

164
Zejeun

U.N.A.M.

FACULTAD DE INGENIERIA

**Metodología para la planeación, implementación
y puesta en operación de la Red Metropolitana de
Datos de la UNAM.**

T E S I S

Que para obtener el título de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA ELÉCTRICO - ELECTRÓNICA
p r e s e n t a n
DANIEL ALBERTO DE LA ROSA PÉREZ
LUIS ALBERTO VILA GARCÍA



DIRECTOR DE TESIS: Ing. Ricardo MartínezGarza Fernández

México, D.F.

1995

FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicamos este trabajo

**A nuestros padres
por su ejemplo**

A nuestros hermanos

A los verdaderos amigos

**Y a todas las personas que nos han ayudado a
seguir adelante**

Queremos agradecer....

Ing. Ricardo Martinezgarza por su paciencia, apoyo y toda la ayuda que nos ha brindado siempre.

A la Dirección de Telecomunicaciones Digitales, por habernos iniciado en el campo de las Telecomunicaciones.

Al Departamento de Conectividad por sus valiosas enseñanzas.

A la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico por habernos brindado la oportunidad de participar en este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería por la formación que nos dio.

A nuestra amada Universidad.

Índice

Capítulo	1	INTRODUCCIÓN	4
		1.1 OBJETIVO, 4	
		1.2 ANTECEDENTES, 5	
		1.3 REDES DE TELECOMUNICACIONES, 6	
Capítulo	2	ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS	9
		2.1 UBICACIÓN DE LOS NODOS, 9	
		2.2 ESTIMACIONES DE TRÁFICO, 11	
		2.3 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD, 13	
		2.4 REDES INTERNAS, 15	
		2.5 MEDIOS DE TRANSMISIÓN PARA REDES INTERNAS, 17	
Capítulo	3	DISEÑO DE LOS ENLACES METROPOLITANOS	19
		3.1 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LOS ENLACES, 19	
		3.2 ESTUDIO ECONÓMICO, 20	
		<i>a) ENLACE DE MICROONDAS, 21</i>	
		<i>b) RED DIGITAL INTEGRADA, 24</i>	
		3.3 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN, 26	
		3.4 DISEÑO FINAL DE LA CONFIGURACIÓN DE LA RED, 28	
		3.5 PLANEACIÓN DE LOS TRABAJOS, 32	
		3.6 ESTUDIOS PARA LOS ENLACES DE MICROONDAS Y RDI, 36	
		<i>A) MICROONDAS, 36</i>	
		<i>B) RED DIGITAL INTEGRADA, 41</i>	

Capítulo	4	DISEÑO DE REDES INTERNAS,	43
		4.1 LOCALES DE TELECOMUNICACIONES,	43
		4.2 ETAPA DE DISEÑO,	46
		4.3 CARACTERÍSTICAS DE CABLEADOS INTERNOS,	49
		<i>a) CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA,</i>	<i>49</i>
		<i>b) CABLEADO DE PAR TRENZADO,</i>	<i>52</i>
		<i>c) CABLEADO DE CABLE COAXIAL,</i>	<i>54</i>
Capítulo	5	INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO EN CADA NODO	56
		5.1 SELECCIÓN DEL EQUIPO,	56
		5.2 EQUIPO E1 (CONVERTIDOR DE INTERFASE),	56
		5.3 RUTEADORES,	58
		5.4 CONCENTRADORES,	63
		5.6 SOFTWARE Y TARJETAS PARA RED ETHERNET,	66
Capítulo	6	PUESTA EN OPERACIÓN Y MONITOREO DE LA RED METROPOLITANA	68
		6.1 ENLACE DE E1,	68
		6.2 PUESTA EN OPERACIÓN REDES INTERNAS,	70
		<i>a) PUESTA EN OPERACIÓN DE LOS ENLACES DE FIBRA ÓPTICA,</i>	<i>71</i>
		<i>b) PUESTA EN OPERACIÓN DE CABLEADOS INTERNOS,</i>	<i>72</i>

*c) INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE
TARJETAS Y SOFTWARE EN CADA EQUIPO
DE CÓMPUTO, 73*

6.3 MONITOREO, 75

6.3.1 CISCOWORKS, 76

Capítulo	7	METODOLOGÍA	78
		7.1 PLANEACIÓN, 78	
		7.2 IMPLEMENTACIÓN, 79	
CONCLUSIONES			80
APÉNDICE A			82
APÉNDICE B			92
BIBLIOGRAFÍA			98

1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, y con mayor importancia en las instituciones académicas, no sólo es indispensable tener acceso a los enormes volúmenes de información que se generan dentro de sí mismas y a nivel mundial, sino tener acceso a la información en el momento en que se genera. Por ello, respondiendo a la apremiante necesidad de modernizar las comunicaciones en la Universidad, a finales de 1989 se estableció un ambicioso proyecto para renovar completamente la infraestructura y los sistemas de telecomunicaciones. Así surge la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM, cuyo objetivo primordial es la transmisión indistinta de voz, datos e imágenes entre las dependencias universitarias independientemente de su ubicación geográfica.

La Red Integral de Telecomunicaciones es completamente propiedad de la UNAM, siendo operada en su totalidad por personal de la Dirección de Telecomunicaciones Digitales de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico. Esta red contaba para el año de 1992, con 31 nodos de cómputo y telecomunicaciones enlazados entre sí por diferentes medios como fibra óptica, satélite o microondas, proporcionando una capacidad instalada en la parte de transmisión de voz para 13,000 servicios digitales alimentados por 2,400 troncales digitales conectadas vía fibra óptica con las centrales telefónicas públicas; y para transmisión de datos, con la conexión de más de 110 redes locales de cómputo, la mayor parte de las cuales están ubicados dentro de Ciudad Universitaria. Sin embargo, a pesar de que RedUNAM era una de las redes privadas más grandes del país, hacía falta integrar las escuelas de nivel medio superior y superior que se encuentran ubicadas dentro del área metropolitana de la Ciudad de México.

1.1 OBJETIVO

El objetivo de este trabajo de tesis es proporcionar la metodología que se obtuvo para el diseño, la implementación y la puesta en operación de la Red Metropolitana de Datos de la UNAM, a partir de los estudios previos que se realizaron, el proceso de diseño que se siguió, la toma de decisiones en cuanto a tecnologías y equipos a utilizar, y finalmente, las pruebas de funcionamiento y el monitoreo de la red metropolitana, con el propósito de que la experiencia obtenida al haber participado en este proyecto sea de utilidad para las personas interesadas en este campo de la Ingeniería.

Esta metodología la presentamos al final del trabajo, considerando que esta propuesta parte de la experiencia adquirida a lo largo de nuestra colaboración en el proyecto Red Metropolitana de Datos de la UNAM. Parte de un análisis de los requerimientos que teníamos para determinar las características generales del proyecto, brindándonos la información necesaria para poder considerar diversas alternativas de solución. Los estudios de factibilidad comprenden la evaluación de los medios de comunicación disponibles y otros aspectos importantes para el establecimiento de los enlaces metropolitanos y redes locales; la planeación de los enlaces considera la información presentada en los estudios de factibilidad, para definir la topología y las tecnologías a emplear en cada caso. La toma de decisiones tiene que estar sólidamente fundamentada en todos los estudios previos, para implementar la solución que presente satisfacción con mayores beneficios nuestras necesidades. Así mismo, en la planeación del proyecto fue importante considerar los aspectos de acondicionamiento de los sitios en los que se realizaría la instalación de los equipos, lo que implicó la organización del proyecto para su desarrollo y seguimiento, tanto desde el punto de vista humano como técnico. La puesta en operación es la etapa donde se ponen a funcionar todos los elementos de la red en su conjunto, y a través del monitoreo se pueden apreciar los resultados finalmente obtenidos.

1.2 ANTECEDENTES

Dentro de los programas prioritarios de la UNAM, en 1990, se encontraba el programa de descentralización administrativa de las unidades multidisciplinarias y planteles de bachillerato de la UNAM. Este es un proyecto ambicioso ya que pone en manos de cada dependencia la realización de más de 30 trámites y servicios administrativos, y tiene como objetivo dar autonomía a las unidades descentralizadas para que sean capaces de plantear sus propios objetivos y organizaciones, el diseño de sus programas de investigación y la administración de sus recursos.

Así mismo, la UNAM definió un amplio programa con el objeto de incorporar a los alumnos desde el bachillerato hasta el posgrado a la cultura informática, proporcionando al personal docente y de investigación las más modernas herramientas de la tecnología informática para el desarrollo de sus actividades, de forma que puedan tener el acceso a los grandes bancos de información mundial en el momento en que lo requieran. Esto se realiza a través de la conexión de RedUNAM a la red INTERNET, la más grande del mundo con fines académicos y de investigación, que es utilizada por quince millones de personas en más de 100 países para

intercambio de información, proporcionando servicios tales como correo electrónico, transferencia de archivos y sesiones remotas. Cabe mencionar que se estima que esta red tiene un crecimiento mensual de entre un 10 y un 15%, siendo ésta la red electrónica que presenta el crecimiento más rápido en el mundo.

Estos programas prioritarios para el desarrollo e integración de las escuelas del área metropolitana de la Universidad justifican el surgimiento, a finales de 1992, del proyecto Red Metropolitana de Datos de la UNAM, como un eficiente medio de comunicación e intercambio de información entre las unidades multidisciplinarias, los planteles de bachillerato y las dependencias que se encuentran ubicadas en Ciudad Universitaria.

Resulta importante mencionar que la población universitaria de estas escuelas y facultades es superior a 180,000 personas, lo que comprende a investigadores, profesores de carrera, estudiantes de todos los niveles, así como administrativos y directivos de todos los planteles, los cuales ya se encuentran en posibilidad de hacer uso de los servicios de RedUNAM e INTERNET. Una de las metas de la red fue poner a disposición de cualquier universitario (alumno, académico, administrativo o directivo) los recursos de cómputo que le brinda la UNAM.

Este proyecto es de gran magnitud desde el punto de vista de telecomunicaciones, ya que los puntos que se pretendía enlazar se encontraban situados en los cuatro puntos cardinales del Distrito Federal y del área Metropolitana, contemplando un número elevado de sitios (20 lugares distintos: 5 Colegios de Ciencias y Humanidades, 9 Escuelas Preparatorias, 5 unidades multidisciplinarias y la Dirección General de Preparatorias). Por ello, podemos decir que la red de datos a implementar era una Red de Área Metropolitana (MAN por sus siglas en inglés). En este caso la MAN provee una conexión remota para múltiples lugares dentro de una área de unos cientos de kilómetros cuadrados. Así surge el proyecto de la Red Metropolitana de Datos de la UNAM.

1.3 REDES DE TELECOMUNICACIONES

Hemos hablado de la Red Metropolitana, y esto es el momento de definir que es lo que entendemos por este término. Una *red* puede ser definida¹ como un conjunto de dispositivos de comunicación que están interconectados y son autónomos, en donde un dispositivo de comunicación es aquel sistema que transmite o recibe datos en forma general; la interconexión

de los dispositivos se refiere a que estos equipos pueden intercambiar datos a través de algún medio físico (cable coaxial, fibra óptica, par trenzado) o a través del espacio libre (satélites, microondas, láseres, etc.); y el concepto de autonomía consiste en que en el caso de falla de un elemento de la red los demás puedan funcionar (aunque pueda ser que no se puedan comunicar), lo cual excluye a los sistemas que tienen definida una relación maestro-esclavo entre sus elementos.

Una Red de Área Metropolitana en un principio se definió² para interconectar redes locales en una área geográfica correspondiente al tamaño de una ciudad grande. Sin embargo, actualmente se comienza a emplear para definirla el hecho de ser portadora de diferentes tipos de tráfico simultáneo, incluyendo ráfagas de datos en tiempo real, voz y video. Operan en diferentes tipos de medios físicos, destacando la fibra óptica, y están constituidas por diferentes tipos de dispositivos de comunicación; es por esto que las aplicaciones de este tipo de redes son amplias.

Una MAN típicamente tiene las siguientes características:

- 1) *Área Geográfica*: Mayor a 100 kilómetros.
- 2) *Velocidades*: De hasta 100 Mbps.
- 3) *Número de estaciones*: Pueden ser más de 500.
- 4) *Taza de error (bit error rate BER)*: menor a un error por cada 10^9 bits.
- 5) *Medio físico*: Fibra óptica y microondas.

Dados los variados ambientes en los que opera una MAN, existe gran variedad de aplicaciones que pueden ser instrumentadas a partir de ella, algunas de las cuales requieren un gran ancho de banda. De las aplicaciones existentes en la actualidad tenemos, por ejemplo:

Interconexión de redes de área local.

Transmisión de voz y datos.

Acceso a sistemas de almacenamiento de video, documentos o imágenes.

Interconexión de PBX.

Comunicaciones con multimedia en un gran ancho de banda.

Videoconferencia.

Transferencia de gráficos e imágenes de alta resolución.

Sin embargo, nuestra Red Metropolitana requería únicamente de transmisión de datos de las unidades periféricas hacia Ciudad Universitaria, por lo que las características anteriores varían un poco. En esta red, las aplicaciones que se deseaban tener eran la interconexión de redes de área local y acceso a los servicios disponibles en la RedUNAM.

Cabe agregar que el proceso de diseño de esta red se basó en las experiencias adquiridas en el proyecto de la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM en su etapa de telefonía digital a nivel metropolitano, y al desarrollo de la red de datos (conocida como RedUNAM) dentro de Ciudad Universitaria.

Referencias:

-
- ¹ William Stallings *"Local Area Networks"* 1990
 - ² Kessler & Train *"Metropolitan Area Networks"* 1991

2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

La existencia dentro de nuestra Universidad de la necesidad de descentralizar las actividades administrativas en las Escuelas Metropolitanas; y la exigencia de la comunidad universitaria en estas dependencias de contar con un eficiente medio de transmisión de información hacia Ciudad Universitaria y hacia las instituciones de investigación y educación superior del extranjero, representaron dos de los más importantes elementos para el surgimiento del proyecto de la Red Metropolitana de Datos de la UNAM, que fue planteada para la transmisión exclusiva de datos, y que se integraría como un elemento adicional a RedUNAM, para permitir la comunicación de estas escuelas hacia todo Ciudad Universitaria y a la red INTERNET.

Por todo esto, a partir de año de 1992 comenzó el diseño de la Red Metropolitana de Datos de la UNAM, la cual tenía que cumplir con las siguientes características:

1. **Confiabilidad:** Esta red se diseñó para la transmisión de datos, entre los que destacan los datos administrativos, por lo que debe de estar disponible en todo momento y mantener un mínimo de errores en la comunicación.
2. **Rapidez:** Debido a que existen periodos donde existe un mayor tráfico de información, esto no debe reflejarse en el desempeño de la red, sino que se debe disponer de una suficiente velocidad de comunicación en todos y cada uno de los canales que se implementen.
3. **Expandibilidad:** A pesar de ser un proyecto grande, existen necesidades de las escuelas que en esta primera etapa no han podido ser resueltas, por lo que el crecimiento a futuro debe poder ser aceptado por el equipo instalado, así como por los medios de comunicación.
4. **Económica:** El presupuesto que se aprobó para este proyecto tenía que ser respetado, y éste es uno de los factores más importantes en todo el proyecto.

2.1 UBICACIÓN DE LOS NODOS

La ubicación de los sitios que deseábamos enlazar en la Red Metropolitana de datos de la UNAM se pueden apreciar en la siguiente figura:

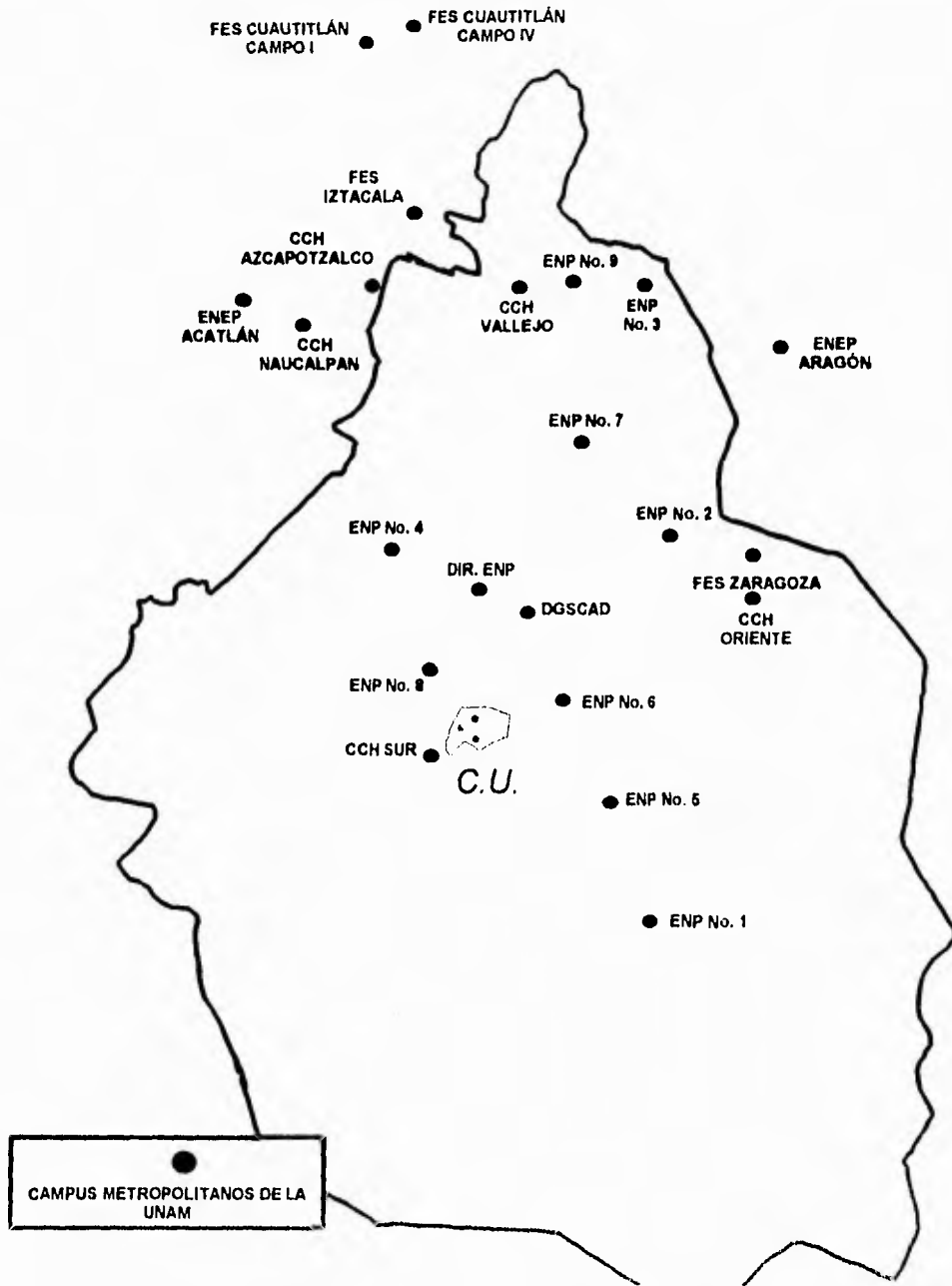


Figura 2.1 Ubicación de los planteles metropolitanos UNAM

Esto planteaba todo un reto desde el punto de vista de comunicaciones, ya que se contemplaba enlazar las Facultades de Estudios Superiores (Cuautitlán y Zaragoza), las Escuelas Nacionales de Estudios Superiores (Aragón, Acatlán e Iztacala), los 9 planteles de la Escuela Nacional Preparatoria, los 5 planteles del Colegio de Ciencias y Humanidades (Sur, Oriente, Vallejo, Naucalpan, Azcapotzalco) y la Dirección General de Preparatorias.

Como se puede apreciar, los campos se encuentran ubicados en todo el Distrito Federal y área conurbada, y enlazar estos 20 puntos a Ciudad Universitaria requirió de una planeación y evaluación cuidadosa tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Adicionalmente, diremos que el diseño de la red se dividió en dos grandes partes: la primera fue la planeación de los enlaces metropolitanos y la segunda el diseño de los enlaces internos en cada lugar. Ambos aspectos son muy importantes, ya que el primer reto es poder comunicar a toda la escuela, y el segundo y a la par de importante, es poder llevar esta comunicación al punto en el cuál será utilizado.

2.2 ESTIMACIONES DE TRÁFICO

El siguiente elemento importante era la determinación de la velocidad de transmisión que utilizaríamos en los enlaces metropolitanos. Esto involucra la estimación del tráfico en la red y la evaluación de opciones para este tráfico. Podemos considerar dos tipos principales de tráfico: el tráfico promedio y los picos de demanda de tráfico. Existen aplicaciones que requieren de una amplia capacidad todo el tiempo, en tanto que otras aplicaciones, generan picos muy grandes de tráfico en intervalos cortos de tiempo. Las fuentes de tráfico incluyen:

- **Usuarios:** el número de transacciones durante la hora más ocupada, el tamaño de cada transacción, todo esto nos hace cuantificar el tráfico en la red.
- **Herramientas de administración de redes:** algunas de estas herramientas proveen estadísticas del tráfico en la red, tanto de redes LAN como MAN.
- **Otros:** monitoreos especializados, tráfico propio del protocolo, etc.

Además de todos los aspectos anteriores, es esencial estimar el crecimiento de la red. Esto requiere del conocimiento de la infraestructura y de las aplicaciones específicas, y por ello necesitamos hacer uso de datos históricos, y del conocimiento de experiencias anteriores.

Por todo lo anterior, resultó importante la realización en la RedUNAM el estudio del tráfico correspondiente. Para ello realizamos mediciones en circunstancias similares a las que se presentarían en las escuelas metropolitanas, considerando para esto condiciones de tráfico máximo y dos casos de tráfico promedio, uno considerando la "Facultad de Ingeniería", donde la población estudiantil es aproximadamente la misma que las escuelas de educación superior del área metropolitana, y el segundo caso considerado fue la "Dirección de Control e Informática", donde se realizan un gran número de trámites administrativos.

El estudio fue realizado mediante Ciscoworks, la cual es una herramienta de monitoreo que cuenta con diversas mediciones. El Ciscoworks se describirá más ampliamente en el capítulo 7. La medición que se utilizó es un reporte semanal que nos proporciona Ciscoworks donde se describe la cantidad de paquetes que cruzaron algún puerto de un ruteador particular. Las mediciones se tomaron durante 6 semanas de actividad normal en todos los lugares elegidos.

En estos reportes semanales se toman las siguientes mediciones: Kbytes y paquetes totales que recibió el puerto y el pico de demanda, medido en base al porcentaje máximo utilizado del canal de 10 Mbps. El promedio obtenido de tráfico recibido en el puerto y el pico máximo de demanda que obtuvimos en las seis semanas de monitoreo se presentan a continuación :

- DGSCA - TELECOM (TRÁFICO MÁXIMO). En el segmento que comunica a estos dos ruteadores obtuvimos un promedio semanal de 7404 Mbytes y un pico máximo de demanda de 48 % .
- DIRECCIÓN DE CONTROL E INFORMÁTICA (ADMINISTRATIVO). En esta dependencia, donde se realizan una gran número de trámites administrativos, mayor al de cualquier secretaria administrativa de la red metropolitana, se obtuvo un promedio semanal de 734 Mbytes y un pico máximo de demanda de 10 %.
- FACULTAD DE INGENIERÍA (POBLACIÓN ESCOLAR SIMILAR). En este plantel se obtuvo un promedio semanal de 44 Mbytes y un pico máximo de demanda de 4%.

En base a las mediciones anteriores se obtuvo que la demanda promedio esperada se encuentra dentro del rango de 40 a 50 kbps, en tanto que la demanda máxima esperada se podría situar entre 1 y 1.5 Mbps

Considerando los datos anteriores podemos decir que con canales de comunicación de 64 kbps podemos satisfacer la demanda esperada inicialmente en los enlaces de la Red Metropolitana. Con esta velocidad se puede manejar todo el tráfico promedio sin ningún problema, y los picos de demanda esperados no son tan elevados como los que se presentan en RedUNAM, y además, ésta es la velocidad comercial de los equipos de comunicaciones.

2.3 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

A continuación presentaremos algunas de las características de la red metropolitana y los principales medios de transmisión con los cuales se contaban para implementarla con base en las cuales podríamos determinar, de entre las alternativas varias que se tenían al combinar los diversos medios, la que satisficiera nuestros requerimientos y fuese más factible de implementar de acuerdo a nuestros recursos. Esto se puede englobar dentro de los estudios de factibilidad que se requieren para la realización de todo proyecto de telecomunicaciones, los que requieren una alta inversión, un intervalo grande de tiempo para implementarlo y presentan un alto riesgo de obsolescencia, ya que el desarrollo de la tecnología puede ocasionar en un tiempo corto que la solución que se implementó no resulte la más adecuada.

La factibilidad técnica considera los requerimientos asociados con las aplicaciones y estima la capacidad de red requerida. Para nuestro caso los estudios de factibilidad nos proporcionan datos con los cuales se determinan los medios de comunicación posibles a emplear para la Red Metropolitana, basándonos en la ubicación geográfica de las escuelas y en el estudio de tráfico realizado. Estos estudios nos proporcionan información general sobre cada uno de estos medios, así como sus características técnicas más importantes.

