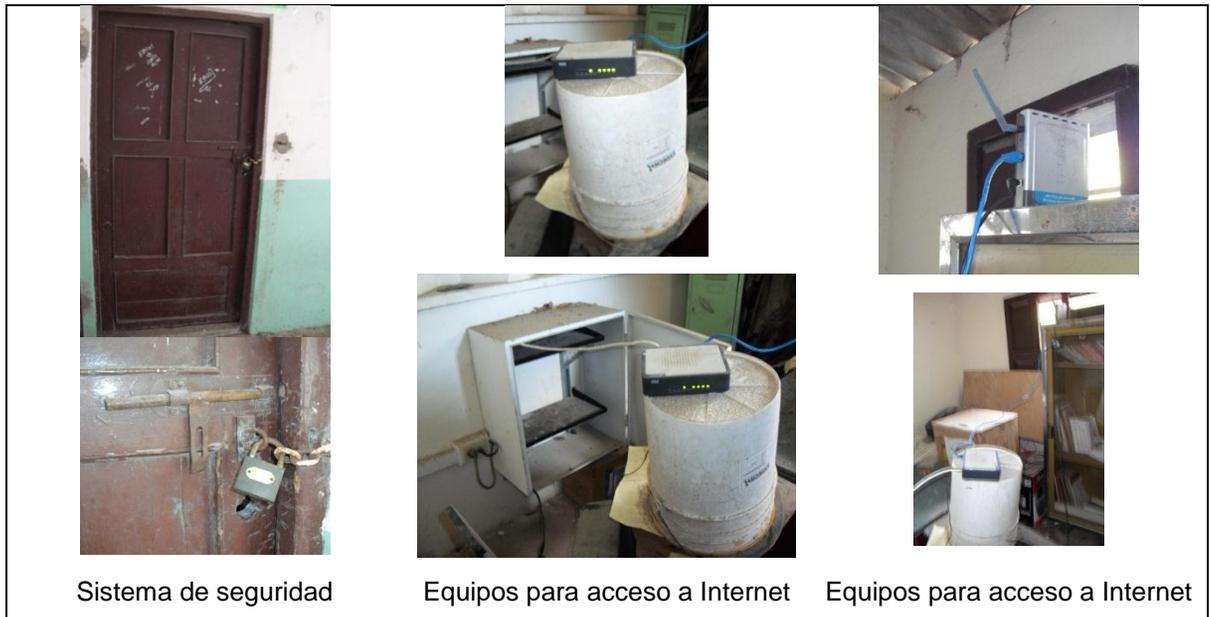


Figura 7. Cuarto de Comunicaciones.

4.2. CONDICIONES INICIALES SEDES ALTERNAS

A nivel general, cada sede de la Institución cuenta con una oficina de coordinación y una sala de informática diseñada para 20 computadores, aunque no todas disponen de esa cantidad. Los equipos están interconectados por medio de cable UTP de categoría 5E organizado en canaletas cuya instalación no cumple con lo establecido por las normas para soluciones de cableado estructurado. Algunos puntos de datos se encuentran habilitados aunque no están en uso. Se dispone de un Switch de 24 puertos en cada una. La sede 7 de Agosto accede a internet, gracias al servicio contratado con UNE, mientras que las sedes 11 de Noviembre, y La Paz carecen del servicio de internet. En la Figura 8. Estado de las sedes, se muestra la situación actual de las redes en las sede alternas.



Figura 8. Estado actual de las sedes del Liceo de Bolívar.

4.3. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA ACTUAL SEDE PRINCIPAL Y SEDES ALTERNAS

La red de computadoras de la Institución Educativa Liceo de Bolívar actualmente no se encuentra con un diseño centralizado, por tanto no cumple con el modelo de tres capas (núcleo, distribución y acceso), al contrario se identifica una red plana, sin servidores que permitan controlar los servicios de red, almacenamiento de archivos, mensajería instantánea, acceso a internet, entre otros. Además cuenta con un Proveedor de Acceso a Internet, que conecta a la nube de Internet las salas de sistemas a medida que se iba dando la necesidad, mediante enlaces de banda ancha, de forma independiente, es decir, la institución paga a la empresa de Telecomunicaciones UNE varias facturas por el acceso y consumo de Internet, tratando el ISP a la institución educativa como si fuesen usuarios residenciales a los que se les presta el servicio de Internet mediante un canal de banda ancha, y no mediante canales dedicados.

Cabe destacar que las diferentes conexiones a internet no se encuentran restringidas, por el contrario están totalmente libres; teniendo en cuenta que se trata de una institución educativa donde hay niños, jóvenes y adultos que usan la red, se evidencia que, mucho contenido no apto para todos puede ser observado y

descargado por cualquier usuario de la red, como es el caso de los sitios pornográficos, juegos de computadoras, trayendo como consecuencia una red totalmente insegura con virus, troyanos, malware entre otros programas informáticos maliciosos.

Por lo anteriormente mencionado, en las directivas de la Institución se presenta la necesidad de buscar los medios para controlar el acceso a la web y darle un buen uso a esta, además de querer tener una infraestructura de red que satisfaga las necesidades de comunicación de los diferentes usuarios de la red, con calidad y eficiencia.

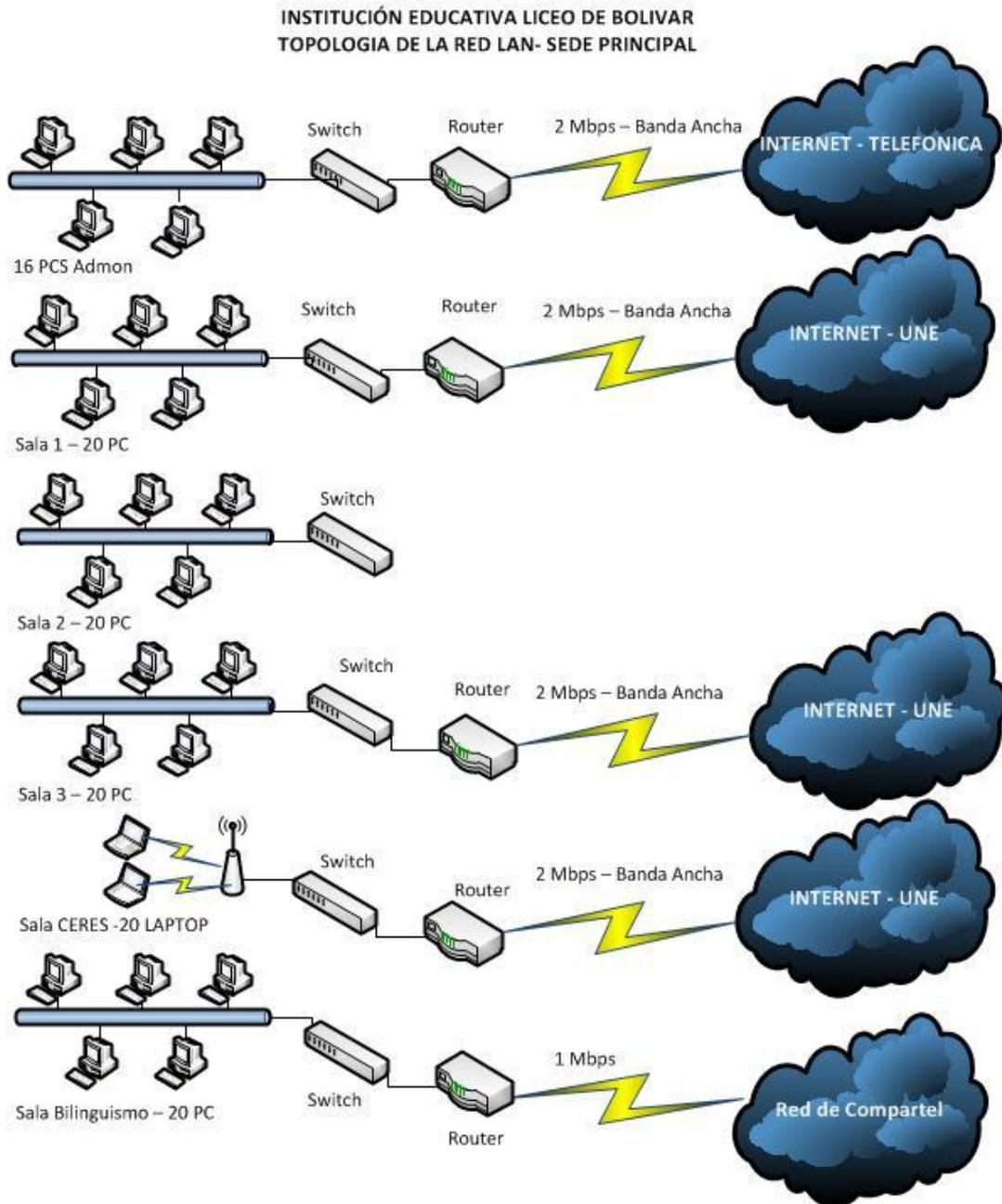
Por otra parte, la institución cuenta con una sala de bilingüismo donada por el programa del Ministerio de Educación Nacional denominado “**Computadores para Educar**”, esta sala tiene acceso a internet restringido, es decir, no se cuenta con acceso a todos los sitios web, dicho acceso se hace a través de la red de COMPARTEL, la cual solo permite la conexión de un número determinado de Computadores a la Nube, actualmente esta sala se encuentra aislada de las demás, por tanto no se pueden compartir recursos entre ellas.

La sala de sistemas numero dos no posee conexión a internet siendo esta sala un espacio subutilizado por los estudiantes matriculados y docentes.

Bajo las anteriores apreciaciones se propone realizar un diseño de red que satisfaga las necesidades anteriormente expuestas.

La topología actual de la Sede principal se muestra en la siguiente gráfica:

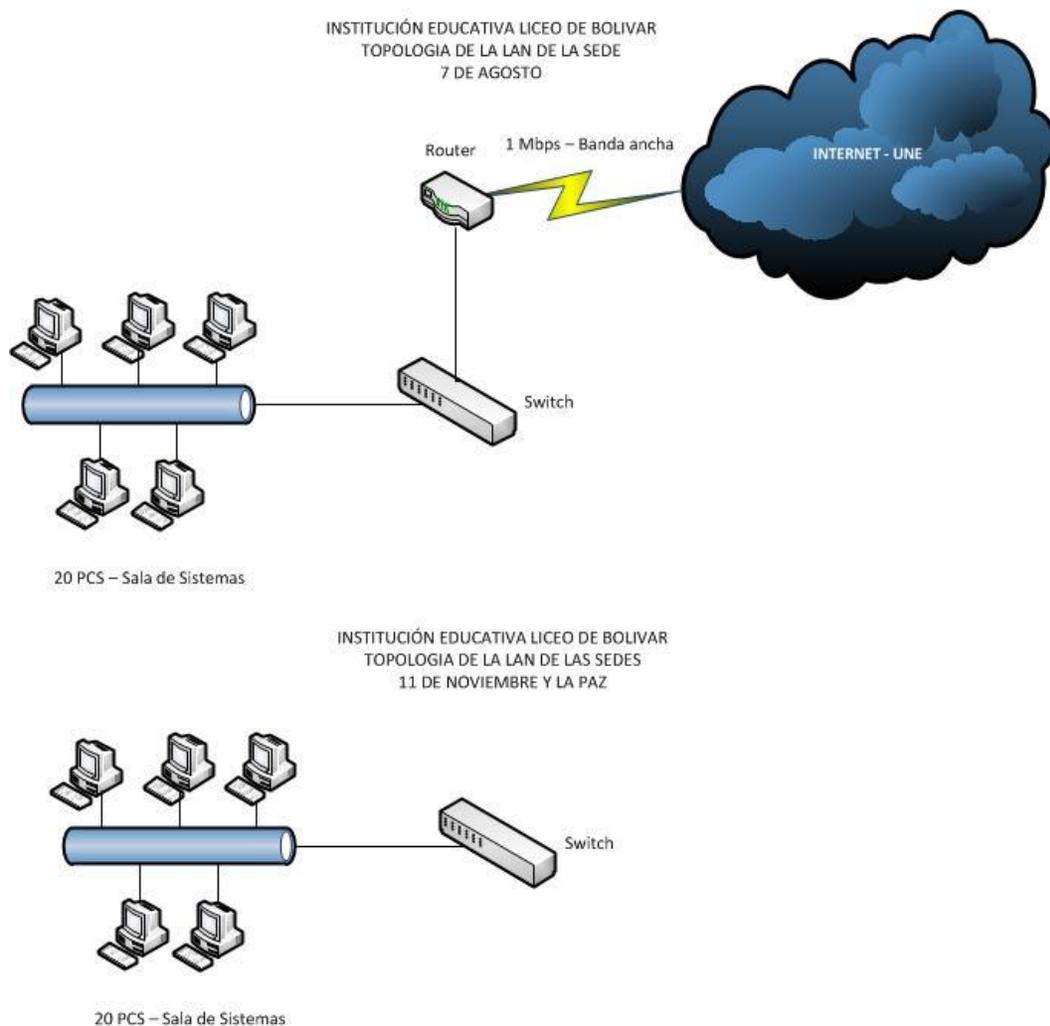
Gráfico 1. Topología Actual Sede Principal



La topología actual de las sedes alternas (7 de Agosto, la paz y 11 de noviembre) se muestra en la siguiente gráfica y se encuentran los mismos inconvenientes de las dificultades expuesta en la sede principal.

