

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE UNA RED INTERUNIVERSITARIA HÍBRIDA POR
MICROONDAS Y FIBRA ÓPTICA PARA APLICACIONES
EDUCACIONALES**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR

JORGE REYNERIO ARISMENDIZ CAMPOS

**PROMOCIÓN
1981 – I**

LIMA – PERÚ

2011

**DISEÑO DE UNA RED INTERUNIVERSITARIA HÍBRIDA POR MICROONDAS Y FIBRA
ÓPTICA PARA APLICACIONES EDUCACIONALES**

Agradezco a Dios y
dedico este informe a mis padres,
mi esposa e hijas
agradeciendo a todas las personas que
me ayudaron en la realización del mismo

SUMARIO

El presente informe propone el diseño de una red híbrida, a través de enlaces de microondas de alta velocidad y de fibra óptica, dedicados exclusivamente a la actividad académica, con intercambio y compartición de recursos, lo que permitirá interconectar en un inicio algunas universidades de Lima para luego conectar todas, también interconectarlas a la Red CLARA para empezar a desarrollar aplicaciones de IPv6.

Se espera que este informe sea de utilidad para poder tomarlo como referencia e implementar redes similares en provincias y luego en algún futuro no muy lejano se interconecten todas, de la misma forma como existen en los países desarrollados.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
DEFINICION DEL PROBLEMA DE INGENIERÍA	
1.1 Objetivo del trabajo	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Alvance	3
1.4 Formulación del problema de ingeniería	3
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	
2.1 Redes de Transporte	5
2.2 Redes de Transporte por microondas	5
2.2.1 Jerarquía Digital Síncrona (SDH)	5
2.2.2 Capas de una red SDH	5
2.2.3 Modo de transporte síncrono STM-1	6
2.2.4 Radios SDH	7
2.2.5 Radios Ethernet	7
2.3 Fibra óptica	7
2.3.1 Jerarquía Digital Síncrona (SDH)	8
2.3.2 Capas de la red de transporte según la UIT	8
2.3.3 Estructura de la trama SDH	9
2.4 Sistemas de microondas	11
2.4.1 Radios SDH para microondas	11
2.4.2 Radios Ethernet	12
2.5 Aplicaciones multimedia	12
2.6 Calidad de Servicio (QoS)	18
2.6.1 Efectos de congestión del tráfico	18
2.6.2 Mecanismos de calidad de servicio	19
2.6.3 Arquitectura de servicios diferenciados (Diffserv)	20
2.6.4 Definición del campo de servicios diferenciados	21
2.6.5 Encolamiento de baja latencia	22
2.6.6 Políticas y modelación del tráfico	23
2.6.7 Concepto de Token Bucket	23
2.6.8 Modelamiento distribuida del tráfico	24

CAPITULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1	Ubicaciones a conectar	28
3.2	Estudio de la factibilidad	28
3.2.1	Factibilidades disonibles	29
3.2.2	Instalaciones y/o infraestructura técnica a usar	29
3.2.3	Ubicación de los puntos de alimentación y energía más cercanos	29
3.3.	Cálculo de enlace	29
3.3.1	Zonas de Fresnel	29
3.3.2	Pérdidas en espacio libre	30
3.3.3	Potencia isotrópica radiada efectiva	30
3.3.4	Potencia isotrópica recibida	31
3.3.5	Potencia de señal recibida	31
3.3.6	El efecto del desvanecimiento en los enlaces de microondas	31
3.3.7	Tipos de modulación	32
3.3.8	Planificación de la canalización	32
3.3.9	Bandas licenciadas	33
3.4	Fibra óptica	33
3.5	Diseño de la red de enlaces por microndas	34
3.5.1	Perfil de trayectos	35
3.5.2	Especificaciones técnicas de los equipos	35
3.5.3	Especificaciones de la red de transporte por microondas	35
3.5.4	Infraestructura de telecomunicaciones	35
3.5.5	Suministro de energía eléctrica	35
3.5.6	Protección eléctrica	35
3.5.7	Torres	36
3.6	Esquemas de comunicación e videoconferencia	36

CAPITULO IV ANÁLISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1	Monto de inversión	41
4.1.1	Redes de transporte mediante enlaces de microondas	41
4.1.2	Redes de transporte mediante enlaces de fibra óptica	42
4.1.3	Costos de operación	42
4.2	Estimación del tiempo de ejecución	43
4.2.1	Para los enlaces de microondas	43
4.2.2	Para los enlaces de fibra óptica	44

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
---------------------------------------	-----------

ANEXO A	
RESULTADOS DE SIMULACION	47
ANEXO B	
EQUIPOS DE MICROONDAS	49
ANEXO C	
EQUIPOS PARA VIDEOCONFERENCIA	52
ANEXO D	
GLOSARIO DE TÉRMINOS	54
BIBLIOGRAFIA	56

INTRODUCCIÓN

El problema que se tiene actualmente es el de muchas veces duplicar o triplicar los recursos en las diferentes universidades del sistema peruano, llámese bibliotecas, proyectos de investigación, materiales para la enseñanza; con el consiguiente desvío de fondos que pueden ser reutilizados para resolver otros problemas que cada universidad tiene; el propósito de este informe es plantear un modelo de interconexión en que las universidades puedan compartir sus recursos, superando los problemas actuales que son de tener que requerirlos mediante los procedimientos burocráticos de llenar formularios o enviar cartas u oficios, solicitando tal o cual información, asimismo obliga al desplazamiento de personas, alumnos y profesores a desplazarse de un lugar a otro para todo el proceso que involucra tal adquisición de documentación o información con el consiguiente desperdicio de tiempo en desplazarse de un lugar a otro.

En otros países mayormente desarrollados este tema ha sido resuelto con el concurso de los mismos interesados y de los operadores de telecomunicaciones de la zona, los primeros proveyendo los recursos que pueden o desean compartir y los segundos interconectándolos, a esto se sumó la iniciativa de las empresas y fundaciones privadas nacionales y extranjeras que deseaban aportar los recursos para la sostenibilidad de dicha red de interconexión.

Las universidades desarrollan eventos tales como congresos, simposios, conferencias, cursos con la participación en algunos casos de expositores nacionales e internacionales de reconocido prestigio, que solo acceden a los participantes que llenen el auditorio o recinto donde se desarrollen tales eventos, siendo en muchos casos una oportunidad perdida para muchos otros interesados que no puedan asistir presencialmente. Este problema se resuelva interconectando los auditorios de tal manera que un evento de esa categoría pueda ser presenciado en las otras universidades del sistema.

Lo mismo es aplicable a la compartición de recursos bibliográficos que estén informatizados, tales como las tesis, proyectos de investigación que actualmente son publicados en Internet, pero solo en los títulos y resúmenes, no de manera completa; pudiendo también de esta manera verificar que no se repitan o dupliquen los trabajos de

tesis, informes de suficiencia, de competencia, trabajos de investigación u otros relacionados.

Es por todo lo anterior que es necesario diseñar una red híbrida fibra óptica y microondas para interconectar las universidades de Lima, en una primera etapa, luego replicar el modelo en las distintas regiones del país.

En el análisis que realizaré se verá las distantes opciones, los mecanismos y la forma más económica de interconectar donde sea posible por fibra óptica y donde por razones o de elevado costo del despliegue se tenga que optar por el enlace vía microondas, se analizará el plan de frecuencias más adecuado para cada enlace y el uso de bandas licenciadas donde por razones de interferencia no sea posible el uso de bandas libres (bandas de 5.8 o 24 Ghz)

Para este propósito, este trabajo se divide en cuatro capítulos, conclusiones y cuatro anexos.

En el capítulo I, se refiere a la definición del problema de ingeniería y mediante el diseño de una red híbrida entre Fibra óptica y enlaces de microondas enlazar a las principales universidades de Lima

En el capítulo II, se refiere a los conceptos teóricos de las redes de transportes de microondas y por fibra óptica para la implementación de la red interuniversitaria propuesta.

En el capítulo III, se refiere al método que se usa para dar solución al problema, mostrando las ubicaciones de las universidades, las facilidades disponibles, diseño de enlace de microondas, especificaciones de los equipos a emplear, empleo de la fibra óptica y los esquemas de comunicación de videoconferencia

En el capítulo IV, se refiere a los montos de inversión, de los enlaces de microondas y fibra óptica y estimación del tiempo de ejecución.

Finalmente, se presenta una sección con las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

DEFINICION DEL PROBLEMA DE INGENIERIA

1.1 Objetivo del Informe:

Elaborar un diseño de red híbrida entre Fibra Óptica y enlaces de microondas para interconectar a la mayoría de las universidades de Lima Metropolitana para compartir recursos educacionales e intercambios de conocimientos.

1.2 Objetivos específicos:

La metodología para el diseño de la red así como el dimensionamiento para la interconexión entre los diferentes locales a conectarse.

Aplicar conceptos de calidad de servicio de manera de transmitir eventos y conferencias en tiempo real.

Permitir que grupos de investigadores puedan converger en el ciberespacio sin necesidad de desplazarse físicamente al punto de la conferencia o evento.

1.3 Alcance

Se estudiará la propagación de las microondas así como las formas de transmisión mediante enlaces de fibra óptica fundamentalmente del tipo "fibra oscura", también la calidad de servicio para los medios de transmisión ya mencionados.

1.4 Formulación del problema de Ingeniería

El problema que se tiene actualmente, es el de muchas veces duplicar o triplicar los recursos en las diferentes universidades del sistema peruano, llámese bibliotecas, proyectos de investigación, materiales o recursos para la enseñanza; con el consiguiente desvío de fondos que pueden ser reutilizados para resolver otros problemas que cada universidad tiene; el propósito de este informe es plantear un modelo de interconexión en que las universidades puedan compartir sus recursos, superando los problemas actuales que son de tener que requerirlos mediante los procedimientos burocráticos de llenar formularios o enviar cartas u oficios, solicitando tal o cual información, asimismo requiere del desplazamiento de profesores, alumnos e investigadores de un lugar a otro, para todo el proceso que involucra tal adquisición de documentación o información con el consiguiente desperdicio de tiempo y gasto en desplazarse de un lugar a otro.

En otros países desarrollados este tema ha sido resuelto con el concurso de los mismos interesados y de los operadores de telecomunicaciones de la zona, los primeros proveyendo los recursos que pueden o desean compartir y los segundos

interconectándolos, a esto se sumó la iniciativa de las empresas y fundaciones privadas nacionales y extranjeras que deseaban aportar los recursos para la ayuda en el despliegue y luego la sostenibilidad de dicha red de interconexión.

En nuestro país, las universidades desarrollan eventos tales como congresos, simposios, conferencias, cursos con la participación en algunos casos de expositores nacionales e internacionales de reconocido prestigio, el que solo acceden a los participantes que llenen el auditorio o recinto donde se desarrollen tales eventos, siendo en muchos casos una oportunidad perdida para muchos otros interesados que no puedan asistir presencialmente. Este problema se resuelva interconectando los auditorios de tal manera que un evento de esa categoría pueda ser presenciado en las otras universidades del sistema.

Lo mismo es aplicable a la compartición de recursos bibliográficos que estén informatizados, tales como las tesis, proyectos de investigación que actualmente son publicados en Internet, pero solo en los títulos y resúmenes, no siempre de manera completa; pudiendo también de esta forma verificar que no se repitan o dupliquen los trabajos de tesis, informes de suficiencia, de competencia, trabajos de investigación, trabajos aplicativos y otros relacionados. El caso de algunos textos digitalizados podrán compartirse en tanto el tema de derechos de autor esté resuelto

Es por todo lo anterior que es necesario diseñar una red híbrida fibra óptica y microondas para interconectar las universidades de Lima, en una primera etapa, luego replicar el modelo en las distintas regiones del país para finalmente interconectarse todos.

En el análisis que se realizará se verá las distintas opciones, los mecanismos y la forma más económica de interconectar donde sea posible por fibra óptica y donde por razones o de elevado costo del despliegue se tenga que optar por el enlace vía microondas, se analizará el plan de frecuencias más adecuado para cada enlace y el uso de bandas licenciadas.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Primero vamos a considerar los enlaces de microondas en sus tipos SDH y Ethernet, luego una breve descripción de los enlaces mediante fibra óptica, después veremos brevemente el tema de calidad de servicio.

2.1 Redes de Transporte

Se tendrán en cuenta las redes de transportes inalámbricas (microondas) y las redes de transportes por fibra óptica.

2.2. Redes de transportes por microondas

2.2.1 Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

La Jerarquía Digital Síncrona o SDH (Synchronous Digital Hierarchy) fue inicialmente concebida para estandarizar las comunicaciones de telefonía con el fin de terminar con los inconvenientes generados por su predecesora PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona). SDH fue desarrollado por el ETSI (European Telecommunication Standardization Institute) y la ITU (International Telecommunication Union), el primer estándar SDH fue aprobado en 1988.

La flexibilidad insertada por el sincronismo sumada a la sencillez que brinda la estructura recurrente propia de la multiplexación da como resultado que además de la voz puedan ser transmitidos datos

2.2.2 Capas de una red SDH

A inicios de los años 90, SDH es definida para brindar soporte a las redes de transporte. Según la UIT una red de transporte se encuentra conformada por tres capas, las cuales tienen asignadas funciones primordiales, dando como resultado que las capas superiores sean servidas por las capas inferiores.



Figura 2,1 Enlace por microondas (Fuente Internet)

Las capas de una red SDH son: circuito, se ocupa de las conexiones extremo a extremo; camino, encargada de fijar la ruta a través de los nodos de la red; y transmisión, conformada por los elementos físicos tales como: antenas, fibras, radios, etc.

2.2.3 Modo de transporte síncrono STM-1

Para llegar a velocidades de transmisión superiores se requiere de la multiplexación entrelazada de las columnas de señales STM-1, se requiere que tanto las cabeceras como las cargas sean multiplexadas por las columnas.

Toda la trama resultante se repite cada 125 μ s, es decir, el mismo intervalo de tiempo de la trama fundamental STM-1, por lo que al haber una mayor cantidad de bytes en el mismo intervalo de tiempo se obtendrá como resultado una mayor tasa de transmisión.

Por consiguiente, una trama STM-N es obtenida al entrelazar N trama STM-1, no obstante, N no puede tomar cualquier valor sino que estos se encuentran preestablecidos por las recomendaciones de la ITU.

Entonces una trama STM-4 tendría una velocidad de transmisión de 622.08 Mbps

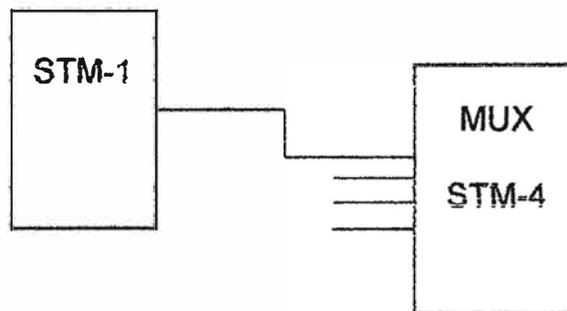


FIGURA 2,2: Obtención de la trama STM-4
Fuente: "Elaboración propia"

TABLA 2,1: VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN DE STM

SDH	Bit Rate (Mbps)
STM-1	155.52
STM-4	622.08
STM-16	2488.32
STM-64	9953.28

Fuente: "Elaboración propia"

2.2.4 Radios de SDH

A pesar de que SDH fue inicialmente destinada para el transporte de información a través de fibra óptica, el extenso uso de sistemas repetidores de microondas produjo la necesidad de transmitir señales STM-1 a través de estos medios.