Estos posibles medios son líneas privadas, radiomodems, microondas, vía satélite y la Red Digital Integradas de Teléfonos de México.

a) Líneas privadas: Este tipo de enlace consisten en la renta a Teléfonos de México de una línea telefónica exclusiva entre dos puntos, lo que establece un circuito de comunicación fijo entre estos. Normalmente se pueden establecer comunicaciones con una velocidad máxima de 28,400 bps estableciendo protocolos de compresión de datos.

b) Radiomodems: Este tipo de enlaces consiste en el establecimiento de comunicación a través de ondas electromagnéticas en las frecuencias de UHF o VHF, donde la velocidad máxima de comunicación posible es de 128 kbps, y requiere de la existencia de línea de vista entre las antenas. Tiene la ventaja de tener alcance en distancias metropolitanas y existe una amplia variedad de equipos en el mercado.

c) Microondas: Los sistemas de microondas operan en frecuencias de 2 a 40 Ghz, pudiendo establecerse enlaces de hasta 50 km. con velocidad de transmisión elevadas (8 Mbps es una velocidad existente). El aspecto más importante para establecer un enlace de microondas es la existencia de línea de vista entre los puntos que se van a enlazar, para lo cual se realiza un estudio de línea de vista.

d) Satélites: Este tipo de sistemas es la única alternativa para sitios cuya posición geográfica y orografía no permiten cualquier otro tipo de comunicación. Un enlace satelital es esencialmente un sistema de microondas cuyo repetidor se encuentra a 36000 km. de la superficie permitiéndonos esto llegar a cualquier lugar que este dentro de la cobertura del satélite. En México este tipo de enlace es factible gracias a que contamos con tres satélites de comunicaciones. Los enlaces de que usualmente se establecen van de 19.2 kbps hasta 2.048 Mbps.

e) Red Digital Integrada (RDI): La RDI es una red totalmente digital y adicional a la red telefónica pública, apta para transportar todo tipo de señales de información, ofreciendo a los usuarios un medio para dar solución a sus requerimientos de comunicación de voz y datos en altas velocidades. Principalmente se encuentra conformada por enlaces de fibra óptica y ofrece el servicio de líneas privadas para la conducción de señales punto a punto o multipunto tipo E0 (64 kbps), $n \cdot E0$ ($n \cdot 64$ kbps) y E1 (2.048 Mbps) y circuitos privados para conducción de señales nacionales e internacionales tipos E0 y E1. Tiene cobertura a cualquier punto del Distrito Federal y a las 29 ciudades más importantes del país.

Además de la factibilidad técnica, se requirió que los diversos medios de transmisión cumplieran con los siguientes aspectos adicionales, prioritarios para el buen desempeño de la red:

1. VELOCIDAD DE LOS ENLACES. Estos tenían que tener una capacidad suficiente para satisfacer las demandas existentes y soportar un crecimiento a futuro. Por ello consideramos en forma general establecer los enlaces a 64 Kbps o 2.048 Mbps, satisfaciendo en el primer caso la demanda actual promedio, y con el segundo un gran crecimiento a futuro.

2. ASPECTO ECONÓMICO. Este es uno de los puntos vitales del proyecto, ya que había que limitar los costos al monto de la partida presupuestaria asignada. En este aspecto hay que analizar la diferencia en costos entre los enlaces de diferentes velocidades, para optar por aquella que presente la mejor relación costo/velocidad.
3. TASA DE ERROR. Este es un aspecto importante en el desempeño de toda red de comunicaciones de datos, y que no podía descuidarse debido a la importancia de la información a transmitir: datos para investigaciones, para administración escolar, etc. Por ello los sistemas a emplear debían de tener una tasa de error menor 0.1 %.

De acuerdo con nuestros planteamientos, de los medios de comunicación anteriores descartamos las líneas privadas por no cumplir con las características de velocidad de transmisión que requeríamos; los radiomodems, ya que dentro de la experiencia que tenemos en RedUNAM, hemos observado el gran número de errores que presentan debido a la saturación de las frecuencias que utilizan, por lo que los errores en comunicación son comunes, lo que origina una velocidad de transmisión efectiva mucho menor que la capacidad del canal de comunicación y los enlaces vía satélite, donde el inconveniente que se presentó fue el costo de instalación y mantenimiento del número dado de enlaces con la velocidad de transmisión adecuada; hay que agregar que la cobertura de este medio sobrepasaba las necesidades del proyecto.

Por tanto, para el diseño de la red se determinó que los medios a emplear serían enlaces de la Red Digital Integrada y enlaces de microondas; ambos medios son enlaces punto a punto con una tasa de error adecuada y que además contaban con la velocidad suficiente (y aún mayor) para satisfacer nuestras necesidades de comunicación, por lo que el uso de cualquiera de ellos iba a ser sujeto a discusión. En lo referente a la limitación de distancia existente en los sistemas de microondas no se presentó ningún problema, ya que ninguno de los enlaces propuestos sobrepasó los 10 kilómetros, por lo que eran técnicamente factibles.

2.4 REDES INTERNAS

El siguiente requerimiento que teníamos que satisfacer era llevar los servicios de RedUNAM a los usuarios finales. En algunos casos ya existían redes internas y únicamente se tenía que integrar esta infraestructura a la red, y otros casos en los que no existían ningún tipo de red local, únicamente computadoras aisladas, teniendo que realizarse el cableado de la red local y su integración.

Una red interna debe ser diseñada considerando no únicamente el tipo de cable a emplear, sino se debe realizar un cuidadoso estudio de conectividad que implica entre otras cosas:

- a) Número de máquinas a conectarse en red;
- b) Distribución de las mismas;
- c) Separación entre nodos; y
- d) Topología de la red.

El tipo de cableado necesario o idóneo que una red local tenga se define a partir de estas consideraciones, lo cual aunado al aspecto económico puede darnos un panorama general de las mejores opciones que se tienen para la implementación de la red de área local.

Dentro de cada una de las escuelas se determinaron los requerimientos de comunicación que teníamos, es decir, las áreas a donde era necesario llevar el servicio de red, de acuerdo con prioridades que fueron establecidas para la realización del proyecto. Estos sitios son:

1. El Edificio de Gobierno, donde se encuentran ubicadas las oficinas de Servicios Escolares y las oficinas de la Dirección, sitios que son importantes para la administración escolar.
2. La Biblioteca es el segundo punto vital considerado, ya que en esta se espera una alta afluencia de alumnos, los cuales pueden hacer consultas y búsqueda de información en la red.
3. Finalmente, el Centro de Cómputo, que reviste una importancia elevada para incrementar la cultura informática tanto de alumnos como maestros de los planteles, y es el sitio donde investigadores pueden acceder y mantener comunicación con otros colegas en diversas partes del mundo.

Normalmente estos son tres edificios diferentes, y además, el edificio en el cual se encuentra el local de telecomunicaciones puede ser un cuarto edificio a considerar, por lo que hay que diseñar la topología y los medios de comunicación a utilizar tanto entre los edificios de cada campus como en las redes locales que se instalarán en cada una de las áreas antes mencionadas.

Se definió que en esta primera etapa se conectarían dentro de cada uno de estos sitios de 10 a 18 servicios de red, considerándose esto un número suficiente para el inicio de las redes locales, al contar cada dependencia con al menos 30 puntos de acceso a RedUNAM. Este

número lo obtuvimos considerando que para Gobierno de cada escuela se requerían nueve puntos: dirección, subdirección, tres secretarías, cuatro en Servicios Escolares; en Biblioteca y Centro de Cómputo se asignarían nueve puntos para los usuarios y uno para el encargado.

2.5 MEDIOS DE TRANSMISIÓN PARA REDES INTERNAS

A continuación hablaremos de los diferentes medios de transmisión con los que se cuentan actualmente para la realización de cableados de redes locales, ya que podemos considerar que la red metropolitana se encuentra compuesta de redes locales, y como ya dijimos, su diseño y elección adecuada de los medios a emplear resulta importante para el desempeño de la red.

Los medios más empleados para cableados son el par tronzado sin malla, el cable coaxial y la fibra óptica.

a) Par tronzado sin malla: este es un medio ampliamente utilizado en redes y consiste en dos alambres de cobre o acero aleado con cobre, cada uno cubierto con un aislamiento de PVC, en un arreglo de patrón helicoidal. Presenta una impedancia característica de entre 90 ohms y 110 ohms y para redes locales Ethernet puede transmitir señales a una distancia máxima de 100 m. a una velocidad de 10 Mbps. Normalmente se emplea en redes de topología estrella con un equipo concentrador.

b) Cable coaxial: consiste en un conductor hueco cilíndrico cuyo interior contiene otro conductor metálico; el cable interior puede ser sólido o retorcido y el conductor exterior puede ser sólido o tronzado. El conductor interior está recubierto por un material sólido dieléctrico, en tanto que el otro conductor tiene una cubierta para protección. Este cable se utiliza en redes locales Ethernet presentando una impedancia característica de 50 ohms y pudiendo tener una longitud máxima de 185 a 500 metros, dependiendo del tipo de cable coaxial utilizado, transmitiendo a una velocidad de 10 Mbps. Se utiliza por lo general en redes con topología de bus.

c) Fibra óptica: Una fibra óptica es un medio flexible delgado (2 a 125 micras) capaz de conducir un rayo de luz. Varios tipos de plásticos y cristales pueden ser usados para la fabricación de las fibras. Las pérdidas menores se obtienen empleando fibras hechas de sílice ultrapuro, pero este tipo de fibra tiene un proceso de elaboración muy difícil. Una fibra óptica tiene forma cilíndrica y consisten en tres secciones concéntricas: el núcleo (core), el

revestimiento (cladding) y la cubierta exterior (jacket). El empleo de este tipo de cable es recomendable para enlaces a grandes distancias (2 kilómetros o más) en exteriores. Este medio es completamente inmune al ruido eléctrico y tiene un gran ancho de banda, por lo que velocidades de transmisión de 100 Mbps se obtienen fácilmente.

El empleo exclusivo de uno de ellos o su combinación para integrar una red viene a ser importante al diseñarla, ya que deben de considerarse los equipos necesarios que funcionen como convertidores de señales o adaptadores al medio físico por el cual queremos transmitir la información, adicionalmente de conocer las características técnicas principales de los mismos, para emplearlos de forma adecuada.

Una vez realizados los estudios anteriores, contamos con los elementos necesarios para realizar la planeación de los enlaces metropolitanos y de las redes internas que se instalarán en cada plantel o dependencia. Esto nos permitió tomar una decisión final después de considerar alternativas, lo que trataremos en los siguientes dos capítulos.

3 DISEÑO DE LOS ENLACES METROPOLITANOS

En este capítulo abordaremos el diseño de los enlaces utilizando las tecnologías mencionadas en el capítulo anterior; el proceso y las consideraciones que se tomaron para determinar cuál era el mejor medio de transmisión en cada sitio y la forma en la cuál se determinó la topología de la red metropolitana. Este estudio es un caso particular, ya que dentro de la Universidad ya existía una infraestructura de telecomunicaciones y esta se trató de aprovechar al máximo; sin embargo, lo que corresponde a los factores que influyeron en la toma de decisiones en cuanto al tipo de enlaces a utilizar son válidos para cualquier proyecto de telecomunicaciones de área amplia que se desee implementar.

Adicionalmente presentamos la planeación de los trabajos que se realizaron, ya que siendo un proyecto de gran magnitud resulta importante que estos se efectúen bajo cierta programación, para optimizar el tiempo y poder establecer objetivos claros para un tiempo determinado.

3.1 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LOS ENLACES

Teniendo en cuenta las características de los diversos medios de transmisión con los que se contaban, y en base a los siguientes aspectos, se procedió a hacer el diseño de los enlaces entre las escuelas del área metropolitana y Ciudad Universitaria. Estos aspectos fueron los más importantes a considerar, pero de ninguna manera los únicos:

- 1) TRÁFICO. En base al estudio de tráfico efectuado, y considerando que ni los planteles de Educación superior superarían la demanda mostrada en dicho estudio, por tener un menor número de equipos de cómputo, el tráfico esperado debía ser menor a los 40 Kbps promedio, y con picos de demanda no mayores de 1.5 Mbps. Era importante considerar que los planteles de nivel superior, tales como Cuautitlán, Zaragoza y Aragón, generarían mucho más tráfico que las Escuelas Preparatorias y los CCH's, porque el uso de los recursos de cómputo está más difundido entre académicos, alumnos e investigadores.

- 2) APROVECHAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE. Resultaba importante para el proyecto el utilizar cualquier infraestructura previa de telecomunicaciones.
- 3) TOPOLOGÍA. Se tenían que considerar las características de los medios, la jerarquía de cada plantel y la situación geográfica. El determinar la topología a emplear en la red metropolitana requirió de un cuidadoso estudio de las opciones que se tenían, la cual se presenta en páginas posteriores.

Primeramente, para el diseño de la red se determinó que los medios a emplear serían enlaces de la Red Digital Integrada y enlaces de microondas; ambos medios son enlaces punto a punto con una tasa de error muy pequeña y contaban con canales de capacidad suficiente (y aún mayor) para satisfacer nuestras necesidades de comunicación. El siguiente paso era determinar en que forma se utilizarían los medios elegidos; para ello se realizó un estudio en el cual se determinó el costo de la inversión inicial que habría de realizarse y el costo de la renta o mantenimiento de los enlaces durante cinco años.

3.2 ESTUDIO ECONÓMICO

El aspecto económico es vital para el desarrollo de todo proyecto, ya que de él depende que el proyecto sea aprobado y se llegue a realizar. Siempre es importante obtener una buena relación entre el costo económico y el beneficio que representa, ya que con esto podremos determinar si efectivamente nuestra propuesta es factible y representa una ganancia real o, en nuestro caso, si la opción que se escogió es la que de acuerdo a nuestro presupuesto presenta mayores ventajas.

Los enlaces de microondas serían propiedad de la Universidad, en tanto que los enlaces vía RDI serían rentados a TELMEX. De esta forma varía el costo de la inversión inicial (mayor en el caso de los enlaces propios por la compra del equipo correspondiente), y el costo de renta o mantenimiento anual para cada uno de ellos.

a) ENLACE DE MICROONDAS

Existen dos parámetros importantes para la instalación de un enlace de microondas privados en cuanto a su costo se refiere; estos son el pago de derechos que se tiene que hacer ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (tanto por el estudio previo como por el pago anual de derecho de uso de espectro) y el costo de los equipos para los enlaces y su instalación. Aquí se puede mencionar que existen dos alternativas que son el establecimiento de un enlace privado o bien la renta de canales o de un enlace a alguna compañía de comunicaciones.

En caso de implementar una red de microondas privada propiedad de la UNAM, ello implicaba la compra de los equipos de microondas, el montaje de las torres que soportarán a los mismos, el estudio de línea de vista, el permiso de SCT, además de la realización de adecuaciones en los locales y las acometidas. Así pues, podemos apreciar que el costo de la instalación de un canal de comunicación via microondas requiere de una fuerte inversión inicial que cubre el costo de estos servicios.

Dentro de estos elementos el que representa una decisión importante es la compra de los equipos de microondas, ya que el costo de los mismos varía entre US\$10,000 a US\$40,000, en tanto que los demás costos de instalación de equipos es prácticamente el mismo para cualquiera de ellos, y se estima que es de aproximadamente US\$ 5,000.00 y que incluye el montaje de las torres, cableados y el servicio de puesta en operación del enlace.

Hay que considerar además el costo de la adecuación de los locales donde se instalará el equipo, la compra de equipos de interfaz y de los equipos ruteadores que permitirán el manejo del tráfico en forma eficiente. Estos costos varían de un lugar a otro, dependiendo de la topología de la red y de las condiciones existentes en los locales asignados en cada dependencia.

Los pagos de derechos que se tienen que hacer a SCT por enlaces privados de microondas nacionales para el año de 1993, cuando se comenzó a diseñar la red, tenían los siguientes montos:

- i) De acuerdo al artículo 128, por el permiso de radioenlaces de telecomunicaciones con infraestructura propia, se pagará el derecho de permiso de enlaces conforme a las siguientes cuotas:

- a) Por el estudio de la solicitud por cada entidad federativa involucrada en el estudio N\$ 940.00
- b) Por el otorgamiento del permiso N\$ 311.00
- c) Por la autorización de modificaciones al permiso, da cambio de ubicación de equipos, sustitución de equipos, modificación de red, cambio de razón social, aumento de potencia, aumento de horario N\$ 587.00

A continuación presentamos una tabla con los costos estimados de los trabajos que se realizarían y equipo que se compraría para el establecimiento de un enlace privado de microondas, y que corresponderían a la inversión inicial:

INVERSIÓN INICIAL CONCEPTO	COSTO US DÓLAR
Trámite de asignación de frecuencias ante SCT	\$ 1,500.00
Pago de los derechos del ante SCT.	\$ 357.42
Instalación de la torre, apartarrayos y cableado de señal (torre de 21 m).	\$ 3,713.00
Compra del equipo de microondas	\$ 10,000.00
Equipo adicional (FCD-2, cables de interfaz, rack para montaje de los equipos, etc.)	\$ 5,000.00
Servicios de instalación de las antenas y puesta en operación del enlace.	\$ 1,189.00
<i>Total :</i>	\$ 21,759.42

Tabla 3.1 Monto de la inversión inicial de un enlace de microondas (en dólares)

NOTA: Se consideró la paridad del dólar a N\$ 3.50

El siguiente aspecto a considerar es el costo de la renta mensual o anual, que en el caso de los enlaces de microondas privados se conocen como el pago de derechos de uso del espectro radioeléctrico, que se tiene que realizar ante SCT en forma anual. Para el mismo año de 1933, las cuotas a cubrir se encontraban contenidas en el artículo 245, que especificaba:

- ii) Para enlaces multicanales entre dos estaciones terminales para servicios públicos o privados para voz y datos, se pagará anualmente, por cada enlace, el derecho de uso del espectro radioeléctrico, conforme a las siguientes cuotas:

- I. Por cada estación terminal o repetidor N\$ 873.00
- II. En cada canal de radiofrecuencia, por cada grupo de 120 canales telefónicos o fracción y hasta 960 canales telefónicos N\$ 873.00
- III. En cada canal de radiofrecuencia, para capacidades adicionales a 960 canales telefónicos N\$ 873.00

La cuota total por cada enlace será el resultado de aplicar en forma acumulada las cuotas correspondientes a las fracciones I, II y III.

Por tanto, tendremos un costo anual para los enlaces de microondas que incluye el pago de derecho de uso del espectro electromagnético, y el gasto de mantenimiento de los sistemas, y el estimado se presenta en la siguiente tabla:

COSTO ANUAL CONCEPTO	COSTO US DÓLAR
Pago de los derechos de uso del espectro electromagnético a SCT.	\$ 498.85
Costo de mantenimiento.	\$ 2,000.00
<i>Total :</i>	\$ 2,498.85

*Tabla 3.2 Costo anual de mantenimiento de un enlace de microondas (en dólares)
NOTA: Se consideró la paridad del dólar a N\$ 3.50*

El costo de los equipos de microondas presentado anteriormente es el del sistema más barato, ya que existen otros equipos con un costo superior. Es por esto que para determinar los equipos a utilizar se pidieron cotizaciones de equipos a diferentes proveedores además de la información de las características de los sistemas con que contaban para transmisión en la banda de los 23 Ghz. Se cotizaron equipos marca RACON de la serie 8000, y ERICCSO modelo MINILINK 23. Los modelos que se cotizaron fueron equipos con capacidad para transmitir a una velocidad de 64 kbps, 2 Mbps y 8 Mbps. Como la diferencia en precios es reducida entre equipos de 64 kbps y los de 2 Mbps, y los de 8 Mbps superaban nuestras necesidades, se decidió emplear equipos de microondas de 2 Mbps, por lo que haremos mención únicamente a este tipo de equipos de ahora en adelante.

Tenemos a continuación una tabla con los costos estimados de los equipos de microondas, a partir de las cotizaciones presentadas por los proveedores, para equipos con una capacidad de 2.048 Mbps., operando en la banda de 23 Ghz.

Marca Equipo	Modelo	Costo Unitario
Ericcson	Minilink 23	US \$ 35,906.20
Racon	8014	US \$ 10,910.00

Tabla 3.3 Costo de sistemas de microondas de 2.048 Mbps (en dólares)

NOTA: Se consideró la paridad del dólar a N\$ 3.50

Como se puede apreciar en la tabla anterior, existía una gran diferencia de precios, y esto fue un aspecto importante en la decisión final.

b) RED DIGITAL INTEGRADA

El costo de los enlaces de RDI de TELMEX comprenden dos pagos: el primero de ellos es el pago inicial para la firma del contrato o instalación de los equipos por parte de la compañía de teléfonos y el segundo es el costo de la renta mensual. El monto de estos pagos es fijo para dos puntos cualesquiera dentro del área metropolitana y es variable para enlaces nacionales, de acuerdo con la distancia a la que se encuentren los puntos que se van a enlazar y la velocidad de transmisión del canal que se vaya a rentar.

Como nuestro caso era el primero, presentamos a continuación el monto del costo de contratación del enlace que se podría considerar como inversión inicial, para los enlaces de 64 Kbps y 2.048 Mbps de la RDI, junto con algunos costos adicionales.

INVERSIÓN INICIAL CONCEPTO	COSTO US DÓLAR
Costo total de contratación del enlace con infraestructura de RDI a 64 kbps o 2.048 Mbps	\$ 18,000.00
Equipo adicional (FCD-2, cables de interfaz, rack para montaje de los equipos, etc.)	\$ 5,000.00
<i>Total :</i>	\$ 23,000.00

Tabla 3.4 Monto de la inversión inicial de un enlace de RDI (en dólares)

NOTA: Se consideró la paridad del dólar a N\$ 3.50

Es conveniente aclarar que la anterior tabla muestra la inversión por concepto de servicios de telecomunicaciones de la RDI, y que existen otros rubros que deberá tomar en cuenta el usuario, y que son:

- a) Acondicionamiento de los locales para cada uno de los sitios que requiera RDI.
- b) Adquirir equipo de multiplexación (propiedad del usuario) para cada extremo de los enlaces digitales, para la transmisión de servicios de voz, datos e imagen.

En nuestro caso, el costo de adecuación de los locales fue variable, ya que existían algunas dependencias en las que se contaba con el local con la infraestructura necesaria para la instalación de los equipos, pero en otros casos hubo necesidad de adecuar completamente el local. Por lo que respecta a equipos de multiplexaje, no hubo necesidad de comprarlos, ya que en los sitios donde además de datos se transmite voz, ya existían tales equipos. Únicamente se adquirieron equipos para la conversión de interfaces.

Para los enlaces con RDI los gastos iniciales que se tienen que hacer comprenden la adecuación de los locales en los cuales se instalará el equipo y la firma del contrato respectivo del servicio, por lo que habría que sumar ambos conceptos para obtener el costo estimado de la inversión inicial necesaria para establecer un enlace vía RDI.

El otro aspecto que hemos analizado es el costo de la renta mensual o anual de los canales de comunicación, así como los gastos estimados por mantenimiento. A continuación presentamos una tabla con los costos de renta mensual del canal de RDI:

RENTA MENSUAL CONCEPTO	COSTO US DÓLAR
Costo total de renta mensual del enlace con infraestructura de RDI a 2.048 Mbps	\$ 2,340.00

Tabla 3.5 Costo mensual de renta de un enlace de RDI (en dólares)

NOTA: Se consideró la paridad del dólar a N\$ 3.50

Dentro de RDI el mantenimiento forma parte del costo de renta mensual del canal, ya que este es proporcionado por TELMEX, así como también la solución de las fallas que se presenten, por lo que no debemos de preocuparnos por ello.

3.3 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

De acuerdo con el análisis anterior, los enlaces RDI y los enlaces de microondas presentaban una solución a nuestros requerimientos, pero como ya vimos los costos de cada uno de ellos varían, tanto en la inversión inicial como en la renta de los canales a través del tiempo. Por ello, se hicieron dos propuestas principales para implementar nuestra red metropolitana: la primera de ellas consistía en una topología en estrella que enlazara a Ciudad Universitaria con cada uno de las distintas unidades y la segunda opción era implementar una topología en estrella para los puntos principales que a su vez eran el centro de otra estrella secundaria.

1. TOPOLOGÍA EN ESTRELLA: Consistía en el establecimiento de enlaces punto a punto de Ciudad Universitaria a cada una de las escuelas del área metropolitana. Por aspectos técnicos y de confiabilidad, estos enlaces tendrían que ser realizados a través de la Red Digital Integrada, instalándose enlaces de 2.048 Mbps (E1) para las escuelas de educación superior y enlaces de 64 kbps (E0) hacia las escuelas de nivel medio y demás dependencias metropolitanas.
2. TOPOLOGÍA EN ESTRELLA JERÁRQUICA: En esta propuesta, se consideraba el establecimiento de enlaces de 2.048 Mbps de Ciudad Universitaria hacia algunos puntos vía RDI, los que se utilizarían como centros de otra pequeña estrella que enlazaría a otras dependencias que se encontraran ubicadas a una distancia cercana. Estos enlaces secundarios podrían tener una capacidad de hasta 2.048 Mbps, estableciéndose enlaces de microondas cuyo costo se amortiza con el paso del tiempo, y que, por ser enlaces cortos, presentan gran confiabilidad con esta tecnología.

