

TECNOLOGIA DE COMUNICACIONES. PLAN DEL CURSO 98 / 99.

Departamento de Tecnología Electrónica.

Profesores: D. Joaquín Luque Rodríguez.
D. Alberto Molina Cantero.
Dña. Isabel Gómez González

1.- OBJETIVOS.

Las metas concretas, dentro del campo de la comunicación entre computadores, que un alumno debería alcanzar al finalizar sus estudios, pueden resumirse en las siguientes capacidades:

- a) Entender las especificaciones y literatura técnica que, sobre comunicaciones, facilitan los fabricantes de equipos y programas.
- b) Trabajar en entornos de redes de computadores en sus vertientes de usuario, gestor de la red, y de desarrollo de aplicaciones que funcionen en dicho entorno.
- c) Resolver los problemas de comunicaciones que se presenten en el uso de una red de computadores ya diseñada.
- d) Evaluar distintas alternativas en el diseño de nuevas redes de comunicaciones, tomando las decisiones más adecuadas a los fines perseguidos, teniendo en cuenta los medios disponibles.
- e) Diseñar e implementar una red de computadores, los programas de comunicaciones dentro de la misma, las herramientas de gestión de la red y las aplicaciones para las que fue diseñada.

Los objetivos mencionados podrían calificarse de funcionales en el sentido de que son un desideratum de las capacidades funcionales que deberán poseer los titulados. Para conseguirlos deben plantearse unos objetivos técnicos o instrumentales de tal forma que la consecución de éstos, garantice en cierta forma la adquisición de las capacidades propuestas. Entre los objetivos instrumentales en el estudio de las comunicaciones pueden señalarse los siguientes:

- Fundamentos de las redes de computadores
- Fundamentos físicos de la comunicación de datos
- Medios y dispositivos físicos para comunicación de datos
- Estructuras y arquitecturas de redes de ordenadores
- Normalización
- Modelo OSI
- Protocolos de enlace de datos, de encaminamiento y de extremo a extremo
- Redes de área local
- Redes públicas

- Aplicaciones actuales en el uso de redes de computadores (transferencia de ficheros, correo electrónico, videotex, ejecución remota, etc.)
- Interconexión de redes
- Diseño e implementación de protocolos y redes de computadores
- Gestión, operación y mantenimiento de redes
- Seguridad, privacidad e integridad de la información en redes de computadores
- Estudio y comparación de diferentes arquitecturas de redes de computadores

2.- METODOLOGIA.

Dado el elevado número de alumnos matriculados en la asignatura, y las limitaciones materiales y humanas existentes, han de proponerse necesariamente metodologías de trabajo de tipo clásico: abundancia de clases teóricas, algunas clases de resolución de problemas y limitadas actividades prácticas. No obstante, se intentará dentro de lo posible invertir esa tendencia. Para ello, en las clases teóricas se expondrán los puntos más importantes de los temas, se orientará a los alumnos hacia la bibliografía más adecuada y se resolverán las dudas de carácter general que hayan podido surgir en el estudio del mismo. En las clases de problemas se planterán un buen número de cuestiones y problemas relacionados con el tema y se resolverán algunos de ellos. Por último, se propondrán una serie de actividades de tipo práctico que complementarán la formación del alumno en ese tema. Durante las clases se darán algunas indicaciones para la realización de dichas actividades y se resolverán las cuestiones más importantes que se hayan planteado en su resolución. Adicionalmente, se potenciará cuantos trabajos, estudios monográficos, actividades prácticas, resolución de casos, etcétera, quieran realizar los alumnos, tanto de modo individual como colectivo, de previo acuerdo con el profesor.

3.- METODO DE EVALUACION.

El aprovechamiento de cada alumno se evaluará mediante dos exámenes parciales liberatorios correspondientes cada uno de ellos con los aspectos físicos y los aspectos lógicos respectivamente. Aquellos alumnos que no superen alguno de estos exámenes podrá presentarse en el examen de Junio y/o en el de Septiembre para abordar de nuevo de la parte correspondiente. Las convocatorias de Diciembre y Febrero comprenden la totalidad de la asignatura.

Algunas de las actividades prácticas propuestas (que se indicarán en clase a comienzo de curso) tienen carácter obligatorio. El resto de las mismas tendrá carácter voluntario, así como todos aquellos trabajos que el alumno desee realizar y presentar al profesor. Para ello, y siempre que el volumen de los mismos no sea excesivo, se mantendrán entrevistas cortas que permitan orientar los mismos y evaluar el aprendizaje realizado.

Se considera importante la capacidad de expresión y presentación, tanto oral como escrita, de las ideas, conocimientos y actividades de los alumnos dentro del contexto de la asignatura.