Se mantiene en mismo operador de Internet con una conexión banda ancha a Internet de 1Mbps, de libre acceso para los usuarios de la Red, y se agrega que la sede 11 de Noviembre y la Paz actualmente no cuenta con acceso a Internet.

Grafico 2. Topología Actual Sedes Alternas



4.4. PLANO ACTUAL SEDE PRINCIPAL Y ALTERNAS

4.4.1. Plano de la Sede Principal

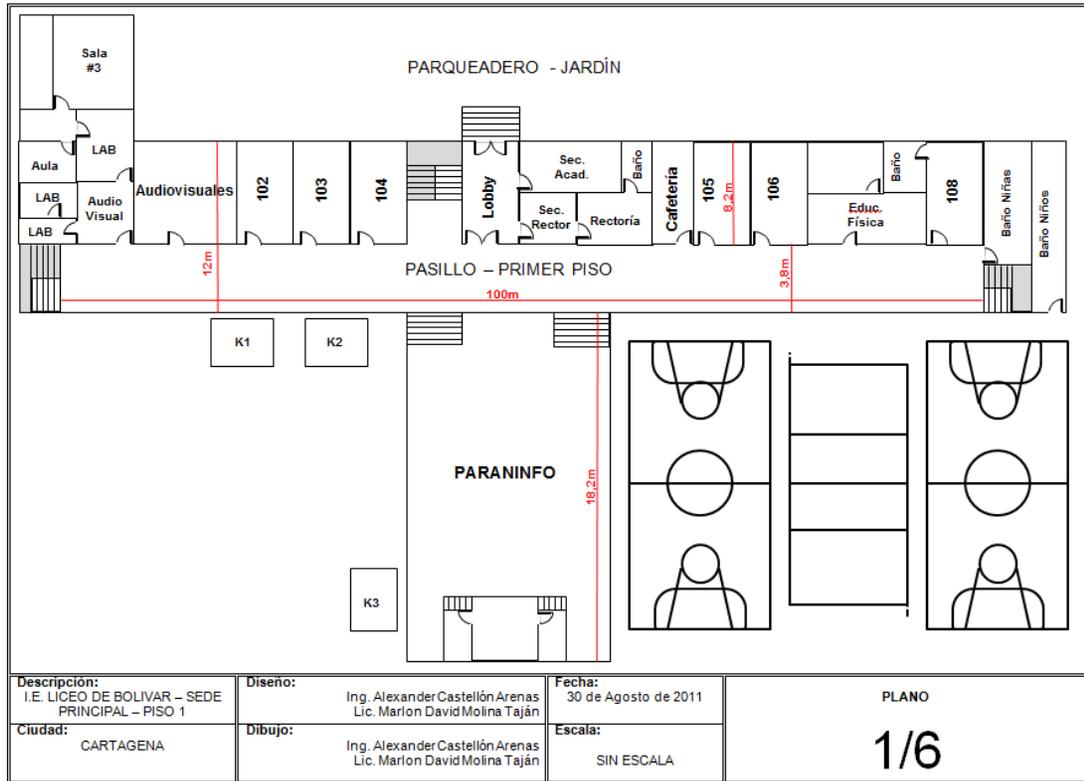


Figura 9. Plano Liceo de Bolívar - Sede Principal Piso 1.

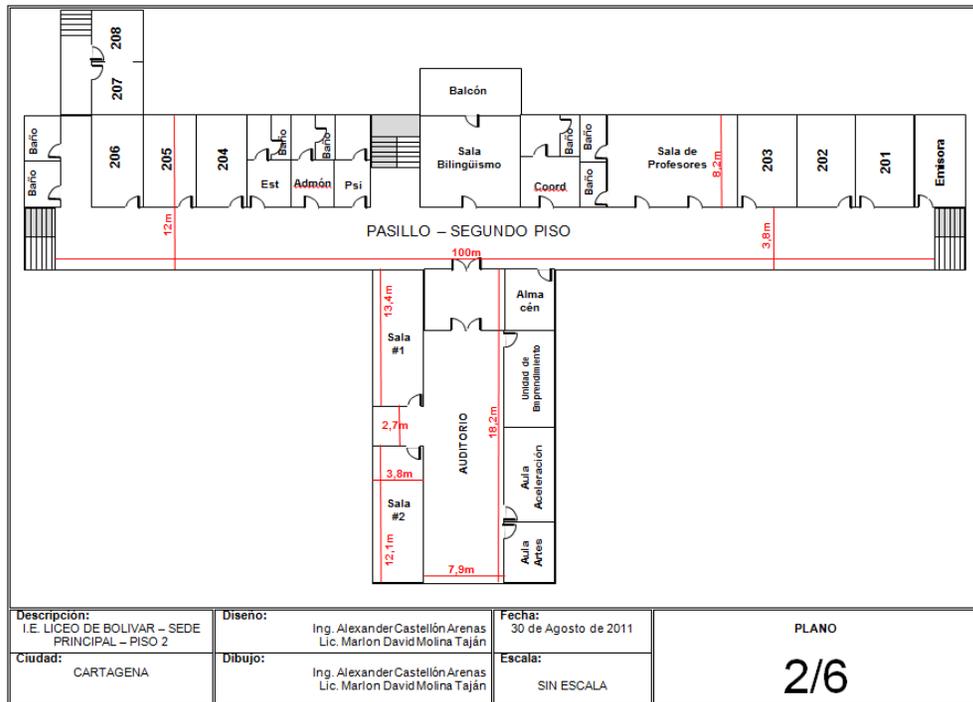


Figura 10. Plano Liceo de Bolívar - Sede Principal Piso 2.

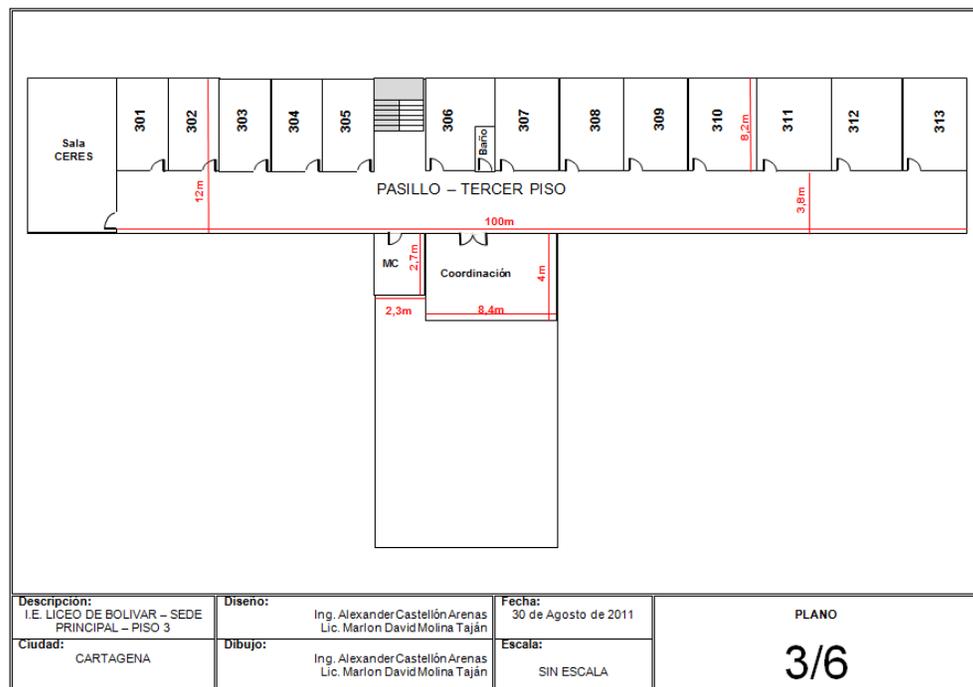


Figura 11. Plano Liceo de Bolívar - Sede Principal Piso 3.

4.4.2. Plano de las sedes Alternas

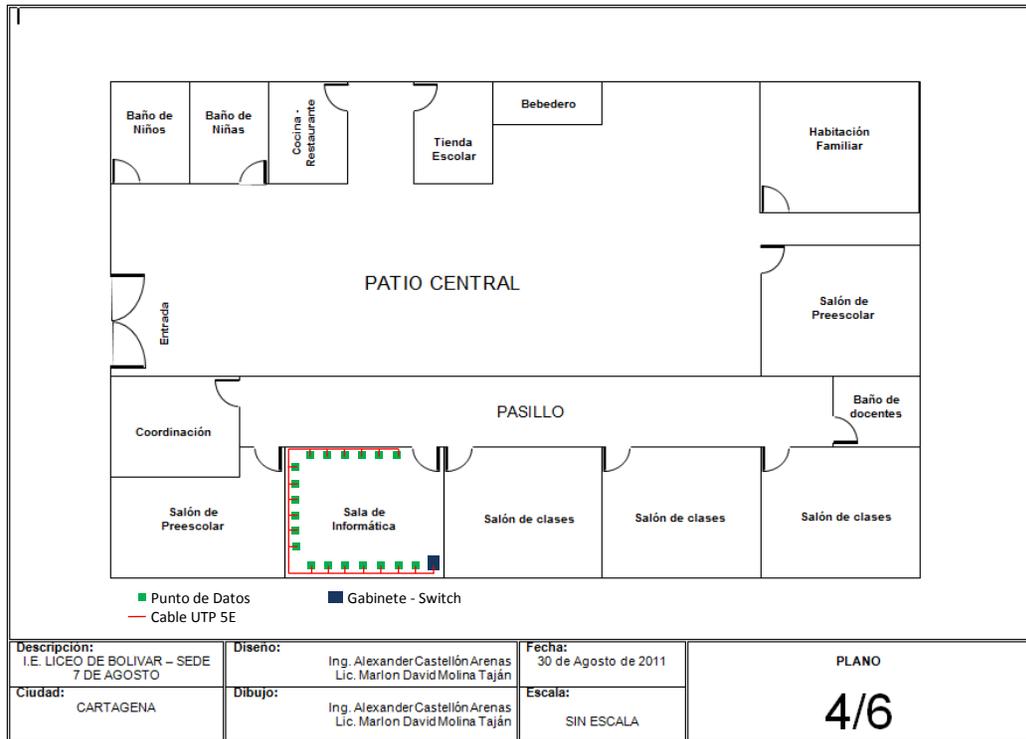


Figura 12. Plano Liceo de Bolívar - Sede 7 de agosto.

Como se observa en los diferentes planos de las sedes alternas de la institución, cada una de ellas dispone de una sala de informática con 20 equipos interconectados en una LAN utilizando un Switch. Cada sede cuenta con una oficina para la Coordinación, en la que se requiere un punto de acceso a la red y el cual se considera en los diseños del presente proyecto como oficina de enlace con la sede principal.