De estas dos propuestas, la primera de ellas representaba una mayor confiabilidad en los enlaces, y un menor tiempo de puesta en operación en cualquiera de las escuelas metropolitanas. Además, en caso de algún problema con estos enlaces, únicamente es una la escuela afectada, al ser trayectorias directas de Ciudad Universitaria hacia todas las instituciones. Aquí hay que mencionar que la propuesta original se vio modificada en lo referente a las velocidades de los enlaces, ya que si bien se consideró que para las escuelas de nivel medio superior era suficiente contar con canales E0, la compañía que brinda el servicio indicó

que únicamente se pueden establecer enlaces de esta velocidad donde ya exista infraestructura de RDI con mínimo un canal E1. La desventaja que presenta son los costos, ya que para establecer los 19 enlaces E1 la inversión inicial representaría una erogación de US\$ 437,000 , además que mensualmente se pagarían US\$ 44,460 de renta. Esto ocasiona que al cabo de cinco años, el costo de establecimiento y mantenimiento de esta red sume US\$ 3,104,600 ; lo que representa una cantidad elevada y que puede verse afectada por devaluaciones del peso.

En la segunda topología, se planteaban cuatro enlaces vía RDI, cuyos costos en cinco años serían de US\$ 653,600. Para los enlaces de microondas (catorce en total), el gasto de instalación y mantenimiento a cinco años aproximado sería de US\$ 629,600, sumando estos conceptos US\$1,283,200. Aquí existe el inconveniente de que existen algunos sitios que se comunican a Ciudad Universitaria a través de un punto intermedio, lo que origina una menor confiabilidad y aumenta el número de puntos de falla que se podrían presentar en la red. Para esta propuesta igualmente se eligieron canales E1, ya que el costo de los equipos de microondas no es tan elevado, y los puntos que se van a enlazar vía RDI manejan un tráfico considerable.

Considerando básicamente el aspecto económico, se tomó la determinación de que la mejor opción era la segunda, esto es utilizando en todos los enlaces canales E1 (2.048 Mbps) y, tanto microondas como RDI, ya que si bien la situación más favorable desde el punto de vista de confiabilidad en las comunicaciones se presentaría teniendo todos los enlaces a través de RDI, el gasto realizado representa una fuerte desventaja a este tipo de enlaces, y teníamos que ajustar el proyecto al monto de la partida asignado para el mismo. Si analizamos los costos de renta y mantenimiento de los enlaces en la segunda propuesta son cinco veces menores que los de enlaces vía RDI, y adicionalmente al ser el gasto mayor de un enlace de microondas al momento de su instalación, ya no se ve afectado en lo posterior por devaluaciones del peso, en tanto que la renta de canales RDI esta cotizada en dólares, y cualquier devaluación provoca un incremento en los costos de operación de la red.

3.4 DISEÑO FINAL DE LA CONFIGURACIÓN DE LA RED

En este punto desarrollaremos la propuesta que se eligió para la Red Metropolitana, haciendo énfasis en los aspectos que técnicos que consideramos para la elección en cada uno de los enlaces. Para determinar los tipos de enlaces que se iban a implementar (cuales de ellos serían vía microondas y cuales vía RDI) al elaborar nuestra segunda propuesta se trató de lograr un balance entre el aspecto técnico y el económico, para lograr confiabilidad a la par que un mínimo costo. Por ello, se agruparon las unidades de acuerdo a su ubicación geográfica, considerándose ocho zonas, las cuales se muestran en la figura 3.1.

En base a esto se tomaron las siguientes consideraciones para el diseño de la propuesta adoptada para la Red Metropolitana:

1. Se utilizó la infraestructura de telecomunicaciones existentes. Este es el caso de la FES Zaragoza y ENEP Aragón, las cuales contaban ya con enlaces de microondas operando que brindaban comunicación de voz con Ciudad Universitaria con dos canales de 2.048 Mbps, aquí se utilizarían dos canales adicionales que se encontraban libres para la comunicación de datos. También existían el enlace de C.U. al edificio de Pitágoras vía microondas y el de FES Cuautitlán del campo IV al campo I, infraestructura que también se utilizaría. Como se ve en la ilustración, esto nos permitió cubrir tres zonas. Además, utilizamos los nodos de telecomunicaciones existentes en Ciudad Universitaria (DGSCA, Zona Cultural, y Torre II) para la instalación del equipo correspondiente a la Red Metropolitana.
2. En cada zona restante, se realizaría un enlace de RDI; ya que para estos casos es un medio más factible que las microondas; aquí hay que excluir la zona cercana a Ciudad Universitaria. Como los canales RDI son rentados, el costo que genera esto es elevado, por lo que había que implementar únicamente los enlaces RDI que se considerasen indispensables.
3. Los enlaces con RDI debían ser preferentemente, hacia las escuelas de educación superior, ya que se espera un mayor uso de su parte, y en estos casos, el enlace sería directamente hacia C.U., evitando puntos intermedios que pudieran generar fallas o problemas.
4. Los enlaces de microondas se emplearían para enlazar puntos cercanos a los puntos que tuviesen RDI, o en su caso, se encontrasen cerca de C.U., contemplando principalmente escuelas de nivel medio superior.

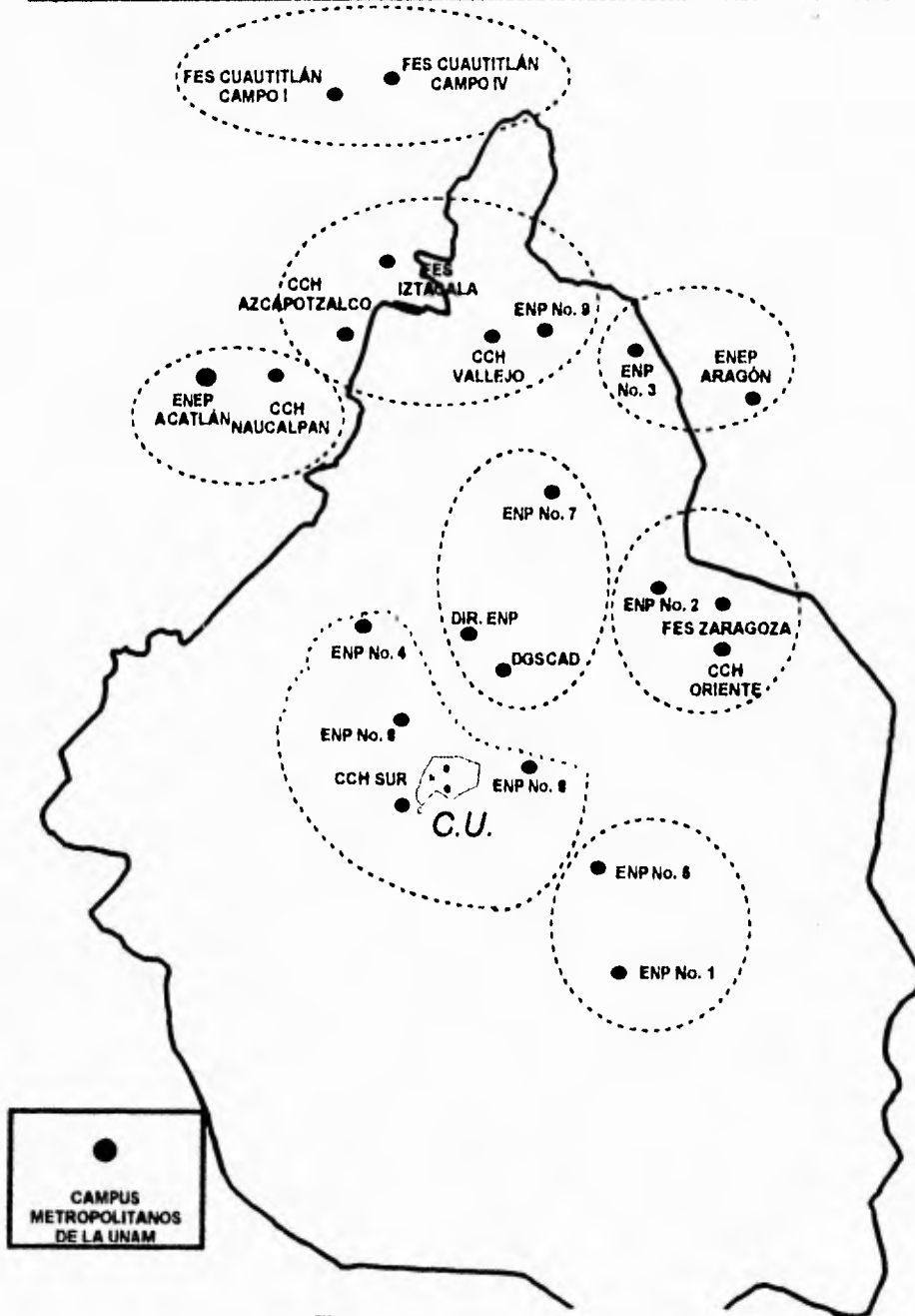


Figura 3.1 Zonas de la Red Metropolitana

A partir de estas consideraciones, se definieron los siguientes puntos que se enlazarían por RDI a C.U.:

- FES Cuautitlán (Campo IV),
- ENEP Iztacala,
- ENEP Acatlán; y
- Preparatoria No. 1.

Y los enlaces de microondas que se implementarían serían los siguientes:

- C.U. a CCH SUR;
- C.U. a Preparatoria No. 4;
- C.U. a Preparatoria No. 6; y
- C.U. a Preparatoria No. 8.
- FES Iztacala a CCH Vallejo;
- FES Iztacala a CCH Azcapotzalco; y
- ENEP Acatlán a CCH Naucalpan.
- ENEP Aragón a Preparatoria No. 3;
- FES Zaragoza a CCH Oriente;
- FES Zaragoza a Preparatoria No. 2;
- Preparatoria No. 1 a Preparatoria No. 5;
- Preparatoria No. 9 a CCH Vallejo;
- Edificio de Pitágoras a Preparatoria No. 7;
- Edificio de Pitágoras a Dirección General de la Escuela Nacional Preparatoria;

Estos enlaces se muestran en el siguiente diagrama:

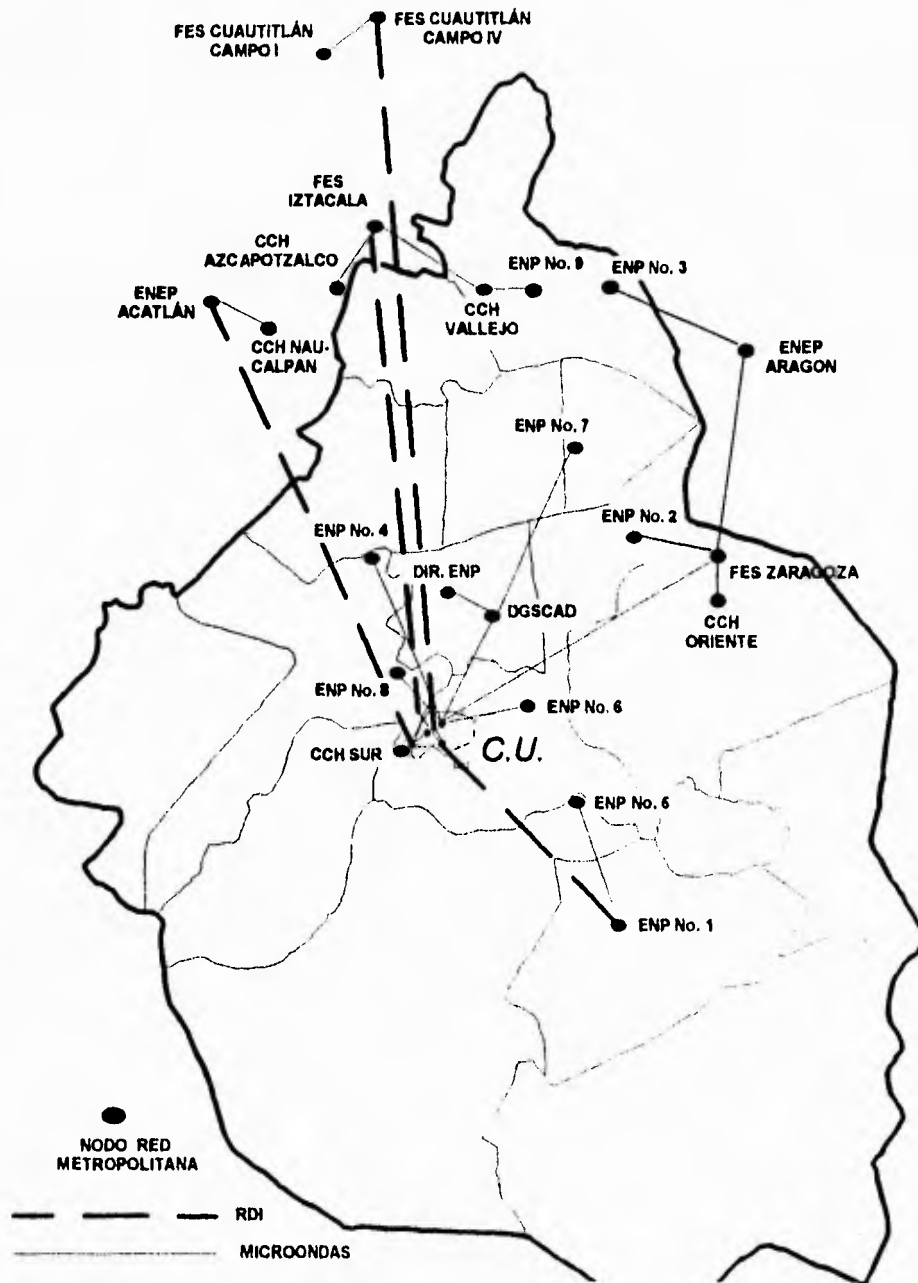


FIGURA 3.2 Enlaces de la Red Metropolitana

Como se aprecia, el número de enlaces RDI es de cuatro, tres a escuelas de educación superior y uno adicional a una Escuela Preparatoria (la No. 1), ya que a este punto se contempla la conexión posterior de la Escuela Nacional de Artes Plásticas que se encuentra en Tepepan y la Escuela Nacional de Enfermería que se encuentra ubicada en Periférico y Viaducto Tlalpan, puntos cercanos que se pueden enlazar a través de microondas a la Preparatoria en un futuro próximo. Estas escuelas, a pesar de brindar educación superior, no cuentan con necesidades de comunicación con Ciudad Universitaria en forma inmediata, por lo que no se consideraron en la etapa inicial de la Red Metropolitana.

El número total de enlaces de microondas en la red es de 18, de los cuales los cuatro existentes se empleaban para transmitir voz pero contaban con canales libres para la transmisión de datos con la ayuda de un equipo multiplexor. Por ello, el número de enlaces nuevos de microondas para transmisión de datos que se implementarían dentro del proyecto serían 14.

Algo importante dentro de la planeación fue la elección de los locales en los cuales se instalaría el equipo, tanto de RDI como de microondas. En el caso de los locales nuevos en cada Escuela, estos tenían que cumplir varios requerimientos, los cuales trataremos más adelante; sin embargo, el aspecto más importante fue la definición de los puntos de RedUNAM existentes en Ciudad Universitaria que utilizaríamos como nodos para conectar la Red Metropolitana a RedUNAM. Dentro de Ciudad Universitaria, se eligió el local de Zona Cultural para la llegada de los servicios de RDI, ya que ahí hay un local donde TELMEX tiene instalado equipo suyo, y existía la posibilidad de recibir los equipos adicionales de RDI. La Torre II de Humanidades se escogió para los enlaces de microondas a las escuelas cercanas Ciudad Universitaria, con excepción de CCH Sur, ya que es un edificio de gran altura con buena línea de vista, donde adicionalmente ya teníamos instalados más equipos. El enlace de CCH Sur se estableció con el nodo de DGSCA por la cercanía entre estos dos puntos.

3.5 PLANEACIÓN DE LOS TRABAJOS

Para el desarrollo del proyecto fue necesario hacer una planeación de los trabajos que se iban a realizar para instalación de los equipos de microondas y las redes internas principalmente, ya que esto nos permitiría llevar una secuencia en la realización de los enlaces metropolitanos, y hacer el seguimiento y control de la puesta en operación de las redes internas en cada sitio. Para ello, se asignaron prioridades a los campus, y se consideró nuevamente la proximidad

geográfica entre las escuelas para dividir la instalación de la red en etapas, con objeto de poner en operación las redes internas en las escuelas de cada etapa en forma casi simultánea, previo establecimiento de los enlaces de RDI o microondas que se necesitaran en cada una de ellas.

Sin embargo, el hecho de dividir los trabajos en etapas no significaba que hasta que una estuviera completamente terminada comenzarían los trabajos de la siguiente etapa, ya que se pensó establecer primero los enlaces metropolitanos (vía microondas o RDI) y posteriormente establecer las redes internas. Así, mientras algunos sitios se estaría trabajando en las redes internas, en otros se estarían realizando los trabajos de enlaces metropolitanos. En base a su ubicación geográfica, la división del proyecto contempló 7 etapas, las cuales son:

- ETAPA 1 FES Zaragoza
 ENEP Aragón
 ENP No. 2 " Erasmo Castellanos Quinto"
 ENP No. 3 " Justo Sierra"
 CCH Oriente

- ETAPA 2 FES Cuautitlán (I y IV)

- ETAPA 3 ENEP Iztacala
 ENP No. 9 " Pedro de Alba"
 CCH Azcapotzalco
 CCH Vallejo

- ETAPA 4 ENEP Acatlán
 CCH Naucalpan

- ETAPA 5 ENP No. 4 "Vidal Castañeda y N."
 ENP No. 6 "Antonio Caso"
 ENP No. 8 " Ezequiel A. Chávez "
 CCH Sur

- ETAPA 6 ENP No. 1 " Gabino Barreda"
 ENP No. 5 " José Vasconcelos"

- ETAPA 7 ENP No. 7 " Ezequiel A. Chávez"
 Dirección General de Preparatorias

Como se puede ver en las etapas del proyecto, el establecimiento de la Red Metropolitana comenzó por las Escuelas y Facultades de Educación Superior, comenzando por FES Zaragoza y ENEP Aragón, donde ya estaban establecidos los enlaces de microondas, y únicamente había que emplear un par de canales adicionales para la transmisión de datos. Posteriormente se trabajó en las tres escuelas de Educación Superior restantes (Cuautitlán, Iztacala y Acatlán) donde se establecerían enlaces vía RDI, para finalizar con los enlaces de microondas a las Preparatorias y CCH's cercanos a Ciudad Universitaria y el enlace de RDI a la Preparatoria No. 1. En esta planeación también se trató de atacar primero las zonas más alejadas de Ciudad Universitaria, aprovechando que el canal de RDI podía ser instalado en un tiempo corto, y a partir de este hacer los enlaces de microondas correspondientes a la zona. Los trabajos de cableado interno en cada escuela de una misma zona e instalación de tarjetas y software se planeó se realizaran en forma simultánea.

Las 7 etapas en que se dividió el proyecto de la Red Metropolitana de Datos de la UNAM se muestran en el siguiente diagrama:

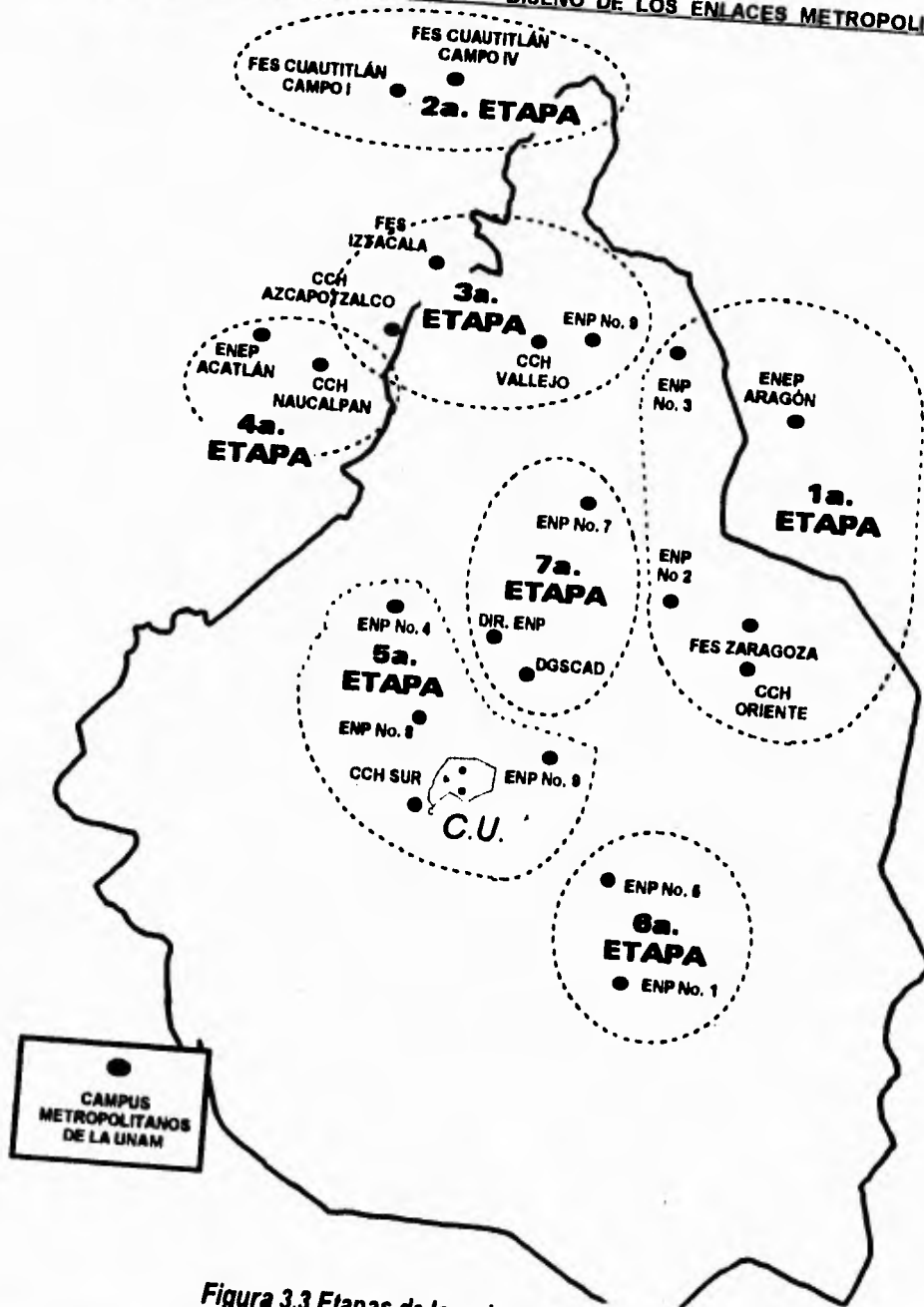


Figura 3.3 Etapas de la red metropolitana de la UNAM

Con ello ya tenemos definidos los enlaces que se realizarían en cada punto de nuestra red, así como una planeación de todo el proyecto, para poder organizar las visitas a cada sitio tanto para la supervisión de los trabajos de establecimiento de los enlaces y cableados, como para la instalación de los equipos y puesta en operación de toda la red en cada dependencia.

3.6 ESTUDIOS PARA LOS ENLACES DE MICROONDAS Y RDI

Existen aún algunos aspectos de los enlaces de microondas y RDI que son importantes para realizar la toma de decisiones en cuanto a los equipos a utilizar, particularmente en el caso de los enlaces de microondas. Estos comprenden los estudios de línea de vista, cálculo de la ganancia de los sistemas de microondas y decisión de los equipos a utilizar, en base a sus características básicas. En caso de no cumplir con línea de vista o no disponer de una frecuencia libre, el enlace de microondas no se puede realizar. Para el caso de los enlaces vía RDI, se proporcionan los requerimientos que pide Teléfonos de México, tanto para el local en el cual se instalarán sus equipos, como para la llegada de la red de la calle al local. Si el lugar es inaccesible para la fibra óptica, o no se cuenta con instalaciones adecuadas, la RDI no podrá ser instalada. A continuación los presentamos, a partir de nuestra experiencia particular con la Red Metropolitana de Datos de la UNAM.

A) MICROONDAS

Como para este tipo de enlaces es necesario hacer el estudio de línea de vista entre los puntos a enlazarse, se empleó para los enlaces de la Red Metropolitana el método del globo aerostático, que determinó la existencia de línea de vista entre ambos puntos, la altura de las torres y la altura en la cual se debían ubicar las antenas en ambos extremos de cada enlace. A la altura de las antenas se les agregó tres metros como tolerancia. El estudio de línea de vista mediante este método es altamente confiable para distancias cortas donde la curvatura de la Tierra todavía no es significativa. Si la distancia fuese mayor se requeriría otro estudio más formal considerando este factor.

De esta manera obtuvimos los valores que se presentan en la siguiente tabla para las alturas de las torres y la altura a la cual se debe colocar la antena, en la cual también se indica la distancia entre los puntos, para cada uno de los enlaces que se planearon. La altura de antenas se

encuentra medida a partir del nivel del suelo y la altura de las torres a partir del nivel de la azotea del edificio donde se instaló.