Es así, que nacieron las recomendaciones ITU-R 750 "Architectures and functional aspects of radio-relay systems for SDH-based network" y ITU-R 751 "Transmission characteristics and performance requirements of radio-relay systems for SDH-based network".

En estas recomendaciones se dan las directivas para las transmisiones vía microondas de las tramas SDH que van desde la fundamental STM-1 hasta sus múltiplos STM-N e inclusive una porción de la trama fundamental llamada sub-STM-1, se llega a estos niveles de transporte usando operación co-canal, polarización dual, constelaciones de señal de altos niveles o altas tasas de transmisión

2.2.5 Radios Ethernet

Estos equipos están cada vez cobrando mayor importancia en el despliegue de redes interurbanas ya que al ser de nueva tecnología y emplear los últimos avances en la materia, permiten optimizar el ancho de banda y las velocidades de datos y al ser IP nativos son mucho más sencillos de interconectar, no requiriéndose complejas técnicas de conexión o de cajas adaptadoras. Obteniéndose velocidades muy altas del orden del gigabit, estos equipos emplean multiplexación estadística lo que los hace muy eficientes respecto del uso del recurso spectral

2.3. Fibra óptica

Esta es la mejor solución por las grandes velocidades de datos que pueden manejar, en la actualidad las fibras monomodo de 10 Gbps ya son cosa de todos los días y son económicas, existiendo opciones de fibras con cubiertas autoportantes, que las hacen muy económicas en su despliegue ya que pueden soportarse o colgarse en infraestructura existentes tales como los postes de alumbrado público, postes de media y alta tensión ya que no son conductivos o los postes de alguno de los operadores de telecomunicaciones.

Solo vamos a considerar el alquiler de enlaces de fibra óptica tipo monomodo en el servicio denominado de "fibra oscura" es decir el operador de telecomunicaciones sólo alquila la fibra punto a punto sin alumbrar o excitar con luz los extremos de la misma, el usuario es el encargado de alumbrar la fibra, es decir colocar los modem ópticos en ambos extremos, contractualmente el operador puede poner algunas restricciones como el caso de no hacer servicios a terceros (fuera del ámbito universitario) sin autorización de ellos, ya que estos enlaces se ofrecen a precios reducidos para aplicaciones educativas

La red de transporte es la encargada de concentrar todo el tráfico de información procedente de las redes de acceso, también se encarga del envío y multicanalización de los diversos tipos de información. Desde las primeras redes analógicas hasta las redes ópticas su evolución se ha visto marcada por el vertiginoso aumento de las velocidades de transmisión alcanzadas.

2.3.1 Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

Inicialmente el SDH fue diseñado para operar con fibra óptica, las microondas se han adaptado a ellas en las velocidades más bajas de manera de interconectarse sin problemas.

2.3.2 Capas de la red de transporte según la UIT

La red de transporte se encuentra conformada por tres capas, las cuales tienen asignadas funciones primordiales, dando como resultado que las capas superiores sean servidas por las capas inferiores. Las capas son:

Circuito: es la capa con el nivel más bajo, se ocupa de las conexiones extremo a extremo, es decir, toma información del nodo de origen O a la que le agrega información adicional con el fin de poder identificar esta señal y también lograr que llegue al nodo destino D.

Trayecto: se ocupa de fijar las rutas a través de los nodos de la red con el fin de dar servicio a un circuito y es importante señalar que esta ruta podría ser común a varios circuitos, esto con el fin de lograr la optimización de los recursos.

Transmisión: conformada por los elementos físicos de la red, como por ejemplo amplificadores, antenas, fibras, láseres, transmisores de radio, etc.

En la figura 2,3 podemos observar las capas de una red de transporte según la UIT.

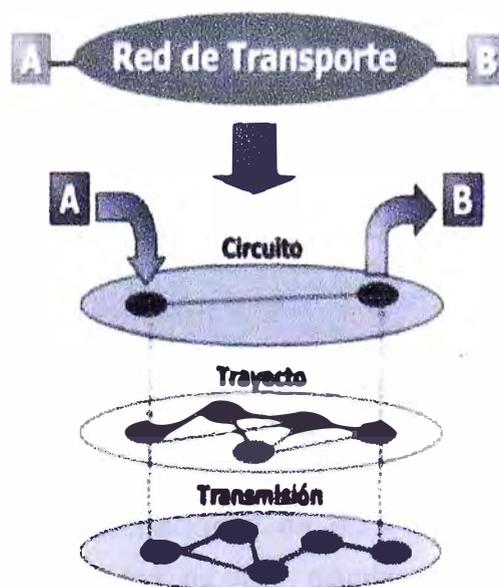


FIGURA 2,3: Capas de una red de transporte según la UIT

Fuente: ETSI

2.3.3 Estructura de la trama SDH

La trama fundamental SDH es llamada STM-1 (*Synchronous Transfer Mode 1*) está conformada por 270 columnas y 9 filas de bytes, esta estructura se repite cada 125 microsegundos, es decir, tiene una velocidad de transmisión de 155.52 Megabits por segundo.

La trama STM-1 principalmente consta de dos partes: la primera es conocida como cabecera y está formada por las nueve primeras columnas, la información que contiene permite realizar múltiples funciones, entre las que tenemos corrección de errores, sincronización, administración de la red y manejo de la carga útil, la cual se encuentra localizada en las 261 columnas restantes y es justamente la segunda parte de la trama STM-1.

La cabecera a su vez está constituida por tres bloques.

El primer bloque está conformado por las tres primeras filas y se le denomina RSOH (*Regenerator Section Overhead*).

El segundo bloque está conformado por las cuatro últimas filas y se le denomina MSOH (*Multiplexing Section Overhead*).

Finalmente, el último bloque está conformado únicamente por la cuarta fila y está dedicado a los punteros. La estructura de la trama STM-1 se ilustra en la figura 2,4

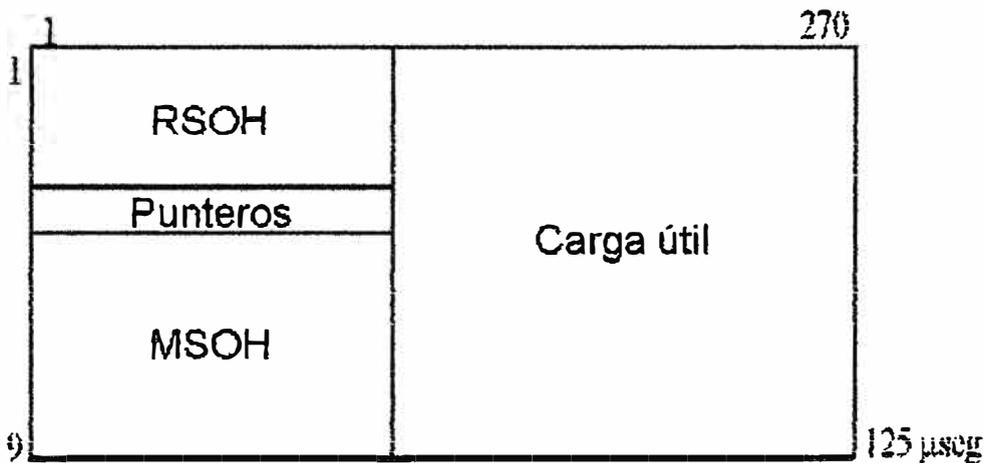


FIGURA 2,4: Estructura de la trama STM-1

Fuente elaboración propia

Los punteros juegan un rol fundamental porque indican en qué punto específico de la zona de carga comienza la información y de esta manera es posible conseguir la reducción de los buffers en los nodos, es decir, disminuye el tiempo de espera que sufre la señal antes de que sea transportada. En la figura 2.5 podemos apreciar el rol de los punteros en la zona de carga de la trama STM-1.

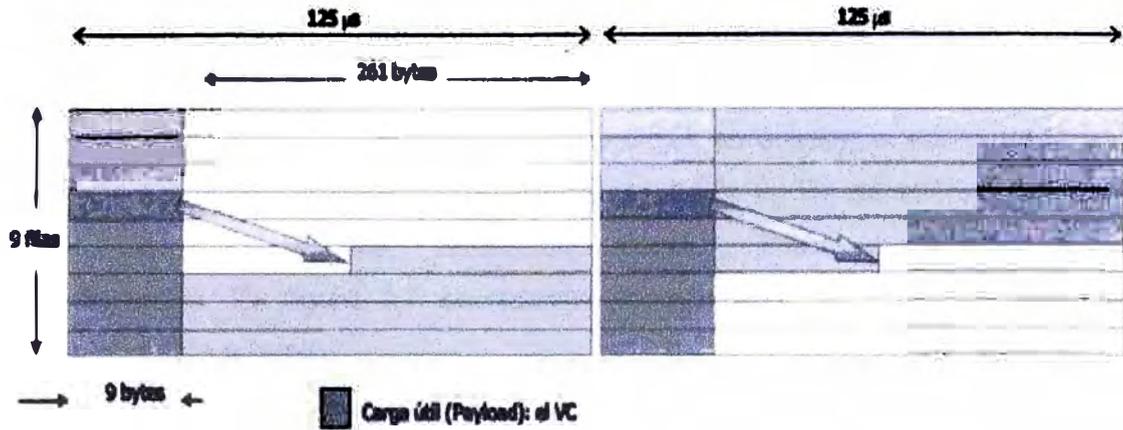


FIGURA 2,5: Punteros en la zona de carga de la trama STM-1

Fuente: ETSI

Para que la información sea integrada a la zona de carga previamente debe de ser encapsulada en estructuras llamadas Contenedores Virtuales (VC). Si se da el caso en que el VC no comienza al principio de la zona de carga entonces se cortará al finalizar la trama continuando de esta manera en el siguiente STM-1.

Entonces una trama STM-4 tendría una velocidad de transmisión de 622.08 Mbps, justamente la figura 2,6 muestra la obtención de la trama STM-4 a través de la multiplexación de 4 tramas STM-1



FIGURA 2,6: Obtención de la trama STM-4

Fuente: ETSI

2.4 Sistemas de microondas

La mayoría de sistemas de microondas punto a punto involucran todos los sistemas de radio que trabajan dentro del rango de frecuencias entre 3 GHz a 60 GHz. Producto de este amplio rango de frecuencias es que existen numerosos sistemas de radioenfases microondas. Generalmente un enlace a microondas se encuentra conformado por una antena emisora y una receptora, además de circuitería en las estaciones que permiten generar, distribuir, modular, amplificar, mezclar, filtrar y detectar la onda electromagnética. En figura 2,7 se muestra el esquema básico de un típico enlace microondas punto a punto.

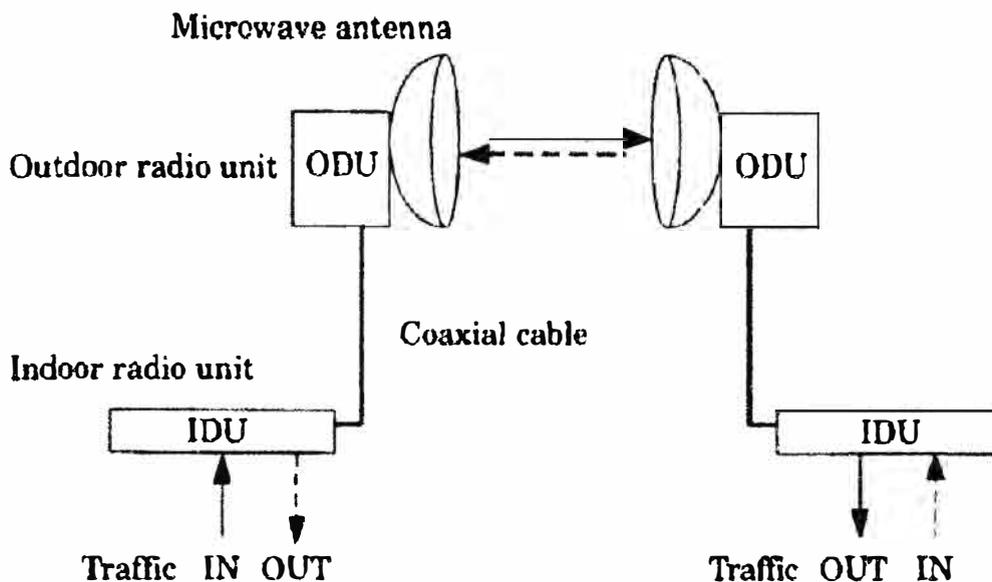


FIGURA 2,7: Enlace microondas punto a punto
Fuente: Eltek

Ventajas

El uso de sistemas microondas como medios de comunicación cuenta con los siguientes puntos a favor:

- Bajo costo en relación a otros sistemas de comunicaciones
- Escasa vulnerabilidad frente desastres naturales y vandalism
- Fácil mantenimiento
- Performance de calidad
- Rápida y sencilla instalación

2.4.1 Radios SDH para microondas

A pesar de que SDH fue inicialmente destinada para el transporte de información a través de fibra óptica, el extenso uso de sistemas repetidores de microondas produjo la necesidad de transmitir señales STM-1 a través de estos medios. Es así, que nacieron las recomendaciones ITU-R 750 "Architectures and functional aspects of radio-relay

systems for SDH-based network" y ITU-R 751 "Transmission characteristics and performance requirements of radio-relay systems for SDH-based network".

En estas recomendaciones se dan las directivas para las transmisiones vía microondas de las tramas SDH que van desde la fundamental STM-1 hasta sus múltiplos STM-N e inclusive una porción de la trama fundamental llamada sub-STM-1, se llega a estos niveles de transporte usando operación co-canal, polarización dual, constelaciones de señal de altos niveles o altas tasas de transmisión.

2.4.2 Radios Ethernet:

Son los que actualmente transportan tramas Ethernet de manera nativa por lo que los hace muy adecuados al tipo de solución que estamos planteando, por lo que este tipo de radio será el que emplearemos para nuestro proyecto.

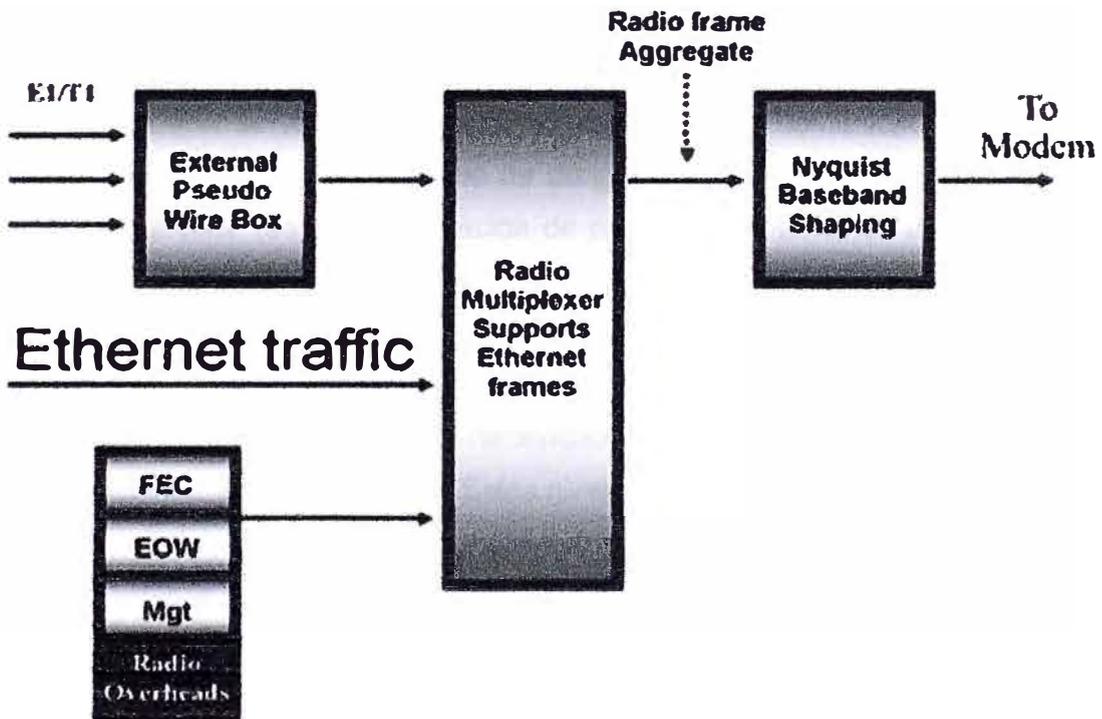


Figura 2,8: Diagrama de bloques de un radio Ethernet (Fuente: MEF)

2.5 Aplicaciones multimedia

2.5.1 Videoconferencia

La videoconferencia es el sistema de comunicación que permite llevar a cabo reuniones a distancia, de esta manera se generan entre los usuarios involucrados diversos tipos interacciones (auditiva, verbal y visual). La videoconferencia nos abre un sinfín de posibilidades, haciendo uso de sus capacidades podemos compartir información, formar parte diversos debates, poder mostrar y ver todo tipo de documentos, imágenes y videos, todo ello al mismo tiempo sin la necesidad de encontrarse en el sitio donde se encuentra su interlocutor.