Cada examen constará de una parte de teoría y/o problemas (TEOR) y de una parte de prácticas obligatorias de laboratorio (LAB). Cada una de estas partes se evaluará independientemente de 0 a 10. La nota final de cada examen se obtendrá de la expresión:

$$\text{NOTA EXAMEN} = 0.8 * \text{TEOR} + 0.2 * \text{LAB}$$

El examen se considerará aprobado si se obtiene una nota igual o superior a 5. El alumno podrá realizar también un conjunto de prácticas voluntarias (PVOL) y de trabajos voluntarios (TVOL) relacionados con la asignatura. La calificación de estos trabajos y prácticas se realizará de 0 a 10 y podrán afectar de forma positiva a la nota final de la asignatura, siempre que se hayan aprobado los correspondientes exámenes, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{NOTA FINAL} = \text{NOTA EXAMEN} + 0.15 \text{ PVOL} + 0.15 \text{ TVOL}$$

con un máximo de 10.

4.- PROGRAMA.

En este apartado se expone el programa propuesto para la asignatura de "Tecnología de Comunicaciones". Dicho programa toma la forma de una serie de 21 temas, para cada uno de los cuales se detallan la guía didáctica y buena parte del documento de trabajo/estudio. Sin embargo, de este último documento se han omitido, por razones de espacio, la información técnica suministrada a los alumnos, los ejercicios y problemas propuestos y/o resueltos, las referencias bibliográficas a artículos, las preguntas de autoevaluación y el glosario de nuevos términos. Dicha información será facilitada a lo largo del curso.

En cuanto a la guía didáctica conviene señalar que dos de los apartados que contiene, los referidos a las orientaciones metodológicas y a los criterios de evaluación, son comunes a la mayoría de los temas por lo que, a continuación, se recogen de manera general para todos ellos:

- a) Orientaciones metodológicas. Para la preparación de cada uno de los temas se recomienda la siguiente metodología:
- Lectura previa del tema de acuerdo con las fuentes básicas de referencia.
 - Asistencia a clase planteando las dificultades encontradas.
 - Estudio en profundidad de las fuentes básicas de referencia.
 - Realización de los ejercicios y prácticas propuestos.
 - En caso de disponer de las soluciones a estos ejercicios

y prácticas contrastarlos con los elaborados por el propio alumno.

- Consulta de las fuentes complementarias de ampliación.
- Comprobación del nivel alcanzado mediante la realización de las preguntas de autoevaluación y la comprensión de los nuevos términos introducidos en el tema, tal como se recogen en el glosario.

b) Criterios de evaluación. Cada uno de los temas se evaluará mediante:

- Cuestiones y/o temas teóricos relativos a las fuentes básicas de referencia.
- Ejercicios y problemas similares a los propuestos para la preparación del tema o a los que aparecen en las fuentes básicas de referencia.
- Preguntas relativas al desarrollo de los prácticas propuestas.
- Memoria de las prácticas propuestas.

Con estas puntualizaciones no queda sino exponer el temario propuesto, primero de forma global y, a continuación detallando sus aspectos principales:

I) INTRODUCCIÓN

1.- Introducción

II) ASPECTOS FÍSICOS

- 2.- Transmisión de datos
- 3.- El dominio de la frecuencia
- 4.- Medios físicos
- 5.- Alteraciones de la transmisión
- 6.- Características eléctricas de las interfaces
- 7.- Comunicaciones digitales
- 8.- Modulación de señales analógicas
- 9.- Modulación de señales digitales
- 10.- Los modems y su normativa
- 11.- Caract. mecánicas y funcionales de las interfaces
- 12.- Equipos de transmisión

III) ASPECTOS LÓGICOS

- 13.- Introducción a las redes de computadores
- 14.- Modelo OSI: conceptos básicos
- 15.- Modelo OSI: descripción de niveles
- 16.- Funciones y servicios del nivel de enlace
- 17.- Protocolos elementales del nivel de enlace
- 18.- Diseño y desarrollo de protocolos
- 19.- Análisis de prestaciones
- 20.- Redes locales
- 21.- Protocolos de acceso al medio

TEMA 1. INTRODUCCIÓN.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Con este tema se pretende un doble objetivo. Por una parte presentar al alumno una idea panorámica sobre lo que constituye la disciplina de la comunicación de datos y los conceptos fundamentales de la misma. Por otro se presenta la asignatura, tanto en sus contenidos como en su metodología y plan de trabajo.

2) Contenido.

- 1.1.- Concepto de la disciplina
- 1.2.- Historia de la disciplina
- 1.3.- Aplicaciones
- 1.4.- El mercado
- 1.5.- Los organismos normalizadores
- 1.6.- Objetivos y contenido de la asignatura
- 1.7.- Aspectos metodológicos de la asignatura

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Los capítulos introductorios de muchas de las referencias bibliográficas incluyen las cuestiones desarrolladas en este tema. En concreto pueden consultarse los capítulos 1 y 2 de [GAR 89] y el capítulo 1 de [STA 94].

2) Ejercicios y prácticas.

- Reflexionar y manifestar por escrito la opinión que el alumno sostiene sobre el papel de la disciplina dentro del campo de la Informática, sus aplicaciones y las posibles repercusiones sociales y económicas.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Otras referencias útiles son el capítulo 1 de [FRI 87], los capítulos 1 y 12 de [BLA 87], y el apéndice D de [MAC 85]. Para una información actualizada sobre el estado de la disciplina es preferible referirse a los informes que periódicamente suelen aparecer en las diversas revistas especializadas.