ENLACE	DISTANCIA [Km.]	ALTURA ANTENAS [m]	ALTURA TORRES [m]
PREPA No. 5 A	3.55	27	15
PREPA No. 1		22	20
CCH SUR A	2.50	22	15
C.U.		28	21
PREPA No. 6 A	4.06	22	15
C.U.		50	8
PREPA No. 4 A	8.01	37	30
C.U.		51	8
PREPA No. 8 A	3.94	17	10
C.U.		50	8
PREPA No. 7 A	5.10	52	45
PITÁGORAS		48	50
DIR. GRAL. ESC. PREPARATORIA A PITÁGORAS	2.12	26	26
PITÁGORAS		40	50
PREPA No. 2 A	6.53	43	40
FES ZARAGOZA		35	30
CCH ORIENTE A	2.21	33	30
FES ZARAGOZA		35	30
PREPA No. 3 A	5.77	37	30
ENEP ARAGÓN		18	15
CCH NAUCALPAN A	1.17	18	15
ENEP ACATLÁN		62	55
CCH AZCAPOTZALCO A	3.09	46	45
ENEP IZTACALA		20	15
CCH VALLEJO A	6.65	50	50
ENEP IZTACALA		18	15
PREPA No. 9 A	1.44	17	10
CCH VALLEJO		51	50

Tabla 3.6 Características de los enlaces de microondas.

Una vez determinada la existencia de la línea de vista, y viendo que las alturas de las torres eran factibles de realizar (se maneja que la altura máxima de una torre es de 100 m), se realizó el estudio de frecuencias disponibles en las trayectorias de los enlaces, ubicando las mismas en el plano donde se lleva el control de asignación de frecuencias en el Distrito Federal, estudio que fue avalado con la firma de un perito autorizado. El estudio reveló que todos los enlaces se podrían establecer utilizando únicamente dos pares de frecuencias en la banda de 23 Ghz. El

primer par era el de 21.875-23.075 y el segundo era el de 21.825-23.025. Esto nos permitía tener respaldados todos los enlaces con un solo par de equipos adicionales, uno en cada par de frecuencias asignadas.

Así, este estudio donde se indican la posición geográfica de los enlaces, orientación de los mismos y las características propuestas tanto de las frecuencias a utilizar como del equipo, avalado por la firma del perito es llevado a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para su autorización. A continuación presentamos una tabla con los valores propuestos de las frecuencias de operación de los enlaces, a partir del estudio realizado, y que finalmente fue aceptado por la SCT y son los valores en los que actualmente operan nuestros equipos:

LOCAL	REMOTO	FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN [GHz]	FRECUENCIA DE RECEPCIÓN [GHz]
Preparatoria No. 1	Preparatoria No. 5	21,875.0	23,075.0
Ciudad Universitaria	CCH Sur	21,875.0	23,075.0
Ciudad Universitaria	Preparatoria No. 6	21,825.0	23,025.0
Ciudad Universitaria	Preparatoria No. 4	21,875.0	23,075.0
Ciudad Universitaria	Preparatoria No. 8	21,825.0	23,025.0
Pitágoras	Preparatoria No. 7	21,875.0	23,075.0
Pitágoras	Direc. Gral. Preparatorias	21,825.0	23,025.0
FES Zaragoza	Preparatoria No. 2	21,875.0	23,075.0
FES Zaragoza	CCH Oriente	21,825.0	23,025.0
ENEP Aragón	Preparatoria No. 3	21,875.0	23,075.0
ENEP Acatlán	CCH Naucalpan	21,825.0	23,025.0
ENEP Iztacala	CCH Azcapotzalco	21,825.0	23,025.0
ENEP Iztacala	CCH Vallejo	21,875.0	23,075.0
CCH Vallejo	Preparatoria No. 9	21,825.0	23,025.0

Tabla 3.7 Frecuencias de operación de los enlaces de Microondas.

En lo que respecta a las características técnicas, una diferencia notable entre los equipos propuestos en el estudio de factibilidad es que el equipo RACON maneja únicamente el par de frecuencias para las que se construyó, en tanto que el equipo Ericsson puede manejar frecuencias en toda la banda de 23 GHz, es decir, sus frecuencias de operación pueden ser fijadas a través de interruptores o por vía software. Esto representaría un gran beneficio en el caso de que los enlaces operaran todos a una frecuencia distinta, ya que cualquier equipo podría ser reemplazado sin ningún problema contando únicamente con un equipo de respaldo.

Otra diferencia existente entre ambos equipos consistía en que los equipos Racon son muy compactos, y dentro de la antena vienen todos los elementos del sistema de microondas (amplificador, unidad de RF, antena, etc.), en tanto que en los equipos Ericsson la configuración propuesta era en split, donde en el local de telecomunicaciones se aloja el equipo de RF, y todos los demás elementos van dentro de la antena.

Considerando la gran diferencia entre los precios de los equipos se investigaron los lugares en los cuales se tenían instalados equipos marca Racon, tanto en los Estados Unidos como en México. En los Estados Unidos estos equipos son empleados inclusive por el ejército de aquel país, donde las especificaciones a cumplir son aún más rigurosas que las de cualquier equipo comercial, y el hecho de que ahí sean empleadas es sinónimo de calidad en estos productos. Además, dentro de la República Mexicana existen un gran número de equipos instalados en empresas diversas, así como en el sector paraestatal e inclusive instituciones de educación superior.

Además, los equipos Racon tienen un distribuidor en México, el cual es el encargado de la instalación, mantenimiento y soporte a los enlaces existentes, y en caso de fallas en los equipos se le puede notificar directamente para que se realicen las pruebas respectivas y se le de solución al problema, lo que incluye el cambio de partes de los equipos en forma inmediata.

Hay que indicar que Ericsson es una marca muy reconocida dentro del campo de las telecomunicaciones, y que otorgaba en sus equipos, además de las mismas ventajas que los de marca Racon, facilidades adicionales para el monitoreo centralizado de los enlaces de microondas.

Así pues, al momento de tomar una decisión en cuanto a qué equipos adquirir, se hizo el análisis de que para una diferencia tan notable en el precio, prácticamente no existían las diferencias en las características técnicas de los equipos, y el prestigio y calidad de ambos sistemas es reconocido en el ámbito de las telecomunicaciones. Por ello, la decisión final fue adquirir equipos marca Racon, donde se combina un precio más económico con una alta calidad en el producto, lo que garantiza la eficiencia y confiabilidad de alto grado con el correcto funcionamiento de nuestros enlaces para transmisión de datos.

El hecho de que los equipos Racon funcionen a una frecuencia fija aunado con el hecho de que todos nuestros enlaces funcionan a dos diferentes pares de frecuencias proporciona la posibilidad de brindar respaldo contando con únicamente dos pares adicionales de sistemas. La posibilidad de monitoreo de los equipos, aún cuando no es proporcionada por el fabricante, puede ser implementada a nivel de monitoreo de los enlaces, con el único inconveniente de que es necesario hacer una visita al sitio donde se encuentran los sistemas para determinar la falla.

Presentamos a continuación las especificaciones de las antenas de microondas marca Racon que se adquirieron para la implementación de la Red Metropolitana de Datos de la UNAM:

ESPECIFICACIONES ANTENAS DE MICROONDAS.

Capacidad del Sistema Digital:	2.048 Mbps
Ganancia del Sistema:	Radio de la antena 43 cm (17") : 169 dB Radio de la antena 69 cm (27") : 175 dB Radio de la antena 122 cm (48") : 183 dB
Modulación:	FM
Banda de Frecuencias de Operación:	Todos los canales establecidos de la banda de 21.2 a 23.6 GHz

Para doce de los enlaces los equipos que se solicitaron estaban compuestos por antenas de 43 cm. (17") de diámetro, ya que en los cálculos correspondientes para la ganancia de los enlaces estos sistemas cumplían con nuestros requerimientos. Debido básicamente a que la distancia entre los puntos restantes dos puntos a enlazar era mayor que 6 km., y en los cálculos correspondientes a la ganancia del sistema se determinó que ésta tenía que ser mayor, se pidieron tres juegos de antenas con un diámetro mayor (69 cm.) que nos proporcionasen una

ganancia adicional. Estos cambios no afectan el diseño de la red, al no modificar las características básicas de nuestros enlaces de microondas.

El número de enlaces de microondas dentro de la red era 14, pero se consideró la compra de un par de equipos de microondas adicional, con la finalidad de contar con respaldo en el caso de que se presente alguna falla.

También es importante considerar la instalación de las torres modelo T-35 de una altura promedio de 21 m. de altura, incluida su señalización y el apartarrayos, debidamente anclada y con los cableados de señal desde la torre al local, para determinar la ubicación del local de telecomunicaciones y el soporte correcto de la torre a la estructura del edificio.

B) RED DIGITAL INTEGRADA

Para instalación de la Red Digital Integrada lo más importante resulta señalar que para su contratación es necesaria una capacidad mínima, la cual es de un E2 (8.448 Mbps) por compañía (en este caso la UNAM). Además, las especificaciones de los locales donde instalarán sus equipos es necesario satisfacerlas, lo cual también genera ciertos gastos en cuanto al acondicionamiento de los mismos.

Las características que deben de tener los locales donde se instalarán los equipos propiedad de TELMEX son las siguientes:

1. Deberá contar con alimentación eléctrica trifásica independiente, desde la subestación o el tablero principal, con 220 VAC con una variación de $\pm 5\%$.
2. Se dispondrá de una tierra física independiente con un valor de 3 ohms de resistencia máxima.
3. El piso será de loseta vinlica o estará cubierto con un tapete antiestático.
4. La altura mínima del local es de 2.5 m.
5. El local contará con aire acondicionado, para mantener una temperatura de 18°C a 22°C.

Además, para la instalación de los equipos es necesario contar con los contactos polarizados y las acometidas necesarias al local. Se requiere también de tubería que conecte al local con el registro más cercano, y dentro de las instalaciones universitarias, si es necesario realizar alguna trayectoria de fibra para la conexión de RDI, esta será por tubería de 3 pulgadas, totalmente guiada, instalando registros en cada cambio de dirección o bien, a cada 20 metros de una trayectoria en línea recta. Los radios de curvatura de la fibra no deberán ser menores a 30 cm., por lo que los registros que se construyan serán de 56 cm. por lado y mínimo 13 cm de profundidad.

De esta forma tenemos los requerimientos que nos pedia Teléfonos de México para la instalación de RDI dentro de cada dependencia; tanto en el aspecto de acondicionamiento del local como en la llegada de la fibra óptica de la calle al local de telecomunicaciones. Insistimos en señalar que no se utiliza únicamente fibra óptica para los enlaces de RDI, sino también radioenlaces o enlaces de microondas, para lo cual los requerimientos únicamente varían en que se debe de disponer de un área en la azotea de algún edificio cercano al local de telecomunicaciones para la instalación de las antenas, así de espacio disponible para instalar los tensores de las torres y se debe de tender el cableado que enlace a la antena con los equipos de telecomunicaciones, de preferencia dentro de un tubo para evitar problemas con estos cableados.

En el siguiente capítulo abordaremos la parte de diseño de las redes internas, tanto en su topología como en los medios físicos a emplear para realizar los cableados. Adicionalmente, se establecen los requerimientos que deben de cumplir los locales de telecomunicaciones en cada una de estas dependencias, así como los criterios que establecimos para que todos los trabajos de cableado fuesen de buena calidad, y pudiesen ser considerados como confiables.

4 DISEÑO DE REDES INTERNAS

En este capítulo abordaremos dos aspectos primordiales dentro del proyecto: la planeación de los locales de telecomunicaciones y el diseño de las redes internas en cada plantel. Ambos aspectos son muy importantes, ya que en el primero se indican las características de los sitios donde se instalaría el equipo que permite que nuestra red opere; y en el segundo caso, la planeación de los enlaces internos vía fibra óptica que se realizaron y los cableados de par trenzado en cada edificio, que son el medio de llegar al punto exacto donde se va a prestar el servicio a los usuarios. Estos elementos corresponden prácticamente a la etapa de diseño de las redes locales en cada dependencia.

En el caso de las redes internas nos encontramos con dos casos: el primero era que la dependencia ya contara con algunas redes internas, existiendo la necesidad de comunicarlas entre ellas y con RedUNAM. El segundo caso fue que no existiese ningún tipo de infraestructura de red de cómputo, por lo que habría que diseñar e implementar las redes locales, que también se integrarían a RedUNAM. Las redes existentes eran en su mayoría redes Novell que empleaban como medio físico cable coaxial en cuyo caso la conexión a RedUNAM fue como insertar un nodo más en el bus. Estas redes se encontraron en escuelas de educación superior.

Como en los campus universitarios existen varios edificios a los cuales se desea comunicar, están separados por distancias variables que van desde unos pocos metros hasta varios cientos de metros y estos edificios tenían diferentes superficies, se establecieron criterios para el tipo de cable a emplear en cada caso, de acuerdo a sus características ya vistas.

4.1 LOCALES DE TELECOMUNICACIONES

Para la instalación de equipos en cada unidad se requirió básicamente de dos tipos de locales: el primero de ellos fue el denominado nodo de telecomunicaciones, el cual contendría todos los equipos necesarios para comunicarnos al exterior, y en segundo término, áreas dentro de cada edificio donde existiera red interna, donde fuese posible hacer el remate de los cableados tanto de par trenzado como de fibra óptica e instalación de los equipos concentradores.

Como se puede apreciar, el punto vital de la red se ubica en el nodo de telecomunicaciones, por lo que este tenía que ser un local con este único y exclusivo uso, para lo que se solicitó dentro

de cada dependencia la asignación de una área con esta finalidad, asegurada con llave y protecciones en las ventanas, y cuyo acceso fuese controlado, para salvaguardar nuestro equipos. Las dimensiones del local eran de mínimo 7 m. cuadrados, espacio suficiente para la instalación del rack donde se montarían todos los equipos y los registros que contendrían los paneles de distribución de fibra óptica (LIU), así como el equipo eléctrico de respaldo y regulación necesario. En los lugares donde se realizaron enlaces de microondas, este local tenía que estar como máximo a 50 metros de la base de la antena, por lo que generalmente se ubicó dentro del mismo edificio en el que se montó la torre.

Además existían otras características que este mismo local debía cumplir, pero que eran parte del acondicionamiento que había que realizar, y eran el aspecto eléctrico y el clima. Al ser los equipos de telecomunicaciones sensibles a variaciones eléctricas, y resultar averiados por esta causa, este fue el primer aspecto que se cuidó. Para ello se diseñó todo el sistema de alimentación y de tierras dentro del local de telecomunicaciones, el cual considera la alimentación del local independiente de la alimentación del edificio, y está diseñada para operar con un regulador o un UPS, el cual proporciona una mayor estabilidad en el nivel de voltaje de alimentación y permite tener un respaldo de baterías en el caso de ocurrir una suspensión de energía eléctrica. El siguiente diagrama presenta el diseño de la alimentación eléctrica que se implementó en los locales de la red metropolitana:

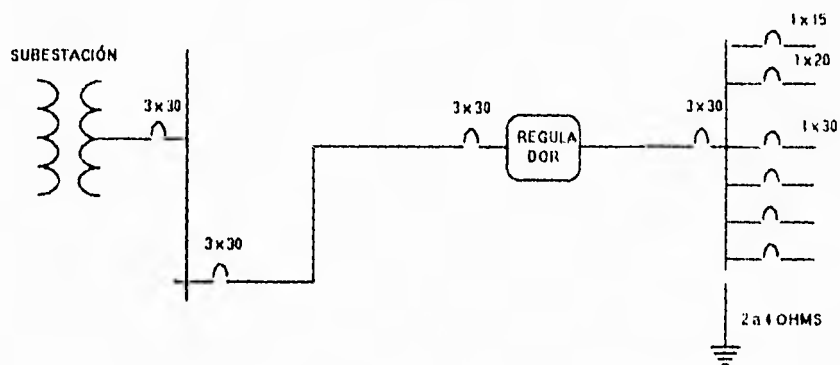


FIGURA 4.1 Diagrama de la Instalación Eléctrica

Dentro de este diagrama hay que hacer las siguientes especificaciones relativas a las capacidades de los equipos a utilizar, así como el tipo de cable a instalar:

1. El interruptor que instaló en el tablero principal de la subestación fue de 3 X 30, (tres fases, a treinta amperes). Esta misma capacidad posee el interruptor de entrada al local.
2. El calibre de los conductores que van de la subestación al local dependió de la distancia y de la carga en cada sitio particular, aunque por lo general se utilizó un calibre de 6 ó 4, garantizando que estos calibres podrán manejar los consumos de corriente adecuados, y existe una capacidad de crecimiento en la demanda de energía.
3. El regulador o UPS proporciona una alimentación al tablero del local de 127 VAC con una tolerancia de $\pm 5\%$.
4. Los interruptores derivados son de diferentes capacidades, dependiendo del equipo al que vayan a alimentar. Así, se instalaron interruptores de 1 X 15, 1 X 20 y 1 X 30.
5. En los circuitos derivados de fuerza, se instalaron contactos polarizados y fueron alambrados en el sistema de 3 hilos (fase, neutro y tierra), a 127 volts.
6. El sistema de tierra para los equipos de comunicación es independiente de cualquier otro sistema, contando con una impedancia menor a 2 ohms.

En el tablero están perfectamente identificados todos los sistemas de alumbrado y alimentación de los equipos, así como los sistemas derivados de fuerza. Esta misma identificación se realizó en los interruptores derivados, para que cuando existan problemas en algún circuito éste sea fácilmente identificable. En caso de que algunos equipos adicionales requirieran una alimentación de 220 VAC, o una entrada o conexión especial, esto se consideró para que al momento de su instalación no existiera problemas.

Las segundas áreas que se solicitaron fueron para instalación de concentradores y la llegada de fibra óptica, siendo requeridas una por cada edificio. El área solicitada normalmente era una pared ubicada en una zona donde no existiera tráfico de personas, principalmente en cubículos o privados donde se pudiesen instalar dos registros metálicos de sesenta centímetros por lado y veinte de ancho, el primero de ellos contendría la regleta y el concentrador de par trenzado para la red interna, y el segundo es para el reñate de la fibra óptica dentro del LIU donde se conectarán los cables de fibra óptica de conexión de cada uno de los equipos. Un registro adicional se requiere por cada concentrador que se ubique en el mismo edificio. Dicho concentrador tiene capacidad para alimentar un máximo de 12 servicios.

En estos registros se tuvo como requerimiento eléctrico la instalación de dos contactos polarizados tomados de la fuente ininterrumpible de energía en el caso de que esta existiera en la dependencia, así como un fusible de 6 amperes para prevenir el daño al equipo instalado en caso de una sobrecorriente. El aspecto de la temperatura no presentó ningún inconveniente, ya que el equipo instalado cuenta con sistema de enfriamiento y las condiciones ambientales existentes bastaban para que la temperatura se encontrara dentro del rango de operación.

4.2 ETAPA DE DISEÑO

Resulta un aspecto muy importante dentro de todo el proyecto el diseño de las redes internas que se instalaron en cada unidad, o bien, la conexión de aquellas redes locales existentes a RedUNAM. Hay que recordar que la red tiene principalmente fines administrativos y académicos, y que los lugares a conectar en esta primera etapa eran el edificio de Gobierno, la Biblioteca y el Centro de Cómputo, cada uno de ellos con una red local compuesta por 12 nodos.

Normalmente estos son tres edificios diferentes, y además, el edificio en el cual se encuentra el local de telecomunicaciones puede ser un cuarto edificio a considerar, por lo que hay que diseñar la topología y los medios de comunicación a utilizar tanto entre los edificios de cada campus como en las redes locales que se instalarán en cada una de las áreas antes mencionadas. Dentro de cada una de las tres zonas mencionadas cada escuela definiría la ubicación de los doce puntos en los cuales iban a existir computadoras que se conectarían a RedUNAM.

La topología que se propuso para las redes internas de cada dependencia fue de estrella jerárquica; la primera era una estrella que enlazaba el local de telecomunicaciones con los demás edificios contemplados y la segunda estrella era dentro de cada edificio, a partir del equipo concentrador que distribuía las señales a todos los equipos de cómputo que se conectarían a RedUNAM. De esta forma, obtenemos las ventajas de que la detección de fallas se pueda realizar más fácilmente y, por tanto, su solución sea más rápida y que, además, cuando se presenten problemas en alguna de las computadoras, las demás de la misma área continúen operando. Esta propuesta se basó en la experiencia que teníamos en el diseño de redes locales.

Los medios de comunicación con los que se podía implementar esta red interna eran par trenzado, cable coaxial y fibra óptica, cuyas características técnicas se revisaron con anterioridad. Además tomamos en consideración el aspecto económico, donde resulta importante considerar el costo por metro del medio y el costo de los conectores. Por ello, presentamos a continuación una tabla que abarca estos aspectos, en forma general.

MEDIO	COSTO POR METRO	COSTO DE CADA CONECTOR
Par trenzado sin blindar	N\$ 2.90	N\$ 4.40
Cable coaxial RG-58	N\$ 2.90	N\$ 11.70
Fibra óptica	N\$ 25.50	N\$ 116.70

Tabla 4.1 Costo de los medios y conectores (en nuevos pesos)

NOTAS: Los datos contenidos en esta tabla se establecieron con una paridad del dólar de N\$ 350. El costo del conector de fibra óptica incluye el trabajo de conectorización.

Basándonos los aspectos anteriores, se tomaron las siguientes determinaciones en cuanto al medio a utilizar en cada uno de los distintos casos:

- a) Todos los enlaces que se realizaron entre edificios, fueron hechos con fibra óptica de uso rudo, de tipo multimodo y de 8 hilos, rematada con conectores ST en los registros metálicos que se instalaron en cada edificio con esta finalidad. Esta decisión se tomó considerando la gran resistencia a esfuerzos de tipo mecánico, corrosión y humedad que tiene este tipo de fibra óptica, además de la inmunidad al ruido que tiene este medio óptico. También tiene las ventajas de que la distancia máxima para un enlace sin repetidores es de dos kilómetros, por lo que no hubo necesidad de utilizar estos equipos (cuya presencia implicaría un aumento en el costo y un punto más de falla dentro de la red); y la capacidad de este medio para manejar un tráfico de datos elevado debido al gran ancho de banda que posee. La fibra óptica fue de tipo multimodo, ya que es más barata y su conectorización más fácil de realizar. El tipo de conector ST es el que se está adoptando como estándar en el mercado, ya que no presenta pérdidas elevadas y existen gran variedad de equipos disponibles con este tipo de conector.

- b) De los equipos concentradores a los equipos de cómputo el enlace sería por par trenzado nivel 4, ya que es el medio más económico y que, por la configuración de tipo estrella empleada, presenta más ventajas en su instalación y en su costo. Al cablearse doce servicios de cada uno de los concentradores (cuya distancia máxima puede ser de 100 m), la cantidad de cable que se puede llegar a utilizar es considerable, por lo que el medio tiene que ser el más barato.
- c) Finalmente, para futuros enlaces entre equipos concentradores dentro de un mismo edificio se propone la utilización de cable coaxial delgado, haciéndose la canalización respectiva, ya sea en tubo galvanizado o canaleta, dependiendo de la trayectoria del enlace. El cable coaxial es flexible y fácil de manipular, y como estos enlaces son dentro del edificio, no requiere el medio de algún recubrimiento o protección especial, adicional a la canalización por la que viaja. Este medio también tiene gran capacidad y está protegido contra interferencia electromagnética. Esta propuesta se realizó considerando que los equipos a instalar tendrán la capacidad de manejar medios distintos por algunos de sus puertos, y a que se espera un pronto crecimiento de la red.

Con esto definimos los medios de comunicación que utilizamos para cada uno de los distintos enlaces que teníamos que realizar, tanto a través del campus como dentro de cada edificio.