La videoconferencia es un servicio innovador que permite conocer estudiantes y profesores, doctores, además de miles de usuarios con diferentes niveles de educación y clases sociales.

Estandares de videoconferencia

Los estándares juegan un papel importante para garantizar que los equipos de comunicación de imágenes tengan interoperabilidad entre los productos de los diversos fabricantes que existen en la actualidad.

La UIT ha propuesto varios estándares de videoconferencia. Inicialmente, la videoconferencia fue definida por un estándar el H.320. Sin embargo, en la actualidad han sido creados otros estándares para la transmisión de videoconferencia: H.310, H.321, H.322, H.323 y H.324

Estándares H.323 “Sistemas de comunicación multimedia basados en paquetes”

Es el estándar de la UIT dedicado a las conferencias y comunicaciones multimedia sobre redes de conmutación de paquetes. Define los equipos, procedimientos y protocolos para proveer servicios de comunicación multimedia, comunicación en tiempo real de audio, video y datos, sobre redes de conmutación de paquetes. H.323 puede aplicarse sobre cualquier red de conmutación de paquetes sin tener en cuenta la capa física.

Una de las ventajas de H.323 radica en la gran cantidad de productos ofrecidos en este estándar, permitiendo a los consumidores la opción de encontrar la solución más compatible y rentable de acuerdo a sus necesidades. H.323 permite varios niveles de comunicación multimedia sobre redes IP. Estos niveles incluyen:

Voz

Voz y video

Voz y datos

Voz, video y comunicación de datos

Conferencias punto a punto y multipunto

En lo que respecta a las conexiones entre los equipos terminales de los sistemas de videoconferencia, existen básicamente dos configuraciones: configuración punto a punto, donde sólo participan dos terminales con intercambio simultáneo de señales de audio y video en tiempo real; y la configuración multipunto, la cual requiere la utilización de un dispositivo multipuerto denominado unidad de control multipunto (MCU), que es mediante el cual dos o más terminales pueden comunicarse en una llamada, permitiendo establecer conferencias entre múltiples sitios

Principales componentes definidos en H.323

Se definen cuatro componentes principales para un sistema de comunicaciones en red: Terminales, Gateways, Gatekeepers y MCUs.

Terminal

Son los clientes finales, que proporcionan una comunicación bidireccional en tiempo real. Todos los terminales deben soportar la comunicación de voz, mientras que la de vídeo y datos son opcionales.

Gateway

Permite proveer interoperabilidad con otros terminales pertenecientes a redes de conmutación por circuitos. El Gateway es un elemento opcional en una conferencia H.323.

Gatekeeper

Principalmente el Gatekeeper realiza dos funciones.

La primera consiste en la traslación de direcciones de los terminales de la LAN a las correspondientes direcciones IP, tal y como se describe en la especificación RAS.

La segunda consiste en la gestión del ancho de banda, fijando el número de conferencias que pueden darse simultáneamente dentro en la LAN y no aceptando las nuevas peticiones que estén por encima del nivel establecido, con lo que se garantiza un ancho de banda suficiente para las aplicaciones de datos sobre la red. Son opcionales en las redes H.323.

Unidad de control multipunto (MCU)

Es el componente diseñado para soportar la conferencia entre tres o más puntos, bajo el estándar H.323, se encarga de llevar la negociación entre terminales para determinar las capacidades comunes para el procesamiento de audio, vídeo y control de la multidifusión.

El MCU crea una conferencia punto a punto con cada terminal y actúa como un servidor de videoconferencia, manejando el audio y el video de cada participante, y crea una especie de sala de conferencias virtual para todo el grupo de participantes. Existe tres tipos de conferencias multipunto: centralizadas, descentralizadas e híbridas.

Conferencia multipunto centralizada: el MCU se encarga de distribuir la data multimedia. Cada terminal envía sus datos al MCU, que después distribuye los datos seleccionados o mezclados de regreso a los terminales.

Conferencia multipunto descentralizada: cada terminal distribuye sus datos a todos los demás terminales en la conferencia, haciendo uso de multicast, de esta manera se elimina la necesidad de tener un MCU central.

Conferencia multipunto híbrida: combina elementos de la conferencia centralizada y descentralizada.

En la figura 2,9 se muestra diagramas de unidad de control multipunto (MCU), de conferencia multipunto centralizada, conferencia descentralizada y conferencia multipunto híbrida.

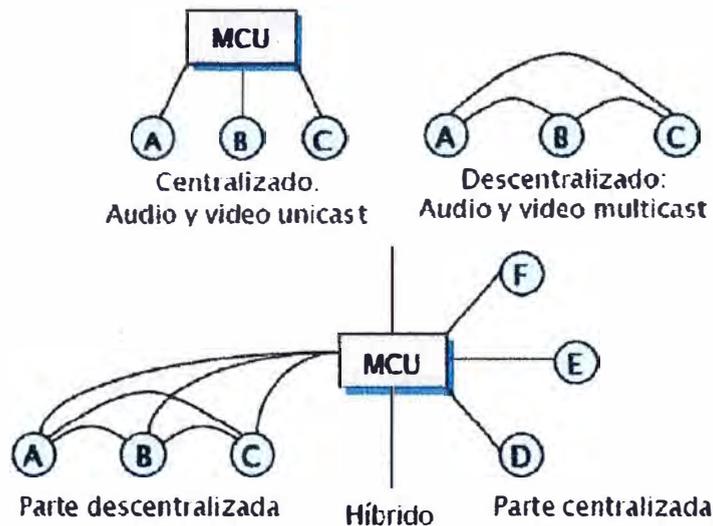


FIGURA 2,9: Conferencias multipunto

Fuente: Polycom

Elementos de la arquitectura H.323

En la figura 10 podemos apreciar la arquitectura del estándar H.323 a continuación se describen cada uno de sus elementos

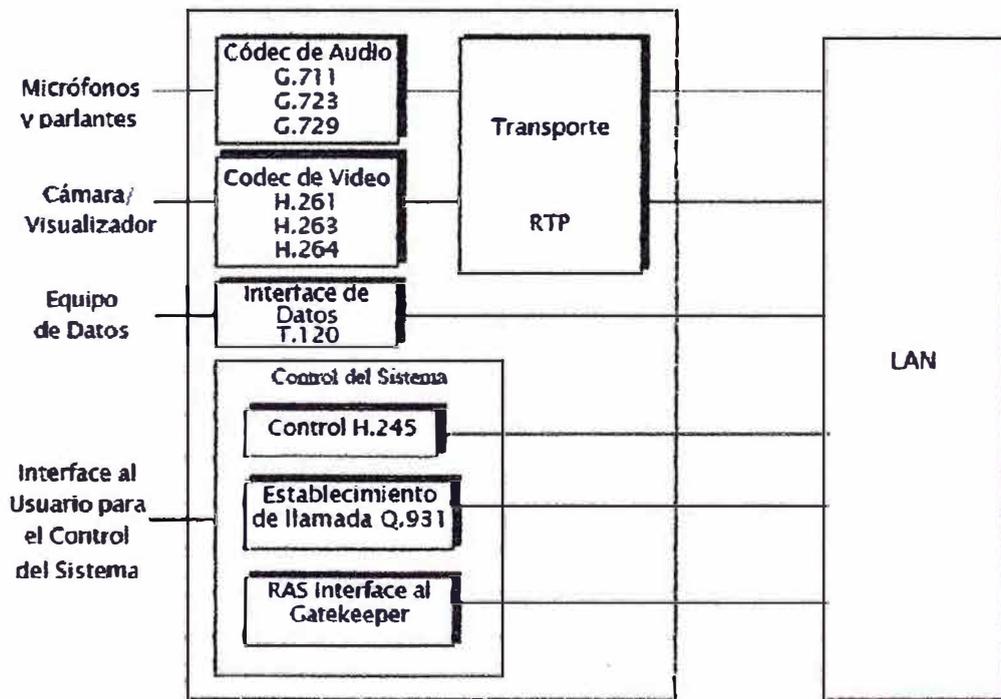


FIGURA 2,10: Arquitectura H.323

Fuente: Polycom

Codec de audio: se encarga codificar la señal proveniente del micrófono en el terminal H.323 y decodifica la señal de audio que se envía al parlante en el terminal H.323 receptor. Como el audio es el servicio mínimo permitido por el estándar H.323, todos los terminales H.323 deben soportar el estándar de voz G.711 para la compresión de

voz (codificación de audio a 64 Kbps). También se admiten recomendaciones adicionales de codecs de audio como G.722, G.723.1, G.728 y G.729 (Recomendaciones de la U.I.T)

Codec de video: se encarga de codificar la señal que va a transmitirse proveniente de la cámara en el terminal H.323 y decodifica el código de video que se envía a la pantalla de video en el terminal receptor H.323.

Se admiten recomendaciones de codecs como H.263, H.264.

H.225 Registro, Admisión y Estado (RAS): permite llevar a cabo el registro, control de admisión, cambios de anchos de banda, estado, y procedimientos de liberación de conexión entre los puntos terminales y los gatekeepers.

Señalización de llamada H.225: permite establecer la conexión entre dos puntos terminales H.323. El canal de señalización de llamada se establece entre dos puntos terminales o entre un punto terminal y un gatekeeper

Protocolo de transporte en tiempo real (RTP): es el protocolo TCP/IP utilizado en múltiples comunicaciones es un protocolo de transferencia seguro, gracias a que TCP asegura la transmisión libre de errores.

Sin embargo, TCP/IP no garantiza que los paquetes lleguen ordenados a su destino (en tiempo real), lo que causa problemas para la voz o el video.

Permite que los paquetes puedan llegar ordenados a su destino, lo cual es de vital importancia al transmitir voz o video en tiempo real. RTP es usado normalmente para transportar datos usando UDP (User Datagram Protocol) y además provee una identificación del tipo de carga, número de secuencia y monitoreo de la entrega.

Elementos de un esquema de videoconferencia

Los esquemas de videoconferencia están divididos en tres componentes esenciales que son: la red de comunicaciones, la sala de videoconferencia, y el codec. A su vez la sala de videoconferencia se encuentra dividida en cuatro partes: el ambiente físico, el sistema de video, el sistema de audio y el sistema de control.

A continuación se describe brevemente cada uno de los elementos básicos de que consta un sistema de videoconferencia

Red de comunicaciones

Definido como el medio que transporta la información del transmisor al receptor y viceversa o paralelamente.

En los esquemas de videoconferencia se requiere que este medio proporcione una conexión digital bidireccional y de alta velocidad entre los dos puntos a conectar.

El número de posibilidades que existen de redes de comunicación es grande, pero se debe señalar que la opción particular depende enteramente de los requerimientos del usuario.

La sala de videoconferencia

La sala de videoconferencia es el área especialmente acondicionada en la cual se alojarán los participantes de la videoconferencia, así como también el equipo de control, de audio y de video, que permitirá capturar y controlar las imágenes y los sonidos que habrán de transmitirse hacia los puntos remotos

Codec

Las señales de audio y video que se desean transmitir deben de ser transformadas mediante algún método a particulares señales digitales, una vez realizado esto se debe de comprimir y multiplexar estas señales para su transmisión.

En el otro extremo de la red el codec realiza el trabajo inverso para poder desplegar y reproducir los datos provenientes desde el punto remoto

Funcionamiento de un esquema de videoconferencia

El diagrama general de un sistema de videoconferencia, las señales proporcionadas por las cámaras, los micrófonos y equipos periféricos son enviados al codec, dentro de éste se realiza un proceso complejo, el cual resumimos en tres etapas:

El codec convierte las señales de audio y video a un código y formatos adecuados. La información es reducida en cierto formato binario. De esta forma se transmiten datos requiriendo menos espacio en el canal de comunicación [MSR1999].

Los datos son enviados a otro dispositivo de comunicación, el cual los transmite al sitio remoto por un canal de transmisión (cable coaxial, fibra óptica, microondas o satélite) por el cual viajará [MSR1999].

A través del canal, el otro sitio recibe los datos por medio del dispositivo de comunicación, el cual lo entrega al codec que se encarga de descifrar y decodificar a señales de audio y video, las que envía a los monitores para que sean vistas y escuchadas por las personas que asisten al evento

Aplicaciones de los sistemas de videoconferencia

Dentro de las aplicaciones y actividades que se pueden llevar a cabo utilizando los esquemas de videoconferencia, tenemos:

Asesorías

Capacitación técnica

Conferencias

Cursos especializados

Diplomados

Educación continua

Reuniones de investigadores para el intercambio de ideas.

Seminarios

Búsqueda de información

Ventajas de la videoconferencia

La videoconferencia nos permite reunir personas situadas en diferentes lugares geográficos para que puedan compartir ideas, conocimientos, información, con el fin solucionar problemas y planear estrategias de investigación.

Para las entidades educativas, la videoconferencia supone un ahorro de costos por que evita desplazamientos, gastos en viáticos o pérdida de tiempo.

La videoconferencia permite un intercambio de ideas más rápido y frecuente de esta manera pudiendo generar un aumento en la productividad y ventaja competitiva.

2.6 Calidad de Servicio (QoS)

La Calidad de servicio (Quality of Service) se refiere a la habilidad de la red, de ofrecer prioridad a determinados tipos de tráfico, sobre diferentes tecnologías, incluyendo: Frame Relay, Asynchronous Transfer Mode (ATM), MPLS, LANs y líneas dedicadas.

La Calidad de servicio lo definen 4 parámetros:

- 1) Velocidad de transmisión,
- 2) Retraso temporal,
- 3) Variación de retraso (o jitter) y
- 4) Probabilidad de error (o pérdida de paquetes o fiabilidad),

y está directamente relacionado con el tamaño de colas y la congestión de la red, con la velocidad de conmutación y velocidad de transmisión de los enlaces, provee de mejores y más predecibles servicios a la red mediante:

- 1) Soporte de velocidad de transmisión dedicado.
- 2) Mejorando la características de pérdida de paquetes.
- 3) Evitando y manejando la congestión de la red.
- 4) Organizando el tráfico.
- 5) Introduciendo prioridades de tráfico a lo largo de la red.