TEMA 2. TRANSMISIÓN DE DATOS.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. En este tema se pretende que el alumno adquiriera los primeros conceptos sobre transmisión de datos. Se parte de las comunicaciones internas al propio computador, con las cuales debe tener una cierta familiaridad, para ir ensanchando progresivamente el rango de acción. Al final del tema el alumno

Deberá ser capaz de realizar un sencillo programa para la transmisión y recepción de caracteres entre 2 ordenadores, mediante el manejo directo de una UART.

2) Contenido.

- 2.1.- Buses
- 2.2.- Transmisión en paralelo
- 2.3.- Transmisión en serie
- 2.4.- El sincronismo en transmisiones serie
- 2.5.- Transmisiones "simplex", "half-duplex" y "full-duplex"
- 2.6.- Funciones y descripción de la UART
- 2.7.- Programación de la UART

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Para los cinco primeros apartados, el capítulo 2 de [NIC 82] constituye una buena referencia. En el capítulo 1 de [MCN 88] también se trata este tema, aunque con menor profundidad, ofreciendo algunos interesantes detalles técnicos. Por otra parte, el capítulo 1 de [FRE 90] constituye una buena referencia en castellano, aunque algo breve, en la que destaca la descripción de la transmisión en paralelo. Para la descripción de la UART 8250 puede consultarse el catálogo de Intel correspondiente. Para la programación del dispositivo se puede consultar [CAM 89], donde también se describen otras UART. El capítulo 2 de [MCN 88] ofrece también la descripción de una UART diferente.

2) Ejercicios y prácticas.

- Construir en hardware generadores y detectores de los códigos de línea utilizados en transmisiones síncronas, particularmente el código Manchester y el código RZ.
- Desarrollar un programa que realice la comunicación en serie asíncrona de dos ordenadores de forma que, todo lo que se escriba en el teclado de uno de ellos (el emisor) aparezca en la pantalla del otro (el receptor). Deberán seleccionarse distintas velocidades de transmisión y configuraciones del carácter enviado. Igualmente se deberán tener en cuenta las situaciones anormales como las de "framing error", "overrun", "break", "buffer lleno", etc. Se acometerá el programa desde enfoques diferentes:

- 1.- Programación directa de la UART con muestreo periódico o con manejo de interrupciones.
- 2.- Uso de las facilidades del sistema operativo y del lenguaje de programación con muestreo periódico o con manejo de interrupciones.
- Modificar los programas anteriores para que el funcionamiento sea simétrico, es decir, que ambos puedan transmitir y recibir alternativa o simultáneamente (half-duplex y full-duplex)
- Utilizar un paquete de rutinas de comunicaciones para realizar las tareas antes descritas.
- Utilizar un programa de comunicaciones de propósito

general para comunicar¹ dos ordenadores.

3) Fuentes complementarias de ampliación. En los manuales de los sistemas operativos y lenguajes de programación se encuentran con frecuencia valiosas indicaciones sobre cómo programar los dispositivos de comunicaciones en los correspondientes entornos. La descripción de los buses y las entradas salidas en paralelo puede ampliarse en [MOM 83].

TEMA 3. EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. El objetivo de este tema es proporcionar los conocimientos necesarios sobre el estudio de señales y sistemas en el dominio de la frecuencia, de forma que puedan tratarse con el nivel suficiente y el soporte matemático adecuado, muchos de los temas que aparecen más adelante en la asignatura. Si bien este tema podría haberse afrontado anteriormente, se considera conveniente posponerlo hasta que el alumno ha entrado un poco más en contacto con la materia, pues de lo contrario podría producirse una desorientación dada la aridez de las cuestiones aquí tratadas. Aunque se cubre el tema con el rigor matemático exigible, se procura en todo momento darle una interpretación física a los conceptos introducidos, principalmente dentro del campo de las comunicaciones.

2) Contenido.

- 3.1.- Alternativa a la representación de señales
- 3.2.- La serie de Fourier trigonométrica
- 3.3.- La serie de Fourier con exponenciales complejas
- 3.4.- Correspondencia entre la frecuencia y el tiempo
- 3.5.- Espectro de potencia
- 3.6.- Transformada de Fourier
- 3.7.- Propiedades de la transformada de Fourier
- 3.8.- Interpretación del espectro de fase
- 3.9.- Transformada rápida de Fourier
- 3.10.- Caracterización frecuencial de sistemas lineales

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Este tema es clásico en buena parte de la bibliografía sobre sistemas de comunicación, por lo que su preparación no entraña especiales dificultades. Merece la pena destacar entre ellos el capítulo 2 de [SCH 83] el que se hace una exposición sistemática muy adecuada.

2) Ejercicios y prácticas.

- Observar en el laboratorio las representaciones temporal (osciloscopio) y frecuencial (analyzer de espectros) de diversas señales básicas, variando su amplitud, frecuencia, componente de continua, etc.
- Observar en el laboratorio la relación entre la

representación temporal de diversas señales básicas y la potencia en distintas bandas de frecuencias (obtenidas por filtrado)

- Realizar un programa que, usando la FFT, haga las representaciones temporal y frecuencial de diversas señales básicas. Reflexionar sobre las diferencias con el modelo teórico y con el experimental obtenido en el laboratorio. Observar la importancia de la precisión del cálculo sobre los resultados obtenidos.