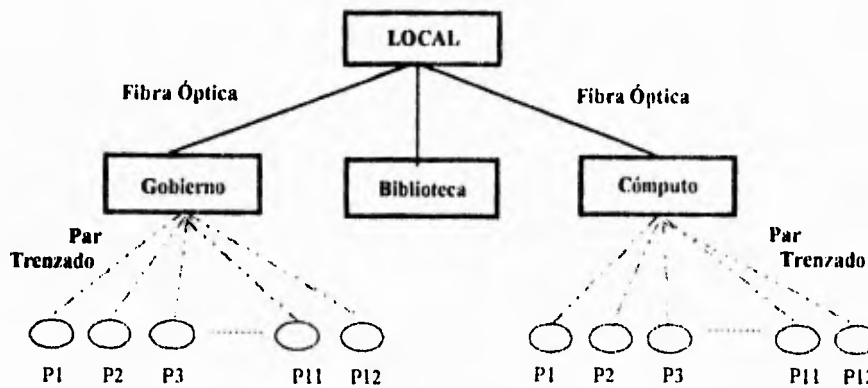


FIGURA 4.2 Diagrama de los medios de comunicación internos en las dependencias de la Red Metropolitana de Datos de la UNAM.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE CABLEADOS INTERNOS

Resulta de gran importancia para las redes internas que los cableados que se realicen presenten una elevada confiabilidad, es decir, se realice un trabajo de calidad, de acuerdo a criterios preestablecidos, con el objetivo de que no existan fallas en las conexiones debidas a problemas en los cableados. Es importante que además de un diseño adecuado, la ejecución cumpla también con normas que proporcionarán una mayor seguridad y un número mínimo de fallas. Esto proporciona, además, homogeneidad en los trabajos, ya que estos fueron realizados por varias compañías, y nos asegura que, independientemente de cuál de ellas realizó el trabajo, éste cumple con nuestros requerimientos. Por ello, a continuación presentamos las características principales que deben cumplir todos los cableados de fibra óptica, cable coaxial y par trenzado que se realizaron en la red metropolitana, como parte de nuestra metodología.

a) CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Mencionaremos que la fibra utilizada en los enlaces internos de la Red Metropolitana de Datos de la UNAM fue fibra multimodo de ocho hilos 62.5/125 μm ., de uso rudo. En los cableados de fibra óptica que se realizaron entre edificios, el tendido se realizó por la parte exterior del campus, por lo que, aún cuando se utilice ductería para conducirlo, éste se encuentra expuesto a humedad, y algunos otros factores ambientales que pueden provocar algún daño en las fibras. Aquí podemos mencionar que la idea básica era utilizar vías desocupadas de las canalizaciones telefónicas que existiesen en cada escuela, y únicamente en algunos casos plenamente justificados realizar nuevas canalizaciones.

En el caso de que la vía donde se planeaba pasar la fibra se encontrase semiocupada, se tenía que hacer un reconocimiento para poder determinar si era conveniente o no utilizar dicha vía y en su caso, autorizar la inmersión de la fibra o la construcción de una nueva canalización. Obviamente, existieron sitios en los cuales se tuvieron que hacer canalizaciones para las trayectorias de fibra óptica, ya fuese porque las canalizaciones existentes estuviesen saturadas, porque no existiera la canalización o bien, porque al realizar una nueva canalización se redujera considerablemente la longitud del enlace. Estos factores eran evaluados en cada caso particular y se determinaba las causas justificaban plenamente la realización de una nueva canalización, las cuales debían cumplir con los siguientes criterios:

- Todas las canalizaciones que se construyeron debían ser enterradas.
- Se podía utilizar únicamente ducto de PVC pared gruesa de cuatro pulgadas de diámetro, encofrado en concreto $f_c=200$ Kg. en toda su longitud.
- No se utilizarían condulets para el cambio de dirección.
- Se construyó un pozo de paso a cada 40 metros como máximo a lo largo de la nueva canalización en línea recta, o bien, en los cambios de dirección.
- Las nuevas canalizaciones y pozos deberán estar indicados en los planos que el contratista entregará a la conclusión de los trabajos.

Dentro de las ducterías se realizó el tendido de la fibra óptica, donde el jalado del cable en todos los casos se realizó a mano teniendo un cuidado especial para no pisar o maltratar en forma alguna los cables existentes dentro de los pozos. Los cables se instalaron en todos los pozos dejando una vuelta de holgura en cada pozo, así como también se dejó una vuelta de holgura en los registros de los puntos terminales.

El cable en los pozos debía estar sujeto con abrazaderas a la parte superior de las paredes de los pozos, respetando el radio de curvatura mínimo permitido para la fibra óptica de exteriores, para no provocar algún daño en las fibras. Los cables se marcaron o etiquetaron con alguna técnica completamente indeleble y permanente en todos los pozos y en los puntos terminales. Esta marca o etiqueta deberá corresponder con lo indicado en los planos que el contratista entregará a la conclusión de los trabajos.

Para aquellos edificios que no contaban con acometida, se construyeron éstas utilizando tubo galvanizado de pared gruesa de 51 mm. Estas acometidas se remataron en un extremo en el pozo más cercano y, por el otro, en la caja de registro del edificio. Con esto, ya tenemos cubierta la trayectoria de uno a otro edificio dentro del campus universitario, y se cuenta con las normas que cumplirían todos los tendidos de fibra.

Otro aspecto importante es el remate de las fibras en los locales de telecomunicaciones, en los cuales se instaló un registro metálico de 0.60X 0.60X 0.20 (m), con fondo de madera con dos orificios para poder introducir la fibra de uso rudo al registro y sacar la fibra de interiores para conexión de los equipos que se encuentran en el exterior. La fibra óptica de uso rudo que se remató en el registro, cuenta con una vuelta de holgura dentro del mismo y está sujeta con abrazaderas al fondo de madera.

El remate del cable de fibra óptica se llevó a cabo dentro de un WIC-012 (Wall Mount Interconnect), de 8 acopladores, del tipo ST, el cual se empotró al registro sujetándolo del fondo de madera, ubicándolo en la parte central izquierda del registro, donde cada WIC instalado deberá contar con la identificación (posición) de cada una de las fibras siendo colocada en la parte interior de la puerta. Dicha identificación deberá corresponder en ambos extremos.

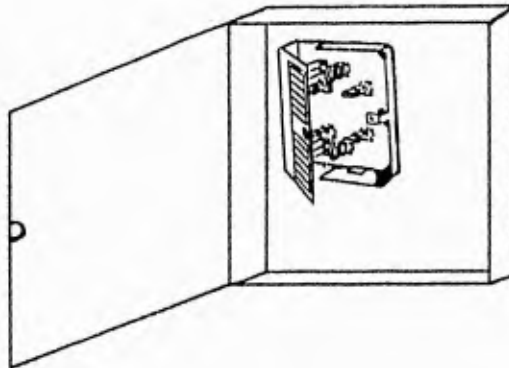


FIGURA 4.3 Dibujo de registro y distribuidor óptico.

Finalmente, al concluir el remate del cableado de fibra óptica se realizarán pruebas de atenuación de cada una de las fibras en decibeles. El intervalo de las mediciones fue asignado por la DTD en función de las distancias de los enlaces, contemplándose una atenuación máxima de 7 dB como el valor máximo permitido. Cualquier valor de atenuación mayor requería de una reconectorización de la fibra.

Cabe agregar que dentro de la implementación de los enlaces entre edificios, el costo más elevado es el de la obra civil que se tiene que realizar para hacer las trayectorias (canalizaciones y pozos), por lo que el hecho de hacer el tendido de una fibra de 4, 8 u 12 hilos representa únicamente una variación muy pequeña en el costo. Así, la determinación de tender fibras de 8 hilos se debe a que en algunos casos la trayectoria hacia algún edificio pasa por otro edificio intermedio, donde se realiza un puenteo y con esto se evita el tendido de dos fibras hacia el edificio intermedio, lo cual significa un ahorro. Se evitó en todos los casos que se tuviesen más de dos puentes las fibras para llegar a un edificio determinado, y que el número de fibras que se utilizaran fuesen más de cuatro (enlaces a dos edificios), para poder tener un respaldo seguro en caso de daño de cualquier fibra.

Por otro lado se hizo desasolve y limpieza de todas la ductería en los pozos donde pasó el cableado nuevo y para dejar una buena presentación, se concluyeron las obras de canalización y cableado de fibra óptica con el resanado de los lugares donde se realizaron trabajos (calles, banquetas, muros, pasillos, etc.) con el objeto de dejarlos con el acabado original y dejar una buena presentación al trabajo realizado.

b) CABLEADO DE PAR TRENZADO

El trabajo de cableado de par trenzado se realizó dentro de los edificios, por lo cuál, los aspectos que se cuidaron fueron la presentación del trabajo, a la par que la seguridad ya que ningún cable debía de quedar sin una vía segura a salvo del tráfico y curiosidad de las personas que están en los edificios.

Como ya se mencionó, el cable que se empleó en la red metropolitana fue par trenzado nivel 4 y las trayectorias que siguieron dichos cables fue, a partir del concentrador hasta el punto de servicio al usuario, donde se remató en una roseta. Hay que recordar que estos enlaces son punto a punto y para cada uno de los servicios era necesario guiar un cable de par trenzado.

Para ello, se determinó que todo el cableado debía ser instalado en ductería o canaleta dependiendo la trayectoria a seguir. La decisión se tomó considerando principalmente la existencia de plafones falsos donde era mejor emplear tubería galvanizada de pared delgada de un diámetro que dependió del número de cables que viajaron por esta trayectoria, ya que esta debía de ir oculta en la medida de lo posible. En los sitios en los cuales no existiera forma de ocultar la tubería, se empleó canaleta plástica para todas las trayectorias

En el caso extremo de que no existiera alguna trayectoria interna viable para el cableado o bien, con esto se redujera sensiblemente la distancia para algún servicio, y se tuviese que hacer canalizaciones externas al edificio, se utilizó tubo galvanizado de pared gruesa y las derivaciones se sellaron con silicón.

Así mismo, la acometida a cada servicio se hizo con canaleta plástica, es decir, la bajada del cable a través de la pared en cada punto definido sería hecho con canaleta, tratando que fuese del mismo color que la pared. Esta bajada se refiere al hecho de que por lo general el cableado viajaba en la parte superior de la pared del edificio o en el plafon falso, y las rosetas se ubicaron

a 40 cm. del nivel del suelo, por lo que había que bajar el cable hasta el sitio donde se ubicó la roseta.

Otro aspecto a considerar para el cableado de par trenzado fue el remate de los cables, tanto en los registros como en las rosotas. Para ello, se dieron los siguientes lineamientos, tanto para la parte de remate de los cableados en los registros como en las rosetas:

i) DEL REMATE DE LOS CABLEADOS EN EL REGISTRO:

- Se debían de instalar en los registros regletas marca AT&T modelo 110 Systemax o equivalente para nivel 4.
- El remate del cableado en las regletas abarcó los ocho hilos del cable por servicio con la técnica de "ponchado", siguiendo el código de colores.
- Se remató un cable entre la regleta y el concentrador de par trenzado, con conector telco (RJ71) hacia el concentrador, y en el extremo opuesto (la regleta) se poncharon cuatro hilos.
- En todas las regletas se etiquetaron las posiciones de los servicios.

ii) DEL REMATE DE LOS SERVICIOS:

- Se instalaron rosetas RJ-45 ponchables marca AT&T Siemon o equivalente nivel 4, en cada uno de los puntos asignados y fueron rematados los ocho hilos.
- En la tapa de cada roseta se identificó la posición correspondiente a la regleta de la cual proviene.

Los registros metálicos utilizados son similares a los de fibra óptica, con fondo de madera para sujetar los equipos y regletas. Cada registro tiene dos orificios contiguos con un diámetro de dos pulgadas cada uno, ubicados en la esquina inferior izquierda para que puedan introducirse todos los cables que sean necesarios. Dentro del registro se instaló un contacto polarizado con interruptor termomagnético para alimentación de los equipos.

El utilizar la técnica de ponchado nos proporciona una mayor seguridad, ya que evita que pueda llegar a desconectarse alguno de los hilos en forma accidental. Además, es importante señalar que la correcta identificación de cada uno de los puntos representa una gran ayuda en el momento de presentarse alguna falla en uno de los servicios, ya que de forma fácil y sin temor a

equivocarse se puede detectar en que parte se presenta el problema. Así mismo, el uso adecuado de los códigos de colores en los cables proporciona las mismas facilidades en caso de falla, y provee de un medio adicional para identificar los servicios y los puertos del concentrador.

El código de colores de los cables de par trenzado usa un patrón de colores que identifica no sólo qué conductores constituyen un par sino también que par en secuencia está relacionado con otros pares dentro de un cable multipar. El código usa dos colores en oposición para representar un solo par. Un color es considerado primario mientras que el otro color es considerado secundario. Por ejemplo dado el color primario de blanco y como color secundario el azul, un solo par constaría de un cable que es blanco con bandas azules y un segundo cable que es azul con bandas blancas. Los cinco colores primarios son blanco, rojo, negro, amarillo y violeta. Los colores secundarios son azul, naranja, verde, café y gris.

Así, el cable que conecta a los equipos concentradores con la regleta es un cable de 25 pares, y los cables que van de la regleta a los servicios son cables de 4 pares, donde empleamos los colores secundarios azul, naranja, verde y café.

Adicionalmente el proveedor proporcionó los cables con conector RJ-45 en ambos extremos para conectar la PC y la roseta, los cuales tienen una longitud promedio de tres metros. Como punto final, al concluir los trabajos se llevaron a cabo pruebas de continuidad entre los pares de cada servicio, con el objeto de corroborar que cada uno de ellos se encontrara correctamente conectorizado e identificado y funcionara sin ningún problema.

c) CABLEADO DE CABLE COAXIAL

Dentro de la Red Metropolitana, se ha mencionado que únicamente se conectaron los sitios prioritarios dentro de las Escuelas y dependencias; adicionalmente, el número de puntos que disponen acceso a la red dentro de cada edificio estaba limitado a 12. Sin embargo, existen dentro de estos equipos concentradores la posibilidad de conectarse en cascada, a través de un puerto adicional. El número máximo de concentradores en cascada es de 4, y en estos casos se pretende emplear cable coaxial para enlazar dos equipos concentradores dentro de un mismo edificio, ya fuese en una misma área o en áreas distintas. También se empleó para la conexión de algunas redes internas ya existentes.

El cable coaxial indicado es el denominado RG-58, cuya impedancia característica es de 50 ohms y es el apropiado para redes Ethernet. Este cable lleva conectores BNC 50 ohms a ambos extremos, mismo que se conectará al equipo concentrador. Por ello, hay que hacer pruebas de continuidad para verificar que no existen cortos o esté mal conectorizado el cable. Cabe resaltar que este tipo de conexión se emplea únicamente para concentradores ubicados dentro de un mismo edificio, ya que cualquier trayectoria exterior a través del campus tiene que ser realizada con fibra óptica.

En los casos de los trabajos de cableados de coaxial y par trenzado, no se consideró ningún tipo de respaldo, ya que todos los enlaces son punto a punto, y para tener algún respaldo se debería de hacer, prácticamente, un cableado doble de cada uno de los puntos. Esto no es recomendable, ya que implicaría un aumento de cientos de metros de los cableados. Además, la mayor parte de los daños en este tipo de cables se presenta en la conectorización ya que es la parte donde los usuarios están más en contacto, y al tener cubierto y protegido el cable dentro de ducterías disminuimos el riesgo de falla en toda la trayectoria.

Después de definir la parte correspondiente al medio físico a utilizar en cada caso resultó muy importante la elección adecuada de los equipos, cuyas características y capacidad determinaron en buena parte las propiedades y limitaciones de nuestra red. Respecto a la elección de los equipos se definieron varios criterios de los cuales trataremos en el siguiente capítulo.

5 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO EN CADA NODO

5.1 SELECCIÓN DEL EQUIPO

Después de la etapa de planeación de los enlaces metropolitanos e internos, el siguiente paso era la búsqueda y selección de los equipos. Esta fue una decisión difícil de tomar ya que existen en el mercado una gran variedad de equipos adecuados a nuestra necesidades, pero con características particulares. Por ello se tomaron varios criterios básicos para dicha elección, los cuales son: reducir al mínimo el número de dispositivos a utilizar; emplear equipos que manejaran varios medios de acuerdo las características propuestas de la red, y utilizar en lo posible equipos ya conocidos.

En base a esto se seleccionaron los siguientes equipos: el convertidor de interfase y variador de velocidad para servicios de E1 (CEPT) FCD-2 de RAD, ruteadores Cisco en sus modelos 2000, 3000 y 4000, concentradores Cabletron en sus modelos MiniMMAC y MRXL, y las tarjetas para red Ethernet Etherlink III de 3Com. Esta selección fue realizada por diversas características dependiendo del equipo de que se tratase, las cuales trataremos a continuación junto con la configuración de cada equipo.

El equipo que se localizaría dentro del local de cada plantel: FCD-2, ruteador y su terminal, concentrador MiniMMAC, se colocó en un gabinete o rack estándar de 19 pulgadas cerrado dentro del mismo local, junto a las demás instalaciones mencionadas para la red interna. En este rack se fijaron los equipos y se acomodó la terminal ya que de esta manera se tiene un mejor control de los enlaces, además de que se tienen mejor conservados los equipos dentro del cualquier local de telecomunicaciones.

5.2 EQUIPO E1 (CONVERTIDOR DE INTERFASE)

Como se mencionó anteriormente los enlaces en la red metropolitana manejan el estándar E1, esto es un canal de 2.048 Mbps. Para este propósito surgió la necesidad de contar con un equipo que manejara un canal de datos sincrónico y que pudiera transmitirlo en la red pública de

RDI Telmex o en los equipos de microondas. Aunque existen varias opciones en el mercado, el equipo que mejor se acomodó a nuestras necesidades fue el FCD-2 de RAD. Este equipo, aunque también puede ser usado como modem de rango corto, su principal aplicación es la de trabajar con servicios de E1, y este fue el uso que le dimos en la red metropolitana ya que de esta manera se conectaban dos ruteadores a través de sus canales de datos síncronos (seriales V.35), como se muestra en el diagrama 5.1.

El FCD-2 es un convertidor de velocidad e interfase que cumple con los requerimientos del CCITT G.703, G.704 y G.732, y es compatible con los servicios de portadora E1. Utiliza el código de línea HDB3, y su operación es sencilla ya que su configuración se realiza a través de un simple menú que aparece en un display de cristal líquido del equipo. La flexibilidad de este equipo en cuanto a la selección de la sincronía nos permite manejar varios formatos tanto en la interfase del usuario como en el E1. La línea de transmisión E1 puede ser sincronizada del reloj que se recibe, o de un oscilador interno. La interfase del usuario puede ser configurada como equipo terminal de datos (DTE: Data Terminal Equipment), o equipo de comunicaciones de datos (DCE: Data Communications Equipment) con reloj de transmisión externo, y es sincronizada de acuerdo a cada caso. La interfase del usuario también soporta una conexión a DCE donde tanto el reloj de recepción como el de transmisión se reciben en el FCD-2. Usando este modo de reloj, la velocidad del enlace E1 puede ser fijada a los relojes de la interfase proporcionada por el usuario.

En el canal de datos del FCD-2 se puede seleccionar la velocidad de transmisión en múltiplos de 64 kbps hasta un máximo de 1984 kbps. El FCD-2 empaqueta los datos en ranuras de tiempo mediante uno de dos métodos disponibles: en ranuras de tiempo consecutivas o en ranuras seleccionadas por el usuario, sin restricciones.

Dado que todos enlaces de la red metropolitana son con un E1 siempre se utilizaron los FCD-2 para cada enlace, tanto con RDI Telmex como con el equipo de microondas E1; después del puerto serial del ruteador Cisco utilizamos un cable V.35 lo cual era compatible con el FCD-2. Se utilizaron dos diferentes tipos de cable dependiendo del ruteador que se utilizara. Para el caso de la interfase con la red pública E1, lo que nos entrega Telmex es un par de conectores coaxiales para cada E1 por lo cual utilizamos la interfase no balanceada de dos conectores BNC del FCD-2. En lo referente a la selección de la velocidad de transmisión se utilizó el máximo de 1984 kbps dado que usamos todo el E1 para cada uno de los 21 enlaces, y por lo mismo el método de colocación de las ranuras de tiempo fue el secuencial. Para la sincronización del canal de datos del usuario elegimos que el FCD-2 opere como un DCE y provea el reloj de transmisión y

recepción al usuario síncrono DTE, y para el enlace principal se eligió la sincronización loopback, esto es, se utiliza el reloj de la recepción en los dos equipos FCD-2.

Con todo lo anterior logramos nuestro objetivo: canalizar los datos de los ruteadores Cisco a un formato E1 público y lograr la comunicación entre estos.

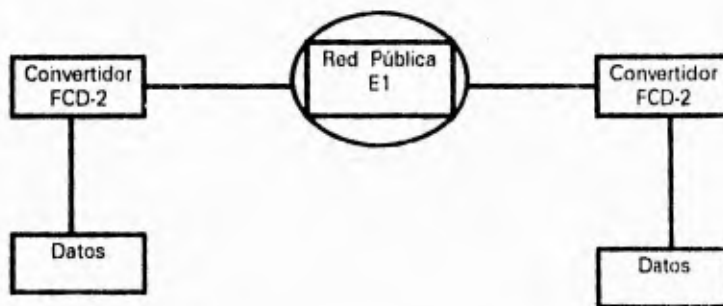
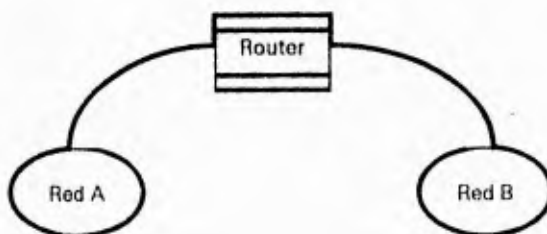


FIGURA 5.1 Diagrama de enlace de RDI

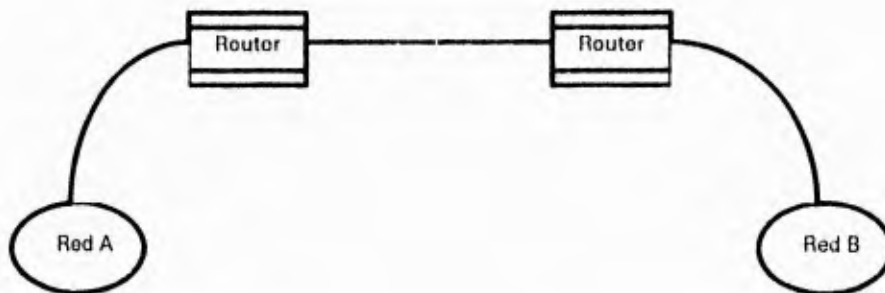
5.3 RUTEADORES

La red metropolitana está conformada por 20 nodos, cuyo propósito es intercambiar información con la RedUNAM. Dado este punto anterior tenemos que unir o interconectar estas redes con los nodos de Ciudad Universitaria. Esto se logró con un dispositivo que prácticamente es la base de la red en su etapa amplia, WAN. El ruteador, que es como se le conoce, es un componente de la red que se ubica en la capa 3 del modelo OSI; esto es trabaja para el direccionamiento con la capa de red, y su principal aplicación es la de interconectar varias LAN. Para este propósito un ruteador tiene que cumplir con varias funciones primarias: realizar el ruteo de paquetes, la filtración de paquetes y reunir estadísticas del tráfico que paso por él. Además puede realizar fragmentación de paquetes, control del tráfico y aviso de no entrega respecto a archivos enviados. El ruteador es la evolución de otro dispositivo de red llamado puente o bridge, el cual une dos segmentos de red y controla que solo el tráfico requerido pase de un segmento a otro. El problema de este dispositivo es que cuando existen más de tres redes locales la diferenciación de la mejor ruta se vuelve un problema complejo. Dicho problema se resuelve en los ruteadores mediante protocolos de red y de ruteo.

Cabe agregar que los ruteadores pueden enlazar dos segmentos o subredes de dos formas: local y remota. Esto es que para comunicar dos redes en forma remota se enlazan los ruteadores de dichas redes utilizando un tercer segmento. Para este tercer segmento o subred de enlace se utiliza comunicación serial ya que de esta manera operan nuestros enlaces remotos. El enlace local se refiere a cuando solo hay un ruteador entre dos segmentos, como se puede ver en el diagrama 5.2



(a) Ruteo local



(b) Ruteo remoto

FIGURA 5.2 Formas de ruteo

Para nuestro caso el ruteador tenía que cumplir con todas las características anteriores y además con ciertas características propias de nuestros requerimientos. La principal era que como ya se tenía una infraestructura bien definida de ruteo en la RedUNAM, esto es, ya se manejaban y se conocían los ruteadores Cisco en sus modelos AGS+, y MGS, los ruteadores que se conectaran con estos debían de ser compatibles y de características similares. Es por eso que se eligió seguir manejando ruteadores Cisco pero en versiones más acorde con la

necesidades de cada plantel. Los modelos de Cisco que se eligieron fueron el 4000, 3000 y 2000 que son ruteadores de capacidad suficiente para la red metropolitana.

En general los tres modelos reúnen las siguientes características de administración: manejan el protocolo de administración SNMP (Simple Network Manager Protocol), el tráfico de salida es prioridad, se tienen dos niveles de administración, usuario y cambio de configuración, cada uno con su contraseña, se programa una lista de acceso para limitar el número de operandos, se pueden programar filtros administrativos (puenteo), y para la localización de fallas se tiene el ping y el traceroute, pero sobretodo se puede acceder remotamente via telnet, y esto forma parte muy importante del monitoreo de la red metropolitana, ya que no es necesario un software especial. Además todo lo anterior se puede realizar a través de un puerto de consola al cual se puede acceder por una terminal VT100, o con una paquete que emule dicha terminal, localmente o vía modem, y por eso cada uno de los ruteadores cuentan con una terminal dentro del mismo local para su monitoreo en caso de no poder accederlo remotamente.