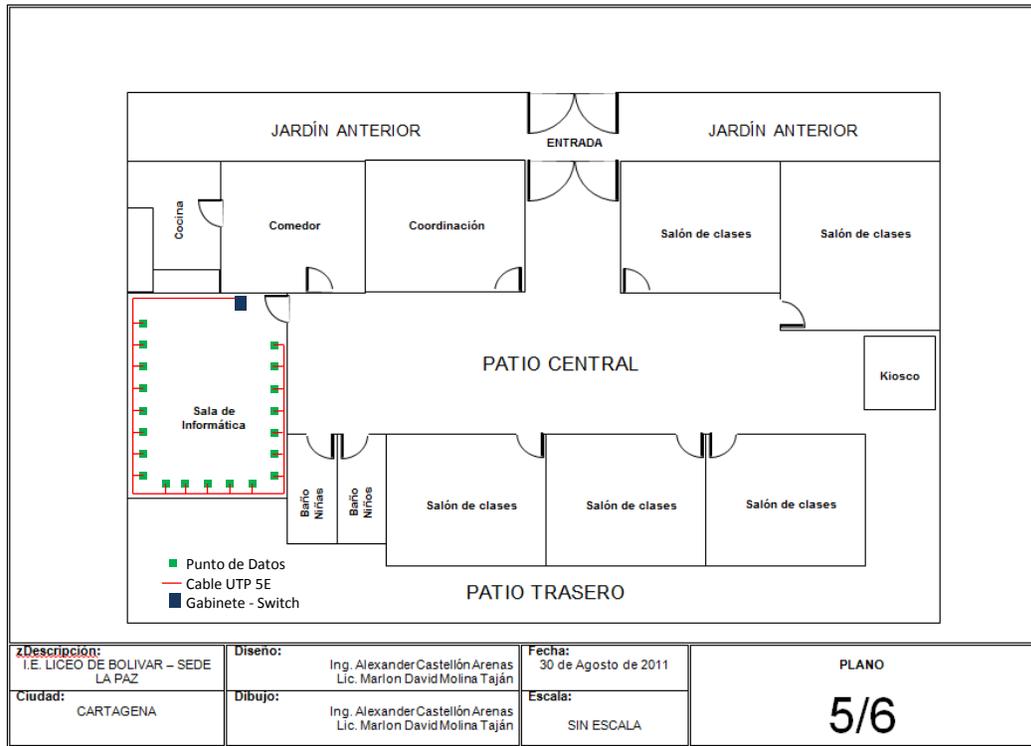


Figura 13. Plano Liceo de Bolívar - Sede La Paz.

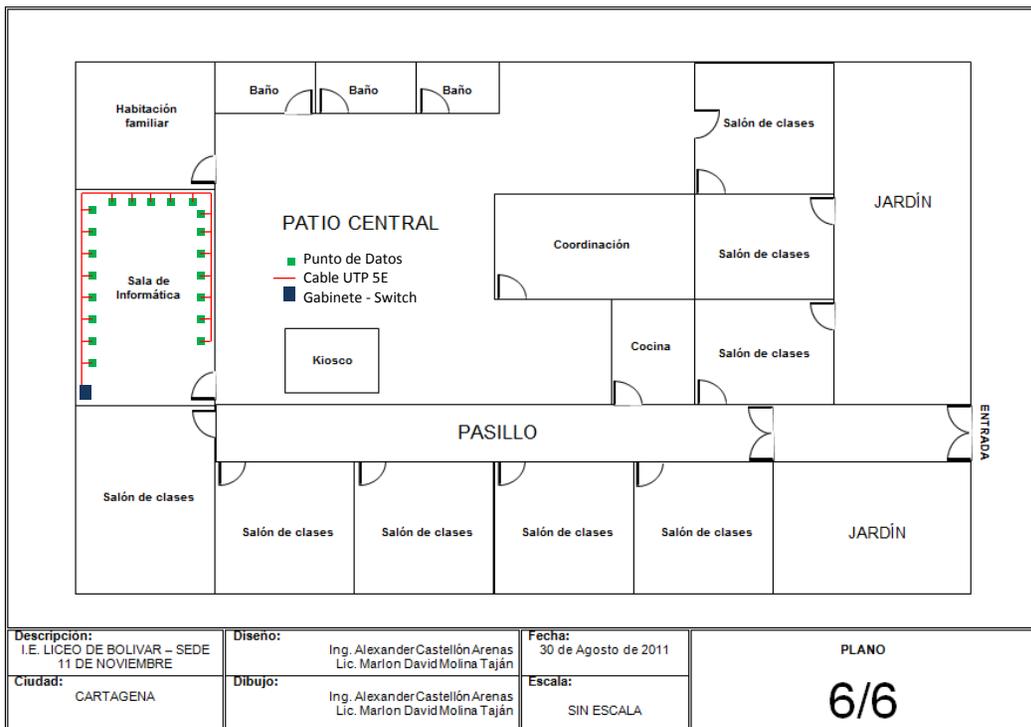


Figura 14. Plano Liceo de Bolívar - Sede 11 de Noviembre.

5. REDISEÑO DE LA RED LAN SEDE PRINCIPAL Y ALTERNAS

5.1. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

El rediseño de la red de datos de la sede principal y de las sedes alternas de la Institución educativa Liceo de Bolívar es necesario ya que la topología actual no cumple con el diseño de 3 capas (Capa de Núcleo, Capa de Distribución y Capa de Acceso) sino por el contrario se muestra una red plana, es decir sin jerarquía, la cual fue improvisada o simplemente fue creciendo e interconectándose a los equipos activos en la medida que iban necesitando puntos de conexión a la red, sin realizar estudios de tráfico, ni requerimientos de la red de Computadores para el número de usuarios que necesitan consumir recursos. Por tanto después de analizar las situaciones anteriormente mencionadas, se procede a rediseñar la red LAN de la sede principal y sedes alternas con el fin de permitir a los usuarios de la red, contar con una plataforma tecnológica que permita la interconexión de equipos de datos y voz, y que el flujo de tráfico sea controlado y eficiente entre estos equipos de la red, brindando a los usuarios servicios de red con calidad y eficiencia.

Teniendo en cuenta las situaciones descritas, se pueden determinar que los requerimientos para la infraestructura de red propuesta son los siguientes:

- Garantizar que la red de datos y voz permita la conectividad de los usuarios en forma concurrente de tal manera que el rendimiento no se vea disminuido notablemente. Así como la integridad y confidencialidad de la información transmitida y recibida.
- Garantizar la disponibilidad de recursos de la red a los usuarios durante el tiempo que se encuentre en funcionamiento.

- Permitir la Integración y adición de equipos activos para la red LAN de la Sede Principal y alternas.
- Diseñar un sistema de cableado estructurado normalizado que no permita interferencias, errores de transmisión y pérdida de información, por mala instalación o manipulación del medio de transmisión.
- Permitir conectividad entre la LAN y la WLAN en el campus principal.
- La red en general debe soportar aplicaciones de red como el Acceso a Internet, chat, correo electrónico, transferencia y descargar de archivos, consulta a bases de datos, aplicación de matrículas de estudiantes, servicios de impresión, autenticación de usuarios, entre otros.
- La red debe soportar servicios de Voz Sobre IP, Videoconferencia.
- La infraestructura de red debe soportar Redes Privadas Virtuales (VPN) para la interconexión entre la sede principal con las sedes alternas.
- Mantener un alto nivel de seguridad en la infraestructura de red con el fin de brindar disponibilidad, autenticidad e integridad a los datos.
- Garantizar un óptimo desempeño de las aplicaciones que se ejecuten en la LAN de la sede principal.
- Garantizar una apropiada velocidad de transmisión de la LAN de la infraestructura de red propuesta.
- Realizar el análisis de desempeño de la red y su respectiva documentación.

5.1.1. Rediseño del Cableado Estructurado en la Sede Principal y Sedes Alternas

5.1.1.1. Dispositivos Pasivos a Utilizar

Para el rediseño de la solución de cableado estructurado normalizado en las sedes: principal y alternas de la Institución Educativa Liceo de Bolívar se recomienda la utilización de los siguientes elementos pasivos:

- Cable FTP categoría 6A: el blindaje de este tipo de cable previene las interferencias electromagnéticas así como el Alien Crosstalk que pueden provocar que el comportamiento de una red de telecomunicaciones sea impredecible, esto debido a que estas interferencias perturban seriamente las señales que se transmiten en los cables, contribuyendo a pérdida de paquetes de información, intermitencia en el funcionamiento de la red o muchos otros problemas.
- Panel de conexión categoría 6A.
- Rack de 24 unidades.
- Gabinetes de pared.
- Jack Rj45 Autoponchables.
- Bandejas porta cables.
- Canaletas plásticas sin división sobre muro.
- Conversores de Ethernet a fibra óptica.
- Path cords de fibra óptica.
- Path cords de cobre, categoría 6A.
- Tomas para voz.

5.1.2. Diseño de la Red Inalámbrica en la Sede Principal

Con la siguiente propuesta se pretende realizar el diseño de una Red de Acceso que permita la interconexión entre la Institución Educativa Liceo de Bolívar - Sede principal y sus tres sedes alternas (7 de agosto, La Paz y 11 de Noviembre). Se utiliza para el presente proyecto una interconexión entre las sedes creando VPN, como se muestra en el numeral 6 Gráfico 4. Topología propuesta. No se recomienda realizar el tendido de fibra óptica teniendo en cuenta que el proveedor del servicio de Internet COMPARTEL, posee cobertura en el área geográfica de trabajo.

Dentro del nuevo diseño que se propone para la interconexión de la Institución Educativa liceo de Bolívar con sus tres sedes alternas, buscando mejorar el desempeño de los usuarios que laboran en las diferentes dependencias, se plantea una serie de cambios encaminados a alcanzar este objetivo. De acuerdo al número de usuarios (administrativos, docentes y estudiantes) se realiza el cálculo del ancho de banda requerido para suplir las necesidades, en materia de comunicaciones, de cada uno de ellos. Se determina un canal con ancho de banda de 10Mbps dedicado, para los usuarios administrativos, debido a la utilización de aplicaciones de voz y video sobre IP, mensajería instantánea, compartición de recursos. Para las sedes alternas, se considera suficiente la asignación de 3Mbps en un canal dedicado correspondiente a cada una de ellas. Por otra parte, la sala destinada para el programa de Bilingüismo, continua utilizando el servicio de Internet que provee la empresa COMPARTEL, con un canal de 1Mbps, puesto que la dotación y mantenimiento de la misma, corresponden a un proyecto en particular que se viene implementando en la Institución desde hace varios años. Sin embargo, la sala de Bilingüismo, se encuentra incluida dentro de la solución propuesta en la presente monografía.

Para cubrir el área correspondiente a los pasillos, aulas de clase, salón de profesores y demás espacios en los cuales se movilizan los demás usuarios de la red (docentes y estudiantes), se propone la utilización de puntos de acceso inalámbrico, ubicados en posiciones que aseguren el acceso ininterrumpido de estos usuarios a los servicios de la red. En la siguiente figura se muestra el modo de operación de un Access point.

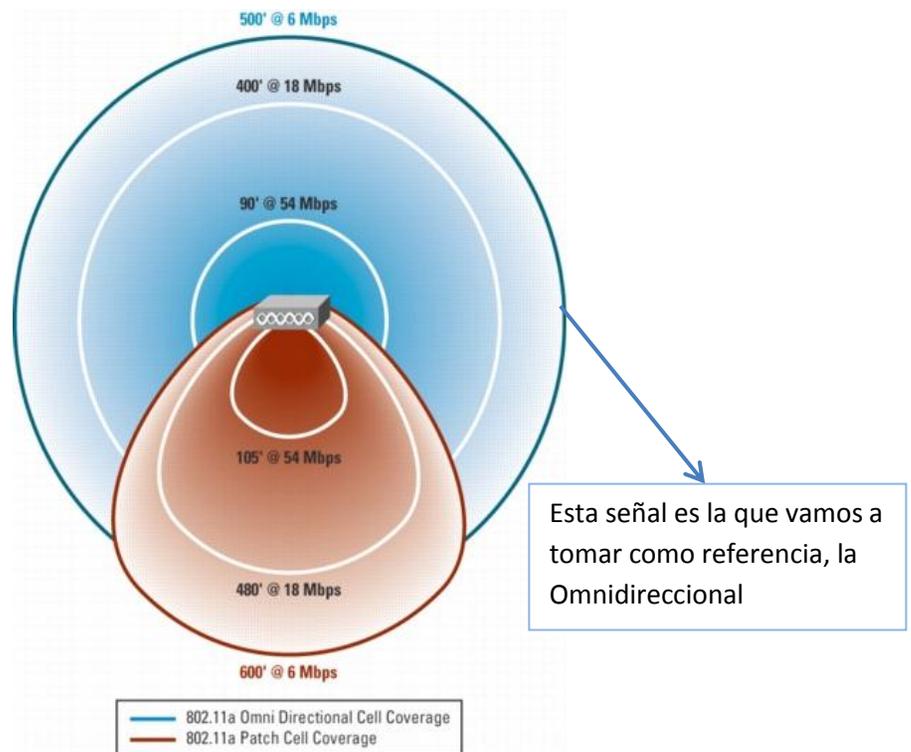


Figura 15. Como operan los Puntos de acceso inalámbrico.