- Observar en el laboratorio y simular en el ordenador el comportamiento temporal y frecuencial de diversas señales básicas al atravesar diferentes sistemas lineales (circuitos RC, RLC, etc.)

3) Fuentes complementarias de ampliación. Como bibliografía general pueden consultarse también [LAT 74], [TAU 86] y [MOR 94]. Para una descripción en profundidad de la FFT véase [BRI 88].

TEMA 4. MEDIOS FÍSICOS.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. En este tema se presentan los distintos medios de transmisión habitualmente usados para la interconexión de ordenadores. Se pretende que el alumno se familiarice con ellos, establezca las diferencias entre unos y otros, y sepa evaluar cuál es el más adecuado en un circunstancia dada.

2) Contenido.

- 4.1.- Cable de pares
- 4.2.- Cable coaxial
- 4.3.- Fibra óptica
- 4.4.- Enlaces de radio
- 4.5.- Enlaces de microondas
- 4.6.- Comunicaciones vía satélite
- 4.7.- La red telefónica básica
- 4.8.- Propagación de la señal en un cable

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. La mayor parte de la bibliografía sobre comunicación de datos ofrece de alguna u otra forma una exposición sobre los medios de transmisión. Entre ellos merecen destacarse los más significativos. Para los seis primeros apartados, el capítulo 2 de [FRE 90] constituye una buena y amplia referencia en castellano, mientras que [TAN 91] y STA [94] hacen una digna exposición aunque más breve. La utilización de la red telefónica básica para transmisión de datos está bien tratada en los apartados (3.1) al (3.7) de [ALA 84]. Por último, la propagación de señales en un cable se describe con rigor

matemático en los apartados (1.13) al (1.17) de [RAM 74].

2) Ejercicios y prácticas.

- Determinar en el laboratorio la respuesta en frecuencia de cables de pares y coaxiales de diferentes longitudes y geometrías. Compararlas con las de los modelos LC y RLC tanto en T como en π . Determinar las constantes de los modelos respectivos.
- Observar en el laboratorio el fenómeno de la reflexión en un cable de pares y en un cable coaxial. Observar qué ocurre al cargar la línea con una impedancia.
- Conectar en el laboratorio una fuente de información y un receptor mediante una fibra óptica, observando el comportamiento de cada uno de los componentes del sistema.
- Realizar un programa que simule el comportamiento de una línea como modelo LC y RLC de varias etapas. Observar qué ocurre al aumentar el número de las etapas. Compararlo con la solución exacta obtenida mediante la resolución del circuito de parámetros distribuidos.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Para sistemas de transmisión por cable pueden verse [SCH 85] y [MAT 95] donde se cubre con amplitud este tema desde un punto de vista de ingeniería. Sobre la fibra óptica pueden consultarse [MAH 87] y [DIA 85], este último en castellano.

TEMA 5. ALTERACIONES DE LA TRANSMISIÓN.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Descritos en capítulos precedentes la transmisión de datos y los medios físicos por los que se realiza, se intenta en este capítulo hacer descender al mundo real la comunicación de información, describiendo cualitativa y cuantitativamente las múltiples causas de alteración de una transmisión de datos. Con ello el alumno deberá ser capaz de tomar conciencia de la importancia relativa de cada una de ellas en distintos entornos y se le motiva para una posterior descripción de las soluciones tecnológicas empleadas.

2) Contenido.

- 5.1.- Concepto y medida del ruido
- 5.2.- Alteraciones aleatorias
- 5.3.- Alteraciones no aleatorias
- 5.4.- Modelos de ruido
- 5.5.- El ruido y los errores de transmisión binaria

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Los tres primeros apartados pueden encontrarse en el capítulo 7 de [BLA 89a] o si se prefiere

una descripción en castellano, en [BLA 87]. Los dos últimos apartados quedan bien cubiertos en el apartado (5.1) de [SCH 83].

2) Ejercicios y prácticas.

- Comprobar en el laboratorio los efectos de interferencia, diafonía, potenciales de masa y atenuación sobre una transmisión en cable de pares y en coaxiales.
- Realizar un programa que simule la superposición de una señal digital y un ruido aleatorio y comprobar la relación entre la relación señal/ruido y la probabilidad de error en la transmisión binaria para distintos modelos de ruido.

3) Fuentes complementarias de ampliación. La diafonía está claramente tratada en el apartado (3-2.1) de [SIN 86], donde también se recogen diversos aspectos relativos a alteraciones de la transmisión. Para un más profundo tratamiento sobre la representación matemática del ruido véase el capítulo 7 de [TAU 86]. Para un estudio del ruido desde un punto de vista electrónico puede seguirse [YOU 94]. Para un tratamiento más general del problema del ruido puede consultarse [VER 87].