2.6.1 Efectos de la congestión del tráfico

Sería muy fácil dar Calidad de servicio si las redes nunca se congestionaran.

Para ello habría que sobredimensionar todos los enlaces, cosa no siempre posible o deseable.

Para dar Calidad de servicio con congestión es preciso tener mecanismos que permitan dar un trato distinto al tráfico preferente y cumplir el SLA (Acuerdo del nivel de servicio). El SLA suele ser estático y definido en el momento de negociación del contrato con el proveedor de servicio.

En el figura 2,11 se muestra cómo afecta la congestión de tráfico en el tiempo de servicio y el rendimiento, donde se observa las zonas: sin congestión, congestión moderada y congestión fuerte.

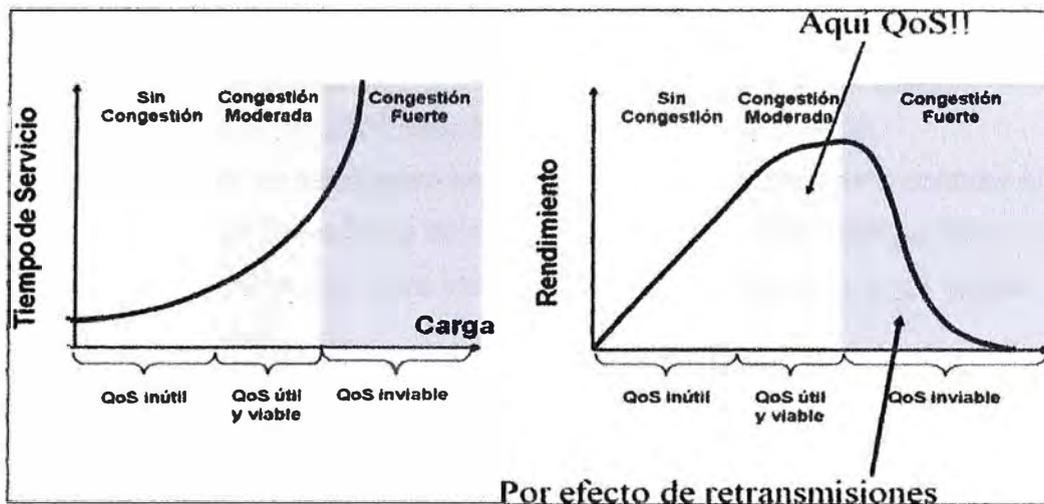


Figura 2,11: Efectos de la congestión
Fuente: www.cisco.com

Es bien sabido que incluso desde una perspectiva de optimizar el uso global de los recursos no es deseable una excesiva carga en los enlaces. Cuando la carga aumenta el tiempo de servicio crece de forma exponencial y como consecuencia de esto las aplicaciones no pueden funcionar o retransmiten la información que creían perdida. Por tanto a partir de un cierto nivel de carga no solo crece el tiempo de servicio, sino que disminuye el rendimiento obtenido del enlace debido a las retransmisiones.

El objetivo de la Calidad de servicio es asegurar que en casos de carga relativamente elevada (la zona marcada como de 'congestión moderada' en la figura 2,11 las aplicaciones que lo requieran podrán disfrutar de un tiempo de servicio reducido. Si la red tiene siempre niveles de carga inferiores el funcionamiento se complica y no se obtiene beneficio al aplicar mecanismos de Calidad de servicio. Si la red tiene normalmente niveles fuertes de congestión los mecanismos de Calidad de Servicio difícilmente serán capaces de asegurar el nivel de calidad pedido a las aplicaciones que así lo requieran.

2.6.2 Mecanismos de calidad de servicio

Se han desarrollado y estandarizado los dos mecanismos de Calidad de servicio, reserva y prioridad:

Servicios Integrados: El usuario solicita de antemano los recursos que necesita; cada routers del trayecto ha de tomar nota y efectuar la reserva solicitada.

Servicios diferenciados: El usuario marca los paquetes con un determinado nivel de prioridad; los routers van agregando las demandas de los usuarios y propagándolas por el trayecto.

Esto le da al usuario una confianza razonable de conseguir la Calidad de servicio solicitada.

2.6.3 Arquitectura de servicios diferenciados (Diffserv)

El modelo de servicios diferenciados o DiffServ (Differentiated Services) es propuesto por la IETF (Grupo Especial sobre Ingeniería de Internet) para habilitar una cierta clasificación del tráfico IP en un número limitado de clases de servicio.

Si bien los DiffServ no establecen una ruta extremo a extremo para conocer el estado de la red. Con todos los dispositivos de red con clases de servicio configuradas se llega a obtener un resultado preferente para tráfico prioritario con respecto a los demás cuando la red está congestionada.

Los servicios diferenciados son propuestos para resolver problemas que aparecen en los servicios integrados y en RSVP, siendo el modelo DiffServ más escalable, flexible y sencillo.

El modelo DiffServ propone la división del tráfico en función de su prioridad, resolviendo el problema de la señalización marcando el mismo paquete en los campos de su cabecera.

DiffServ (servicios diferenciados) proporciona CoS (clases de servicio) a agregados de tráficos unidireccionales. En un dominio DiffServ diferentes tráficos de salida de usuarios se asocian hacia una misma clase DiffServ. Estas constituyen, por lo tanto, un agregado de tráfico que se identifica con un DiffServ Code Point (DSCP- Código de Prefijo de Servicios Diferenciados) determinado y presenta las siguientes características: Se basa en el marcado de paquetes únicamente. No hay reserva de recursos por tráfico, no hay protocolo de señalización, no hay información de estado en los routers. En vez de distinguir tráficos individuales clasifica los paquetes en categorías (según el tipo de servicio solicitado).

Los routers tratan cada paquete según su categoría (que viene marcada en la cabecera del paquete). La política de control y la política de admisión sólo se ha de efectuar en los routers de entrada a la red del proveedor y en los que atraviesan fronteras entre proveedores diferentes (normalmente en las fronteras entre sistemas autónomos).

La Arquitectura de Servicios Diferenciados (Diffserv) está basado en un modelo simple de tratamiento del tráfico, utilizado para grandes redes enrutadas. La sofisticada clasificación, marcado de los paquetes, política y operaciones de acondicionamiento necesitan sólo ser implementadas en los elementos de frontera de la red.

El marcado de paquetes se realiza mediante la asignación de un código específico DSCP, que es todo lo que se necesita para identificar a cada clase de tráfico. La clase de tráfico es la agregación de todos los tráficos bajo el mismo criterio de clasificación.

En la figura 2,12 podemos ver cómo se implementa servicios diferenciados en los routers Cisco.

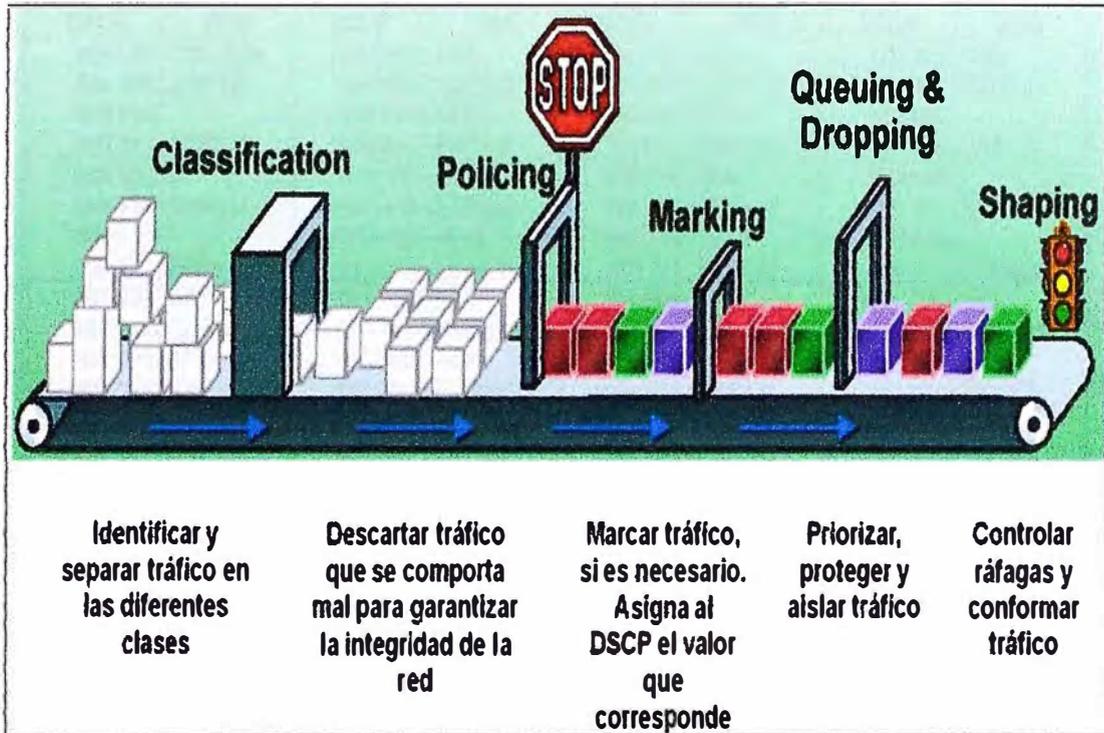


Figura 2,12 Implementación de DiffServ en los routers

Fuente: www.cisco.com

2.6.4 Definición del campo de servicios diferenciados

Un campo de cabecera, llamado DS, es definido para los Servicios Diferenciados, el cual sustituye las definiciones existentes del octeto tipo de servicio (ToS) de IP versión 4 (IPv4), tal como se muestra en la figura 2,13.

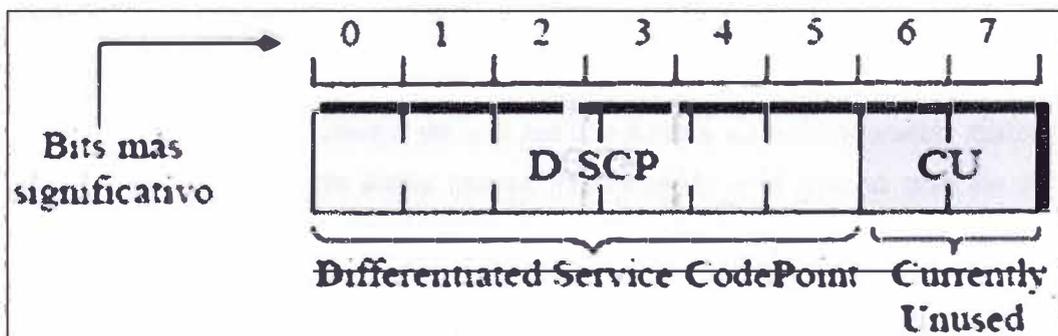


Figura 2,13: Campo de DS

Fuente: www.cisco.com

Seis bits del campo DS se usan DSCP, que indican el tratamiento que debe recibir este paquete en los routers. CU (Currently Unused – actualmente sin uso) reservado.

Este campo se utiliza actualmente para control de congestión. El campo DSCP dentro del campo DS es capaz de tener hasta 64 valores distintos.

La Tabla 2.3, muestra las 64 combinaciones que puede tener el campo DSCP.

Tabla 2.3 Códigos DSCP

DSCP	PHB	DSCP	PHB	DSCP	PHB	DSCP	PHB
000 000	CS0 (DB)	010 000	CS2	100 000	CS4	110 000	CS6
000 001	EXP/LU	010 001	EXP/LU	100 001	EXP/LU	110 001	EXP/LU
000 010	-	010 010	AF21	100 010	AF41	110 010	-
000 011	EXP/LU	010 011	EXP/LU	100 011	EXP/LU	110 011	EXP/LU
000 100	-	010 100	AF22	100 100	AF42	110 100	-
000 101	EXP/LU	010 101	EXP/LU	100 101	EXP/LU	110 101	EXP/LU
000 110	-	010 110	AF23	100 110	AF43	110 110	-
000 111	EXP/LU	010 111	EXP/LU	100 111	EXP/LU	110 111	EXP/LU
001 000	CS1	011 000	CS3	101 000	CS5	111 000	CS7
001 001	EXP/LU	011 001	EXP/LU	101 001	EXP/LU	111 001	EXP/LU
001 010	AF11	011 010	AF31	101 010	-	111 010	-
001 011	EXP/LU	011 011	EXP/LU	101 011	EXP/LU	111 011	EXP/LU
001 100	AF12	011 100	AF32	101 100	-	111 100	-
001 101	EXP/LU	011 101	EXP/LU	101 101	EXP/LU	111 101	EXP/LU
001 110	AF13	011 110	AF33	101 110	EF	111 110	-
001 111	EXP/LU	011 111	EXP/LU	101 111	EXP/LU	111 111	EXP/LU

Fuente: www.cisco.com

2.6.5 Encolamiento de baja latencia

El encolamiento de baja latencia (LLQ- *Low Latency Queuing*) logra un estricto PQ (Encolamiento de prioridad) a CBWFQ (Encolamiento equitativo ponderado basado en clase). PQ estricto permite a los datos sensibles al retardo como la voz ser desencolados y enviados antes que los paquetes en otras colas sean desencolados. LLQ proporciona encolamiento de prioridad estricta para CBWFQ, reduciendo el jitter en las conversaciones de voz. LLQ permite el uso de una simple cola de prioridad estricta dentro de CBWFQ en el nivel de clase, permitiendo direccionar tráfico perteneciente a una clase a la cola de prioridad estricta CBWFQ. Para encolar tráfico de clase a una cola de prioridad estricta, se especifica la clase nombrada dentro de una política y luego se configura la prioridad para la clase. Dentro de la política, se puede dar una o más estados de prioridad de clase.

Cuando múltiples clases dentro de una política simple son configuradas como clases de prioridad, todo el tráfico de estas clases es encolado a la misma cola de prioridad estricta, ver figura 2.14.

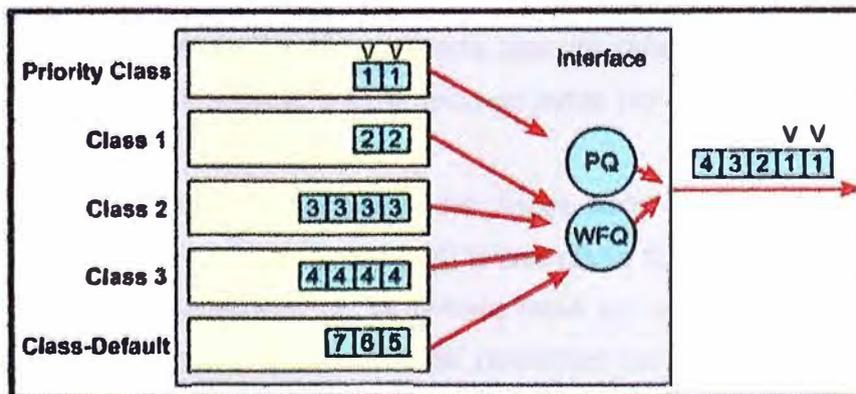


Figura 2.14: Encolamiento de Baja Latencia

Fuente: www.cisco.com

2.6.6 Políticas y modelación del tráfico

Existen dos tipos de mecanismos de regulación de tráfico conocidos como políticas y modelación. Se puede implementar cada una de las características inmersas dentro de estos mecanismos a través de la red de comunicación, con el objetivo de asegurar que un paquete o que datos de origen se adhieran a un convenio estipulado y determinar la calidad de servicio a ser entregada al paquete. Los mecanismos de política y modelación usan el descriptor de tráfico para un paquete, indicado por el proceso de clasificación del paquete, para asegurar adherencia y servicio.