Los tres modelos se pueden pedir con seriales de varios tipos (V.35, RS232, X.21, etc.), los cuales manejan TCP/IP, Novell y Appletalk como protocolos de comunicación, además de contar con soporte para redes WAN como es HDLC, X.25, Frame Relay, PPP, etc.. Además se cuenta con puertos para el esquema que se utiliza en las redes locales, esto es, puertos Ethernet. La diferencia entre cada uno de los modelos radica esencialmente en el número de interfases que se pueden conectar a cada uno; y por lo mismo también se tienen otras diferencias como lo es el procesador, la capacidad de memoria y la arquitectura. Esto fue una característica bastante útil ya que como se mencionó anteriormente el número de enlaces de E1 por plantel es variable. En el caso del plantel donde se requirió de un solo enlace serial E1 necesitábamos un ruteador de solo dos interfases, una para el enlace serial y otra para la red local. Para este caso de los ruteadores Cisco 2000 utilizamos el 2102 que tiene un puerto Ethernet y un serial de hasta 4 Mbps. Si se necesitaban dos enlaces E1 se utilizó de los Cisco 3000, el 3104 que cuenta con 2 seriales de hasta 4 Mbps y 1 Ethernet, además de tener un puerto para ISDN. Los dos Cisco anteriores son de arquitectura de una sola tarjeta. En el caso de necesitar tres enlaces de E1 se utilizó un ruteador de arquitectura de tres ranuras, esto es, de interfases intercambiables, el Cisco 4000. En dos de las ranuras se instalaron tarjetas NP-2T que son de 2 puertos seriales de hasta 4 Mbps cada una y en la última ranura se instaló una tarjeta NP-1E que es de un puerto Ethernet, para la red local.

Como ya se mencionó para los enlaces con Ciudad Universitaria se utilizaron los nodos Zona Cultural, Laborales y DGSCA. En estos nodos se tienen ruteadores cisco AGS+ . Este ruteador

cuentan con 9 ranuras de multibus (153 Mbps) y 5 ranuras de cBus (533 Mbps) en las cuales se puede conectar múltiples interfases. De estas utilizamos los puertos seriales V.35 para los diferentes enlaces que ya se mencionaron antes. El ruteador AGS+ es compatible con todos los modelos utilizados en la red metropolitana y, además tiene mayor capacidad dadas las necesidades de Ciudad Universitaria.

Como se mencionó anteriormente el ruteador maneja como protocolo de comunicación TCP/IP por lo que a grandes rasgos se cumplen con varias disposiciones para su configuración. El direccionamiento (capa de red) es de 32 bits y esta dividido en dos partes. La primera que contiene el número de red y la segunda el número de host. El formato de la dirección es decimal punteado. Por ejemplo la red que abarca a toda la RedUNAM es la 132.248.0.0. que es una red clase B. En esta clase el número de host lo dan las últimas dos cifras. Cada una de estas tiene un rango de 1 a 255. La primera de estas cifras corresponde a la subred y la segunda al número de host en esta red. En el caso de la red metropolitana y de la RedUNAM en general, para cada plantel se configuró un puerto Ethernet para su red interna y un puerto serial para cada enlace remoto, utilizando direcciones de subredes ya que de esta manera se optimiza el ruteo, se simplifica la administración y se maximiza el número de hosts.

En cada uno de los planteles se instaló y configuró la red para que el puerto Ethernet del ruteador actuara como gateway de cada una de las máquinas conectadas en ese plantel ya que en TCP/IP es necesario declarar a un dispositivo que sea la salida de todas las computadoras de un segmento, como un gateway Internet. Al gateway se le asignó con el número más alto de host de la subred: 254, ya que esta era una convención adoptada con anterioridad en la RedUNAM. Como ya se señaló en el caso de los enlaces seriales se utilizaba una subred y a cada puerto se le asignó un número de host. Para este caso al puerto origen de la red se asignó con el 254 y el destino con el 253. Además de la dirección de cada puerto se tiene que configurar la máscara del mismo: 255.255.255.0. Con esta máscara y la dirección IP el ruteador determina de que red se trata y en esto basa las decisiones de ruteo. Las direcciones asignadas quedaron como sigue (E puerto ethernet y S puerto serial):

<u>ACATLÁN</u> E0 132.248.80.254 S0 132.248.225.254 S1 132.248.224.253	<u>ARAGÓN</u> E0 132.248.44.254 S0 132.248.223.254 S1 132.248.216.253
<u>CUAUTITLÁN I</u> E0 132.248.100.254 S0 132.248.231.253	<u>CUAUTITLÁN IV</u> E0 132.248.102.254 S0 132.248.231.254 S1 132.248.229.253
<u>IZTACALA</u> E0 132.248.79.254 S0 132.248.227.254 S1 132.248.232.254 S2 132.248.226.253	<u>ZARAGOZA</u> E0 132.248.60.254 S0 132.248.207.253 S1 132.248.216.254 S2 132.248.222.254 S3 132.248.242.254
<u>CCH AZCAPOTZALCO</u> E0 132.248.89.254 S0 132.248.232.253	<u>CCH NAUCALPAN</u> E0 132.248.90.254 S0 132.248.225.253
<u>CCH ORIENTE</u> E0 132.248.87.254 S0 132.248.242.253	<u>CCH SUR</u> E0 132.248.86.254 S0 132.248.237.253
<u>CCH VALLEJO</u> E0 132.248.88.254 S0 132.248.228.254 S1 132.248.227.253	<u>PREPARATORIA 1</u> E0 132.248.91.254 S0 132.248.236.254 S1 132.248.235.253
<u>PREPARATORIA 2</u> E0 132.248.92.254 S0 132.248.222.253	<u>PREPARATORIA 3</u> E0 132.248.93.254 S0 132.248.223.253
<u>PREPARATORIA 4</u> E0 132.248.94.254 S0 132.248.239.253	<u>PREPARATORIA 5</u> E0 132.248.95.254 S0 132.248.236.253
<u>PREPARATORIA 6</u> E0 132.248.96.254 S0 132.248.241.253	<u>PREPARATORIA 7</u> E0 132.248.97.254 S0 132.248.233.253
<u>PREPARATORIA 8</u> E0 132.248.98.254 S0 132.248.238.254	<u>PREPARATORIA 9</u> E0 132.248.99.254 S0 132.248.228.253
<u>DIR. DE PREPAS</u> E0 132.248.75.254 S0 132.248.234.253	

Tabla 5.1 Asignación de direcciones IP en los nodos de la Red Metropolitana

Para propósitos de ruteo los ruteadores se pueden integrar en grupos llamados sistemas autónomos. La RedUNAM se integra en un único sistema autónomo y el protocolo de ruteo que se utilice depende si es para el interior del sistema o para el exterior. Para la red metropolitana el ruteo se realiza mediante el protocolo de ruteo IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) que, como su nombre lo indica, es para el interior del grupo. Se utilizó este protocolo ya que presenta

un mejor ruteo basado en mediciones del ancho de banda, retraso, carga, y confiabilidad y no solo en cuantos ruteadores hay en la trayectoria como es el caso de RIP. La configuración entonces, incluyó la especificación del protocolo de ruteo y el sistema autónomo de la UNAM que es el 278. Para este protocolo además se tuvo que especificar la lista de redes conectadas, que en este caso solo es la de la UNAM 132.248.0.0 ya que los ruteadores que tienen conectadas otras redes son los de Ciudad Universitaria.

Del puerto Ethernet del ruteador se tuvo que distribuir la red a todo el plantel por lo que se utilizó un concentrador.

5.4 CONCENTRADORES

Como se dijo anteriormente tuvimos dos casos en lo referente a redes internas: uno era que la red interna ya existente se conectara a RedUNAM, o bien, que se creara una red interna donde no existía. Esto último fue el caso general del bachillerato y de algunos planteles de educación superior, donde los sistemas de cómputo no estaban muy desarrollados.

En los dos casos lo que se iba a conectar eran redes internas que únicamente abarcaban un edificio o parte de este, esto es, una LAN. Por lo que se decidió conectar las redes locales mediante fibra óptica en configuración estrella a un concentrador principal. Dado que manejamos las especificaciones del IEEE Ethernet 802.3, estos concentradores, y los de las redes internas, deben cumplir con los siguientes puntos:

- Transmisión de los paquetes de datos resincronizados.
- Regeneración del preámbulo.
- Extensión de fragmentos.
- Regulación de colisiones.
- Desconexión automática de segmentos problemáticos (más de 33 colisiones consecutivas o si la colisión dura más de 205 μ s).
- Reconexión de estos segmentos cuando ya no presentan problemas.

Estas dos últimas características minimizan el impacto que tienen los segmentos con problemas en la operación de una red. Aislando los segmentos problemáticos, se afectan los dispositivos

de solo ese segmento y no toda la red. Esta es una gran ventaja de las redes en configuración en estrella.

Para el concentrador principal se pedían las siguientes características adicionales: debía de contar con puertos de fibra óptica, y al menos un puerto debía ser compatible con la interfase AUI hembra que se tiene a la salida Ethernet del ruteador Cisco. La combinación de estas dos características fue lo que nos llevó a buscar un concentrador que tuviera por lo menos seis puertos de fibra óptica con conector ST (por los tres sitios básicos que se conectarían, biblioteca, servicios escolares y gobierno, y para tener un respaldo confiable) y un puerto de entrada AUI macho. Después de buscar entre varias marcas de concentradores no se encontró ninguna que reuniera exactamente dichas características. En primer lugar la combinación de las interfases no se encontró como tal; además la única opción para combinar estas dos opciones era con concentradores que robaban nuestras necesidades ya que existen en el mercado concentradores de múltiples interfases que además son inteligentes lo cual sobrepasaba las necesidades que se tenían contempladas.

La elección final fue un concentrador de la marca Cabletron el cual se maneja en base a módulos, esto es, los puertos son intercambiables y se puede elegir entre diferentes medios como par trenzado, fibra óptica, coaxial o AUI. Este concentrador, o como el fabricante lo llama minicentro de acceso multimedios (MiniMMAC por sus siglas en inglés), es capaz de incorporar varios segmentos de red a un segmento común. Puede alojar hasta 13 segmentos de red, en módulos de seis o de un puertos. La mayor ventaja que encontramos es que se podían mezclar los medios. Cada MiniMMAC puede acomodar dos módulos de interfase multipuerto, MPIM y un módulo con un puerto, SPIM. En cada MPIM se pueden manejar seis puertos, en este caso de fibra óptica con conector ST, lo cual se ajustaba perfectamente a nuestras necesidades. Para el caso del AUI, Cabletron ofrecía un SPIM pero con salida hembra, por lo que para este caso se tomo la decisión de emplear un SPIM de coaxial delgado con conector BNC. De esta manera para conectar el ruteador Cisco se utiliza un transceiver de coaxial a AUI, el cual es compatible con la entrada hembra de dicho ruteador, conectando el coaxial al SPIM de coaxial del concentrador. Esta última conexión resultó aun más favorable de lo que pensábamos ya que el MiniMMAC y el ruteador Cisco se colocaron uno encima del otro, por lo que el coaxial resultó perfecto por su flexibilidad.

Como ya dijimos, de no existir la red local se instaló una red en par trenzado 10BASE-T, en configuración estrella que partía de un concentrador. Este concentrador se tenía que poder conectar mediante fibra óptica con conector ST y tener puertos de par trenzado. En este caso se

tomó la decisión de utilizar el concentrador MRXI 10BASE-T de Cabletron ya que dicho concentrador provee 12 puertos de par trenzado y dos slots para módulos de interfase con puerto Ethernet, EPIM, y se tiene la ventaja de tener un sistema de monitoreo local el cual permite un control del flujo de tráfico. Dado que el medio que utilizábamos para conectar el MRXI con el MiniMMAC es fibra óptica, el módulo de entrada que se utilizó fue el EPIM-F2. Además se cuenta con otro puerto de reserva en caso de falla del primero, o por si se quieren conectar en cascada otros concentradores únicamente se agrega un EPIM-C que es para coaxial delgado. En el caso de los puertos de par trenzado este concentrador nos provee de un conector Champ de 50 hilos suficientes para 12 puertos de 4 hilos cada uno. Estos 50 hilos se rematan o conectan a una regleta desde la cual se distribuyen los 12 servicios. Este conector Champ o Telco y la regleta presentan diversas ventajas respecto a tener 12 puertos de conectores RJ-45; la seguridad es mayor con la regleta ya que no están fácil de desconectar como un RJ-45, la forma en la cual se acomodan los cables se presta menos a roturas involuntarias, y además de que se tiene una mejor presentación.

Cuando la red local ya existía lo que hacíamos era adaptar el medio que se utilizaba localmente a la fibra óptica. El caso más común que nos encontramos fue el de redes en coaxial delgado, o varios concentradores de par trenzado unidos por coaxial delgado. Para esto utilizamos un transceiver de fibra óptica a coaxial, el COFOT. Este nos permite conectar un segmento de hasta 185 metros de cable coaxial RG-58 de 50 Ω , lo cual era suficiente, en cuanto a longitud, para las redes locales que se iban a conectar. Dado que el COFOT es un adaptador de medios sólo permite conectar hasta 10 conectores "T", esto es 10 máquinas, lo cual se puede pensar como insuficiente, pero cuando la red local ya existía casi siempre se tenía un concentrador que además era repetidor. En caso de que no existiera un concentrador y únicamente se tuviera un segmento con más de 10 máquinas lo que se utilizaba era un repetidor, para lo cual elegimos el MR-2000C el cual soporta un segmento con 30 conectores, lo cual se traduce a 29 máquinas. Para este concentrador se tenía que utilizar un adaptador o transceiver de fibra óptica a AUI dado que esta última es la interfase de entrada del repetidor.

El último elemento necesario para que nuestra información llegase a la computadora del usuario de forma entendible, era un adaptador o tarjeta de red, el cual, junto con el software respectivo, permitiría el establecimiento de la comunicación.

5.6 SOFTWARE Y TARJETAS PARA RED ETHERNET

En las dependencias en las que no existía ninguna red interna se tuvieron que instalar en los equipos de cómputo disponibles los elementos necesarios para integrarse a la red. Para este propósito se utilizaron adaptadores Ethernet. Estos adaptadores o tarjetas (dado que su instalación se realizó en el interior de la computadora) son el medio mediante el cual se conectan las computadoras a las redes Ethernet que se habían instalado en cada plantel y es gracias a ellas que finalmente se aprovechan los datos de la red. En el caso de la red metropolitana las tarjetas debían cumplir con ciertas características primordiales: el medio físico que se iba utilizar era el par trenzado por lo que tenían que tener entrada para el conector RJ-45, el protocolo de comunicación debía ser Ethernet IEEE 802.3 que es el que se maneja en casi toda la RedUNAM cumpliendo con todos los requerimientos de este estándar y la arquitectura tenía que ser de 16 bits. Esto debido a que las computadoras en las que se iban a instalar eran 80286 AT como mínimo, dado que con las aplicaciones actuales y la red en conjunto solo estas máquinas responderían satisfactoriamente, al tener un bus de datos y procesador de 16 bits. Además, todas estas computadoras debían poseer disco duro, y disponer de un mínimo de 2 Mb de memoria en disco libres, suficiente para la instalación del software.

Existen en el mercado muchas marcas y tipos de tarjetas con más o menos ventajas y con una muy amplia variedad en el precio. A pesar de que se había trabajado antes con tarjetas Cabletron estas resultaron con un precio muy por encima de las Etherlink III de 3Com. Estas últimas presentan un precio muy atractivo, manejan par trenzado, eran de 16 bits, y aunque no presentaban los LED LANVIEW de Cabletron, su instalación y configuración era mucho más sencilla ya que toda era a base de software.

Una vez definido las características del equipo a utilizar, tanto tarjeta como computadora, el siguiente aspecto es el software a instalar, y señalar algunos de los aspectos importantes de su configuración. Básicamente son dos los tipos de programas que se instalan, que son el manejador de la tarjeta y el software de acceso a la red. Dentro del manejador, que es el medio por el cual el sistema operativo de red trabaja con la tarjeta, la configuración se refiere al hecho de que la tarjeta tiene que establecer varios parámetros como son la interrupción, la dirección I/O, etc. para que pueda trabajar en conjunto con los demás elementos de la computadora.

El software de red que se utilizó fue el NCSA y el MINUET, que permiten el acceso a los servicios de red que se prestan, y que tienen la característica que son de dominio público, es decir, no hay

que realizar el pago de licencias por el uso de este software. Ambos permiten el uso de los mismos servicios, únicamente presentan diferencias en la presentación al usuario, ya que Minuet maneja un ambiente más amigable, con posibilidad de manejo de las opciones a través de ventanas, en tanto que NCSA no presenta esta facilidad. Estos programas son adecuados para personas de primer contacto con Internet ya que son bastante sencillos y suficientes para sus necesidades. Este software se instaló en los lugares donde no se tenían redes internas pero además en los que ya contaban con ellas ya que este es necesario para poder comunicarse dentro de Internet.

En la configuración de estos programas se involucra la asignación de direcciones IP, la máscara correspondiente, el nombre lógico y el gateway, todo esto, características propias de TCP/IP. La dirección IP y el nombre lógico son únicos para cada máquina, y el administración de direcciones permite el correcto funcionamiento de la red. Por ello, para cada escuela, donde se disponían de 252 diferentes direcciones, se planteó, como un estándar, el utilizar las direcciones más elevadas (de la 246 a la 252) para los equipos concentradores, así como el no programar ninguna computadora con la dirección electrónica 1, que se utilizará en caso de ser necesario para pruebas por parte del personal de Telecomunicaciones Digitales. Las demás direcciones quedan disponibles para las computadoras del plantel, comenzando por los números menores el cual se va incrementando conforme se van agregando máquinas a la red. Esta asignación de direcciones se realiza a través de un programa de instalación desarrollado en la Subdirección de Redes, que genera una base de datos para su control.

Después de la configuración de todos los equipos, se procede a poner en operación toda la red en su conjunto, que es el punto en el proyecto donde se ponen a prueba todos los elementos que la constituyen, y se puede ver si finalmente todo el diseño y los trabajos realizados permiten satisfacer los requerimientos planteados originalmente.

6 PUESTA EN OPERACIÓN Y MONITOREO DE LA RED METROPOLITANA

En los capítulos anteriores se planteó la metodología aplicada en el diseño y planeación de la red metropolitana. Lo que seguía a continuación era la puesta en operación de toda esta planeación. La puesta en operación incluyó adquisición del equipo, instalación de la redes internas, instalación y configuración del equipo en cada nodo, y el levantamiento del enlace metropolitano y de la red interna. Las primeras tres partes han sido tratadas en los capítulos anteriores porque de esta manera se comprendía mejor en su totalidad. En este capítulo trataremos el levantamiento de los enlaces y de la red interna porque fue la parte más crítica de la puesta en operación. La planeación de esta parte incluía la calendarización de los trabajos y la asignación de trabajos a cada persona. Como ya se mencionó por la magnitud del proyecto, este se dividió en ocho etapas. En cada una de estas etapas, la puesta en operación quedó planificada en dos partes. La primera comprendía todo lo referente a la puesta en operación del enlace metropolitano y la segunda lo referente a las redes internas. La supervisión de cada parte fue asignada a una persona diferente y esto nos permitió avanzar en forma simultánea en las dos partes en casi todos los planteles.

6.1 ENLACE DE E1

Después de la adquisición de los equipos E1 a utilizar y de que la instalación de los mismos quedó lista se procedió a la implementación en vivo del enlace. En el caso de RDI esto fue después de que personal de TELMEX instaló todo el equipo necesario, nos entregó el enlace funcionando, se realizaron algunas pruebas y quedó asentado en un acta que el enlace estaba operando correctamente. En el caso de las microondas el enlace fue aprobado después de que se orientaron las antenas tanto en el plano de elevación como de azimut hasta tener una lectura máxima (casi siempre de 7 volts) en el voltímetro de AGC de las dos antenas.

En los dos casos el primer paso era conectar los FCD-2 al canal de comunicación y lograr que se enlazaran. Como ya se mencionó anteriormente este dispositivo cuenta con controles e indicadores localizados en el panel frontal. Uno de estos es el indicador de detección de

portadora de datos (DCD); cuando esta señal se prende quiere decir que el otro FCD-2 la está transmitiendo y se recibe satisfactoriamente. Además se cuenta con indicadores de pérdida de sincronía local y remota (LOC y REM, respectivamente), los cuales deben estar apagados para afirmar que el enlace está trabajando. Solo cuando se completaban estas dos condiciones, DCD prendida y LOC y REM apagadas se continuaba con el siguiente paso. En el caso de que se presentaran problemas el FCD-2 cuenta con herramientas para determinar la causa. La primera de ellas es un buffer de alarmas que junto con el manual nos ayudan a determinar el error que causa los problemas y la otra es la posibilidad de establecer loops locales y remotos, junto con la prueba BERT, que ayudan a determinar el posible punto de falla.

El siguiente paso era la conexión del puerto serie correspondiente del router Cisco al FCD-2. Con solo esta conexión se debía prender la señal RTS del FCD-2 lo que nos indicaría que el puerto está bien configurado y administrativamente habilitado, dado que se encuentra pidiendo datos. A continuación en la terminal del router se verifica el estado de la interfaz, que en caso de estar funcionando correctamente el enlace, despliega un mensaje como el que se muestra en la figura 6.1

```
Serial 2 is up, line protocol is up
Hardware is MK5025
Description: GW-ENEP_IJTACALA - GW-LABORALES
Internet address is 132.248.226.253, subnet mask is 255.255.255.0
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit, DLY 20000 usec, rely 255/255, load 1/255
Encapsulation HDLC, loopback not set, keepalive set (10 sec)
Last input 0:00:00, output 0:00:00, output hang never
Last clearing of "show interface" counters never
Output queue 0/40, 0 drops; input queue 0/75, 0 drops
Five minute input rate 1000 bits/sec, 2 packets/sec
Five minute output rate 2000 bits/sec, 2 packets/sec
32317 packets input, 14599528 bytes, 0 no buffer
Received 32218 broadcasts, 0 runts, 0 giants
0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
9324 packets output, 296822 bytes, 0 underruns
0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets, 0 restarts
```

FIGURA 6.1 Pantalla de presentación del estado de la interfaz del router.

Como se puede ver la interfaz tiene que estar doblemente "arriba", ya que el primer "up" indica que se encuentra prendida y el segundo que ha entendido el protocolo. En caso contrario se tuvo que revisar nuevamente todo el procedimiento anterior. La última prueba es la utilización del PING que es una herramienta de monitoreo. Esta nos permite mandar un paquete a una

dirección IP, que en este caso es el puerto serie del otro lado, y recibir respuesta indicándonos que se recibió el paquete. Esta prueba era muy importante ya que con esto se garantizaba al cien por ciento que el enlace estaba funcionando de acuerdo a como se había diseñado. El ping se describirá mas ampliamente en la parte de monitoreo.

6.2 PUESTA EN OPERACIÓN REDES INTERNAS

El siguiente aspecto que desarrollaremos es el proceso que se siguió para la puesta en operación de las redes internas dentro de cada una de las escuelas del área metropolitana, lo que abarca desde el establecimiento de los enlaces de fibra óptica, prueba de los equipos concentradores y la instalación de tarjetas y software en cada una de las computadoras a enlazarse. En este punto se tienen que hacer las primeras pruebas de funcionamiento de nuestra red, y existen varios detalles que hay que cuidar, ya que el adecuado funcionamiento de ésta dependerá de una correcta instalación del software y la tarjeta de red, y de la calidad en los trabajos de cableado, tanto de fibra óptica como de cable coaxial y cable par trenzado.

El trabajo de puesta en operación de las redes internas lo dividiremos en tres partes:

1. Puesta en operación de los enlaces de fibra óptica.
2. Puesta en operación de cableado internos.
3. Instalación y configuración de tarjetas y software en cada equipo de cómputo.

Hay que mencionar que el caso que se desarrolla es el que corresponde a la instalación de redes internas de par trenzado, ya que cuando existían redes en cable coaxial operando bajo Novell, nuestra responsabilidad terminaba con la puesta en operación del enlace de fibra óptica, que a través de un transceiver, el COFOT, conectaba a la red con el exterior, siendo visto este equipo como una terminal más dentro de la red. En estos casos se verificó con la computadora portátil que existiera comunicación desde el transceiver, en tanto que personal de la Subdirección de Redes brindó la asesoría relativa a la instalación y configuración del software de comunicación y la asignación de direcciones IP.

a) PUESTA EN OPERACIÓN DE LOS ENLACES DE FIBRA ÓPTICA

Debemos de recordar que los enlaces de fibra óptica en cada dependencia siguen una topología en estrella, donde en el centro de la misma se encuentra el equipo concentrador de fibra óptica, MiniMACC, que alimentará a los demás concentradores de par trenzado que se encuentran en cada uno de los extremos de la estrella. Cada una de las fibra ópticas, perfectamente numerada, se encuentra dentro del distribuidor óptico correspondiente, lo que permite identificarlas.

Dentro del proyecto de la Red Integral de Telecomunicaciones, se ha tomado la convención para enlaces de fibra óptica que al enlazar dos puntos, se considera uno de ellos el nodo principal y el segundo como nodo secundario. Esta distinción se hace en función de la importancia en cuanto a equipos de telecomunicaciones con los que cuenta cada uno. Además, se ha considerado que la transmisión de luz de un nodo principal a un nodo secundario debe de viajar por las fibras que se encuentren identificadas con números impares, es decir, 1,3,5,7,..., y la recepción del nodo principal debe de llegar por una fibra de número par 2,4,6,8,...; tratando siempre de utilizar fibras sucesivas (1 y 2, 3 y 4, etc.). Esto es muy recomendable para mantener el orden y llegado un momento saber cuál de las fibras es de transmisión y cuál es la de recepción. Siguiendo esta convención, designamos dentro de la red metropolitana al local de telecomunicaciones como nodo principal, y los demás edificios de las dependencias son los nodos secundarios. Por tanto, la transmisión de luz del local de telecomunicaciones a los diversos edificios se llevaría a cabo por las fibras 1,3,5,7 y la recepción de luz en el local es por las fibras 2,4,6, 8.