El equipo sugerido para suplir las necesidades de los docentes y estudiantes, quienes se movilizan por diferentes áreas de la institución como salones, pasillos, sala de profesores, cafetería, entre otros, es el **Cisco Aironet serie 1130AG** el cual ofrece una solución rentable para redes WLAN de tipo empresarial de gran capacidad y alta seguridad en entornos tales como el de la institución objeto de este proyecto. Con dos radios de alto rendimiento, estos puntos de acceso inalámbricos proporcionan compatibilidad simultánea con los estándares 802.11a

y 802.11g; ofrecen 108 Mbps de capacidad para una red WLAN en expansión. Permitiendo una celda de cobertura de 13,7m en el estándar 802.11a y hasta 27,4m en el estándar 802.11g, con un patrón de radiación omnidireccional.

A continuación se muestra la ubicación de los puntos de acceso dentro de la planta física de la Sede Principal, para ofrecer cobertura a los usuarios que se movilizan por las aulas de clase, pasillos y demás espacios, como se aprecia en los planos. Se debe tener en cuenta que la celda de cobertura de los equipos inalámbricos sugeridos ofrece un alcance de hasta 27,4m.

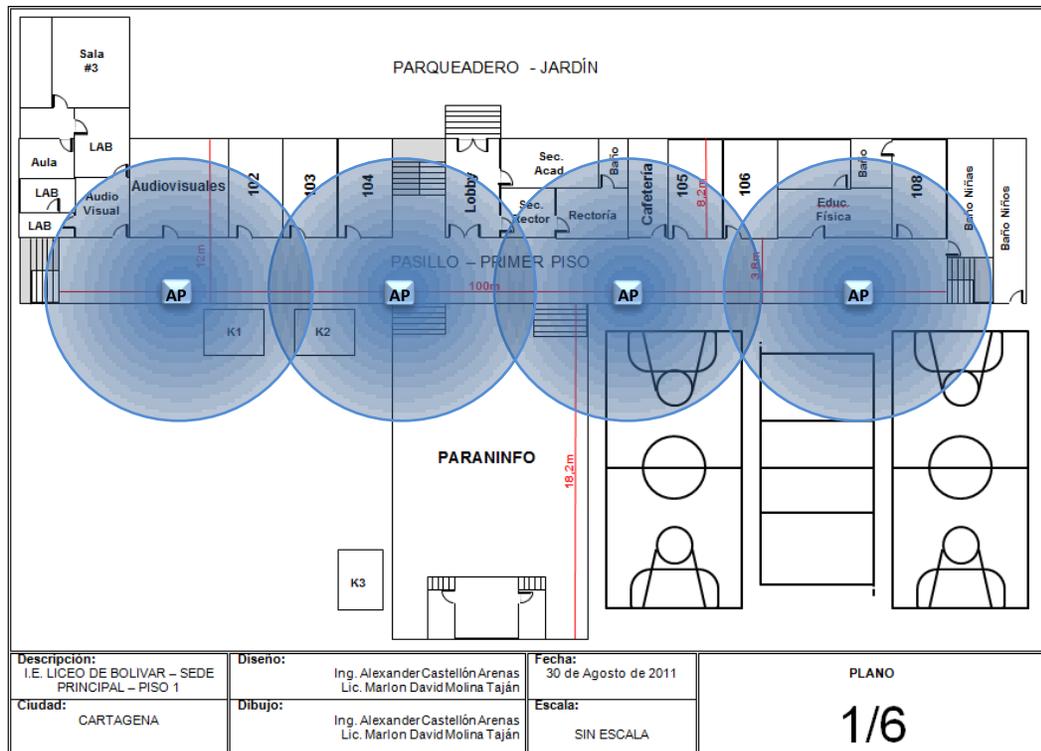


Figura 16. Área de cobertura de los AP - Primer Piso

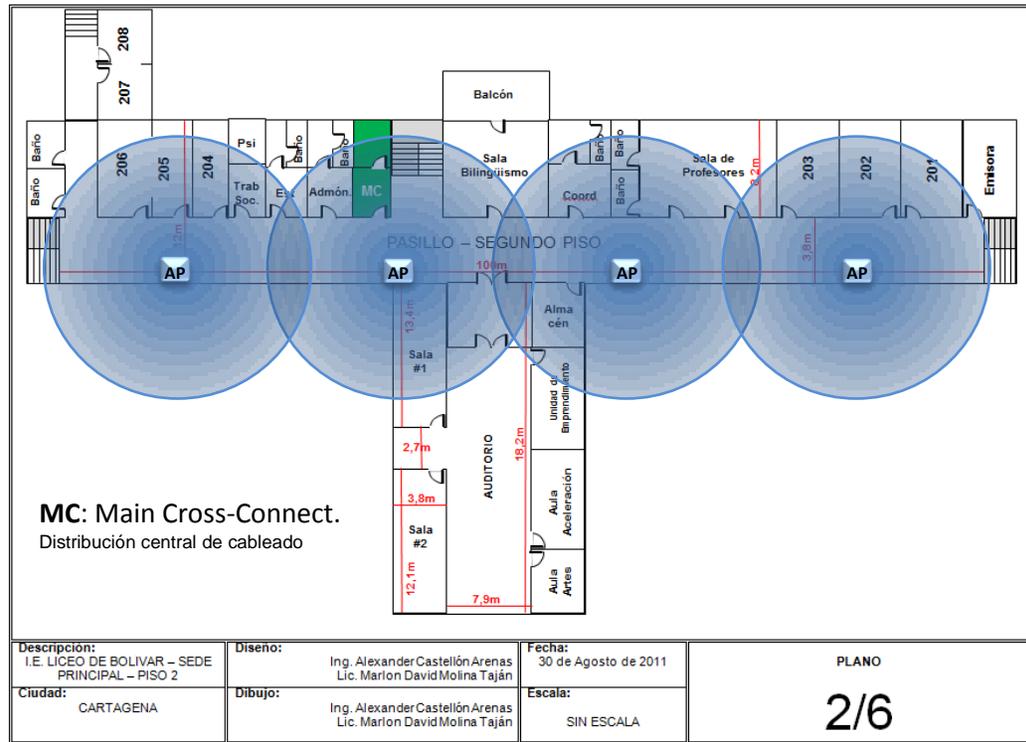


Figura 17. Área de cobertura de los AP - Segundo Piso

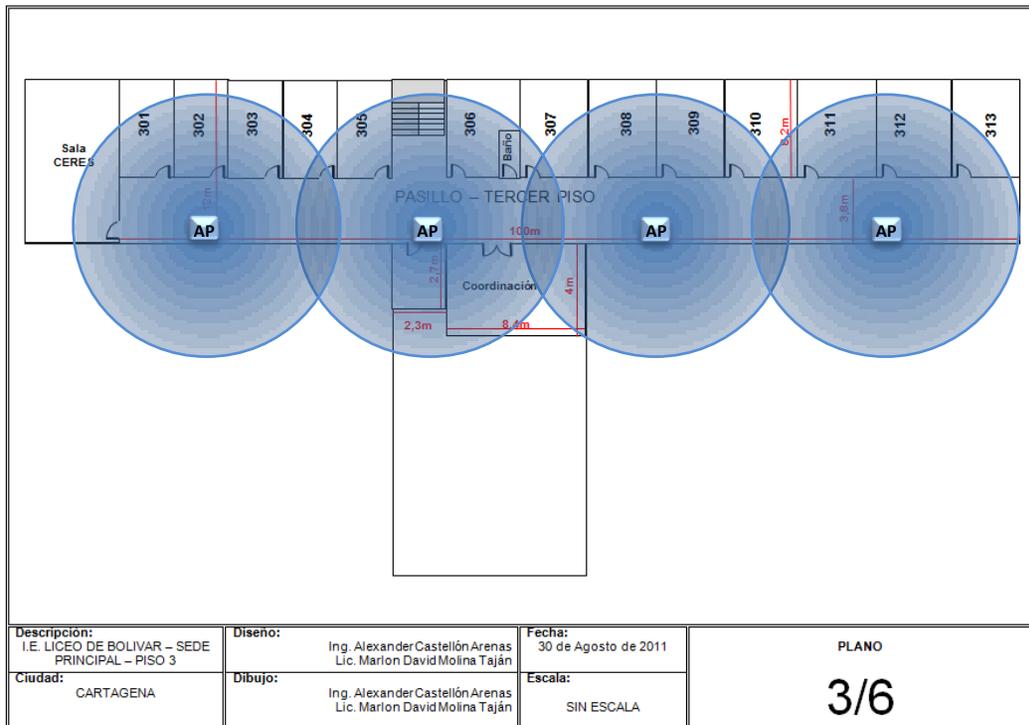


Figura 18. Área de cobertura de los AP - Tercer Piso

5.1.3. Características de los AP a utilizar

Los puntos de acceso inalámbricos Cisco Aironet 1130AG serie IEEE 802.11a/b/g cuentan con características de tipo empresarial, alta capacidad y alta seguridad en un diseño discreto, adecuado para oficinas y entornos educativos. Proporcionan acceso a redes WLAN con un mínimo costo de propiedad. Disponen de dos radios IEEE 802.11a y 802.11g de alto rendimiento, y ofrecen una capacidad total de hasta 108 Mbps, para cubrir las necesidades de las redes WLAN en expansión. Los estándares de encriptación avanzada basados en hardware (AES), o la encriptación TKIP garantizan la compatibilidad total con IEEE 802.11i, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2) o la seguridad WPA. Cisco Aironet serie 1130AG es compatible con el software IOS de Cisco y forma parte del marco de la Red inalámbrica estructurada (SWAN) de Cisco, una plataforma que proporciona una red integrada, de extremo a extremo, alámbrica e inalámbrica. Cisco Aironet serie 1130AG utiliza las características de administración de redes y de radio de la plataforma SWAN de Cisco para simplificar su implementación, así como antenas omnidireccionales integradas que proporcionan una cobertura de WLAN eficaz y estable para oficinas y otros entornos de radiofrecuencia similares como el estudiado dentro de este proyecto. Su precio es competitivo y se entrega listo para ser instalado. Resulta muy fácil de administrar, lo que reduce los costos de implementación y de mantenimiento continuado¹.

- **Tecnología de radio de Aironet**

El punto de acceso inalámbrico Cisco Aironet serie 1130AG cuenta con la más reciente tecnología de radio de Cisco Aironet. Dos radios de alto rendimiento proporcionan compatibilidad simultánea con los estándares 802.11a y 802.11g,

¹ http://www.intermec.com/public-files/product-profiles/en/Cisco1130AG_spec_web.pdf
visitada el 4 de octubre de 2011

que ofrecen tasas de datos de 108 Mbps en las bandas de 5 y 2,4 GHz, y a distancias superiores a las radios de tecnología anterior. Cisco Aironet serie 1130AG funciona en la actualidad en 15 canales no superpuestos, y próximamente en 26, mediante una futura versión del firmware (la admisión de canales dependerá de la normativa de cada país). Elimina las interferencias en un espacio congestionado, lo que facilita la implementación de redes de alta capacidad. Para que la migración no presente problemas, aprovecha al máximo las capacidades de banda dual de clientes WLAN actuales, a la vez que su compatibilidad es total con clientes 802.11b anteriores.

- **Paquete de seguridad inalámbrica**

Cisco Aironet serie 1130AG forma parte del popular paquete de seguridad inalámbrica de Cisco, que admite 802.11i, WPA2, WPA y muchos tipos del Protocolo de autenticación extensible (EAP). WPA y WPA2 son las certificaciones del grupo Wi-Fi Alliance de la seguridad WLAN interoperable y basada en estándares. Estas certificaciones admiten IEEE 802.1X para la autenticación basada en usuario, TKIP para La encriptación WPA y AES para La encriptación WPA2. Las certificaciones contribuyen a garantizar la interoperabilidad entre dispositivos de WLAN certificados para Wi-Fi de distintos fabricantes.