Generalmente estos mecanismos identifican las violaciones del descriptor de tráfico de la misma manera, sin embargo, difieren en la forma de responder a dichas violaciones, por ejemplo, una política típicamente descarta tráfico de paquetes; en cambio, una modelación retarda el tráfico excedido usando un *buffer* o mecanismos de encolamiento para mantener los paquetes y la forma de tráfico cuando la tasa de datos del origen es mucho más alta de lo esperado.

2.6.7 Concepto de Token Bucket

Un token bucket (cubeta de fichas) es una definición formal para la velocidad de transmisión y posee tres componentes principales: tamaño de ráfaga, tasa promedio e intervalo de tiempo y están relacionadas según muestra la siguiente fórmula

Calculo del tamaño de ráfaga

$$Bc = \frac{(CIR * .25 \text{ seconds})}{8 \text{ bits/byte}}$$

Fuente: www.cisco.com

Dentro de la que se debe entender las siguientes definiciones para los términos en mención:

- **Velocidad promedio:** Conocida como CIR (Committed information rate – velocidad de información entregada), especifica cuanta información puede ser enviada o transmitida por unidad de tiempo en promedio y está dado en bits por segundo.
- **Tamaño de ráfaga (Bc):** También llamada tasa de ráfaga comprometida Bc (Burst committed – ráfaga entregada), y está dado en bytes por ráfaga cuánto tráfico puede ser enviado dentro de 0.25 segundos.

Para entender la idea de token bucket, se puede decir que algunas fichas (tokens) son colocadas dentro de una cubeta (bucket) a una cierta tasa. La cubeta por si misma tiene una capacidad especificada. Si la cubeta llena su capacidad, las fichas recién recibidas son descartadas. Cada ficha está permitida por el origen enviar un cierto número de bits dentro de la red. Al enviar un paquete, el regulador debe remover desde la cubeta un número de muestras equivalente en representación al tamaño de paquete.

Si no están suficientes fichas en la cubeta para enviar un paquete, el paquete espera hasta que la cubeta las tenga o el paquete es descartado, esto depende del mecanismo a ser usado. Si la cubeta ya está llena de fichas, las fichas entrantes se desbordan y no están disponibles para los futuros paquetes. En consecuencia, en cualquier tiempo, la ráfaga más grande que un origen puede enviar dentro de la red es aproximadamente proporcional al tamaño de la cubeta.

Este método de limitación de ráfaga también garantiza que la tasa de transmisión a largo plazo no exceda a la tasa establecida en la que las fichas son colocadas en la cubeta. Existe otro parámetro denominado tamaño de ráfaga en exceso o extendida. El tamaño de ráfaga en exceso B_e (Excess burst – ráfaga excedida), sirve como otro contenedor extra que se usa cuando en B_c está lleno y los paquetes excedentes se van hacia el contenedor B_e , cuando el B_e este lleno, los siguientes paquetes serán eliminados, este concepto es también conocido como Dual Token Bucket (cuando se usa en B_c y B_e), tal como se muestra en la figura 2.15.

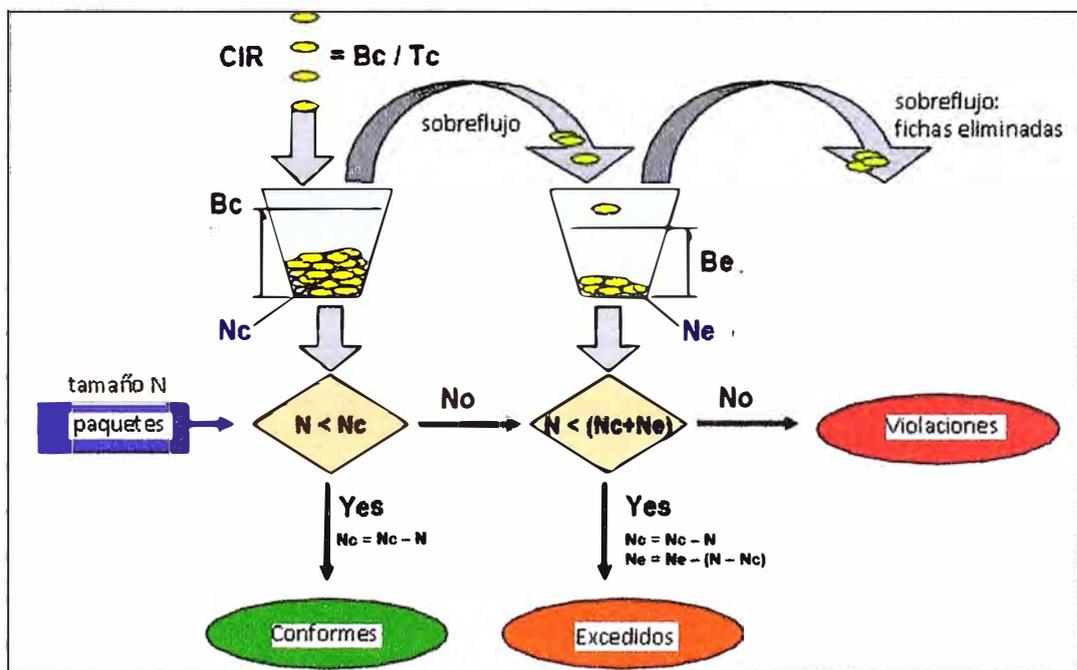


Figura 2.15: Dual Token Bucket

Fuente: www.cisco.com

2.6.8 Modelamiento distribuido del tráfico

La modelación de tráfico permite controlar el tráfico saliente de una interfaz con el fin de enlazar su tráfico a la velocidad de la interfaz remota de destino y asegurar que el tráfico sea conforme para políticas contratadas por este.

La modelación distribuida de tráfico DTS (Distributed Traffic Shaping) provee un método de gestión de la velocidad de transmisión de una interfaz para evitar congestión, satisfacer necesidades del sitio remoto y ajustar a una tasa de servicio que es proporcionada en una interfaz.

DTS utiliza colas para almacenar aumentos repentinos de tráfico que pueden congestionar una red y enviar la información dentro de la red en una velocidad regulada. Esto asegura que el tráfico se comportará en el descriptor de configuración, según la definición de CIR, Bc y Be.

Con la tasa de bit promedio definida y el tamaño de ráfaga que es aceptable en la entidad formada, se puede obtener un valor de intervalo de tiempo.

Voz sobre IP

Voz sobre IP aprovecha las ventajas desarrolladas en las redes de datos para transmitir voz en forma eficiente, aumentando las facilidades del usuario final.

Las aplicaciones pueden ser, conexiones PC a PC; PC a teléfono; teléfono a teléfono; tráfico de fax y mensajería unificada, Todas estas aplicaciones atraviesan backbones IP, internet e intranets, etc.

Los codificadores de voz llamados CODECS, son algoritmos de codificación que convierten la señal de voz analógica en un tráfico digital de datos mediante muestreo, que es la discretización de la señal en el tiempo y cuantificación de la amplitud. Los algoritmos, agregan facilidades como: detección de inactividad, cancelación de eco y reducción de ruido.

Las características de calidad y retardo varían según cada implementación y no hay una clase predominante.

Tabla 2.4: Características de Codecs

Tasa de CODEC R_c [Kbps]	Duración del Paquete R_t [ms]	Tamaño del Encabezado PS_{OH}	Tamaño de Carga útil	Tasa de Envío	Velocidad de Transmisión	Velocidad de Transmisión Carga útil	Velocidad de Transmisión de VoIP en un sentido	
			PS_{PL} [bytes]	PR [pps]	BW_{OH} [Kbps]	BW_{PL} [Kbps]	BW [Kbps]	
			$PS_{PL} = R_c \times R_t$	$PR = \frac{1}{R_t}$	$BW_{OH} = PS_{OH} \times PR$	$BW_{PL} = PS_{PL} \times PR$	$BW = BW_{OH} \times BW_{PL}$	
G.711	64	10	60	80	100	48	64	112
G.723.1	5.3	10	60	7	100	48	5.3	53.3
G.723.1	6.4	10	60	8	100	48	6.4	54.4
G.726	32	10	60	40	100	48	32	80
G.728	16	10	60	20	100	48	16	64
G.729A	8	10	60	10	100	48	8	56
G.711	64	20	60	160	50	24	64	88
G.723.1	5.3	20	60	13	50	24	5.3	29.3
G.723.1	6.4	20	60	16	50	24	6.4	30.4
G.726	32	20	60	80	50	24	32	56
G.728	16	20	60	40	50	24	16	40
G.729A	8	20	60	20	50	24	8	32
G.711	64	30	60	240	34	16.48	65.92	82.4
G.723.1	5.3	30	60	20	34	16.48	5.459	21.94
G.723.1	6.4	30	60	24	34	16.48	6.592	23.07
G.726	32	30	60	120	34	16.48	32.96	49.44
G.728	16	30	60	60	34	16.48	16.48	32.95
G.729A	8	30	60	30	34	16.48	8.24	24.72

Fuente: Recomendaciones de la ITU-T

Las siguientes recomendaciones de la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones) establecen las características de los CODECS cuyos requerimientos de velocidad de transmisión de la voz comprimida se indican en la tabla 4.

Se debe considerar la calidad de la voz, que se mide mediante el parámetro denominado MOS (resultado de opinión media). El MOS se obtiene de una prueba denominada ACR (Absolute Category Rating-Índice de Categoría Absoluta), en la cual se realizan pruebas de audición a un grupo heterogéneo de personas, con diez grabaciones diferentes, las que se califican con una puntuación en el rango 5: excelente y 1: inaceptable y luego se obtiene la media

Videoconferencia sobre IP

La videoconferencia es un sistema de comunicación diseñado para llevar a cabo encuentros a distancia, el cual, nos permite la interacción visual, auditiva y verbal con personas de cualquier parte del mundo; siempre y cuando los sitios a distancia tengan equipos compatibles y un enlace de transmisión entre ellos. Con la videoconferencia podemos compartir aplicaciones, intercambiar puntos de vista, mostrar y ver todo tipo de documentos, dibujos, gráficas, fotografías, imágenes de computadora, videos, en el mismo momento; con el fin de crear, visualizar y modificar archivos de forma simultánea; sin necesidad de que él o los participantes tengan que trasladarse al lugar en el cual se esté realizando el evento. Para la realización de una videoconferencia se requieren los siguientes elementos:

La red de comunicaciones,

La sala de videoconferencia

El Códec de video.

A continuación se presentan los codificadores más utilizados en video:

MPEG-1: Genera datos a una tasa entre 1 y 1.5 Mbps. Tiene la calidad del VHS (352 x 288 y 30 fps). Está pensado para utilizarse en medios como el CD-i, por lo que utiliza ancho de banda sin mayor cuidado. Además, tiene una gran susceptibilidad a las pérdidas por su extenso uso de cuadros tipo P y B (el uso de estas últimas hace que su utilización en aplicaciones con algún tipo de interactividad no sea lo más adecuado por la latencia extra).

MPEG-2: Es la extensión de MPEG-1, pero soporta mayores resoluciones aun y mejores prestaciones en audio. Esto trae como contrapartida un mayor ancho de banda consumido (entre 4 y 15 Mbps). Implementa algunas escalabilidades. Esto es enviar una transmisión base con lo necesario para que la calidad sea aceptable, y además enviar otras transmisiones (capas superiores) con la información extra necesaria para que la calidad sea la requerida.

MPEG-4: El códec de video utilizado es el H.264 (MPEG-4), es un estándar ISO/IEC desarrollado por el grupo de expertos MPEG (Grupo de Expertos en Imágenes Móviles). Los campos de aplicación de este estándar son la televisión digital, las aplicaciones interactivas de gráficos (contenido sintético) y multimedia interactiva (World Wide Web y la distribución de contenidos de video). Este códec soporta tres rangos de generación de datos:

- Menor a 64 kbps
- Entre 64 y 384 kbps
- Entre 384 y 4000 kbps

H.264: Es un estándar abierto con licencia compatible con las técnicas más eficientes de compresión de video disponibles. Sin comprometer la calidad de la imagen, un codificador H.264 puede reducir el tamaño de un archivo de video digital en más de un 80% si se compara con Motion JPEG. Esto significa que se requiere menos ancho de banda y espacio de almacenamiento para los archivos de video. O, visto de otra manera, se puede lograr mayor calidad de imagen de video para una frecuencia de bits determinada.

VP7: On2 TrueMotion VP7 es un códec de video propietario, desarrollado por On2 Technologies. On2 VP7 es el sucesor del códec VP6 también desarrollado por On2. VP7 está diseñado para competir con los códec H.264/MPEG-4 AVC, Windows Media Video 9 (VC-1), MPEG-4 entre otros.

VP8: Es el último códec de video de On2 Technologies diseñado para reemplazar a su antecesor, VP7. Fue anunciado el 12 de septiembre de 2008. El 19 de mayo de 2010, Google, la cual adquirió On2 Technologies en 2009, liberó el códec VP8 como código abierto. La velocidad de transmisión consumida por este códec reduce hasta un 50% menos que el códec H.264, para la misma calidad de video, y será formato multimedia estándar en el lenguaje web HTML5.

CAPITULO III

METODOLOGÍA PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

En la etapa de planificación es muy importante, el adecuado y correcto diseño de los enlaces sean inalámbricos o por fibra, así como tener una buena confiabilidad y disponibilidad que asegure que los tiempos de interrupción serán de muy corta duración o casi nulos.

Para los enlaces de microondas vamos a considerar el modelo de tierra "plana" es decir sin ajustes por el factor k cuando las distancias sean menores a 10 Km, que es la mayoría de los casos de interconexión, pero asegurando línea de vista en todos los enlaces; de requerirse se plantearán repetidores pasivos o activos, según sea el caso y la necesidad. Para distancias mayores usaremos software; también cada universidad se encargará de la distribución de las señales dentro de sus campus universitarios, de tener más de un campus, la interconexión de los mismos queda fuera del alcance de este informe.

Para la fibra óptica, solo se ha considerado el arriendo de enlaces punto a punto del tipo denominado de "fibra oscura", ya que una interconexión con fibra propia el monto de inversión requerido es muy elevado y por la tramitación de los permisos ante las autoridades municipales de cada zona por donde pase la fibra, queda fuera de los objetivos del presente informe.

3.1 Ubicaciones a conectar

Dado que se tiene escogidos los sitios donde se ubicará la red, es importante tener en consideración que los radioenlaces por microondas apenas toleran pequeñas inexactitudes en las coordenadas, dado que este factor es crítico en la claridad del trayecto del haz.

3.2 Estudio de factibilidad

Para poder asegurar la viabilidad de la red de enlaces por microondas es necesario tener la información sobre cada una de las ubicaciones correspondientes referidas a los siguientes puntos:

Facilidades disponibles tales como edificios altos, torres ya existentes y/o cualquier otra infraestructura que ayude al despliegue de los enlaces

Instalaciones y/o infraestructura técnica a usar.

Accesos de puntos de alimentación eléctrica más cercanos

3.2.1 Facilidades disponibles

El estudio de la infraestructura física permitirá evaluar las múltiples topologías de red posibles, ésta será caracterizada en términos de las torres o construcciones de elevada altura disponibles. Por otro lado, el uso de mapas actualizados del área será de vital importancia puesto que permite realizar estudios teóricos antes de realizar la visita de inspección. Otro aspecto importante es la toma de datos a través del uso de los GPS (*Global Positioning System*) estos datos son las coordenadas del lugar (latitud, longitud) y la altura respecto al nivel del mar. Mientras mayor información sea recolectada por adelantado aumentarán las posibilidades mejorar los resultados que se obtendrán de la visita al sitio

3.2.2 Instalaciones y/o infraestructura técnica a usar

Es recomendable tener en cuenta cualquier tipo de infraestructura situada en el sitio donde se implementará el enlace, en caso de encontrarla será necesario conseguir información al respecto con el fin de que se pueda planear el proyecto sin interferencia. Además es importante conseguir información sobre los radioenlaces microondas, antenas, cables y otros equipos existentes en el sitio.