TEMA 6. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS INTERFACES.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. El tema anterior describió las alteraciones que pueden presentarse en la transmisión de datos. En éste se pretende mostrar las distintas soluciones normalizadas que se suelen encontrar en las transmisiones de corta distancia. Las descripciones se realizarán desde una perspectiva puramente eléctrica, dejando la presentación de los aspectos mecánicos y funcionales para temas posteriores. Por último, se cubre el siempre importante punto sobre la relación existente entre la velocidad de la transmisión y la distancia máxima alcanzable.

2) Contenido.

- 6.1.- Transmisión en TTL
- 6.2.- La RS-232
- 6.3.- La RS-423
- 6.4.- La RS-422
- 6.5.- La RS-449 y la RS-485
- 6.6.- La X.21 y la X.21 bis
- 6.7.- El bucle de corriente
- 6.8.- La relación entre velocidad y distancia

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Las distintas interfaces se hallan muy bien tratadas en el capítulo 3 de [NIC 82] y en los capítulos 2 y 3 de [MCN 88]. El apartado 6.6 puede seguirse mediante [BLA 91]. Para una descripción en castellano pueden verse los apartados (6.2), (6.3) y (6.4) de [FRE 90]. La relación entre velocidad de transmisión y distancia máxima alcanzable es tratada magistralmente en el apéndice A de [MCN

88].

2) Ejercicios y prácticas.

- Comprobar en el laboratorio las características eléctricas de transmisión de las distintas interfaces tratadas, usando para ello circuitos de conversión de TTL a cada una de ellas.
- Comprobar en el laboratorio la relación entre velocidad y distancia para las distintas interfaces.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Este tema tiene su ampliación natural en la descripción que, de cada una de las interfaces, publican las organizaciones internacionales correspondientes. Para la descripción de los circuitos de conversión de niveles véanse los catálogos de los fabricantes.

TEMA 7. COMUNICACIONES DIGITALES.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Si existe un fenómeno que caracterice la evolución de las comunicaciones en los últimos años, éste es sin duda el de la digitalización. El objetivo de este tema es pues describir los conceptos básicos subyacentes en este tipo de comunicaciones y capacitar al alumno para enfrentarse con las técnicas, dispositivos y sistemas que, de seguro, encontrará en su desarrollo profesional.

2) Contenido.

- 7.1.- Concepto y ventajas de las comunicaciones digitales
- 7.2.- Teorema del muestreo
- 7.3.- Modulación por pulsos
- 7.4.- Relación entre ruido y ancho de banda en PCM
- 7.5.- La compansión
- 7.6.- Multiplexión en el tiempo
- 7.7.- Relación entre ancho de banda y velocidad de transmisión
- 7.8.- Modulación diferencial

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. El capítulo 3 de [SCH 83] y el 6 de [HAY 94] constituyen una buenas referencias básicas en castellano e inglés respectivamente, cubriendo la práctica totalidad del tema.

2) Ejercicios y prácticas.

- Realizar en el laboratorio el muestreo de varias señales básicas de diferentes amplitudes y frecuencias y filtrar las señales muestreadas para obtener las originales. Comprobar que se verifica el teorema de muestreo. Observar las representaciones temporales y frecuenciales de la señal

original, muestreada y recuperada.

- Realizar un programa que simule el experimento anterior.
- Comprobar en el laboratorio la relación entre ancho de banda y velocidad de transmisión, observando la interferencia entre símbolos.
- Realizar un programa que simule el experimento anterior.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Los capítulos 6 y 7 de [SIN 86] presentan el tema haciendo un cierto hincapié en aspectos tecnológicos. El problema de la sincronización en comunicaciones digitales puede consultarse en el capítulo 6 de [GIT 92].

TEMA 8. MODULACIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. En este tema se presentan los fundamentos de modulación en general y su aplicación a las señales analógicas, reservando para el siguiente tema la modulación de señales digitales. Dado el contexto en el que se enmarca, la descripción es necesariamente breve, estando encaminada a exponer conceptos y principios básicos, sin profundizar en cuestiones más de detalle.

2) Contenido.

- 8.1.- Concepto y necesidad de la modulación
- 8.2.- Modulación en amplitud
- 8.3.- Moduladores y demoduladores de AM
- 8.4.- Modulación en banda lateral única
- 8.5.- Modulación en frecuencia y fase
- 8.6.- Moduladores y demoduladores de FM
- 8.7.- El ruido en señales moduladas

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Una buena referencia lo constituyen los apartados (4.4) al (4.10) de [SCH 83] o el capítulo 3 de [HAY 94]. Para la influencia del ruido en las señales moduladas pueden verse los apartados (5.10) y (5.12) de [SCH 83], o también los capítulos 9 y 10 de [TAU 86].

2) Ejercicios y prácticas.

- Realizar en el laboratorio la modulación y demodulación en AM de una señal. Comprobar su representación temporal y frecuencial.
- Realizar en el laboratorio la modulación y demodulación en FM de una señal. Comprobar su representación temporal y frecuencial. Comprobar el efecto que tiene sobre ellas la adición de un ruido en la señal modulada.
- Comprobar en el laboratorio la multiplexión en frecuencia

que se produce en el espectro de una señal de antena en la gama de la AM y la FM comercial.