- **Encriptación Segura**

La encriptación de este equipo en particular, es compatible con la encriptación tipo empresarial y nivel gubernamental a través de la red WLAN sin afectar el rendimiento. La autenticación IEEE 802.1X contribuye a garantizar que únicamente los usuarios autorizados tengan acceso a la red. El punto de acceso

Cisco Aironet serie 1130AG es compatible también con los clientes WPA anteriores en los que se ejecuta TKIP, el algoritmo de encriptación RC4.

- **Diseñado para la empresa**

Controlado mediante el software IOS de Cisco, Cisco Aironet serie 1130AG se ha diseñado para las redes empresariales. El software de extremo a extremo IOS de Cisco posibilita los servicios inteligentes de red, que proporcionan conectividad, escalabilidad y alta disponibilidad a aplicaciones empresariales avanzadas. Forma parte del marco SWAN de Cisco y ofrece a la WLAN la seguridad, escalabilidad, fiabilidad, y facilidad de implantación y administración de las redes alámbricas.

- **Valor óptimo para sus oficinas**

Cisco Aironet serie 1130AG representa un valor óptimo para oficinas y otros entornos parecidos, como el entorno académico. Las antenas integradas proporcionan una cobertura omnidireccional, diseñada especialmente para los espacios de trabajo abiertos de hoy en día. Son muy fáciles de fijar a techos y paredes, mediante una abrazadera de montaje multiusos. Su diseño es muy discreto y agradable, para adaptarse a cualquier entorno.

5.2. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL ANCHO DE BANDA A CONTRATAR

5.2.1. Generalidades

Actualmente el acceso a Internet por las empresas, organizaciones, hogares, etc., va en aumento, permitiendo que los usuarios de estas se comuniquen entre si transmitiendo datos, imágenes (fijas y en movimiento) voz y video.

En la administración de redes de voz y datos, un factor importante a tener en cuenta es la determinación de la velocidad del enlace hacia Internet, siendo este factor crítico para la toma de decisiones al momento de estipular cuanto ancho de banda se debe contratar con el Proveedor de Servicios de Internet (ISP) para suplir las necesidades de transmisión del tráfico de red generado por los usuarios.

Para las redes corporativas actuales, se debe estipular el ancho de banda total, en función de los consumos que tiene cada aplicación que corra en la plataforma de red, caracterizando las diferentes aplicaciones como críticas y no críticas.

Entre las aplicaciones críticas que consumen una buena porción del canal por su tráfico de red, se pueden mencionar algunas como la *VoIP (Voz sobre IP)* o *IPTV (Televisión IP)* entre otras, las cuales llevan al administrador de la red a cuestionares en que tanto ancho de banda se requiere contratar al ISP para que su red no quede congestionada y se vea en problemas de velocidad y rendimiento.

Otro factor importante que es complementario a las aplicaciones, tiene que ver con el número de usuarios que utilizan la red actualmente y determinar su crecimiento a corto plazo, además se debe hacer un análisis de los requerimientos de dichos usuarios y de los servicios ofrecidos por los ISP locales, ya que todo esto juega un papel importante en el desempeño de la conexión a Internet.

5.2.2. Cálculo del Ancho de Banda

Para hacer el cálculo de ancho de banda se utilizan métodos heurísticos que dan como teoría lo siguiente:

El cálculo de *Usuarios vs Ancho de Banda* es una relación de 3 factores:

❖ **Overbooking:**

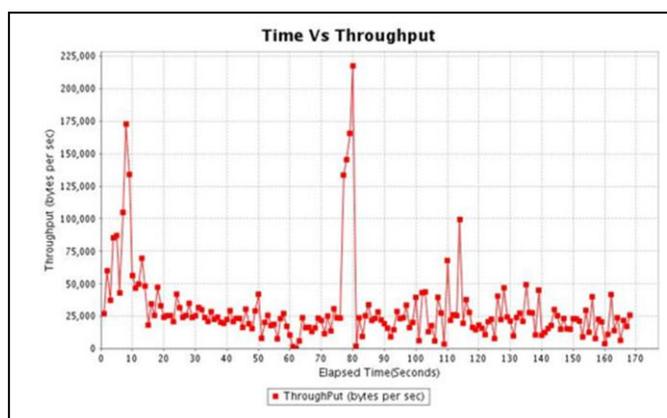
Es el nivel de sobreventa de un enlace es decir, cuantos usuarios van a estar compartiendo los recursos de un enlace simultáneamente.²

❖ **Throughput:** (Transferencia Real)

Es la cantidad de datos que son transmitidos hacia o desde algún punto de la red. También se le llama al volumen de información que fluye en las redes de datos.

Además se define como el rendimiento final de una conexión. Volumen de datos que una conexión brinda como resultante de la suma de su capacidad y la resta de los overheads (Sobrecarga) que reducen su rendimiento.³

Grafico 3. Ejemplo de Tiempo Vs Transferencia Real



² http://www.rcp.net.pe/pregfrec_otros.html, visitada el 14 de septiembre de 2011.

³ <http://elticus.com/diccionario/Throughput.html>, visitada el 8 de octubre de 2011.

❖ **Velocidad de conexión:**

Es el promedio de información que se transmite entre dos dispositivos por unidad de tiempo, en un sistema de transmisión que puede ser cableado o inalámbrico.

Para este caso en particular se toma como referencia el Throughput debido a que se estaría referenciando la capacidad de transferencia real que fluye por un sistema.

Finalmente se deben tener en cuenta otras variables a la hora de calcular el tráfico de la red. Algunas de ellas son:

- Los servicios a los que la empresa se ha suscrito.
- El número de equipos cliente que se usan a la vez.
- El tipo de tarea que realiza cada equipo cliente.
- El rendimiento del software del explorador de Internet.
- La capacidad de las conexiones de red y los segmentos de red asociados a cada equipo cliente.
- La topología de red de la empresa y la capacidad de los distintos componentes del hardware de red.

A continuación se describen algunos servicios de red, comúnmente usados por los usuarios de la red con el fin de determinar el ancho de banda mínimo a contratar al ISP.

5.2.3. Cálculo del Ancho de Banda de los Servicios de Red

La solución de Telecomunicaciones propuesta para la red de la Institución educativa Liceo de Bolívar y la interconexión de sus sedes alternas, debe soportar aplicaciones críticas y no críticas como el correo electrónico, tráfico web, acceso a

base de datos, mensajería instantánea, transferencia de archivos, compartición de recursos, entre otros, además, deben integrarse aplicaciones críticas como las de voz y video, incluyendo el soporte de aplicaciones multimedia de tal manera que todas estas aplicaciones corran en la plataforma de red sin saturar el canal de comunicaciones.

Es importante la buena planificación de la Red de la Institución Educativa Liceo de Bolívar, ya que el diseño propuesto y la determinación del ancho de banda deben permitir un flujo de información sin problemas de latencia, pérdida de paquetes, retraso en la entrega de paquetes, congestión en la red, entre otros, por tanto se debe garantizar al usuario una disponibilidad permanente.

Puesto que la Infraestructura de red de la Institución Educativa Liceo de Bolívar está en su fase de diseño, actualmente no cuenta con una base cuantitativa de rendimiento real, aunque existen equipos conectados en red, la institución no posee un sistema centralizado que permita realizar estudios de tráfico, debido a la independencia que existe hoy en día de dichas redes, conectadas a diferentes proveedores de internet con diferentes anchos de banda.

Por tanto el dimensionamiento del tráfico de red por los diferentes servicios y aplicaciones que correrán en la red está estimado por información estadística bajada de Internet de sitios certificados que permiten definir el throughput promedio comúnmente utilizado.⁴

A continuación se realiza el análisis correspondiente para los servicios y aplicaciones que se ejecutaran en red.

⁴ <http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc745931.aspx> visitada el 5 de septiembre de 2011

❖ Acceso a Internet:

Los navegadores web sólo utilizan la red cuando se solicitan datos. La comunicación es asincrónica, por lo que se puede tolerar una buena cantidad de demora. Cuando los navegadores web, buscan datos voluminosos (Imágenes pesadas, descargas pesadas, etc.) la utilización del ancho de banda aumenta significativamente.⁵

Sin embargo el promedio sería el siguiente:

$BW_{(AI)} = 100 \text{ Kbps}$ por cada usuario

❖ Correo Electrónico (CE):

Para calcular el ancho de banda requerido por el correo electrónico se clarifica el uso del mismo como: Ligero, moderado, intenso y muy intenso. Observe la tabla.

Tabla 1. Clasificación del uso del correo electrónico⁶

Actividad	Ligero	Moderado	Intenso	Muy intenso
Mensajes enviados al día	5	10	20	30
Mensajes recibidos al día	20	40	80	120
Tamaño promedio de los mensajes	50 KB	50 KB	50 KB	50 KB
Mensajes leídos al día	20	40	80	120
Mensajes eliminados al día	10	20	40	60
Número de veces que se inicia y se cierra sesión desde OWA al día	2	2	2	2

En la tabla siguiente se muestra el volumen de tráfico de red generado por cada tipo de usuario en cada cliente de correo electrónico. Todos los valores se expresan en kilobytes (KB) al día por usuario.

⁵ http://montevideolibre.org/manuales:libros:wndw:capitulo_3:capacidad. visitada el 17 de agosto de 2011

⁶ <http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc745931.aspx> visitada el 5 de septiembre de 2011

Como se puede observar en la tabla anterior, el tamaño promedio de los mensajes de correo electrónico pesan 50 KB, debido a que el texto que se transfiere vía correo electrónico, corresponde a reportes, información personal, mensajes, que tiene un tamaño pequeño.

En la tabla siguiente se muestra el volumen de tráfico de red generado por cada tipo de usuario en cada cliente de correo electrónico. Todos los valores se expresan en kilobytes (KB) al día por usuario, asumiendo una jornada laboral normal de 8 horas por día.

Tabla 2. Clasificación del uso del correo electrónico por Jornada

Cliente de correo electrónico	Ligero	Moderado	Intenso	Muy intenso
	1.300	2.600	5.200	7.800
Office Outlook	KB/día/usuario	KB/día/usuario	KB/día/usuario	KB/día/usuario

Determinando la utilización **intensa** del correo electrónico, se puede realizar el siguiente cálculo:

$$BW_{(CE)} = 5200 \frac{KB}{Hora} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{1 \text{ Hora}}{3600 \text{ Seg}} = 11,55 \text{ Kbps}$$

❖ **Servicio de Mensajería instantánea (IM):**

Este servicio es muy frágil, por tanto no consume mayores recursos de red, para utilizar este servicio, la estimación de ancho de banda necesario es en promedio:

$$BW_{(IM)} = 1 \text{ Kbps}$$

❖ **Acceso a recursos compartidos en la LAN (RC):**

Entre estos servicios se cuentan, servicios de impresión, scanner, fax, acceso a carpetas compartidas, en los que se tiene estimado un ancho de banda promedio de:

$BW_{(IM)} = 10 \text{ Kbps}$ por usuario.

❖ **Voz sobre IP (VoIP):**

Para el tráfico de voz por Internet se estima que el ancho de banda necesario es en promedio de 86.4 Kbps por cada usuario potencial del servicio, se debe tener en cuenta que la comunicación se establece en dos sentidos ya que el modo de comunicación es full dúplex, por tanto el ancho de banda requerido para que dos usuarios se comuniquen mediante el servicio de Voz IP es de 172.8 Kbps.⁷

$BW_{(VoIP)} = 172,8 \text{ Kbps}$ por cada dos usuarios.

❖ **Video sobre IP (VIP):**

Para utilizar los servicios que proporciona el Video sobre IP (**VIP**); el video broadcast (**VB**) y la videoconferencia (**VC**), se necesita un ancho de banda de 128 Kbps para cada caso.

⁷ http://montevideolibre.org/manuales:libros:wndw:capitulo_3:capacidad. visitada el 4 de septiembre de 2011

Es decir, $BW_{(VIP)} = 128 \text{ Kbps}$, $BW_{(VB)} = 128 \text{ Kbps}$, y $BW_{(VC)} = 128 \text{ Kbps}$; en tanto que, el video bajo demanda, no es una transmisión tan crítica, y requiere solo 20 Kbps.

$$BW_{(VIP)} = 128 \text{ Kbps}.$$

❖ Acceso a Bases de Datos (BD):

Se estima que esta aplicación requerirá un throughput de:

$$BW_{(BD)} = 20 \text{ Kbps} . \text{ Por Usuario.}$$

5.2.4. Ancho de banda general a contratar

En la red de la institución educativa Liceo de Bolívar existen diferentes tipos de usuarios que utilizan los recursos de red en diferentes tiempos y continuidad, estos usuarios se clasifican en:

- Administrativos
- Docentes
- Estudiantes

Dichos usuarios acceden a los servicios y emplean una o varias de las aplicaciones ofrecidas por la red en tiempos diferentes o simultáneamente; ya que en algunas ocasiones no todos los servicios y aplicaciones se consumen al mismo tiempo, o no todos utilizan el mismo servicio a la vez, para la determinación del ancho de banda a calcular se toma en cuenta esta diversidad del uso de la red.