3.2.3 Ubicación de los puntos de alimentación y energía más cercanos

El acceso a las conexiones de electricidad, la estabilidad del suministro eléctrico y el uso de UPS (*Uninterruptible Power Supply*) naturalmente son factores de vital importancia dado que alimentan de energía a gran parte de los equipos de la red. Es por ello que se deberá tener en consideración estos dispositivos y de cómo su calidad beneficiará a la red microondas.

3.3 Cálculo de enlace

El cálculo del presupuesto de potencia (link budget) realizado con el equipo necesario tendrá como resultado los parámetros que permitirán definir el equipamiento tales como la potencia de los transmisores y el diámetro de las antenas, con la configuración del terminal o repetidora.

3.3.1 Zonas de Fresnel

El perfil del trayecto debe ser trazado de tal manera que muestre la altura de las antenas y las alturas del terreno teniendo en consideración las variaciones de k , definido como el factor de radio ficticio de la Tierra. El área particular del perfil que tiene la menor medida de claridad del rayo directo dibujado entre las dos antenas recibe el nombre de obstáculo dominante.

Cuando el trayecto de línea de vista entre las dos antenas apenas pasa el obstáculo dominante, la condición es referida como línea de vista rasante. Porque el haz de microonda viaja como un frente de onda y no como un simple rayo, la línea de vista rasante podría no resultar en las condiciones de propagación de espacio libre. Según la UIT un enlace punto a punto se puede realizar satisfactoriamente si se logra una

visibilidad mínima equivalente al 60% de la primera zona de Fresnel, es decir, para que se cumplan las condiciones de propagación en el espacio libre. En la figura 3.1 podemos apreciar el efecto del factor k sobre la claridad del enlace.

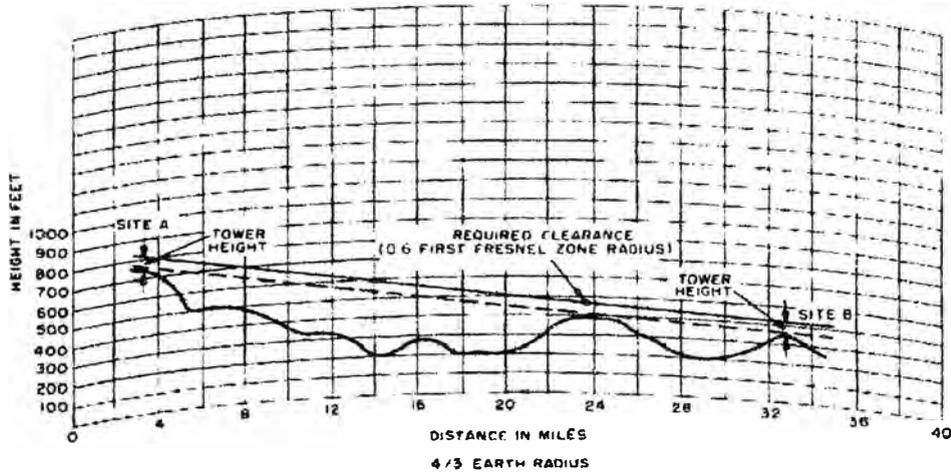


FIGURA 3.1: Perfil de trayecto con $k = 4/3$

Fuente: Radio Mobile

3.3.2 Pérdidas en espacio libre

Las pérdidas en el espacio libre o FSL (Free Space Loss) mide la pérdida de potencia a lo largo del trayecto sin considerar los obstáculos, es decir la señal tiene completa línea de vista.

Una señal de radio se debilita en el espacio libre debido a la expansión en una superficie esférica. Las pérdidas en el espacio libre se puede hallar a través de la siguiente fórmula:

$$FSL_{dB} = 92.45 + 20 \log d + 20 \log f$$

Donde:

d: distancia entre el transmisor y el receptor(km)

f: frecuencia de la señal emitida (GHz)

Cabe resaltar que las pérdidas en espacio libre sólo son válidas para distancias que se encuentren en el campo lejano de la antena transmisora

3.3.3 Potencia isotrópica radiada efectiva

La potencia isotrópica radiada efectiva o EIRP (Effective Isotropically Radiated Power) se define como la potencia aparente transmitida hacia el receptor. Describe el rendimiento de los sistemas de transmisión por radio.

Para la practicidad de los cálculos inicialmente se considerarán tres elementos básicos del sistema: un transmisor con una determinada potencia de salida, una antena que inserta una ganancia en la potencia de salida y la línea de transmisión que conecta la salida del transmisor con la antena.

A continuación en la figura 3.2 se muestra un enlace punto a punto al cual se le calculará el EIRP.

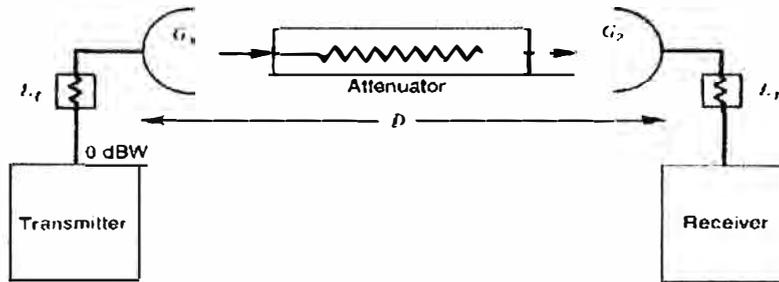


FIGURA 3.2: Enlace punto a punto

Fuente: Radio Mobile

Se obtiene la siguiente expresión:

$$\text{EIRP} = P_0 + L_t + G_1$$

Donde:

P_0 : potencia a la salida del transmisor (dBm)

L_t : atenuación de la línea de transmisión que conecta la antena y el transmisor (dB)

G_1 : ganancia de la antena transmisora (dBi)

3.3.4 Potencia isotrópica recibida

La potencia isotrópica recibida o IRL (Isotropic Receive Level) es el nivel de potencia que se espera recibir usando una antena isotrópica en el receptor [5]. Se halla usando la siguiente relación:

$$\text{IRL} = \text{EIRP} + \text{FSLdB} + L_g$$

Donde:

L_g : pérdida de absorción gaseosa (dB)

De la expresión anterior podemos despreciar el valor de la pérdida de absorción gaseosa pues los enlaces de la red se harán a una frecuencia inferior a los 15 GHz.

3.3.5 Potencia de señal recibida

La potencia de señal recibida o RSL (Receive Signal Level) está dada por la siguiente expresión:

$$\text{RSL} = \text{IRL} + G_2 + L_r$$

Donde:

L_r : atenuación de la línea de transmisión que conecta la antena y el receptor (dB)

G_2 : ganancia de la antena receptora (dBi)

3.3.6 El efecto del desvanecimiento en los enlaces microondas

En los sistemas microondas las señales se encuentran expuestas a ciertos fenómenos que ocurren de manera natural. Estos fenómenos indeseados son llamados

desvanecimientos, principalmente existen dos tipos de desvanecimientos que afectan los enlaces microondas.

El desvanecimiento plano es un fenómeno en el cual no es recibida la señal debido a una caída abrupta de ésta en determinado punto del enlace sin aparente causa alguna, por otro lado.

El desvanecimiento por dispersión es cuando se recibe una señal muy distorsionada. Estos desvanecimientos son generados por la atmósfera y la tierra.

El desvanecimiento provocado por la atmósfera se debe a la distribución de las variaciones del índice de refracción en ella y las variaciones originadas por el cambio del tiempo.

El desvanecimiento provocado por la tierra es causado por las variaciones físicas en ella. Estas variaciones se deben a características de la superficie tales como la rugosidad y la permeabilidad del terreno, cambios en la marea, la reflexión del mar, etc. Generando cambios en el coeficiente de reflexión.

3.3.7 Tipos de modulación

Las señales producidas por diferentes fuentes, deben ser adecuadas para su transmisión a través de un canal, este proceso de conversión se denomina modulación, en el cual se tiene la señal original denominada banda base, y ésta es modulada con respecto a otra señal denominada portadora.

Existen varias técnicas de modulación digital en las cuales la señal portadora es alterada para transmitir la información, a continuación se enumeran las principales:

Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK): es la técnica en la cual varía la amplitud de la señal portadora.

Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK): es la técnica en la cual varía la frecuencia de la señal portadora.

Modulación por desplazamiento de fase (PSK): es la técnica en la cual varía la fase de la señal portadora.

Modulación de amplitud por cuadratura (QAM): es la técnica en la que combinan dos modulaciones, específicamente la modulación de amplitud y fase sobre la señal portadora. En los sistemas microondas, las modulaciones más usadas son la PSK y la QAM.

3.3.8 Planificación de la canalización de frecuencias

El objetivo de la planificación de frecuencias es asignar frecuencias a la red usando el mínimo número de estas, de tal manera que la calidad y disponibilidad del radioenlace sea mínimamente afectado por interferencias y el desvanecimiento.

Entre las consideraciones básicas involucradas en la asignación de frecuencias tenemos:

Determinar una banda de frecuencias que sea adecuada para el enlace, es decir, que se tomen en cuenta factores tales como: longitud del enlace, ubicación de los nodos o la topografía del terreno.

Determinar una adecuada elección de la banda de frecuencias que alcance la capacidad de transmisión requerida haciendo un uso eficiente del espectro electromagnético.

Prevenir los diversos tipos de interferencia provenientes de otros servicios ya instalados como por ejemplo: radares, otros radioenlaces o comunicaciones satelitales.

La UIT hace diversas recomendaciones para la disposición de frecuencias y canales en los radioenlaces microondas. Es aquí donde quedan especificadas: la frecuencia central de la banda, el espaciamiento entre canales adyacentes (en caso de usar polarización cruzada también es especificada), el número de canales, la banda de frecuencias empleada y finalmente el espaciamiento entre la frecuencia de transmisión y recepción. Estas recomendaciones son tomadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y a través de resoluciones viceministeriales se aprueban las canalizaciones de bandas para los servicios de sistemas de radioenlaces digitales, entre otros.

3.3.9 Bandas licenciadas

Son aquellas bandas requieren de permisos de instalación, operación y asignación del espectro radioeléctrico por parte Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Además del permiso, se requiere también un pago anual por concepto de canon por el uso del espectro

TABLA 3.1: DISPOSICIÓN DE RADIOCANALES EN LA BANDA DE 21 GHz

Radiocanales de Ida		Radiocanales de Retorno	
Canal	Frecuencia (GHz)	Canal	Frecuencia (GHz)
1	21,2250	1	22,4250
2	21,2375	2	22,4375
3	21,2500	3	22,4500
4	21,2624	4	22,4625
5	21,2750	5	22,4750
6	21,2875	6	22,4875
7	21,3000	7	22,5000
8	21,3125	8	22,5125

Fuente: MTC, elaboración propia

Según la Resolución Viceministerial N° 102-98-MTC-15.03 la disposición de los canales para el rango de 21 a 23 MHz.

3.4 Fibra óptica

Fibra óptica tipo fibra oscura: El servicio de fibra oscura consiste en la oferta de los "hilos" ópticos, la infraestructura, con una capacidad de transmisión específica. Es decir, la fibra óptica instalada es alquilada por un usuario para interconectar sus equipos y es

utilizada como "cable" de transmisión. En este caso, el usuario debe contar con equipos y dispositivos propios que permitan insertar y extraer los datos a los "hilos". El operador entregará los extremos de los enlaces en las ubicaciones que requiera el usuario y este en la mayoría de los casos no deberá revender o alquilar servicios a otros usuarios sino usarlos para sus propias comunicaciones.

La fibra que se alquilará será del tipo monomodo de 10 Gbps para todos los enlaces, los equipos a adquirirse o alquilarse por cada universidad deberán ser interoperables, es decir que funcionen correctamente en la red asignada.

3.5 Diseño de la red de enlaces por microondas

El éxito de la etapa de diseño de la red es fundamental debido a que los resultados obtenidos serán usados durante la etapa de implementación. Los cálculos del enlace son ejecutados como parte de la ingeniería de detalle de diseño de enlaces de microondas, y por otro lado, los detalles de requerimientos de hardware son definidos en base a esta información, para nuestro caso por lo pequeño de la distancia entre enlaces (menores o cercanos a 10 Km) usamos el método de la "Tierra plana" y solo consideramos la atenuación por espacio libre como la dominante, ciudades con lluvia, nieve o granizo deberán adoptar modelos que incluyan en sus ecuaciones atenuación por estos factores, que no son el caso de la ciudad de Lima.

3.5.1 Perfil de trayectos

Se tiene que considerar línea de vista en cada enlace, de existir obstáculos deberá o reubicarse el punto de transmisión o en su defecto usar repetidores activos o pasivos según sea el caso, pero para presente informe estamos considerando este problema resuelto y que hay línea de vista entre los puntos propuestos porque la ubicación de los mismos ha sido escogidas para evitar este problema, lo que implicará torres en la mayoría de los casos.

Si se deseara ejecutar algún programa de cálculo de radioenlaces puede usarse el RadioMobile implementa el modelo Longley-Rice, que es el modelo de predicción troposférica para predecir las pérdidas de radio transmisión en espacio libre sobre terreno irregular para enlaces de medio y largo alcance. Este modelo fue diseñado para frecuencias entre 20MHz y 40GHz y para distancias de entre 1Km y 2000Km, este un software gratuito que es básicamente para propósitos educativos. También puede usarse el Pathloss que es un programa que hay que comprar y que sirve para el diseño de radioenlaces. Permite analizar radioenlaces con unas frecuencias que van desde los 30MHz hasta los 60GHz. El programa principalmente está compuesto por 8 módulos para el diseño de los trayectos entre los que tenemos: red, permite ver la red diseñada en un mapa de latitud versus longitud; datos del terreno, permite ver el perfil de los enlaces que conforman la red de acuerdo al tipo de mapa de elevación usado; altura de antenas,

permite ver el perfil y línea de vista del enlace, además permite modificar el factor de radio terrestre efectivo; tablas de cálculo, permite hacer el cálculo de presupuesto del enlace, toma en cuenta los factores de pérdida como las líneas de transmisión, lluvia, entre otros, y por otro lado, toma en cuenta la ganancia de las antenas, la potencia de transmisión de los equipos de radio, entre otros parámetros; difracción, permite ver el efecto de la difracción en diversos puntos del perfil de trayecto, es posible generar un reporte detallado de lo que causa este factor; reflexiones, permite ver el efecto justamente de las reflexiones a lo largo del enlace; y finalmente el módulo multi-trayectorias, muestra en conjunto la trayectoria que toman los rayos a medida que varían las condiciones del enlace. Asimismo también se puede usar el Softwright, que es uno de los más precisos pero bastante costoso.

3.5.2 Especificaciones técnicas de los equipos

En el presente punto se mostrarán las principales especificaciones de los equipos pertenecientes a la red de transporte.

3.5.4 Especificaciones de la red de transporte por microondas

Los equipos de radio y antenas que se utilizarán en todas las estaciones en la red de transporte externa, específicamente hablamos del equipo GigaPro perteneciente a la marca Trango, cabe resaltar que el equipo incluye las unidades Indoor (IDU), unidades Outdoor (ODU) y antenas. Hay varios fabricantes de estos equipos pero para el presente informe se tomó a esta empresa como referencia ya que son confiables y de precio módico. Las características y especificaciones de los equipos de μO en 21 GHz así como de los de video conferencia se encuentran en los anexos al final del informe

3.5.5 Infraestructura de telecomunicaciones

A continuación se desarrolla lo concerniente a los subsistemas de energía, protección que deberán ser usados en todos los nodos del proyecto. Y finalmente se hará detallar la configuración que tomará la torre.