- Realizar un programa que simule la modulación y la demodulación en AM y FM de una señal y realice su representación en el tiempo y en la frecuencia.

- Realizar un programa que simule una modulación y demodulación en AM y FM, a la que se le añada un ruido. Comprobar como afecta en ambos casos a las señales demoduladas.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Las referencias básicas citadas, [SCH 83] [TAU 86] y [HAY 94] tienen abundante material de ampliación del tema. Desde un punto de vista más bien divulgativo puede ampliarse en [CAN 88]. Para un enfoque de detalle sobre los circuitos y sistemas empleados puede usarse casi cualquier referencia general de electrónica, o si se quiere un tratamiento más particularizado puede verse [GRE 77] o [YOU 94].

TEMA 9. MODULACIÓN DE SEÑALES DIGITALES.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Como continuación lógica del tema anterior se exponen aquí las técnicas de modulación digital. El objetivo, al igual que en el tema anterior, es el de presentación de conceptos y principios básicos.

2) Contenido.

- 9.1.- Modulación ASK
- 9.2.- Modulación FSK
- 9.3.- Modulación PSK
- 9.4.- La recuperación de la portadora
- 9.5.- Modulación DPSK
- 9.6.- Modulación MPSK
- 9.7.- Modulación QAM
- 9.8.- Código de Trellis
- 9.9.- Comparación de técnicas de modulación digital
- 9.10.- La recuperación del reloj
- 9.11.- El ecualizador

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Un buena referencia lo constituyen los apartados (4.2) y (4.3) de [SCH 83], el capítulo 6 de [TAU 86] o el capítulo 8 de [HAY 94]. Es también interesante el enfoque aportado por el capítulo 1 de [TOM 87].

2) Ejercicios y prácticas.

- Realizar en el laboratorio la modulación y demodulación de señales ASK, FSK y PSK. Comprobar su representación temporal y frecuencial.

- Realizar en el laboratorio la modulación y demodulación de señales DPSK y QAM. Comprobar su representación temporal y frecuencial.
- Realizar un programa que simule los experimentos anteriores.
- Realizar un programa que efectúe la aleatorización y desaleatorización de un serie de datos.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Además de las referencias de ampliación citadas en el tema anterior constituye una excelente monografía [BIN 88]. Con carácter algo más básico pueden verse en castellano los capítulos 4 y 5 de [FRI 87].

TEMA 10. LOS MODEMS Y SU NORMATIVA.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Dada su amplia utilización práctica, parece conveniente dedicar un tema a presentar las características y funciones de los modems telefónicos. El objetivo es, además de cubrir los aspectos básicos, el describir las distintas normativas que los rigen para que el alumno sea capaz de distinguir y, eventualmente, seleccionar el modem adecuado en cada circunstancia.

2) Contenido.

- 10.1.- Características y funciones de un modem
- 10.2.- Modems V.21
- 10.3.- Modems V.22
- 10.4.- Modems V.23
- 10.5.- Modems V.26
- 10.6.- Modems V.27
- 10.7.- Modems V.29
- 10.8.- Modems V.32
- 10.9.- Modems V.33
- 10.10.- Modems V.36
- 10.11.- Otras normativas.

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Para las características y funciones de un modem véase el capítulo 1 de [BIN 88]. Para una descripción de las distintas normas el apartado (2.2) de [HEL 89] constituye una excelente referencia. En castellano pueden verse también el capítulo 3 de [HUI 90] o los capítulos 4 y 5 de [FRI 87].

2) Ejercicios y prácticas.

- Realizar un programa que simule el comportamiento de las distintas normas estudiadas en el tema, comprobando que pueden usarse en los canales telefónicos para los que han sido diseñadas. Obténganse las representaciones temporales y frecuenciales de las señales en cada una de las etapas de la transmisión en el camino emisor-modem-canal-modem-

receptor.

3) Fuentes complementarias de ampliación. La fuente más importante de ampliación del tema son las propias normas editadas por la ITU-T y parcialmente recogidas en [FOL 78]. El capítulo 2 de [BIN 88] presenta una interesante visión del mercado actual de modems.

TEMA 11. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y FUNCIONALES DE LAS INTERFACES.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Una vez analizado en profundidad el tema de modems se está en condiciones de abordar las características funcionales de las diversas interfaces, y junto a ellas también las mecánicas. Esto es así porque dichas características funcionales tienen en buena medida mucho que ver con el control del modem, por lo cual ha sido necesario retrasar este tema hasta este punto. El objetivo del mismo es describir las interfaces más extendidas con especial hincapié en la RS-232.

2) Contenido.

- 11.1.- La RS-232, la V.24 y la X.21 bis
- 11.2.- La RS-366
- 11.3.- La V.25
- 11.4.- La RS-449
- 11.5.- La RS-530
- 11.6.- La X.21
- 11.7.- El null-modem

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Casi cualquier texto sobre la materia incluye una descripción de la RS-232. Especialmente interesantes son las que aparecen en [NIC 82] y en [FRI 87]. Las normas X se encuentran bien descritas en [BLA 91]. Para una descripción del resto de interfaces puede verse [HEL 89].