Por tanto para no sobredimensionar el ancho de banda a contratar para la infraestructura de red propuesta, los cálculos están basados en estimaciones hechas en conjunto con el personal que administra las salas de sistemas y los equipos de red que poseen actualmente, resaltando el hecho que actualmente los estudiantes y egresados del SENA, son quienes prestan el servicio y soporte técnico a la red de datos actualmente instalada.

Se estima en cuanto al número de usuarios simultáneos en cada aplicación para la sede principal un total de 16 usuarios administrativos, 60 usuarios entre los cuales se encuentran docentes y estudiantes y 20 usuarios para la red LAN de cada sede alterna (Siete de agosto, 11 de Noviembre y La paz).

Considerando los momentos picos, se tienen las siguientes estimaciones de tráfico:

Tabla 3. Estimaciones de ancho de banda para usuarios Administrativos

Número de Usuarios		16		
Aplicación	porcentaje - pico	BW Necesario	USUARIOS	BW APLICACIÓN
Acceso a Internet	100	1600	16	100
Correo electrónico	100	184,8	16	11,55
Mensajería Instantánea	100	16	16	1
Recursos Compartidos	100	160	16	10
VoIP	100	1382,4	16	86,4
Video IP	100	2048	16	128
Acceso a Bases de Datos	100	320	16	20
Total		5711		

Tabla 4. Estimaciones de ancho de banda para otros usuarios (Docentes Y Estudiantes)

Número de Usuarios		80		
Aplicación	porcentaje - pico	BW Necesario	USUARIOS	BW APLICACIÓN
Acceso a Internet	100	8000	80	100
Correo electrónico	100	924	80	11,55
Mensajería Instantánea	100	80	80	1
Recursos Compartidos	0	0	0	10
VoIP	0	0	0	86,4
Video IP	0	0	0	128
Acceso a Bases de Datos	0	0	0	20
Total		9004		

Como se observa en las tablas 3 y 4, el tráfico estimado de forma estadística para la Sede principal de la Institución Educativa Liceo de Bolívar, ofrece un subtotal para usuarios administrativos en una hora pico de 5711 Kbps y para los demás usuarios de la red, un subtotal de 9004 Kbps, concluyendo que en una hora pico el ancho de banda necesario a contratar en la sede principal sería de 14.715 kbps, es decir 14 Mbps, sin embargo por el alto costo del enlace se recomienda que un ancho de banda a contratar al proveedor de Servicios de Internet para la sede principal de 10 Megabits por Segundo dedicados, garantizaría un correcto desempeño de la red, y de las aplicaciones que sobre esta correrán.

Tabla 5. Estimaciones de ancho de banda para las sedes (7 de Agosto, 11 de Noviembre y La Paz)

Número de Usuarios		20		
Aplicación	porcentaje - pico	BW Necesario	USUARIOS	BW APLICACIÓN
Acceso a Internet	100	2000	20	100
Correo electrónico	100	231	20	11,55
Mensajería Instantánea	100	20	20	1
Recursos Compartidos	1	10	1	10
VoIP	1	86,4	1	86,4
Video IP	1	128	1	128
Acceso a Bases de Datos	1	20	1	20
Total		2495,4		

Como se observa en la tabla 5, el tráfico estimado de forma estadística para las sedes alternas de la Institución Educativa Liceo de Bolívar, brinda un subtotal para los usuarios de la LAN en una hora pico de 2495,4 Kbps, concluyendo que en una hora pico el ancho de banda necesario a contratar en cada una de las sedes alternas (Siete de agosto, 11 de Noviembre y La paz) sería de 3000 kbps, por tanto según los resultados obtenidos se e estima contratar al proveedor de Servicios de Internet para la sede principal una ancho de banda de **3** Megabits por Segundo dedicados. De esta manera, se garantiza un correcto desempeño de la red, y de las aplicaciones que sobre esta correrán.

5.2.5. Proveedor a Contratar

El proveedor a contratar es **Columbus Network** para la sede principal, Sede 11 de Noviembre y Sede la Paz, ya que la sede Siete de agosto se encuentra conectada a internet por un programa del Ministerio de Educación Nacional llamado Computadores para Educar con un Ancho de Banda de 2 Mb/seg dedicado.

- **Información del Proveedor:**

Columbus Networks es una subsidiaria de propiedad enteramente de Columbus Communications, anteriormente conocida como New World Network. Su visión es sencilla: *"No podemos predecir el futuro de los Servicios de Banda Ancha, pero es seguro que lo podemos habilitar"*.

Brendan Paddick, Columbus Communications CEO. Columbus Networks es un proveedor de servicios de telecomunicaciones que ofrece Servicios de IP y de Banda Ancha a:

- Empresas de Telecomunicaciones
- Empresas de TV por Cable
- Proveedores de Servicio de Internet - ISP
- Integradores de Redes

Columbus Networks brinda un servicio superior basado en su fundación de flexibilidad, sensibilidad y soporte. Por medio de esos atributos Columbus Networks se ha establecido como el proveedor de preferencia de servicios de Telecomunicaciones en la región.

Columbus Networks abarca una serie de redes interconectadas que incluyen las siguientes redes:

- Arcos
- Fibralink
- Florida Transport Network
- Off-Net Sub- Sea Carrier Networks
- CFX-1 Ruta Expresa

- Ruta Trinidad-Curazao

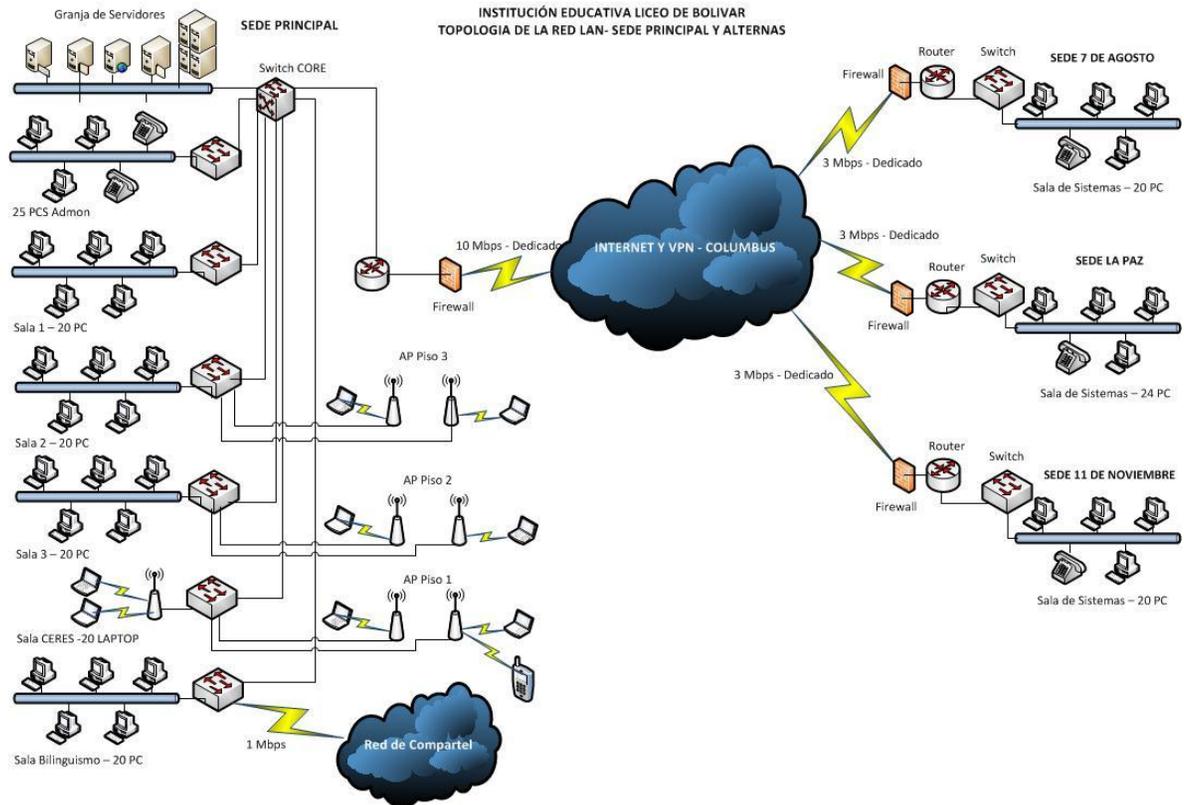
La empresa usa la última tecnología de punta para brindar los servicios avanzados por medio de sus redes que se interconectan con 20 países en las siguientes regiones:

- Caribe
- Región Andina
- Centro América
- Norte América
- México

Ofrece conectividad de país a país, de ciudad a ciudad, u oficina a oficina por medio del Sistema ARCOS. Espacio de co-ubicación (Co-location), interconexiones, y otros servicios de valor agregado que se ofrecen junto con estos productos de ancho de banda.

6. SOLUCIÓN PARA LA INTERCONEXIÓN ENTRE LA SEDE PRINCIPAL Y LAS TRES SEDES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LICEO DE BOLÍVAR

Grafico 4. Topología Propuesta



La topología propuesta para la infraestructura de red, cumple con los estándares estipulados por las directivas de la Institución, utilizando equipos de comunicación de calidad y aptos para que la LAN tenga un rendimiento rápido, eficiente y goce con una seguridad en la red.

Para la comunicación entre la sede principal y las sedes alternas se utilizara enlaces dedicados a la nube de internet y VPN de la cual se mencionaran sus ventajas en el siguiente numeral.

6.1. LAS VPN (VIRTUAL PRIVATE NETWORK)

- Se plantea la instalación de una solución de conectividad basada en el producto IP/VPN a través de enlaces a internet en cada sede o sucursal.
- La interconexión de las sedes tanto principal, como alternas está soportada con enlaces VPN en cada una de ellas.
- VPN (Virtual Private Network) es una extensión de una red local y privada que utiliza como medio de enlace una red pública como por ejemplo, Internet.
- Las Redes Privadas Virtuales utilizan tecnología de túnel (tunneling) para la transmisión de datos mediante un proceso de encapsulación y en su defecto de encriptación permitiendo seguridad para el tráfico de información por la red pública.

6.2. VENTAJAS DE UTILIZAR VPN

- **Seguridad:** Provee encriptación y encapsulación de datos de manera que hace que estos viajen codificados y a través de un túnel.
- **Costos:** ahorran grandes sumas de dinero en líneas dedicadas o enlaces físicos.
- **Mejor administración:** cada usuario que se conecta puede tener un numero de IP fijo asignado por el administrador, lo que facilita algunas tareas como por ejemplo mandar impresiones remotamente, aunque también es posible asignar las direcciones IP dinámicamente si así se requiere.
- Facilidad para los usuarios con poca experiencia para conectarse a grandes redes corporativas transfiriendo sus datos de forma segura.

- Las VPN se implementan sobre los canales de internet de cada sede.
- La administración de las conexiones VPN se realiza de forma centralizada desde la sede principal.
- El producto IP/VPN sin costo adicional permite el ingreso a la red LAN desde cualquier sitio de Internet de modo seguro, de acuerdo al requerimiento del cliente.
- El servicio se entrega en interfaz Ethernet para conectarse directamente al equipo de la red LAN (Switch o PC).
- Para la última milla (UK) el proveedor llegará con fibra óptica, hasta el MC y el backbone de la red LAN será en fibra óptica.

6.3. DISEÑO DE LA REDUNDANCIA EN LA INFRAESTRUCTURA DE RED PROPUESTA

Para La redundancia se conectan los Switches apilados como se observa en la siguiente gráfica:

Figura 19. Redundancia de la Red LAN



Apilar Switches Ethernet reduce el costo total del administrador de red de la LAN ya que el costo de mantenimiento de la red es menor porque hay menos dispositivos para la gestión y la disponibilidad de la red se incrementa con redundancia incorporada.