3.5.6 Suministro de energía eléctrica

El propósito de los subsistemas de energía es adaptar a los distintos equipos de comunicaciones con el fin de que se les pueda proveer de suministro eléctrico. Cada nodo del proyecto cuenta con un equipo de microondas, estos equipos operan a voltajes de -48 VDC. Para adaptar estos equipos al voltaje suministrado por las empresas de energía eléctrica se hace uso de rectificadores los cuales permiten convertir el voltaje de estos equipos a 220 VAC. Adicionalmente estos esquemas proveen de un banco de baterías que permite el resguardo de la energía en caso de que haya un corte inusual de energía.

3.5.7 Protección eléctrica

Tiene como fin ofrecer protección ante posibles descargas eléctricas en la zona. Se encuentra principalmente conformado por el sistema de puesta a tierra.

El sistema puesta a tierra deberá contar como mínimo con los siguientes componentes:

- Fleje o platina de cobre (0,8mm*7cm*40m)
- Tierra de chacra (10 m³)
- Cemento conductor (saco de 25 kg)
- Soldadura de plomo-plata (una varilla)

La instalación de este sistema podrá estar a cargo de un proveedor de reconocido prestigio, el cual deberá verificar, medir y garantizar su correcto funcionamiento, así como de sugerir el adecuado mantenimiento.

Los pararrayos no se consideran, porque no hay descargas tipo rayos en Lima.

3.5.8 Torres

Las torres que se emplearán son del tipo monopolo o donde sea pertinente torres autoportadas. Siendo una solución típica sobre azoteas en ciudades de alta densidad de construcción.



Figura 3.3 Ejemplos de torres autoportadas (Fuente: Internet)

3.6 Esquema de comunicación de videoconferencia

En la figura 3.4 se muestra el esquema para el intercambio de videoconferencias en la red académica.

En la parte izquierda tenemos un expositor en algún auditorio donde las entradas de la plataforma videoconferencia son la cámara y el micrófono.

Producto de la operación del códec en la plataforma videoconferencia la señal es transmitida a través de Ethernet al equipo de radio mediante la red interna dedicada para este fin.

Esta señal a través de un cable UTP de categoría 6 pasa a la unidad IDU del equipo de microondas. Es aquí donde a la señal (en banda base) se le da el formato Ethernet para que pueda ser transmitida de forma inalámbrica.

La señal en banda base es transmitida mediante un cable coaxial a la unidad ODU del equipo en donde la señal es llevada a la frecuencia de salida en la banda de los 21 GHz.

La antena integrada a la unidad ODU en la torre del punto de transmisión amplifica y transmite la señal a través de la red de transporte.

En el otro punto de recepción la señal es sometida a un proceso inverso para conectarse a la red del punto nodal y es enviada al sistema de distribución vía cable utp cat 6.

Conectados los auditorios, el nodo de la red Clara y la unidad de multiconferencia (MCU). Es importante señalar que inicialmente las IPs correspondientes a todos los auditorios pertenecerán a la misma red y solo la correspondiente al nodo de la red Clara, por obvias razones, se encontrará en otra. Esto debido a que el MCU que se dispone puede gestionar como máximo conferencias provenientes de dos redes.

En el caso de las videoconferencias provenientes de varios auditorios, el procedimiento es el mismo.

En el caso de las videoconferencias provenientes de los auditorios localizados fuera del campus externo a alguna universidad estas deberán conectarse mediante su propia red, tema que queda fuera del alcance del presente informe.

La plataforma MCU permite la interacción entre las videoconferencias de los diversos auditorios que conforman esta red académica. Es decir, es posible que los distintos puntos emitan videoconferencias y puedan interactuar entre ellos, pudiendo extenderse a varias universidades. En la figura 3,4 podemos observar la multiconferencia.



Figura 3.4 Multiconferencia
Fuente: Internet

Ubicaciones a interconectar

La topología o la forma de conexión será en principio con un punto central que para fines didácticos será el Inictel-UNI para la zona este de Lima, también por la topografía de Lima Metropolitana, se usará el edificio del Centro Cívico de Lima al ser uno de los más altos y que permite mediante alquiler el uso de su azotea para colocar repetidores, la universidades también estarán conectadas a la Red-Clara.

La segunda topología será la de anillo, que implica la conexión entre casi todas las universidades formando un anillo de interconexión que servirá como medida de contingencia ante la eventualidad de cortes en algún tramo.

Para el presente informe dado el gran número de universidades en Lima y siendo el objetivo final es que todas se interconecten, se considerará en esta etapa las siguientes universidades listadas líneas abajo, quedando las restantes para etapas posteriores, sin que ello represente ninguna discriminación para las no listadas.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) (El Cercado)

Universidad Nacional Agraria La Molina (UNA) (La Molina)

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) (Rímac) y el Inictel-UNI (San Borja)

Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV) (Lima)

Universidad Tecnológica del Perú (UTP) (El Cercado)

Universidad Alas Peruanas (UAP) (Lima)

Universidad Cesar Vallejo (UCV) (Lima)

Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) (San Martín de Porres)

Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) (San Miguel)

Universidad de San Martín de Porres (USMP) (Local de la Molina)

Universidad de Lima (ULIMA) (Santiago de Surco)

Universidad Ricardo Palma (URP) (Santiago de Surco)

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) (Santiago de Surco)

Universidad Nacional del Callao (UNAC) (Callao)

Universidad Nacional de Educación E. Guzmán y Valle (UNE) (Chosica)

Nota:

CC: Centro Cívico

I-UNI: Inictel-UNI.

La Figura 3.20 muestra un diagrama de interconexión de enlaces de microondas:

a) I-UNI vía microondas con la UTP, USMP, UNA, ULIMA*; b) CC con UAP y UNFV

c) UNI con UPCH, UNMSM.PUCP** y UCV

Además : *ULIMA con URP y UPC y **PUCP con UNAC, por fibra óptica:

I-UNI con UNE y UNAC con PUCP

Figura 3.20:
Diagrama de interconexión
Enlaces por microondas

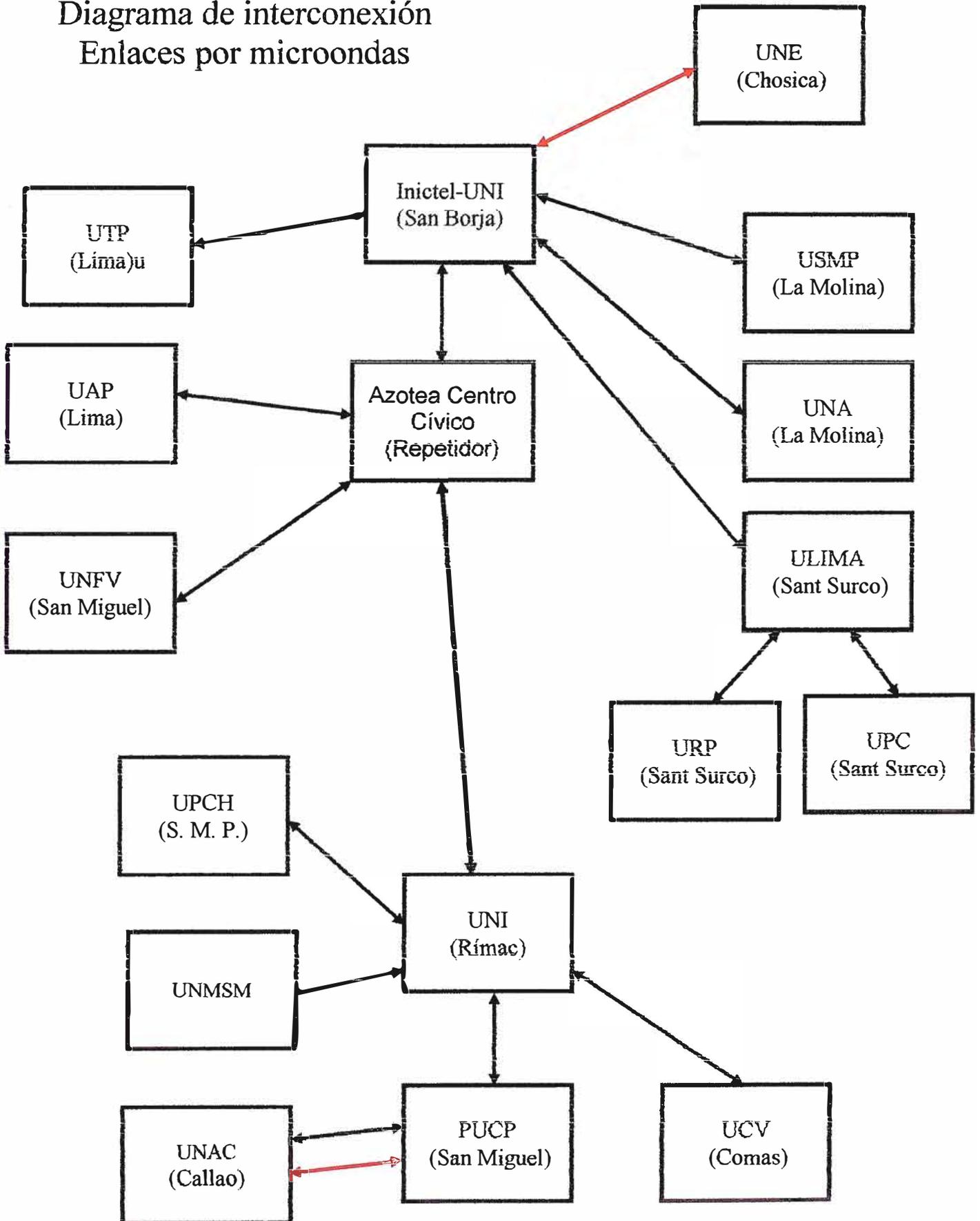


Tabla 3.2: Estimación de las distancia para los enlaces por microondas

De	A	D (Km)	Notas
UTP	I-UNI	4,86	
USMP	I-UNI	5,53	(3)
UNA	I-UNI	5,46	
UNE	I-UNI	35,62	(1)
ULIMA	I-UNI	2,58	
URP	ULIMA	5,26	
UPC	ULIMA	2,42	
CC	I-UNI	5,39	
UAP	CC	3,1	
UNFV	CC	0,22	
UNI	CC	4,48	
UPCH	UNI	1,02	
UNMSM	UNI	5,6	
UCV	UNI	7,16	
PUCP	UNI	6,78	
UNAC	PUCP	4,26	(2)

Fuente: Elaboración propia

Notas:(1) Enlace de fibra óptica 

(2) Enlace doble de fibra y por microondas

(3) Se ha considerado sólo la facultad de Ingeniería y Arquitectura para este informe ya que al igual que la UAP ya poseen enlaces para conectar sus diferentes locales.

Las distancias son referenciales y sólo para propósitos de ilustración.

CAPITULO IV

ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 Monto de la inversión

Vamos a analizar ambos escenarios, el primero con enlaces de microondas y el segundo con enlaces de fibra óptica la decisión de escoger uno o ambos dependerán de la disposición de cada universidad a invertir recursos.

Una vez presentado el diseño de las redes de transporte procederemos a realizar el flujo de caja. Para poder realizarlo se ha procedido a tener en cuenta los precios referenciales de los diferentes fabricantes y de la prestación de servicios; estos precios obviamente variaran en el transcurso del paso del tiempo y para la realización del proyecto deberán ser actualizados.

4.1.1 Redes de transporte mediante enlaces de microondas

Los costos relacionados con la red de transporte son los siguientes:

Adquisición de los equipos de enlaces por microondas, según el esquema propuesto:

Cada enlace de microondas consta de las siguientes partes (a cada extremo del enlace):

Tabla 4, 1: Listado de equipos para los puntos donde se colocaran los enlaces de uO

Item	Descripción	Precio Local US\$
1	Enlace de microondas	18,000
2	Codec	8,000
3	Líneas de transmisión	500
4	Antenas (2 unidades)	4,000
5	Sistemas de energía	1,000
6	Sistemas de protección y puesta a tierra	800
7	Torres	4,000
8	Otros	2,000
Total por cada lugar US \$		38,300

Fuente: Elaboración propia

Esto quiere decir que cada universidad deberá invertir los \$ 38,300 por cada enlace que tenga, asimismo si considera conveniente el enlace de fibra óptica, deberá asumir el costo del alquiler mensual por el uso de la fibra oscura.

Debido a que los equipamientos en algunas ubicaciones como en los nodos o puntos concentradores, comparten el mismo ambiente y la mayoría de los costos tales como la torre, el sistema de energía, el sistema de protección, entre otros, son compartidos, por lo que esta cantidad puede bajar, como en el caso del Centro Cívico o el Inictel-UNI.

4.1.2 Redes de transporte mediante enlaces de fibra óptica

Los costos son: Alquiler de enlaces tipo "fibra oscura" punto a punto. El mantenimiento de los mismos corre a cargo del operador que los suministra, por lo que su mantenimiento no se considera dentro de los costos del informe.

Tampoco hemos considerado el arriendo de enlaces conmutados por el overbooking que tienen y porque muchas veces no tienen la suficiente calidad de servicio para operación en tiempo real. Los codecs deberán escogerse con entradas y salidas duales de manera de ser el caso, redundantes de tener ambos enlaces (fibra y microondas) o en todo caso duplicarlos. La Tabla 4.2 indica los costos referenciales mensuales de alquiler para enlaces de fibra oscura entre los siguientes lugares:

Tabla 4.2: Alquiler mensual de la fibra oscura

De	A	US \$ mensual	Observación
UTP	I-UNI	3,000	(1)
USMP	I-UNI	3,000	
UNA	I-UNI	3,000	
UNE	I-UNI	3,000	
ULIMA	I-UNI	3,000	
URP	ULIMA	3,000	
UPC	ULIMA	3,000	
CC	I-UNI	3,000	(1)
UAP	CC	3,000	
UNFV	CC	3,000	
UNI	CC	3,000	
UPCH	UNI	3,000	
UNMSM	UNI	3,000	
UCV	UNI	3,000	
PUCP	UNI	3,000	
UNAC	PUCP	3,000	

(1) Equipo multiplexor/demultiplexor óptico (DWM)

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Costos de operación

Los costos relacionados con la operación y mantenimiento de la red son los siguientes.

Para los enlaces de microondas:

Canon (para los enlaces de microondas)

Mantenimiento correctivo anual

Mantenimiento preventivo anual

Para los enlaces de fibra óptica del tipo fibra oscura

Alquiler mensual (para los enlaces de fibra óptica del tipo "fibra oscura")

La interconexión entre locales de la misma institución, no se ha considerado en el presente informe, por lo que cada universidad tendrá que resolverlo de acuerdo a su disponibilidad de recursos y capital.

En la tabla 4.7 se detallan los precios de los equipos de microondas (incluyen unidades indoor, unidades outdoor y antenas), así como líneas de transmisión, infraestructura de telecomunicaciones, equipos para la videoconferencia y switch. La construcción e instalación de las torres y soporte para las ODU/antenas quedará a cargo de contratistas locales. Además la fabricación de los soportes para las antenas deberá ser encargada al mismo fabricante de las torres ello con el fin de ahorrar costos y uniformizar materiales.