2) Ejercicios y prácticas.

- Realizar un cable completo para conexión entre un ordenador y un modem siguiendo la norma RS-232.
- Realizar un cable null-modem para la interconexión de dos ordenadores con salida RS-232.
- Modificar los programas propuestos en el tema 2 para que puedan realizar la comunicación a través de modem, manejando las nuevas señales de control que ello implica.

3) Fuentes complementarias de ampliación. La fuente más importante de ampliación del tema son las propias normas editadas por los organismos correspondientes.

TEMA 12. EQUIPOS DE TRANSMISIÓN.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Como culminación de los temas que abordan los aspectos físicos de la comunicación de datos, se pretende describir aquí las características y funciones de algunos de los equipos de transmisión de información más habituales, de forma que el alumno sea capaz de reconocerlos, tenerlos en cuenta para futuras instalaciones y seleccionarlos en caso de necesidad.

2) Contenido.

- 12.1.- Acopladores acústicos
- 12.2.- Modems inteligentes
- 12.3.- Modems multipuerta
- 12.4.- Modems multipunto
- 12.5.- Modems de seguridad
- 12.6.- Controladores de línea (line drivers)
- 12.7.- Modems de distancia limitada
- 12.8.- Multiplexores

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Una referencia fundamental para este tema son los capítulos 2 y 3 de [HEL 89].

2) Ejercicios y prácticas.

- Elaborar una relación comentada de los productos relacionados con el tema que aparecen en los catálogos de algunos fabricantes.

3) Fuentes complementarias de ampliación. La mejor referencia complementaria para ampliar el tema lo constituyen los catálogos de los fabricantes de equipos de transmisión.

TEMA 13. INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE COMPUTADORES.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Se comienza en este tema el tratamiento de los aspectos lógicos de las comunicaciones. El objetivo del mismo es establecer los pilares básicos comunes a las redes de computadores para poder apoyar sobre ellos el resto de la asignatura.

2) Contenido.

- 13.1.- Concepto de red de computadores
- 13.2.- Topologías
- 13.3.- Conmutación de circuitos
- 13.4.- Conmutación de mensajes

- 13.5.- Conmutación de paquetes
- 13.6.- Comparación de los métodos de conmutación
- 13.7.- Circuitos virtuales y datagramas

B) Documento de trabajo/estudio.

- 1) Fuentes básicas de referencia. Una buena referencia en castellano para el tema lo constituye el capítulo 12 de [GAR 89]. Numerosos textos abordan también la descripción de estos conceptos introductorios pudiendo señalarse el capítulo 1 de [TAN 91] o el capítulo 4 de [FRE 90].
- 2) Ejercicios y prácticas.
 - Elaborar una descripción y realizar un comentario por escrito, de la red de computadores de la Facultad de Informática como parte de la Red de Informática Científica de Andalucía.
- 3) Fuentes complementarias de ampliación. En los capítulos 7 al 9 de [STA 94] puede encontrarse una descripción más amplia sobre las redes de computadores, aunque algunos de los aspectos allí tratados se corresponden con otros de los temas de la asignatura.

TEMA 14. MODELO OSI: CONCEPTOS BÁSICOS.

A) Guía didáctica.

- 1) Objetivos. Las arquitecturas estructuradas en general, y el modelo OSI en particular, tienen hoy día una importancia indiscutible en el ámbito de la comunicación de datos. El objetivo de este tema es familiarizar al alumno con los conceptos básicos relativos al modelo y ponerlos en disposición de comprender sus ventajas e inconvenientes.
- 2) Contenido.
 - 14.1.- Arquitecturas estructuradas
 - 14.2.- Descripción del modelo OSI
 - 14.3.- Comparación con otros modelos
 - 14.4.- Pasado, presente y futuro del modelo OSI
 - 14.4.- Servicios, funciones y protocolos
 - 14.5.- Unidades de datos
 - 14.6.- Conexiones

B) Documento de trabajo/estudio.

- 1) Fuentes básicas de referencia. Una buena referencia en castellano para el tema lo constituyen el capítulo 4 de [GAR 89] (más técnico) y el capítulo 5 de [FRE 90] (más estructurado). Numerosos textos abordan también la descripción de niveles de OSI destacando entre ellos los capítulos 1 al 3 de [HEN 88], el

capítulo 1 de [TAN 91] o el capítulo 10 de [STA 94].

2) Ejercicios y prácticas.

- Reflexionar sobre las circunstancias en las que el uso del modelo OSI es adecuado y aquellas en las que no lo es. Hacer un informe con las conclusiones obtenidas.

3) Fuentes complementarias de ampliación. La más completa fuente de referencia para el modelo OSI es la propia norma que lo define (ISO-7498).

TEMA 15. MODELO OSI: DESCRIPCIÓN DE NIVELES.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Este tema es la continuación natural del anterior, cuyo propósito es dar una visión panorámica de todos los niveles del modelo. Téngase en cuenta que sólo los tres niveles inferiores son abordados en mayor detalle en otros temas de la asignatura (el resto de niveles se abordan en la asignatura de cuarto curso), por lo que la importancia de esta descripción panorámica es evidente.