Apilar Switches Ethernet proporciona al administrador de la red tres ventajas operativas:

- **Un único punto de gestión:** Todos los switches de la pila se gestionan como uno solo.
- **Capacidad de la redundancia y alta disponibilidad:** Las conexiones de alta velocidad FlexStack facilitan la comunicación redundante para cada miembro de la pila a todos los demás miembros.
- **Escalable para satisfacer las necesidades de la red:** La instalación de un nuevo Switch de la pila es muy fácil. Como la necesidad de puertos adicionales de acceso crece, la adición de un nuevo Switch a una pila existente es más fácil y más rápido que la adición de un Switch independiente nuevo a la red.

El primer beneficio operativo sería menos dispositivos a gestionar. Ya que múltiples switches físicos en una pila aparecen como un solo switch lógico. Esto facilita la carga de administración porque hay menos configuración de dispositivos en la red para la gestión.

Una sola dirección IP se utiliza para gestionar el switch lógico. Todas las interfaces manejables (por ejemplo, las interfaces Ethernet y VLAN) en todos los

switches físicos puede ser configurados y gestionados desde el switch lógico. El switch lógico aparece como una entidad única en la red.

El segundo beneficio operacional que proporciona apilamiento es la disponibilidad de redundancia mayor. Redundancia de rutas de datos la cual está integrada en la arquitectura de apilamiento, ya que hay dos rutas de acceso físicas entre dos miembros de la pila. Conexión de miembros de la pila con los cables de apilamiento, proporciona redundancia de rutas de datos para todos los miembros de la pila. El apilamiento aumenta la disponibilidad del switch Ethernet al proporcionar redundancia, tanto para el cambio físico como el del enlace.

La siguiente imagen resume lo anteriormente dicho.

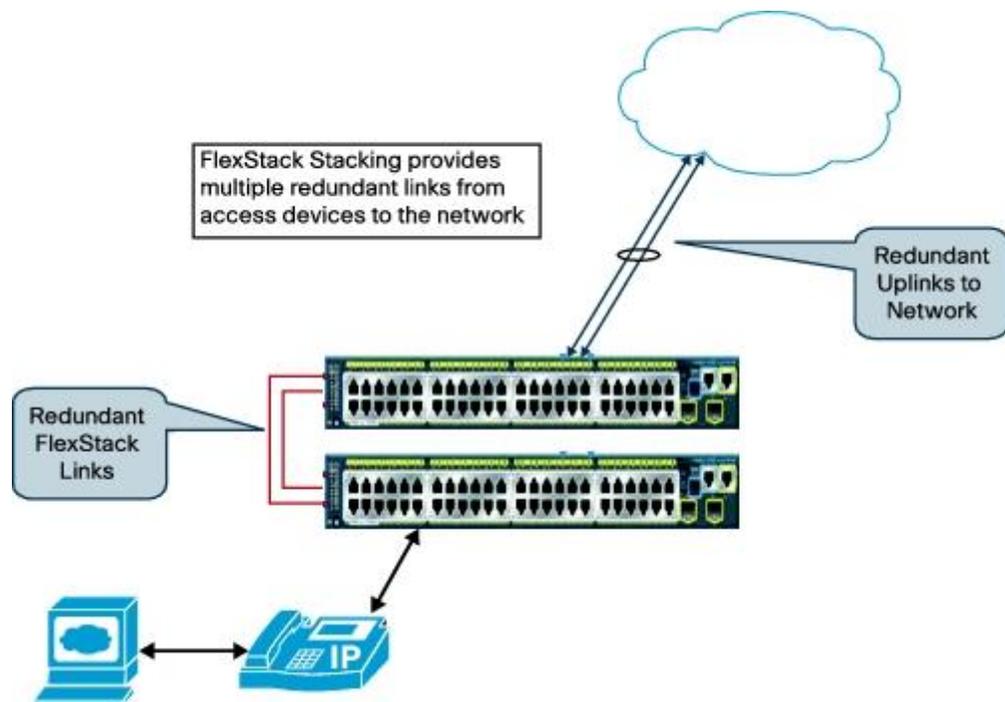


Figura 20. Apilamiento de Switches

Por tanto el diseño propuesto para la redundancia de la infraestructura de red de la Institución Educativa Liceo de Bolívar Sede principal es la siguiente:

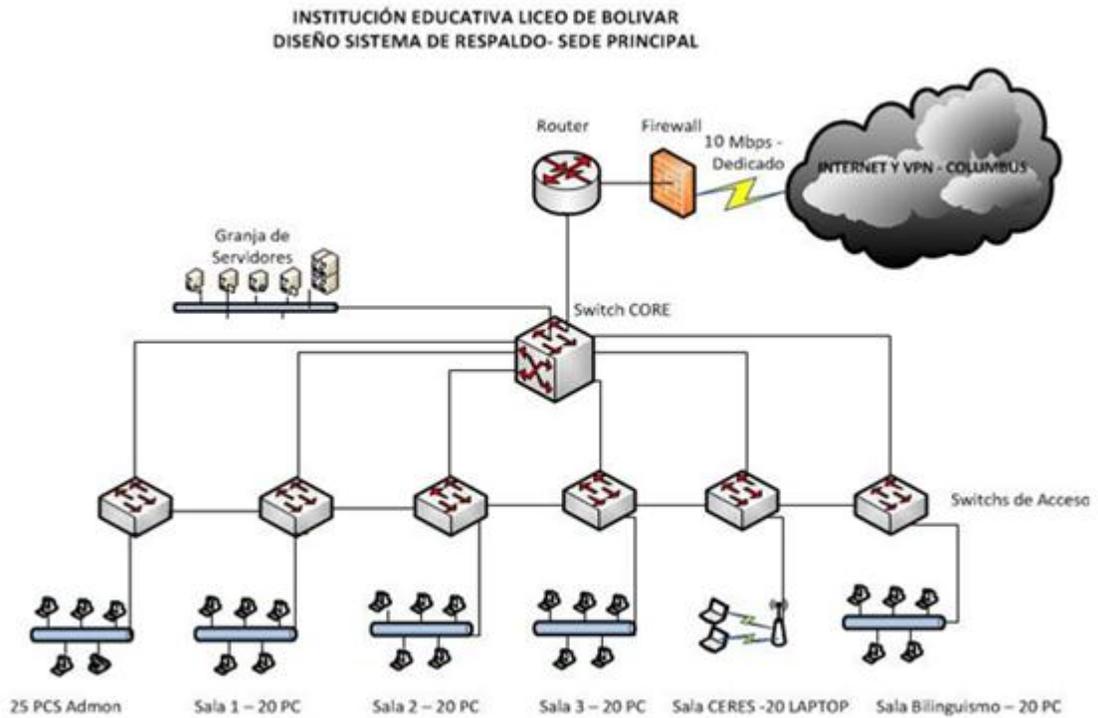


Gráfico 5. Diseño de la redundancia de la red

6.4. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS ACTIVOS PROPUESTOS PARA LA TOPOLOGÍA SUGERIDA

6.4.1. Equipos activos propuestos para la sede principal

Los equipos activos a proponer basados en el diseño de red seleccionado para la Institución Liceo de Bolívar sede principal son los siguientes:

Tabla 6. Switch de Core

Cant.	Equipo	Descripción	Imagen
1	Switch Cisco SGE2000P: PoE	<ul style="list-style-type: none"> • Veinticuatro puertos Ethernet 10/100/1000 • Cuatro ranuras conectables de formato pequeño (SFP) (compartidas con cuatro puertos de cobre) para la expansión Gigabit Ethernet de fibra. • PoE IEEE 802.3af suministrada a cualquiera de los 24 puertos de cobre 10/100/1000. • Puerto de consola. • En los puertos de cobre hay disponible un máximo de 15,4 W para alimentación de los puntos de acceso inalámbrico o micro teléfonos VoIP con capacidad PoE, con máxima PoE disponible por dispositivo de 185 W para todos los puertos. • Capacidad de conmutación de almacenamiento y transmisión (store-and-forward) de 48 Gbps sin bloqueos. • Gestión de QoS 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Redundancia de alimentación cuando se utiliza con la unidad de alimentación redundante de 380 W Cisco RPS1000. • ACL para ofrecer seguridad granular e implementación de QoS • Configuración automática de VLAN en varios Switches. • Velocidad de transferencia (basada en paquetes de 64 bytes) hasta 37.5 Mbps. 	
--	--	---	--

Tabla 7. Switch de Acceso

Cant.	Equipo	Descripción	Imagen
5	Switch Cisco Catalyst 2960-S	<ul style="list-style-type: none"> • 24 puertos Ethernet 10/100/1000 • PoE IEEE 802.3af suministrada a cualquiera de los 24 puertos de cobre 10/100/1000. • Puerto de Consola • Dos puertos Gigabit Ethernet, 1 puerto SFP para conexión en fibra óptica. • Protocolos de gestión: SNMP 1, RMON 1, RMON 2, RMON 3, RMON 9, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP • Soporta hasta 64 Vlans • Filtro de direcciones MAC, SSH, SSL • DHCP, Spanning tree protocol • Control de tormenta de broadcast 	

1	Switch Cisco Catalyst 2960-S	<ul style="list-style-type: none"> • 48 Puertos Ethernet 10/100/1000 • PoE IEEE 802.3af suministrada a cualquiera de los 48 puertos de cobre 10/100/1000. • Puerto de Consola • Dos puertos Gigabit Ethernet, 1 puerto SFP para conexión en fibra óptica. • Protocolos de gestión: SNMP 1, RMON 1, RMON 2, RMON 3, RMON 9, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP • Soporta hasta 64 Vlans • Filtro de direcciones MAC, SSH, SSL • DHCP, Spanning tree protocol • Control de tormenta de broadcast 	
---	------------------------------	--	---

Tabla 8. Router / Firewall

Cant.	Equipo	Descripción	Imagen
1	Astaro Security Gateway 220	<ul style="list-style-type: none"> • Protección completa para medianas empresas y oficinas hasta 150 usuarios. • Firewall Throughput: 3 Gbit/s • VPN Throughput: 480 Mbit/s • IPS Throughput: 750 Mbit/s • UTM Throughput: 95 Mbit/s • Emails per Hour: 400,000 • Licensed Users: Unrestricted • Conc. Connections: 300,000 • Quarantine Storage: 60 GB • Hard drive: 160 GB • Gigabit Ethernet Ports 8 	

		<ul style="list-style-type: none"> • USB ports: 4 • COM ports: 1 (RJ-45) • VGA ports: 1 (rear) • LCD display: 1 • Log/Reporting Storage: 80 GB 	
--	--	---	--

Tabla 9. Access Point

Cant.	Equipo	Descripción	Imagen
12	Cisco Aironet 1130AG	<ul style="list-style-type: none"> • Cisco Aironet 1130AG serie IEEE 802.11a/b/g cuentan con características de tipo empresarial, alta capacidad y alta seguridad. • 2 radios IEEE 802.11a y 802.11g de alto rendimiento. • Capacidad total de hasta 108 Mbps en las bandas de 5 y 2,4 GHz. • Encriptación avanzada basados en hardware (AES), o la encriptación TKIP. • Compatibilidad total con IEEE 802.11i, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2) o la seguridad WPA. • 15 canales no superpuestos. • Coberturas (802.11a desde 24 metros a 54 Mbps hasta 100 metros a 6 Mbps, 802.11g desde 30 metros a 54 Mbps hasta 137 metros a 1 Mbps. 	