De esta forma, para levantar un enlace seguimos un procedimiento que consideramos general y dentro de una metodología, que requiere de dos personas con radios para comunicación, y una fuente emisora de luz o lámpara de mano. El procedimiento es que una de las personas se ubique en el edificio a enlazar y la otra persona este con la lámpara en el nodo principal. El primer paso es identificar las fibras en ambos extremos, y una vez hecho esto notificarlo al compañero. A continuación, desde el local de telecomunicaciones se envía luz por la fibra número 1 del enlace correspondiente, y se espera a que el compañero notifique por radio que la esta viendo. Hecho esto, se procede a enviar luz en forma intermitente en intervalos de tiempo cortos y regulares, con finalidad de identificar plenamente la fibra, y que no exista confusión con alguna fibra que este descubierta y reciba luz. Acto seguido, se realiza el mismo procedimiento con la fibra número 2, hasta que este plenamente identificada. Este procedimiento se realiza con el número de fibras necesarias, ya que en algunos enlaces se utilizaron más de una fibra, como en los casos en los que se realizan puentes en algún edificio para enlazar a otro. En este

caso, el procedimiento que se sigue para el segundo enlace fue exactamente el mismo que el descrito con anterioridad.

Una vez identificadas perfectamente las fibras (y a la par verificado que no exista una atenuación considerable en las mismas), se conectan los equipos concentradores tanto del nodo principal como del secundarios entre sí, observando primeramente que el indicador de enlace (el led de LINK verde) que se encuentra en estos equipos se encienda. Esto indica que el equipo esta recibiendo luz, y si esto sucede en ambos extremos, indica que no existen problemas en este enlace. Hay que mencionar que la conexión de los equipos de fibra con los distribuidores en los cuales se encontraban rematadas la fibras ópticas exteriores se realiza a través de fibra óptica de interiores, la cual es más fácil flexible y fácil de maniobrar; el único cuidado que hay que tener es no perder la identificación de la fibra que es de transmisión y la que corresponde a la recepción en ambos extremos.

Este procedimiento se efectuó en cada uno de los enlaces, y una vez realizados todos los enlaces se realizaron pruebas de comunicación con una computadora portátil. Antes de mencionar en que consistieron estas pruebas debemos de recordar que los concentradores que se ubicaron en cada uno de los edificios tiene programada una dirección IP, lo que permite utilizar la señal de eco electrónica, PING, para detectar en la red la presencia del equipo.

Así pues, el paso siguiente era conectar la computadora portátil a través de las interfaces adecuadas al concentrador del nodo principal, ejecutar el software para red correspondiente y enviar "pings" a los concentradores de los edificios, esperando la respuesta adecuada para saber de esta forma si los equipos concentradores mantenían comunicación entre si. Una vez verificados estos puntos, el siguiente paso era la puesta en operación de la parte final que corresponde a instalación de tarjetas, software y cableados de cable coaxial y par trenzado.

b) PUESTA EN OPERACIÓN DE CABLEADOS INTERNOS

La prueba de los cableado internos, principalmente de par trenzado, se realizaron a través de la conexión de la computadora portátil en cada una de los rosetas que brindan servicio de red en los diversos edificios, y el envío del PING primero a la propia computadora portátil posteriormente al equipo concentrador que alimenta al servicio y finalmente al ruteador de la escuela o dependencia, para verificar el correcto funcionamiento de todos los cableados y

equipos. Inclusive, en muchas ocasiones se estableció una sesión remota con algún host de Ciudad Universitaria como prueba final del cableado del servicio y los equipos ruteadores.

Cabe agregar que en los casos futuros en los que se conecten concentradores en cascada dentro de un mismo edificio, el procedimiento de prueba que se recomienda para probar los servicios es el mismo, pero realizando con anterioridad una prueba de continuidad e impedancia característica (con un terminador en un extremo) en el cable que conecta a los concentradores, que en todos los casos se planea que sea cable coaxial. Esto para verificar que no exista algún corto o circuito abierto, y que la impedancia característica sea la correcta.

c) INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE TARJETAS Y SOFTWARE EN CADA EQUIPO DE CÓMPUTO

La instalación de la tarjeta consiste en tres pasos primordiales. La primera operación es instalar la tarjeta en cualquier ranura de expansión libre dentro de la computadora. Después se procede a la configuración de la tarjeta, conexión física a la red y por último, a la instalación de los drivers de la tarjeta y software apropiado de red. Para toda esta instalación se elaboró un programa que realizaba la configuración de la tarjeta, instalación de los drivers y del software de red. Esto se facilitó un poco ya que las tarjetas traían consigo un software que realizaba la configuración automática de la tarjeta, modifica los archivos CONFIG.SYS y AUTOEXEC.BAT e instala los drivers propios de la tarjeta.

Para la instalación de las tarjetas se contrataron a los proveedores que habían realizado la red interna de par trenzado ya que de esta manera se obligaba a que el trabajo estuviera bien hecho en su totalidad; ahorrándonos además tiempo que se perdería en la revisión de cada uno de los servicios de red instalados. Al proveedor se le proporcionó un disquete con el software de instalación por cada una de las redes que se tenían contempladas. Este software incluía, además de todo lo anterior, la asignación de una dirección IP diferente a cada una de las máquinas a conectar conforme se iba avanzando en cada plantel. Estos datos, además de que se grababan automáticamente en el disquete, se vaciaban en un documento en el que se incluía en el número de inventario de cada computadora conectada, así como la firma del responsable de cada plantel. Esto se hizo con la finalidad de tener un control de las direcciones asignadas. El buen desempeño de la tarjeta y del software de red eran constatados por el mismo usuario al momento de utilizar la red y comunicarse con Ciudad Universitaria o con cualquier máquina conectada a INTERNET.

Los principales servicios son el establecimiento de sesiones con host remotos, transferencia electrónica de archivo con FTP anónimo y algunos otros servicios. A través del establecimiento de sesiones remotas, se puede tener acceso al correo electrónico, búsqueda de información a través de la red y establecimiento de Talks con otros usuarios de la red, entre otras cosas.

Como la instalación de tarjetas y software se realiza posteriormente a la instalación de todos los equipos de comunicaciones, y el establecimiento de todos los enlaces necesarios, a la par que se realiza la instalación se va poniendo en operación la parte final de la red, que es la parte de comunicación desde la computadora personal por parte del usuario al resto de la red. Así, cuando se termina esta instalación, se realizan la prueba de conexión desde la computadora al ruteador de la escuela o dependencia, y posteriormente, el establecimiento de una sesión remota hacia cualquiera de las computadoras que se encuentran en Ciudad Universitaria. Si esto se realizaba con éxito, indicaba que tanto el cableado como el software no presentaban ningún problema en su ejecución o instalación.

En caso de que existiera algún problema al momento de hacer las pruebas, se aislaba el problema probando primero el servicio con la computadora portátil que, en caso de existir problemas con el cableado no podía conectarse, o bien, no se prendía el led de enlace al momento de conectar el cable RJ-45 al transceiver. Con esto, ya nos podíamos abocar a la solución del problema del cableado. En caso de que la computadora portátil pudiese establecer la comunicación sin problemas, el problema radicaba en la instalación del software o la tarjeta con lo que procedíamos a reinstalarlos. Aquí podemos decir que con la experiencia adquirida, se podía hacer un diagnóstico preliminar de la falla antes de conectar la computadora portátil, como en el caso de que el cable que va de la roseta a la tarjeta estuviese mal conectorizado, se procedía a cambiarlo y probar nuevamente, con lo que el problema se solucionaba muchas veces. Sin embargo, siempre es importante contar con todos los elementos necesarios para hacer las pruebas y aislar las fallas que se presenten dentro de las redes, como son la computadora portátil con todos sus aditamentos, desarmadores, probadores de continuidad, multímetro, etc.

Las fallas más frecuentes que se presentaron fueron un incorrecto ponchado de los cables de par trenzado (como cambio de la transmisión por la recepción, o algún cable suelto), tarjetas mal instaladas o configuradas, fibras ópticas mal conectorizadas, etc.

6.3 MONITOREO

El monitoreo actual de la red Metropolitana consiste en la supervisión del correcto funcionamiento de todos los enlaces y redes locales. Próximamente también se agregaran mediciones de tráfico y posibles puntos de falla. Dado que nuestro tema se limita únicamente a la parte física de la red, aquí trataremos con algunas pruebas básicas que comprueban que existe conexión. Además expondremos algunas herramientas con las que cuentan la DTD, en particular el departamento de redes, para realizar un monitoreo más completo.

Las pruebas básicas que se manejan son Ping, Trace y Telnet. Como se mencionó anteriormente la prueba inmediata de la puesta en operación era el ping. El ping es el nombre de un programa usado en INTERNET para probar que los posibles destinos son alcanzables. El ICMP (Internet Control Messages Protocol) forma parte de los protocolos de TCP/IP y es el que permite a los gateways y hosts mandar mensajes de control o error a otros gateways o hosts. ICMP provee comunicación entre el software Internet de una máquina y el software Internet de otra. El programa Ping utiliza el mensaje de ICMP echo request y espera por su respuesta, el echo reply. En caso de falla se utiliza el mensaje de "destination unreachable". Todo esto hace que ping nos de una información simple pero muy útil de la cual podemos diagnosticar en forma aproximada el problema. Para esto se manda un número considerable de ping y se observa el desempeño. Los ping se pueden mandar desde una máquina cualquiera de la red local, con Minuet, y así probar la red y su enlace con RedUNAM; así como también desde el ruteador Cisco en el cual existe un ping más completo que permite variar el número, el tamaño del datagrama, y el tiempo máximo de espera. Si el destino no se alcanza entonces se puede utilizar el Trace, el cual nos detalla la ruta que se sigue hasta el destino y en caso de falla, en que punto ocurre. Esta instrucción no era muy útil porque no se encuentra disponible para computadoras personales, pero además en la red metropolitana las rutas a probar contaban con solo dos puntos por lo que si el ping fallaba no era necesario aplicar el trace para saber donde fallaba el enlace.

Con el ping y el trace se prueba que el enlace físicamente esta bien, pero para probar el protocolo en todo su conjunto se utilizan servicios en la capa de aplicación, tales como el Telnet, el ftp o el correo electrónico. En el caso de la red metropolitana para monitorear se utiliza el Telnet a cada uno de los diferentes ruteadores. El telnet es un protocolo de terminal remoto, es decir, que si se aplica telnet a la máquina x desde la máquina y, la máquina y pasa a ser una terminal remota de la x. Con esto se logra monitorear cada ruteador en forma remota, aplicando los comandos básicos de administración que se mencionaron anteriormente.

6.3.1 CISCOWORKS

Un aspecto relevante dentro de toda red de comunicaciones es el monitoreo global de los enlaces, especialmente para detección de fallas en cuanto estas se presenten, brindando un servicio eficiente y, tratando de reducir al máximo el tiempo de solución de fallas. Esto resulta todavía más importante en la Red Metropolitana de Datos de la UNAM, ya que se trata de una red de datos y además, la ubicación de las Escuelas que la integran obliga al personal encargado de solución de fallas a desplazarse un tiempo grande que se puede agregar al tiempo que está el enlace caído.

Por tanto, una solución para la detección de fallas en los enlaces lo presenta CiscoWorks, que es una herramienta de software que permite efectuar un monitoreo de los routers marca Cisco, para saber el estado de los enlaces. Esto resulta conveniente ya que el software se instala en una estación de trabajo y desde este punto se puede conocer la situación de comunicación en los distintos enlaces de la red. Para nuestro caso, esta estación de trabajo se ubica en la Subdirección de Redes de la Dirección de Telecomunicaciones Digitales, y aquí se monitorea toda la RedUNAM, incluyendo la etapa correspondiente a la Red Metropolitana de Datos. Aquí se generan reportes acerca de la situación de los enlaces en general, y corresponde al Departamento de Conectividad la solución de los mismos, en caso de que el problema sea a nivel físico.

El software CiscoWorks para administración de redes permite monitorear redes complejas que contienen routers Cisco y auxilia a la planeación, detección de problemas y análisis de la red. Este software emplea el protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol), por lo que puede controlar y monitorear cualquier dispositivo que emplee el mismo protocolo dentro de la red, y adicionalmente proporciona una completamente integrada base de datos basada en Sybase. CiscoWorks contiene cinco áreas funcionales de operación: administración de fallas, administración del desempeño, administración de configuración, administración de contabilidad y administración de seguridad.

La parte más importante para nosotros es la de administración de fallas, ya que los demás aspectos están más bien relacionados con la administración en general de la red; el manejo de fallas que nos proporciona CiscoWorks permite acceder a través de la aplicación de Dispositivo Monitor a cualquier router y obtener la información correspondiente al medio ambiente y al estado de las interfaces; la aplicación de Administrador de Acceso permite conocer todos los

eventos que ocurran en cuanto a errores y accesos de claves autorizadas al ruteador; también permite utilizar los comandos de despliegue de información de los ruteadores, utilizando la aplicación de Muestra de Comandos; empleando la herramienta de rutas proporciona la información de las rutas dinámicas que sigue un dispositivo para llegar a otro dispositivo de la red y, finalmente, a través de una herramienta gráfica analiza la ruta de un enlace y la se puede obtener la información de la medición de errores que se presentan.

7 METODOLOGÍA

Como resultado de todo el proceso descrito anteriormente, llegamos finalmente a la propuesta de la metodología para el desarrollo de Redes de Área Metropolitana. Esta metodología la podemos dividir en dos partes: la planeación y la implementación.

7.1 PLANEACIÓN

La planeación es el elemento que inicia nuestro proyecto y mediante el cual podremos llevar a bien el proyecto en su totalidad. En esta incluimos los siguientes pasos: Requerimientos, Factibilidad y Diseño.

1.- REQUERIMIENTOS. En este punto necesitamos conocer la ubicación geográfica de los nodos; el número de usuarios potenciales; estudios de tráfico; necesidades actuales a corto y mediano plazo de intercambio de información. Adicionalmente en toda red hay que establecer los niveles de confiabilidad y velocidad de los enlaces metropolitanos. Con todos los puntos anteriores se debe realizar un informe de los requerimientos que se detectaron.

2.- FACTIBILIDAD. Es establecer los posibles medios que solucionan nuestros requerimientos. En este punto utilizamos la información previa para determinar las alternativas reales en cuanto a medios físicos a utilizar; para lo cual se tiene que tomar en cuenta la disponibilidad de determinado servicio en alguna zona particular, las limitaciones técnicas de ciertos sistemas (ancho de banda, alcance, frecuencias, equipos disponibles, etc), trámites administrativos (tiempos de entrega, permisos que se tienen que obtener) y las consideraciones económicas de cada una de las posibles soluciones. Un último aspecto no menos importante que los anteriores es considerar la factibilidad humana; debemos contar con el personal capacitado para la realización de toda la red.

3.- DISEÑO. Aquí, a partir de la factibilidad comprobada de los sistemas de comunicaciones, se comienza a diseñar la red metropolitana. Generalmente se realizan más de una propuesta, y se tienen que evaluar las ventajas y desventajas de cada una de ellas, para poder determinar cuál es la que se implementará. Parte del proceso de evaluación de las soluciones es la consideración costo de cada una, tiempo de obsolescencia, capacidad de crecimiento, puntos de posible falla, confiabilidad, tasa de errores, compatibilidad tecnológica,

entre otros. Una vez realizada la evaluación se debe de tomar la decisión final, con la seguridad plena que nuestros requerimientos han sido cubiertos en su totalidad.

7.2 IMPLEMENTACIÓN

La implementación es la parte del proyecto donde se ven los resultados del diseño, ya que no existe una simulación previa y cualquier error de diseño será muy costoso. Consta de tres etapas: planeación de los trabajos, puesta en operación y administración de la red.

1.- PLANEACIÓN DE LOS TRABAJOS. En este punto se tienen que formar equipos de trabajo para llevar a cabo las tareas con eficiencia y de acuerdo a un calendario establecido. Este calendario se debe establecer de acuerdo a la prioridad de comunicación de los nodos y a su ubicación geográfica. También incluye la elaboración de normas para mantener una homogeneidad en los trabajos y la adquisición de equipos para considerarlo en la calendarización.

2.- PUESTA EN OPERACIÓN. Dado que es una red metropolitana, el primer paso es el establecimiento de todos los enlaces metropolitanos. Esto implica la instalación de los sistemas y equipos correspondientes, su configuración y las pruebas de operación. Posteriormente se deben de establecer las redes locales realizando los pasos anteriores y finalmente verificar la operación en conjunto de estos dos elementos. Aquí tenemos que solucionar los problemas de todo tipo que se presentan.

3.- ADMINISTRACIÓN DE LA RED. En este punto ya tenemos operando nuestra red, llevando a cabo un monitoreo sistemático y administración de los recursos en los diferentes nodos. Debemos evaluar el desempeño obtenido y mantenerlo siempre en niveles óptimos, siendo importante la detección de fallas tanto lógicas como físicas en los elementos de la red y su pronta solución.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

CONCLUSIONES

Después de haber participado en el proyecto de la Red Metropolitana de la UNAM, y de haber plasmado dicha participación en el presente documento, se pueden señalar los siguientes puntos importantes como conclusiones:

Lo principal es que el objetivo de la tesis fue cumplido. Este trabajo se propuso en base a la necesidad de establecer una metodología para la planeación, implementación y puesta en operación de una red metropolitana. Al principio de este trabajo sabíamos que la elaboración de metodologías era muy útil, sobre todo en proyectos de la magnitud de una red metropolitana. Sin embargo, hasta que participamos activamente en este proyecto fue que nos dimos cuenta de la enorme importancia de haber seguido un método. Gracias a esto, aprovechamos mejor los recursos disponibles al disminuir tiempos de entrega, errores y contratiempos, y logramos que la planeación se implementara casi sin ninguna variación. Esta metodología, a pesar de tratar con un caso muy particular, se puede afirmar que es general ya que se ha aplicado en varios proyectos posteriores a cargo de la DTD, y se puede aplicar en muchos más, y no solo de la UNAM, sino de cualquier institución con la necesidad de comunicación de datos.

El objetivo planteado por la UNAM al llevar a cabo este proyecto era el de la integración de la comunidad universitaria de las escuelas de nivel medio y superior en el área metropolitana a los servicios que proporciona RedUNAM y a los bancos de información internacional a través de INTERNET. Dicho objetivo se ha cumplido totalmente en las escuelas de educación superior, ya que además del auge que ha tenido entre la comunidad estudiantil y académica de estos planteles, la RedUNAM es utilizada con fines administrativos por la Dirección General de Personal para los trámites que antes requerían del desplazamiento del interesado a Ciudad Universitaria y que ahora se realizan en el mismo plantel a través de la red. Mencionamos el uso anterior pero sin dejar de señalar que es una de las múltiples formas de uso que ha tenido la red, además de los servicios de correo electrónico, transferencia de archivos, sesiones remotas y demás servicios disponibles en Internet (http, wais, gopher, etc). En el caso de los planteles de educación media la dirección de administración escolar está llevando a cabo un proyecto de realizar dicha administración con ayuda de la red, además del gopher especial para el bachillerato, Bachiller, el cual almacena información relativa a las actividades propias de las preparatorias y CCH's.

El haber participado en este proyecto nos ha permitido tener un mayor conocimiento de las tecnologías que existen en los sistemas de comunicaciones, lo que ha complementado los conocimientos adquiridos en las aulas. El diseñar una red requiere conocer las características de los medios a emplear, para satisfacer

CONCLUSIONES

plenamente los requerimientos de los cuales se partieron empleando los medios adecuados y proponiendo un sistema que sea factible de realizar tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Como el proyecto tenía la característica de ser amplio, hubo necesidad de que diferentes proveedores realizaran los trabajos lo que requirió de una buena coordinación de éstos, tanto desde el punto de vista técnico como humano, para lograr avanzar de acuerdo a los tiempos programados y poder poner en operación toda la red diseñada. Además había que verificar que los lineamientos establecidos se cumplieran en todo trabajo, realizar la coordinación de los mismos con los encargados de cada plantel, realizar todo un trabajo en equipo para lograr una mayor eficiencia y poder solucionar los problemas que se presentaron.

Consideramos que este es un proyecto continuo y que ésta es prácticamente la primera etapa de esta red, ya que el uso y demanda de sus servicios se incrementa día con día. Por ello, la red cuenta desde su diseño con capacidad para asegurar su crecimiento y ampliación, lo cual se puede llevar a cabo en trabajos posteriores sin ningún problema.

Uno de los puntos finales más importantes es señalar que la red instalada ha tenido un desempeño por demás satisfactorio. Basamos la afirmación anterior en el hecho de que los problemas que se han presentado han sido antes de la puesta en operación ya que después de estar operando las fallas han sido casi nulas. Además dichos problemas han sido por causas fuera del control de esta dirección (prolongación de tiempos de entrega, incumplimiento del proveedor, fluctuación del tipo de cambio, etc). Esto se comprueba con el hecho de los usos que actualmente se le da a la red requieren de una confiabilidad muy buena.

Finalmente, es para nosotros motivo de satisfacción haber colaborado en este proyecto cuya importancia es muy grande para nuestra Universidad, y que confiamos sea de provecho para la comunidad universitaria.

APENDICE A

Esta parte contiene una breve descripción de los medios principales con los que se cuentan para la implementación de redes de área local, así como las características más importantes de los mismos, tales como área de cobertura y conectividad. Los medios que tratamos son el par trenzado, el cable coaxial y la fibra óptica.

a) PAR TRENZADO

Este es, con mucho, el medio más común de transmisión, tanto para transmisión de datos analógicos como digitales. Existen dos tipos básicos de par trenzado: el par trenzado sin malla (UTP : Unshielded Twist Pair) y con malla (STP : Shielded Twist Pair). Ambos tipos de par trenzado consisten en dos alambres de cobre o acero aleado con cobre, cada uno cubierto con un aislamiento de PVC, en un arreglo de patrón helicoidal. El cobre proporciona una buena conductividad, en tanto que el acero se emplea para darle dureza, y varios de estos pares forman un mazo que va enrollado y dentro de una cubierta protectora. Para largas distancias, los cables pueden contener cientos de pares. El trenzado de los pares individuales minimiza la interferencia electromagnética entre los pares y ayuda a proteger contra la interferencia eléctrica exterior y la diafonía. Los alambres en los pares tienen grosores promedio de 0.4064 mm (0.016 in) a 0.9144 mm (0.036 in) o bien, tienen un grosor de entre 20 AWG y 26 AWG.

A diferencia de UTP, los pares trenzados en STP están individualmente protegidos con una capa de aluminio o una malla de alambre, esta cubierta se aterrizará al conectar y servirá para prevenir contra la interferencia electromagnética y la radiación de señales. Debido a que cada par en un cable multipar tiene su propia cubierta la diafonía no es un problema en STP.

A medida que el diámetro de un cable se incrementa la distancia a la que una señal puede ser transmitida sin pérdidas significativas se incrementa. Por esta razón, el cable 22 AWG es reservado usualmente para aplicaciones de transmisión de datos a alta velocidad a grandes distancias. El 24 AWG es típicamente empleado para aplicaciones de telefonía y transmisión de datos. El 26 AWG es utilizado en la conectorización dentro de los paneles o registros.

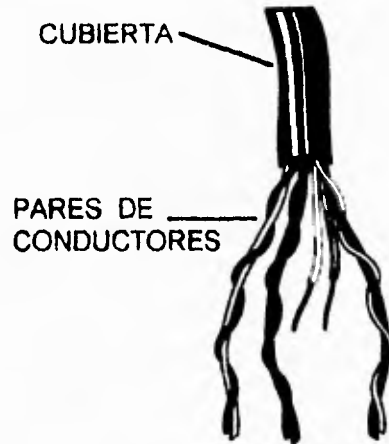


FIGURA A.1 Cable de par trenzado.

- 1) *Características de Transmisión:* Par trenzado puede ser empleado para transmitir señales analógicas o digitales y presenta una impedancia característica de entre 90 ohms y 110 ohms. Para señales digitales, los repetidores son requeridos cada 100 metros, según el estándar Ethernet.

El estándar Ethernet que determina el cableado y la conectorización con par trenzado es el 10BaseT, donde:

- 10 : 10 Mbps
- Base : Indica que las señales se están manejando en banda base (Baseband).
- T : Par Trenzado (Twisted Pair).

En base al trenzado que tenga el par se le asigna un determinado nivel al cable y cambian sus características de transmisión para señales digitales. Son cinco los niveles de UTP que existen en la actualidad, y son:

- *Nivel 1* . Se usa en transmisión analógica o digital de voz y en transmisión de datos a baja velocidad (20 kbps) .