Para garantizar un correcto funcionamiento de la red se realizará un plan de mantenimiento tanto correctivo como preventivo. A continuación se detalla en qué consistirá cada uno:

Mantenimiento Correctivo: se realizará cada vez que sea detectada una falla en alguna de las estaciones, la respuesta deberá ser inmediata porque la falla podría causar la interrupción del tráfico.

Mantenimiento Preventivo: se realizará una visita semestral a todas las estaciones. En estas visitas realizarán diversas pruebas para corroborar el rendimiento, y el mantenimiento indicado por los fabricantes en sus manuales.

4.2 Estimación del tiempo de ejecución

4.2.1 Para los enlaces de microondas

Tabla 4,3: Diagrama de tiempos de implementación

ACTIVIDADES	TIEMPO EN MESES					
	1	2	3	4	5	6
Planificación del Sistema	■					
Obtención de la Licencia para el uO	■	■	■			
Adquisición de Equipos		■	■	■	■	
Alquiler de fibra oscura				■	■	
Instalación				■	■	■
Pruebas					■	■
Capacitación						■

Fuente: "Elaboración propia"

Nota: Para las universidades estatales el tiempo promedio de adquisición es de 4 meses por lo engorroso de los procedimientos de adquisición en el estado, para las privadas es

menor, pero para el presente informe se pone el plazo más largo. A esto hay que sumarle el tiempo que demora conseguir la licencia que se ha estimado en tres meses en promedio para todos.

4.2.2 Para los enlaces de fibra óptica:

Mucho va a depender del operador que se contrate, nuevamente en el estado es un poco mayor que en caso de las privadas, por lo que puede estimarse en uno o dos meses para ya disponer de los enlaces, salvo que no existan facilidades técnicas en alguna zona de Lima.

Cada institución deberá escoger la opción más económica de interconexión, no se propone un criterio general ya que cada institución académica privada realiza sus propios concursos de adquisición según sus propios reglamentos. En el caso de las estatales los procesos deberán tener las asignaciones presupuestales antes de poder salir a concurso y estar programados en el caso de adquisiciones en su plan anual de compras.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La fibra óptica viene a ser el medio de transporte ideal para la interconexión entre las universidades, quedando los enlaces de microondas para los casos donde no sea factible, es decir donde no se cuente con facilidades para el despliegue de la fibra, o para fines de respaldo donde sea pertinente. Pero la decisión final quedará en manos de cada universidad.
2. La realización del proyecto permitirá la compartición de recursos académicos con el consiguiente ahorro para todos los involucrados.
3. Permitirá una sana competencia entre las distintas universidades ya que la red es una ventana para mostrar sus mejores talentos y capacidades mediante sus trabajos.
4. Permitirá que los proyectos puedan ser interdisciplinarios, es decir se podrán plantear y desarrollar proyectos de inclusión social donde cada uno aporte en su especialidad.
5. Este es un informe modelo para que pueda ser replicado en su ejecución en provincias y deja el camino para proyectos de interconexión entre las regiones y la capital

Recomendaciones

1. Que los equipos y servicios a adquirir por parte de las universidades sean de primera calidad, con soporte local post venta y con periodos de garantía lo más prolongados posibles, las marcas y modelos mostrados en el informe sólo son referenciales.
2. Que cada universidad asigne presupuesto para el mantenimiento local y la actualización de los recursos informáticos propios, asimismo que asigne presupuesto para las partes de la interconexión que les toque mantener según acuerdos previos sobre todo en el caso de los enlaces por microondas. En el caso de enlaces de fibra óptica alquilados honrar los compromisos de pago de servicio mensual y renovarlos oportunamente.
3. Tal vez la más importante, es la divulgación del proyecto de manera que se pueda conseguir que cuando éste se implemente, los usuarios utilicen los recursos que se compartan entre las universidades.

ANEXO A
RESULTADOS DE LA SIMULACION

Anexo A: Resultados de la simulación

Para los enlaces de corto alcance menores a 10 km se usa el modelo de "Tierra plana" por lo que solo se ha calculado considerando la pérdida por espacio libre, para mayores distancias se emplea software tipo el pathloss

Modelo de "Tierra Plana", distancias de enlaces menores o iguales a 10 Km.

RENDIMIENTO ESTIMADO DEL SISTEMA					
		PATH A:	7GHz Link		
		PATH B:	13GHz Link		
		PATH C:	21GHz LINK		
GENERAL PARAMETERS		PATHS			
		A	B	C	
1	EQUIPMENT TYPE		GigaPro	GigaPro	GigaPro
2	FREQUENCY	GHz	7.0	13.0	21.0
3	PATH LENGTH	km	8	8	8
4	PATH LOSS (FREE SPACE)	dB	127.4	132.7	136.9
5	TRANSMITTER POWER*	dBm	27.0	30.0	30
6	TRANSMITTER LOSSES				
	BRANCHING LOSS	dB	0.0	0.0	0.0
	OTHER LOSSES	dB	2.0	2.0	2.0
	FEEDER TYPE - LENGTH	m	150.0	150.0	150.0
	FEEDER LOSS/100M	dB	4.4	11.7	14.6
	FEEDER LOSS	dB	6.6	17.6	21.9
	TOTAL TX LOSS	dB	8.6	19.6	23.9
7	TX ANTENNA PARAMETERS				
	SIZE	m	1.2	1.8	1.8
	GAIN	dB	36.3	45.1	49.4
8	RADIATED POWER (5-6+7)	dBm	54.7	55.6	55.5
9	ATMOSPHERIC LOSS	dB	0.040	0.157	1.541
10	RECEIVED POWER (8-4)	dBm	-72.7	-77.3	-83.0
11	RX ANTENNA PARAMETERS				
	SIZE	m	1.2	1.8	1.8
	GAIN	dB	36.3	45.1	49.4
12	RECEIVER LOSSES				
	FEEDER TYPE - LENGTH	m	50.0	50.0	5.0
	FEEDER LOSS/100M	dB	4.4	11.7	14.6
	FEEDER LOSS	dB	2.2	5.9	7.3
	OTHER LOSSES	dB	2.0	2.0	2.0
	BRANCHING LOSS	dB	0.0	0.0	0.0
	TOTAL RX LOSSES	dB	4.2	7.9	7.9
13	SIGNAL AT RX INPUT (9+10-11)	dBm	-40.5	-40.1	-42.9

ANEXO B
EQUIPOS DE MICROONDAS

Anexo B - Equipos de microondas

TrangoLINK GigaPro™



High Performance, Ethernet & SDH/PDH Native Licensed Microwave Backhaul System 6-40 GHz

GigaPro Overview

The TrangoLINK GigaPro™ is a high-performance point-to-point wireless microwave system designed for Service Provider, Government, and Enterprise networks using licensed microwave spectrum. The GigaPro provides 750 Mbps of full duplex wireless capacity that is ideal for native IP (Ethernet) traffic via GigE and fiber interfaces as well as native TDM connectivity through STM-1, OC-3, T1 and E1 interfaces.

Dual Modem Architecture

The GigaPro is a dual modem, split architecture system offering full duplex capacity over licensed frequency bands 6-40 GHz. The GigaPro offers advanced features and performance such as high power ODU's, exceptional receiver sensitivity and hitless adaptive coding and modulation (ACM). As a dual modem system, the GigaPro also offers various forms of advanced hitless link protection such as 1+1 hot standby, space diversity, frequency diversity, as well as 2+0 link aggregation and East-West modes. With these features, coupled with QoS features, the GigaPro can achieve capacity and reliability levels and link distances for voice and data not previously achievable using conventional fixed modulation techniques.

Future-Proof Design

GigaPro's future-proof design protects your microwave backhaul investment. Embedded software keys enable flexible speed and feature upgrades - allowing you to unlock speeds ranging from 100 to 750 Mbps. The software keys also unleash additional TDM functionality. GigaPro's future-proof protection allows you to easily migrate from your TDM network today to the 4G all Ethernet architecture of tomorrow.

TrangoLINK GigaPro™ Key Features

- Up to 1.5 Gbps (750 Mbps Full Duplex) Capacity
- Dual & Single Modem Options
- Hitless Adaptive Coding and Modulation (ACM)
- Hitless 1+1 Hot Standby
- Frequency & Spatial Diversity
- Industry-Leading System Gain
- 6-40 GHz Support
- 3.5-56 Mhz Channel Bandwidth
- Up to 2,000,000 Packets per Second
- 2x GigE Fiber & 4x GigE Copper Ports

- 2x STM-1/OC-3 Interfaces
- 32x T1/E1 Ports
- Support for up to 8 Classes of Service (CoS)
- Min/Max shaping per port
- FCC/ETSI & NEBS Compliant
- Ultra low latency, as low as $<100 \mu\text{S}$ (.1 ms), ideal for triple play
- Standard 2-Year Manufacturer's Warranty



Private and Enterprise Networks

Private and Enterprise Networks using Trango Systems' licensed microwave systems can realize significant cost savings in recurring costs over traditional leased lines while simultaneously increasing the capacity of their LAN/WAN.

Both the TrangoLINK ApexPlus™ and the TrangoLINK GigaPro™ feature guaranteed throughput and ultra-low latency to support video, voice and data traffic. Coupled with the most configurations for improving link reliability, the TrangoLINK line leads the industry with the most flexible and scalable options.

Trango products can be expanded remotely as the network capacity demands increase, via simple software updates. Remote software updates, out-of-band management and easy to learn GUIs with full SNMP support ensure a seamless transition into the most demanding LAN/WAN environments.



High Performance antenna

ANEXO C
EQUIPOS PARA VIDEO CONFERENCIA

Anexo C - Equipos para video conferencia

Sony PCS-G50

Sistema de Videoconferencia que Incluye:

Procesador o CODEC compacto para videoconferencia H.323

Velocidad de comunicación de 64 kbps a 2 Mbps por IP

Cancelador de eco interno, supresor de ruido y control automático de ganancia.

Conexión para doble monitor (2-NTSC o NTSC+1-XVGA)

Ranura "Slot" para tarjeta de memoria

para el almacenamiento de imágenes recibidas o para transmitir imágenes durante una videoconferencia.

Cumple con estándares de comunicación ITU-T H.320, ITU-T H.323 y SIP

Compresión de video H.261, H.263, H.263+, H.263++, .264, MPEG4 SP@L3

Compresión de audio G.711, G.722, G.722.1, G.723.1, G.728, G.729, MPEG-4 AAC

Manejo de calidad de servicio (QoS) IP Precedence y DifServ

Encriptación de señal AES de 128bits

Función de Picture in Picture, en cualquiera de las cuatro esquinas y apagado

Puerto USB para pizarrón blanco Mimio Xi*

Entradas de video: 1 D-Sub 15-pin para camara principal, 1 s-video o video compuesto para entrada de video auxiliar

Entradas de audio: 1 RCA, 1RCA(Aux), 2 analoga(microfono), 2 digital(microfono)

Salidas video: 2 s-video (main/sub), 1VCR(compuesto), 1XGA(main/sub).

Salidas audio: 2 RCA(linea)

Puerto RS-323C para control y monitoreo

Capacidad Multipunto con la licencia adecuada.

Manual en español, cables y accesorios para su instalación y conexión.

Unidad de Camara

Zoom 40X, 10X ópticos.

Movimiento Horizontal 100 °

Movimiento Vertical 25 °

Control remoto para operarse con 1 mano, inalámbrico y ergonómico.



1-

ANEXO D
GLOSARIO DE TÉRMINOS

ASK:	Amplitude Shift Keying
ATM:	Asynchronous Transfer Mode (Modo de transferencia asíncrono)
CAPEX:	Capital Expenditures (Costos de Capital)
CLARA:	Cooperación Latino Americana de Redes Avanzada
DTED:	Digital Terrain Elevation Data (Datos digitales del terreno)
DTM:	Digital Terrain Model (Modelo digital del terreno)
EIRP:	Effective Isotropically Radiated Power (Potencia isotrópica efectiva irradiada)
ETSI:	European Telecommunication Standardization Institute (Instituto Europeo de Estandarización de las Telecomunicaciones)
FSK:	Frequency Shift Keying
IDU:	In-Door Unit (Unidad interior)
IP:	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
IRL:	Isotropic Receive Level
LAN:	Local Area Network (Red de área local)
LSF:	Loss in Free Space (Pérdida por el espacio libre)
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MCU:	Multipoint Control Units
MSOH:	Multiplexing Section Overhead
ODU:	Out-Door Unit (Unidad exterior)
OPEX:	Operational Expenditures (Costos de operación)
PDH:	Plesiochronous Digital Hierarchy (Jerarquía digital plesio sincrónica)
PSK:	Phase-Shift Keying
QAM:	Quadrature Amplitude Modulation (Modulación de amplitud en cuadratura)
QoS:	Quality of Service (Calidad de servicio)
RAS:	Registration, Admission and Status (Registro, admisión y estado)
RSL:	Receive Signal Level (nivel de recepción de la señal)
RSOH:	Regenerator Section Overhead
RTP:	Real-Time Transport Protocol (Protocolo de transporte en tiempo real)
SDH:	Synchronous Digital Hierarchy (Jerarquía digital sincrónica)
SRTM:	Shuttle Radar Topography Mission
STM:	Synchronous Transfer Mode (Modo de transferencia sincrónico)
TCP:	Transmission Control Protocol (Protocolo de control de transmisión)
UDP:	User Datagram Protocol
UIT:	Unión Internacional de las Telecomunicaciones
UPS:	Uninterruptible Power Supply (Fuente de poder ininterrumpida)

UTP: Unshielded Twisted Pair (Par trenzado no blindado)
VC: Virtual Container (Contenedor virtual)

BIBLIOGRAFIA

1. Cisco CALIDAD DE SERVICIO Exam Certification Guide, Cisco System – 2004
2. Recomendación ITU-T G.107
3. Recomendación UIT-R P.453-9 - 2007.
4. Recomendación UIT-R F.368-8 – 2007
5. Recomendación UIT-R P.530-13 – 2009
6. Architectural and Functional Aspects of Radio-Relay Systems for SDH Networks - GEOFF, MANSOOR, CHRIS - 1992.
7. Radio System Design for Telecommunications - FREEMAN - 1997.
8. Multimedia sobre redes IP HUIDOBRO JOSE MANUEL - 2006.
9. Microwave Transmission Networks", 2nd ed. - LEHPAMER HARVEY " 2009.
10. Redes ópticas CAPMANY FRANCOY ORTEGA TAMARIT - 2006.
11. "Texto único ordenado del reglamento general de la ley de telecomunicaciones".MTC
12. Descripción del nuevo estándar de video H.264 y comparación de su eficiencia de codificación con otros estándares - OCHOA DOMÍNGUEZ, MIRELES GARCÍA, COTA RUÍZ, - 2007.
13. RESOLUCIÓN MINISTERIAL N°777-2005-MTC/03 "Establecen condiciones técnicas de servicios de telecomunicaciones para el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias". MTC-2005.
14. RESOLUCIÓN VICEMINISTERIAL N° 102-98-MTC-15.03 "Canalización de bandas para servicios con sistemas de radioenlaces analógicos y digitales y para enlaces fijos y móviles auxiliares a la radiodifusión por televisión". MTC-1998.
15. Informe de suficiencia de Celso Palomino Peña, UNI-FIEE-2011
16. Seth Stein and Michael Wyssession, "An introduction to seismology, earthquakes,
17. <http://metroethernetforum.org/index.php>
18. <http://www.trangosys.com/products/point-to-point-wireless-backhaul/licensed-wireless/trangolink-gigapro.shtml>
19. <http://www.vitech.com.mx/pcsg50.html>.; www.cisco.com