Tabla 10. Central Telefónica

Cant.	Equipo	Descripción	Imagen
1	Central Telefónica AVAYA IP500 V2 CNTRL UNIT	<ul style="list-style-type: none"> • 4 ranuras para tarjetas Base - Puede acomodar la estación digital, un teléfono analógico, VCM, de expansión, ETR, y las tarjetas de combinación de base. También alberga el portador de la tarjeta Legacy. • Tarjetas de líneas externas - Compatible con tarjetas IP500 tronco conectado a tarjetas base IP500. • 2 ranuras para tarjetas SD - Compatible con sistema de tarjeta SD (se requiere). • Canales de correo de voz - Máximo 30 utilizable para Voicemail Pro / TAPI WAV sesiones de conexión. • 8 puertos de expansión - Compatible con Digital 16/30 Station, teléfono 08.16.30, So8, WAN3 y troncales analógicas 16. • Soporte para hasta 12 módulos de expansión - Además de los 8 puertos de expansión integrar, puede agregar hasta 4 módulos adicionales de expansión externa mediante tarjeta de 4 puertos base de expansión. • 2 puertos LAN - full duplex 10/100 Mbps, administrados de Layer 3 Ethernet switch. • Puertos adicionales - Música en espera, el puerto DTE, interruptor de relé externo para los controles de entrada de la puerta, integrante del puerto WAN 	

Tabla 11. Teléfonos IP

Cant.	Equipo	Descripción	Imagen
16	Teléfono IP AVAYA PHONE 9608	<ul style="list-style-type: none"> • Blanco y negro la pantalla - 3,2 pulgadas x 2,2 pulgadas (8,2 cm x 5,5 cm). • 8 botones con LED dual (rojo, verde). • 4 teclas de función. • Botones físicos del teléfono, mensajes, contactos, historia, hogar, panel de navegación, auriculares, altavoces, volumen, silencio. • LED rojo para el altavoz, de silencio, los auriculares, el mensaje, la historia. • 24 botones de administración. • Audio de banda ancha en el teléfono y los auriculares. 	

6.4.2. Equipos activos propuestos para cada una de las Sedes Alternas

Los equipos activos propuestos para la infraestructura de la red LAN de la Institución Educativa Liceo de Bolívar sede 7 de Agosto, La Paz y 11 de Noviembre, se seleccionan gracias a sus especificaciones técnicas y de rendimiento las cuales han sido analizadas y se concluye que dichos equipos de comunicaciones se ajustan a los requerimientos del diseño propuesto.

Se debe tener en cuenta que la cantidad de equipos aquí descritos solo aplican para una sede en particular, por tanto se debe adquirir tres equipos de cada uno porque en las diferentes sedes se tienen los mismos requerimientos de hardware.

Los equipos activos se listan a continuación, describiendo las características principales detalladas en su hoja de datos por el fabricante.

Tabla 12. Switch de Acceso para las sedes alternas.

Cant.	Equipo	Descripción	Imagen
1	Switch Cisco Catalyst 2960-S	<ul style="list-style-type: none"> • 24 puertos Ethernet 10/100/1000 • PoE IEEE 802.3af suministrada a cualquiera de los 24 puertos de cobre 10/100/1000. • Puerto de Consola. • Dos puertos Gigabit Ethernet, 1 puerto SFP para conexión en fibra óptica. • Protocolos de gestión: SNMP 1, RMON 1, RMON 2, RMON 3, RMON 9, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP. • Soporta hasta 64 VLANs. • Filtro de direcciones MAC, SSH, SSL. • DHCP, Spanning tree protocol. • Control de tormenta de broadcast. 	

Tabla 13. Router / Firewall para las sedes alternas.

Cant.	Equipo	Descripción	Imagen
1	Astaro Security Gateway 220	<ul style="list-style-type: none"> • Protección completa para medianas empresas y oficinas hasta 150 usuarios. • Firewall Throughput: 3 Gbit/s • VPN Throughput: 480 Mbit/s • IPS Throughput: 750 Mbit/s • UTM Throughput: 95 Mbit/s • Emails per Hour: 400,000 • Licensed Users: Unrestricted • Conc. Connections: 300,000 • Quarantine Storage: 60 GB • Hard drive: 160 GB • Gigabit Ethernet Ports 8 • USB ports: 4 • COM ports: 1 (RJ-45) • VGA ports: 1 (rear) • LCD display: 1 • Log/Reporting Storage: 80 GB 	

Tabla 14. Teléfonos IP para las sedes alternas.

Cant.	Equipo	Descripción	Imagen
1	Teléfono IP AVAYA PHONE 9608	<ul style="list-style-type: none"> • Blanco y negro la pantalla - 3,2 pulgadas x 2,2 pulgadas (8,2 cm x 5,5 cm). • 8 botones con LED dual (rojo, verde). • 4 teclas de función. • Botones físicos del teléfono, mensajes, contactos, historia, hogar, panel de navegación, auriculares, altavoces, volumen, silencio. • LED rojo para el altavoz, de silencio, los auriculares, el mensaje, la historia. • 24 botones de administración • Audio de banda ancha en teléfono y auriculares. 	

7. CONCLUSIONES

Para el presente proyecto se plantean las siguientes conclusiones:

- La implementación de los diseños que se plantean en el presente proyecto de red, para la integración de las cuatro sedes de la Institución Educativa Liceo de Bolívar, viene a solucionar, en gran medida, muchos de los problemas que se presentan, en lo que a manejo de información se refiere, permitiendo a quienes allí laboran, poder acceder a esta de forma rápida, eficiente y confiable a los recursos de red.
- Una vez analizado el estado actual de la LAN de la institución se concluye que, si bien es cierto que existen en la planta física de las diferentes sedes de la institución unos elementos que pueden facilitar la implementación de una red, se debe reconocer, que en lo que a la existencia de equipos de computación y comunicación respecta, se presentan carencias que deben ser corregidas necesariamente para que la red propuesta no encuentre en ellas un obstáculo.
- En el edificio de la sede principal se pudo determinar la necesidad de interconectar las diferentes oficinas del área administrativa que funcionan en el mismo, por lo que se considera conveniente el diseño de una red que permita manejar rápida y eficientemente los procesos que se llevan a cabo en la edificación mencionada.

- Los tipos de usuarios de la red identificados en la institución podrían catalogarse como: estudiantes, administrativos y docentes. Los servicios requeridos por los usuarios mencionados anteriormente son: correo electrónico, tráfico web, acceso a base de datos, mensajería instantánea, transferencia de archivos, compartición de recursos y aplicaciones para tráfico de voz y video.
- Las condiciones físicas de las sedes de la institución, en especial, su ubicación geográfica y el aspecto socio económico de la comunidad, reafirman la selección de un diseño basado en VPN, frente a otras tecnologías estudiadas para dar solución a la problemática planteada.
- El estudio de costos y recuperación de la inversión evidencia la viabilidad de la propuesta, debido a que el capital inicial se recupera a mediano plazo y permite a las directivas de la institución tomar una decisión acertada, donde además se generan otros beneficios como reducción de gastos de papelería y optimización del tiempo de ejecución de los procesos.
- El diseño de un segmento de la LAN, utilizada en la sede principal, a través de tecnología inalámbrica Wi-Fi, ofrece ventajas que podrían clasificarse en dos categorías importantes: Ventajas empresariales esenciales que contribuyen a mejorar el desempeño de los docentes y estudiantes, permiten que los procesos administrativos sean más rápidos y eficaces o posibilitan la aparición de procesos académicos y administrativos totalmente nuevos; las ventajas operativas están relacionadas con aspectos como la reducción de los costos que generaría realizar una solución de cableado estructurado.

- Después de estudiar la manera de interconectar las cuatro sedes a través del uso de tres tecnologías diferente, se concluye que la utilización de VPN ofrece una relación de costo-beneficio más atractiva frente al uso otros medios físicos de comunicación como radio o canales de fibra óptica dedicados. Lo anterior, teniendo en cuenta parámetros como: la seguridad, administración del enlace, costos de instalación y de mantenimiento, velocidad de transferencia, tasas de errores, instalación del enlace y disponibilidad del mismo.
- Los anchos de banda recomendados en el presente proyecto para mantener la operatividad de la red han sido calculados, considerando el uso de la ésta en condiciones críticas (100% de los usuarios haciendo uso de la red). De tal manera que satisfagan los servicios requeridos.

8. RECOMENDACIONES

- La configuración de los equipos activos, la administración del cuarto de comunicaciones y de la red, en general, hace necesaria la vinculación de personas que satisfagan el perfil requerido para el cumplimiento de las funciones mencionadas.
- Para el manejo de los distintos equipos de comunicación es necesario la capacitación y adiestramiento al personal que estará a cargo de los mismos.
- El cuarto y gabinetes de equipo de telecomunicaciones deben estar a cargo de personal capacitado para ello (podría ser el personal que trabaja en procesos técnicos o los docentes encargados del área de tecnología e informática).
- Sustituir las máquinas obsoletas que se encuentran en las diferentes sedes de la institución por otras que se adapten a los requerimientos propios de una red.
- Sustituir los equipos activos de telecomunicaciones actuales por los equipos activos de la infraestructura propuesta, debido a que estos últimos, soportan el tráfico estimado (voz y datos) y configuraciones propias de las topologías que se proponen en este proyecto (VLAN, ACL, apilamiento, entre otras).
- Para que la red cableada soporte el tráfico estimado, se recomienda realizar las conexiones utilizando cables FTP de categoría 6A.

- Adquirir servidores que gestionen la seguridad, para el uso de aplicaciones y servicios de red. Se recomienda un servidor de usuario, un servidor web, un servidor proxy otro de archivo y bases de datos.
- Los enlaces de VPN requieren de una seguridad extra para garantizar la comunicación entre las diferentes sedes, por lo tanto se recomienda, para proteger la integridad de los datos y evitar el ingreso de software malicioso, adquiriendo firewalls que ejecuten estas funciones.
- En el Backbone de la red de la sede principal, por el alto tráfico estimado que va a soportar, se recomienda el uso de path cords de fibra óptica y la utilización de conversores de Ethernet a fibra óptica.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, N., Castro Gil, M., Losada de Dios, P. & Díaz Orueta, G. *Sistemas de cableado estructurado*. México: Alfaomega. ix, 209 p. ISBN 978-970-15-1244-9.
- Stallings, W. *Comunicaciones y Redes de Computadores*. Prentice Hall. 6 ed.
- Cisco Networking Academy. CCNA 1 y 2. V4.0.
- *Instalación de Redes Informáticas de Ordenadores*. Ed. Vigo, 2004. 1era ed.
- Tanenbaum, Andrew S. *Redes de computadoras*. PEARSON EDUCATION, México, 2003.
- Olivia Castro Gil, Losada Pablo; Díaz Orueta, *Sistema de Cableado Estructurado*. Editorial RA- MA. 2006.
- Avaya Communication, *Guía acerca de las redes y el cableado estructurado*, Systemax.
- Marlene Schwartz. *Cableado de Redes*. Editorial Paraninfo. 2004.
- Cárdenas Sánchez. Xavier y Zeballos Diego, Agustín y Salas Dumenjo. *Guía de Sistemas de Cableado Estructurado*. Experiencia Ediciones. 2006.
- Douglas E. Comer, *Redes Globales de información con internet y TCP/IP*, Editorial Prentice May, Tercera Edición, México.
- Proyecto Educativo Institucional (PEI) I.E. Liceo de Bolívar.
- <http://www.ieee.org.co>.
- http://www.rcp.net.pe/pregfrec_otros.html
- <http://elticus.com/diccionario/Throughput.html>
- <http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc745931.aspx>
- http://montevideolibre.org/manuales:libros:wndw:capitulo_3:capacidad.
- http://montevideolibre.org/manuales:libros:wndw:capitulo_3:capacidad.
- http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps6406/white_paper_c11-578928.html
- http://www.intermec.com/public-files/product-profiles/en/Cisco1130AG_spec_web.pdf
- TIA 568. Commercial Building Telecommunications Cabling Standard Set (contains: TIA-568-C.0, TIA-568-C.1, TIA-568-C.2, TIA-568-C.3 AND TIA-568-C.4 - with addendums and erratas).
- <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html>

ANEXOS

ANEXOS A. CARTA DE AGRADECIMIENTO



INSTITUCION EDUCATIVA LICEO DE BOLÍVAR

CÓDIGO ICFES: 004457-030742 Y 09918

REGISTRO DANE: 113001001498

NIT: 806.012.153-4

Cartagena de Indias D.T y C, 12 de octubre de 2011.

Señores

Ing. Alexander Castellón Arenas

Lic. Marlon David Molina Taján

La Ciudad

AGRADECIMIENTOS

Por medio de la presente, la Institución Educativa Liceo de Bolívar reconoce a ustedes su oportuna y valiosa contribución en la ejecución del proyecto "**Solución de telecomunicaciones para interconectar las sedes de la Institución Educativa Liceo De Bolívar**", el cual se convierte en un aporte valioso al ejercicio de mejora continua que venimos desarrollando dentro del objetivo de certificarnos como una institución que desarrolla procesos de calidad según la norma ISO 9001/2008.

De igual forma, extender nuestro agradecimiento a la **Universidad tecnológica de Bolívar** por el apoyo y la importancia que tiene este proyecto en nuestra Institución.

Cordialmente,

Lic. Félix Caballero Arias
Rector