APENDICES

- *Nivel 2* . Usado en transmisión de voz y en aplicaciones de transmisión de datos a velocidad intermedia (hasta 4 Mbps).
- *Nivel 3* . Se emplea en LAN 's de alta velocidad (hasta 16 Mbps).
- *Nivel 4* . Se usa en LAN 's de gran tamaño y de alta velocidad (hasta 20 Mbps).
- *Nivel 5* . Se usa en LAN 's de velocidad extremadamente alta (de hasta 100 Mbps). Esta norma fue liberada recientemente.

2) *Conectividad*: El par trenzado puede es comúnmente empleado para aplicaciones punto a punto.

3) *Área Geográfica*: El par trenzado es empleado para redes locales dentro de un mismo edificio o edificios que se encuentran muy próximos ya que la máxima distancia entre una estación y un concentrador es 100 m para UTP y 300 para STP .

4) *Inmunidad al Ruido*. Comparado con otro medio, el par trenzado está limitado en distancia, ancho do banda y velocidad de transmisión. El medio es susceptible a la interferencia y al ruido debido a que es fácilmente afectado por campos electromagnéticos. Señales en pares de cables adyacentes pueden interferir el uno con el otro, fenómeno que es conocido como diafonía.

Recubrir el par con una malla metálica reduce la interferencia. El trenzado de los cables reduce la interferencia de baja frecuencia, y el uso de un diferente trenzado entre pares adyacentes reduce la diafonía. Estas medidas son efectivas para longitudes de onda mucho mayores que la longitud del trenzado del cable. La inmunidad al ruido puede ser tan grande como la del cable coaxial, para bajas frecuencias de transmisión. Sin embargo entre 10 y 100 kHz., la del cable coaxial es típicamente superior.

5) *Costo*. El costo de par trenzado es mucho menor que el del cable coaxial o de la fibra óptica en términos de costo por metro.

b) CABLE COAXIAL.

Este es un medio muy versátil de transmisión para redes locales. El cable coaxial consiste en dos conductores, cuyas características de construcción les permiten operar en un rango amplio de frecuencias. Consiste en un conductor hueco cilíndrico cuyo interior contiene otro conductor

metálico; el cable interior puede ser sólido o retorcido y el conductor exterior puede ser sólido o trenzado. El conductor interior está recubierto por un material sólido dieléctrico, en tanto que el otro conductor tiene una cubierta para protección. Un cable coaxial tiene un diámetro de 10.14 mm (0.4 in) a 25.4 mm. (1 in).

Podemos hablar un poco acerca de las características generales que presentan los cables coaxiales, los cuales tienen una malla protectora que aísla a la transferencia de información de interferencias electromagnéticas y de la diafonía, además de poseer un ancho de banda amplio permite su utilización para distintas aplicaciones como enlaces de voz, datos o video. En forma general, y en base al fabricante, existen cables con distinta impedancia característica pudiendo ser de 50, 75 y 93 ohms debiéndose esto a la elección de la cantidad y tipo de dieléctrico.

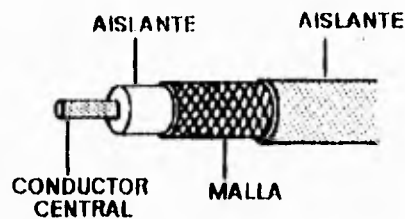


FIGURA A.2 Cable coaxial

- 1) *Características de transmisión:* El cable de 50 ohms es empleado exclusivamente para transmisión digital, empleando una codificación Manchester en forma típica. Velocidades de transmisión superiores a 10 Mbps pueden ser obtenidas fácilmente.

El tipo principal de cable coaxial para aplicaciones de redes Ethernet es el cable de 50 ohms empleado con señalización digital (llamado de banda base). Debido a la naturaleza digital de las señales que manejan los equipos de la red, este cable de 50 ohms se presenta en dos diferentes estándares para Ethernet.

1. Segmento Ethernet de cable coaxial grueso (Trunk Cable 10Base5)

Se le denomina segmento Ethernet debido a que para redes Ethernet la topología usada en un principio fue la de bus, y fue el primer estándar que libero Ethernet. Este medio presenta las siguientes características:

- El segmento de cable coaxial grueso tiene 500 m. de largo como máxima longitud.
- En cada extremo se conectan terminadores de 50 ohms.
- Para distancias mayores a 500 m se conecta un repetidor.
- La distancia mínima entre hosts es de 2.5 m.
- Como máximo soporta 100 transceivers por segmento.
- Como ejemplo se puede utilizar cable especificación IEEE 802.3 AWG 12.
- Se recomienda para brindar servicio de red a un edificio, metiendo el cable en una vertical que atraviesa todos los pisos, o también se instala en centros de cómputo que requieren comunicarse a través de un tendido largo donde el cable se coloca bajo piso falso.

2. Cable Ethernet de coaxial delgado (Thinnet 10Base2)

Este es otro estándar para Ethernet que emplea cable coaxial como medio de transmisión principal, con la diferencia que este cable es de un diámetro menor que el anterior, por lo que se denomina coaxial delgado. Sus características principales son las siguientes:

- El segmento soporta como máximo 185 m de extremo a extremo.
- En cada extremo se conectan terminadores de 50 ohms.
- La distancia mínima entre hosts es de 0.5 m.
- Como máximo soporta 30 transceivers por segmento.
- Un ejemplo de éste tipo de cable es el BELDEN 9907.
- Se recomienda, por su fácil manejo, para la instalación de redes en salas de cómputo pequeñas o para dar red a varias máquinas a partir de un cable que no necesita estar oculto.

2) *Conectividad:* Este tipo de cable se utiliza para configuraciones punto a punto o multipunto.

- 3) *Área Geográfica.* La distancia máxima para un cable de banda base típico está limitado a unos cientos de metros. El segmento de cable coaxial grueso tiene 500 m. de largo como máxima longitud. El segmento de cable coaxial delgado soporta como máximo 185 m de extremo a extremo.
- 4) *Inmunidad al ruido:* La inmunidad al ruido del cable coaxial depende de la aplicación y la implementación. Por lo general, ésta es superior a la del par trenzado para altas frecuencias.
- 5) *Costo:* El costo de instalación del cable coaxial se encuentra entre el costo del par trenzado y de la fibra óptica.

c) FIBRA ÓPTICA.

El más excitante desarrollo en el campo de medios de transmisión para redes de datos está dentro del área de las fibras ópticas, siendo esta una tecnología que cambia rápidamente. Una fibra óptica es un medio flexible delgado (2 a 125 micras) capaz de conducir un rayo de luz. Varios tipos de plásticos y cristales pueden ser usados para la fabricación de las fibras. Las pérdidas menores se obtienen empleando fibras hechas de sílice ultrapuro, pero este tipo de fibra tiene un proceso de elaboración muy difícil.

Una fibra óptica tiene forma cilíndrica y consisten en tres secciones concéntricas: el núcleo (core), el revestimiento (cladding) y la cubierta exterior (jacket). Un cable de fibra óptica contiene en su parte central una o más fibras muy delgadas. Cada fibra viene dentro de su propio revestimiento de cristales o plástico cuyas propiedades ópticas son diferentes que las de la parte central. Finalmente, en la parte más exterior, envolviendo a una o al manojo de fibras, se encuentra la cubierta exterior que está compuesta de materiales plásticos y otros materiales que protegen a las fibras de humedad, abrasión, cortes accidentales o cualquier otro peligro al que se encuentren expuestos al estar en el medio ambiente.

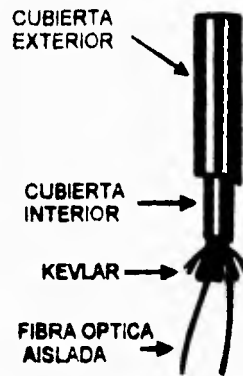


FIGURA A.3 Cable de Fibra óptica.

- 1) **Características de transmisión:** Las fibras ópticas transmiten una señal codificada en un rayo de luz por medio de una reflexión interna total. Esta reflexión puede ocurrir en un medio transparente que tiene un mayor índice de refracción que la cubierta. La fibra óptica actúa como una guía de onda para frecuencias en el rango de 10^{14} a 10^{15} Hz, en la parte del espectro electromagnético correspondiente a la luz visible y parte a la zona de rayos infrarrojos.

Existen tres modos de transmisión en las fibras ópticas, donde entendemos por modo la variedad de ángulos con que la luz es reflejada en las paredes de la cubierta: multimodo, donde la luz de la fuente entra al núcleo central y los rayos que tienen un ángulo de incidencia adecuado se reflejan en las paredes de la cubierta siendo propagados a lo largo de la fibra, en tanto que los demás rayos son absorbidos por el material de la cubierta. La segunda forma de propagación se presenta cuando se reduce el radio de la parte central de la fibra, hasta valores muy pequeños, con lo que sólo un ángulo sencillo o un modo puede pasar, siendo este el rayo axial. Finalmente, el tercer tipo de transmisión se presenta cuando en la parte central el índice de refracción se varía, conocido este tipo como fibra multimodo de índice gradual, la que es un tipo intermedio entre las características de los dos tipos anteriores. El índice de refracción variable tiene un efecto de transmisión de los rayos en forma más eficiente que el modo multimodo ordinario, pero menor que el del modo sencillo.

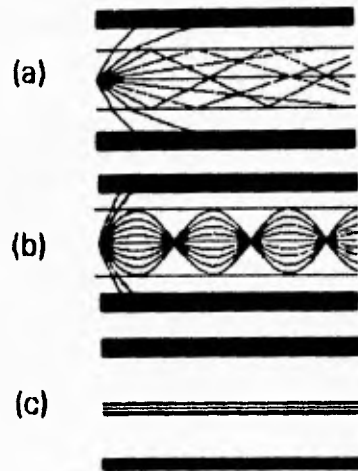


figura A.4 Modos de transmisión en una fibra óptica: (a) multimodo; (b) multimodo con índice graduado; y (c) monomodo.

Existen dos tipos diferentes de fuentes de luz empleados en sistemas de fibras ópticas: los LED's (light-emitting diode) y el diodo láser de inyección (ILD). El LED es un dispositivo de estado sólido que emite luz cuando una corriente es aplicada. El ILD es un dispositivo de estado sólido que opera basado en el principio del láser en el cual efectos cuánticos electrónicos son estimulados para producir un rayo superradiante de un ancho de banda muy reducido. El detector usado en la recepción y para convertir la luz en energía eléctrica es el fotodiodo.

La técnica de modulación por amplitud de impulsos es la más comúnmente usada para transmitir datos digitales a través de fibras ópticas; en este contexto, esto es conocido como modulación de intensidad. Para transmisores de LED, un uno binario es representado por un corto pulso de luz y el cero binario por la ausencia de luz. Los transmisores láser normalmente tienen un pequeña corriente de "bias" que ocasiona que el dispositivo emita en todo momento un bajo nivel de luz. Este bajo nivel representa un cero binario, en tanto que una alta amplitud del rayo de luz representa un uno binario.

APENDICES

La siguiente tabla presenta una comparación de los tres tipos de fibras ópticas, con las cuales se pueden obtener capacidades mucho mayores que el par trenzado o el cable coaxial. En ella se incluyen las características principales para la operación e instalación de estos medios de comunicación.

CARACTERÍSTICA	MULTIMODO	MULTIMODO DE ÍNDICE GRADUAL	MODO SENCILLO
Fuente de luz	LED o laser	LED o laser	laser
Ancho de Banda	Amplio (hasta 200 MHz/km.)	Muy amplio (de 200 MHz a 3 GHz/km.)	Extremadamente amplio (de 3 GHz 50 GHz/km.)
Aplicación típica	Enlaces de datos para computadoras	Líneas telefónicas de moderada longitud.	Líneas largas de telecomunicaciones
Costo	Menos caro	Caro	Muy caro
Diámetro interno (μm)	50 a 125	50 a 125	2 a 8
Diámetro de la cubierta (μm)	125 a 440	125 a 440	15 a 60

TABLA 2.1 Comparación entre los tres tipos de fibras ópticas.

- 2) *Conectividad.* El empleo más común de las fibras ópticas es para enlaces punto a punto. Un segmento sencillo de fibra óptica tiene una capacidad mucho mayor que cualquier cable coaxial o par trenzado, debido a su muy baja pérdida de potencia, características de atenuación bajas y su gran ancho de banda.
- 3) *Área geográfica:* La tecnología actual soporta transmisión de datos en distancias de 6 a 8 kilómetros sin repetidores. Por ello, es empleado para enlaces de edificios que se encuentren algo distantes, aunque se pueden emplear repetidores para aumentar el alcance en área geográfica sin ningún problema.

APENDICES

- 4) *Inmunidad al ruido*: La fibra óptica no se ve afectada por interferencia electromagnética o ruido. Esta característica permite altas velocidades de transmisión a largas distancias y proporciona una seguridad excelente.
- 5) *Costo*: Las fibras ópticas son más caras que el par trenzado y que el cable coaxial en cuanto al costo por metro y los componentes requeridos para el sistema (transmisores, receptores y conectores). Sin embargo, en los costos de instalación esta diferencia es menor.

APENDICE B

A continuación presentamos las características técnicas principales de los medios existentes al momento del diseño de la Red Metropolitana de Datos de la Universidad, junto con una breve descripción de cada uno de estos sistemas.

1) MICROONDAS.

Una de las tres técnicas que existen para transmisión de ondas electromagnéticas a través de la atmósfera empleadas en telecomunicaciones son las microondas (las otras dos son los rayos infrarrojos y rayos láser). Las tres requieren la existencia de línea de vista entre el transmisor y el receptor. Debido a los altos rangos de frecuencias en los cuales operan los dispositivos (microondas 10^9 a 10^{10} Hz; rayos infrarrojos 10^{11} a 10^{13} Hz; y rayos láser de 10^{14} a 10^{15} Hz.) estos medios tienen un excelente potencial para transmisión de datos a altas velocidades. En la práctica los sistemas de microondas operan en las bandas de alta frecuencia de 2 a 40 GHz, y sistemas para enlaces de microondas menores de 20 km. han sido construidos con velocidades de transmisión de varios megabits por segundo.

Estas técnicas de transmisión son empleadas básicamente para conectar redes que se encuentran en edificios separados y que presentan dificultades para tender un cable entre ambos edificios debido a que entre estos las demás propiedades son ajenas o a lo accidentado del terreno. Es por esto que se requiere de línea de vista entre las antenas transmisora y receptora, las cuales son típicamente discos parabólicos fijos en torres en ambos edificios. Este medio puede transmitir tanto voz, como datos y video.

El sistema de microondas es menos sensible que los infrarrojos y láser a la lluvia y a la niebla. Su instalación es relativamente fácil; en la parte externa de ambos edificios se montan las antenas que sirven de transmisores y receptores. El problema que presentan las microondas es que son menos direccionales que los otros tipos de enlaces, por lo que puede tener problemas en cuanto a la seguridad en la transmisión de los datos por robo de la señal, interferencia por otras ondas en la misma frecuencia, o intromisión en las señales.

El aspecto más importante para establecer un enlace de microondas es la existencia de línea de vista entre los puntos que se van a enlazar, para lo cual se tiene que realizar el estudio correspondiente. Posteriormente dicho estudio, avalado por un perito registrado, se presenta

APENDICES

ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para el trámite del permiso de asignación de frecuencia para el enlace, que son reguladas por dicha Secretaría para evitar interferencias con otros enlaces que ya se encuentren operando.

A continuación presentamos una figura de un enlace de microondas, donde podemos apreciar algunos de los parámetros importantes para la instalación de los equipos en un sitio elevado y contar con línea de vista entre las dos antenas del sistema de microondas.

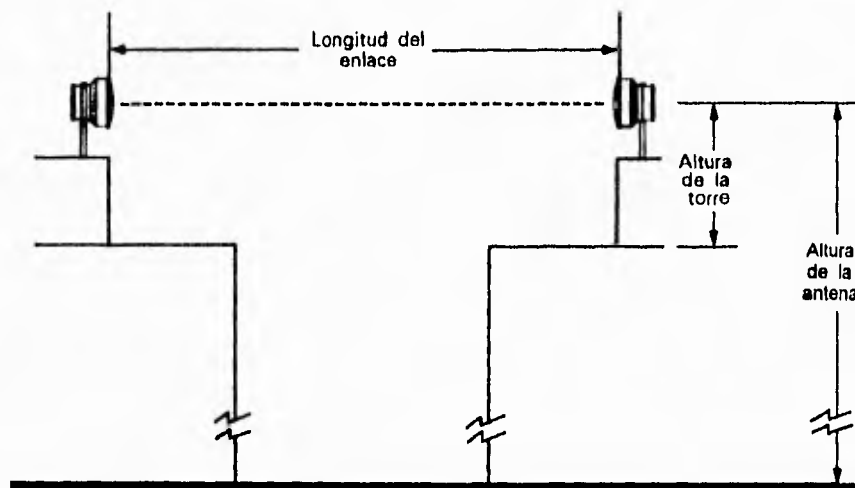


FIGURA B.1 Diagrama enlace de microondas

La longitud del enlace es la distancia existente entre las dos antenas del sistema, y cuyo valor puede estar dentro del rango de uno a 50 kilómetros, dependiendo básicamente de la frecuencia de operación, ya que a mayor frecuencia es menor el alcance posible. La altura de la torre se encuentra medida a partir de la azotea del edificio en el cual se instaló, en tanto que la altura de la antena tiene como referencia el nivel de piso, teniendo que estar ubicada a la altura que indica el estudio de línea de vista.

Las bandas autorizadas en la República Mexicana para sistemas de microondas con los rangos de frecuencias de cada una son las de 15, 18 o 23 (21.2 y 23.6) Ghz.

La relación existente entre la frecuencia de operación y el diámetro de las antenas provoca que a mayor frecuencia los diámetros de las antenas son menores que con sistemas de frecuencia menor, lo que permite utilizar estructuras más ligeras para su montaje y su instalación es más sencilla. Existe una amplia oferta de equipos para operar en las diferentes bandas, y se tienen frecuencias libres dentro de la misma que se pueden utilizar.

2) RED DIGITAL INTEGRADA (RDI).

Cuando se comenzó a diseñar la Red Metropolitana, la única compañía en México capaz de ofrecer el servicio de renta de canales de comunicación era Teléfonos de México, que se encontraba desarrollando su Red de Digital Integrada (RDI) como una red superpuesta a la red telefónica tradicional. Sabemos que en la actualidad la RDI ha tenido un gran desarrollo, y que existen otras compañías como IUSANET (subsidiaria de IUSACELL), e INFRATEL (propiedad de BANAMEX), que ofrecen el servicio de renta de canales de comunicación básicos y primarios.

La RDI es una red totalmente digital y adicional a la red telefónica pública, apta para transportar todo tipo de señales de información, ofreciendo a los grandes usuarios de TELMEX un medio para dar solución a sus requerimientos de comunicación de voz y datos en altas velocidades con la mayor disponibilidad y calidad de servicio.

La RDI utiliza diversas tecnologías para establecer sus medios de transmisión, como son radios digitales, fibras ópticas e inclusive enlaces satelitales, todos ellos digitales y con una gran capacidad para transmisión de información.

La RDI esta formada por dos redes de telecomunicaciones: la red terrestre y la red satelital. La red terrestre proporciona servicios conmutados digitales punto a punto y servicios de conducción de señales digitales, servicios tales como troncalos digitales de 64 kbps para conmutador digital con conexión a 2 048 Mbps, líneas privadas para conducción de señales punto a punto o multipunto tipo E0 (64 kbps), $n \cdot E0$ ($n \cdot 64$ kbps) y E1 (2.048 Mbps) y circuitos privados para conducción de señales nacionales e internacionales tipos E0 y E1.

La red satelital ofrece la conducción de señales a base de circuitos dedicados (enlaces en renta para transmisión de voz y datos en canales de 64 kbps), o bien, conducción de señales en acceso por demanda (enlaces en renta para transmisión de voz y datos en canales de 9.6 a 19.2 Kbps, con asignación por demanda).

Esta red tiene cobertura nacional a 29 de las ciudades más importantes, y a cualquier punto dentro del Distrito Federal. El funcionamiento de esta red es transparente al usuario, ya que todas las funciones de operación, mantenimiento y administración son llevados a cabo por TELMEX, el cual se compromete a mantener la calidad de los enlaces, proporcionar el reenrutamiento en caso de falla y operar la red para mantener una confiabilidad en los enlaces superior a un 99.99 %, por el hecho de tener todos los enlaces doblemente respaldados.

Existen algunas ventajas al contratar los servicios de la Red Digital Integrada, ya que se trata de disponer de una red de telecomunicaciones que sea altamente redituable financieramente para las empresas. Algunas de estas ventajas son la alta confiabilidad existente, disponibilidad inmediata, gran capacidad de manejo en el tráfico, amplia variedad de servicios, un monitoreo computarizado las 24 horas del día los 365 días del año y atención inmediata ante cualquier contingencia que se presente.

Existen algunos requisitos que deben de cumplir las compañías que deseen rentar canales de RDI, como son el número mínimo de canales a rentar y su capacidad, así como proporcionar un local con características específicas para la instalación del equipo de TELMEX. Para su instalación es necesario hacer una solicitud donde se llegar indique el número de enlaces, sus ubicaciones y sus características de transmisión, y Teléfonos de México realiza un estudio que determina si es factible contar con enlaces de la Red Digital Integrada que se solicitan.

3) ENLACE VÍA SATÉLITE..

Un sistema de comunicaciones satelital es realmente un sistema de microondas con un repetidor en el espacio exterior el cual filtra, amplifica y retransmite las señales recibidas. Esencialmente el satélite recibe una señal de la Tierra, la amplifica y la retransmite hacia una o más estaciones terrenas. La antena está localizada a la entrada y a la salida de los puntos transmisores y receptores en el trayecto de la señal, para transmitir eficientemente la potencia de la señal hacia su destino y al mismo tiempo tiene que alimentar eficientemente la débil señal que llega del satélite, hacia el receptor. Las antenas utilizadas para nuestro fin son de tipo parabólico, ya que este tipo de antena posee características y propiedades especiales, como son la alta ganancia y la gran direccionalidad que tienen; la ganancia se puede aumentar si se aumenta el área del plato o la potencia del radio. Los satélites más empleados en telecomunicaciones son los geosíncronos; estos se encuentran ubicados a 36 000 km. por

encima del Ecuador y la característica primordial es que su periodo orbital es de 24 horas por lo que siempre se tiene un servicio continuo sobre una área geográfica particular. Aún cuando el primer uso de los satélites fue la transmisión de llamadas de larga distancia y señales de televisión a regiones o zonas continentales, se han comenzado a emplear con más frecuencia para enlaces de redes privadas de comunicación de datos.

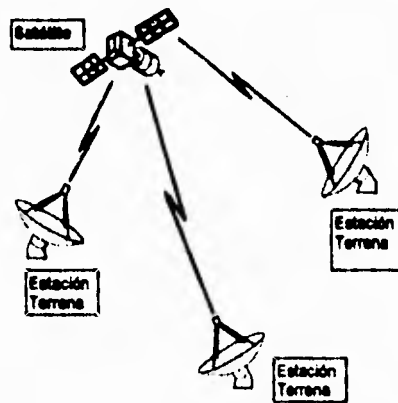


FIGURA B.2 Enlaces vía satélite.

Este tipo de enlaces normalmente se utiliza para enlaces punto a multipunto, ya que el satélite retransmite la información que recibe a toda una área geográfica del país, lo que se denomina huella, siendo esta, por lo general, una amplia extensión. Al igual que en los enlaces de microondas, los enlaces satelitales requieren de un estudio respecto a las condiciones del lugar, esto es localización de la antena, longitud del cableado, lugar para el equipo, etc.; cálculos de enlace, esto es para determinar el diámetro de la antena, potencia requerida, etc. Además hay que realizar los trámites respectivos para la asignación de frecuencias, y todos los demás permisos necesarios. Para todo lo anterior existen compañías en México que se dedican a este tipo de enlaces realizando todos los estudios pertinentes así como la compra de los equipos.

En México la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) es la entidad encargada de la administración y mantenimiento de los satélites domésticos del país, que actualmente son el Morelos II y los Solidaridad I y II. Ante esta Secretaría hay que realizar los trámites para obtener la renta de frecuencias o el ancho de banda necesario para la transmisión de todo tipo de

APENDICES

información. En estos satélites se manejan las siguientes bandas C (4/8 Ghz), Ku (12/18 Ghz) y la L (1.8/2.9 Ghz). Las frecuencias usadas en un enlace satelital, son referidas con frases tales como 4/6 Ghz. el primer número en cada caso se refiere a la frecuencia que se utiliza en el enlace del satélite a la estación terrena y el segundo número se refiere a la frecuencia del enlace entre la estación terrena y el satélite.

BIBLIOGRAFÍA

- ETHERIDGE, David; SIMON, Errol
Information Networks
Prentice Hall
U. S. A., 1992
- STALLINGS, William
Local Area Networks
Edit. Macmillan Publishing Company
U. S. A., 1987
- HELD, Gilbert
Ethernet Networks
John Wiley and Sons
USA, 1994
- STALLINGS, William
Metropolitan Area Networks
Edit. Macmillan Publishing Company
U. S. A., 1992
- FCD-2 Operator's Manual
RAD Data Communications
Israel, 1993
- CISCO Configuration Manuals
Cisco Systems
U.S.A., 1993