2) Contenido.

- 15.1.- Nivel físico
- 15.2.- Nivel de enlace de datos
- 15.3.- Nivel de red
- 15.4.- Nivel de transporte
- 15.5.- Nivel de sesión
- 15.6.- Nivel de presentación
- 15.7.- Nivel de aplicación
- 15.8.- Normas OSI

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Una buena referencia en castellano para el tema lo constituye el capítulo 3 de [GAR 89]. Numerosos textos abordan también la descripción de estos conceptos básicos, destacando el capítulo 1 de [TAN 91] o el capítulo 10 de [STA 94].

2) Ejercicios y prácticas.

- Considérese un protocolo real, originalmente no estructurado en capas, que se utiliza en el control de una red eléctrica (la descripción de dicho protocolo se facilitará al alumno). Elaborar un documento en el que se recoja ese mismo protocolo de forma estructurada de acuerdo con el modelo OSI.

3) Fuentes complementarias de ampliación. La más completa fuente de referencia para el modelo OSI es la propia norma que lo define (ISO-7498).

TEMA 16. FUNCIONES Y SERVICIOS DEL NIVEL DE ENLACE.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Este tema pretende exponer las distintas funciones y servicios desempeñados por el nivel de enlace de datos, así como las técnicas disponibles para ello.

2) Contenido.

- 16.1.- Control de errores
- 16.2.- Sincronización de trama
- 16.3.- Transparencia
- 16.4.- Control de flujo
- 16.5.- Acceso al medio
- 16.6.- Servicios de conexión
- 16.7.- Servicios de transferencia de datos

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Una buena referencia en castellano para el tema lo constituye el capítulo 8 de [GAR 89]. Numerosos textos cubren también este tema, destacando entre ellos los apartados (4.1) y (4.2) de [TAN 91] o el capítulo 5 de [STA 94].

2) Ejercicios y prácticas.

- Diseñar y programar rutinas que implementen los distintos códigos de detección y corrección de errores que aparecen en el tema.
- Construir mediante hardware un circuito generador y comprobador de CRC.
- Diseñar y programar rutinas que implementen los distintos mecanismos de sincronismo de trama que aparecen en el tema.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Descripciones alternativas del tema abundan en la bibliografía especializada. Sin embargo, una buena fuente de información complementaria lo constituyen la descripción de los protocolos de enlace de datos, tal como aparecen en las normas respectivas, o en forma más resumida en algunos libros (véase por ejemplo [SAC 89]). Para un tratamiento más profundo de los códigos de corrección de errores puede consultarse [PLE 82].

TEMA 17. PROTOCOLOS ELEMENTALES DEL NIVEL DE ENLACE.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. El objetivo de este tema es presentar las técnicas habitualmente usadas en los protocolos de enlace de datos. Para ello se parte de un problema muy simple y su solución, para poco a poco ir introduciendo nuevas complicaciones y las técnicas para resolverlas.

2) Contenido.

- 17.1.- Protocolo simplex sin restricciones
- 17.2.- Protocolo simplex de parada y espera
- 17.3.- Protocolo simplex para un canal ruidoso
- 17.4.- Protocolo para transmisión bidireccional
- 17.5.- Protocolo de ventana deslizante
- 17.6.- Protocolo que acepta tramas desordenadas

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. La presentación de este tema es ya un clásico en la literatura de la disciplina. Originalmente expuesta por Tanenbaum y recogida en los apartados (4.3) y (4.4) de [TAN 91], puede encontrarse también desarrollada en forma similar en el capítulo 9 de [GAR 89].

2) Ejercicios y prácticas.

- Simular en un sólo ordenador cada uno de los seis protocolos expuestos en el tema. Introducir deliberadamente en la simulación abundancia de efectos anómalos (errores, pérdida de tramas, lentitud de respuesta, etc.)
- Aprovechando los programas realizados en el tema segundo, implementar cada uno de los seis protocolos expuestos aquí para interconectar realmente dos computadores. Hacerlo de forma que se reproduzca la estructura de niveles, interfaces y servicios propuesta por OSI.
- Utilizar un analizador de protocolo para comprobar el tráfico por la línea en los casos anteriores.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Otros textos prefieren introducir las técnicas de los protocolos de enlace mediante la descripción de protocolos reales. Este es el enfoque adoptado en el capítulo 4 de [BLA 89a], el capítulo 8 de [FRE 90] y en los capítulos 4, 5 y 6 de [SAC 90], por citar tan sólo referencias en castellano. También resulta de interés la descripción original de los protocolos tal como aparecen en las normas respectivas.

TEMA 18. DISEÑO Y DESARROLLO DE PROTOCOLOS.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Este tema y el siguiente constituyen un paréntesis en el hilo conductor del programa de la asignatura, que permite exponer algunos aspectos comunes a todos los niveles OSI pero que, por aparecer por primera vez con ocasión del nivel de enlace de datos, parece oportuno desarrollar aquí. En concreto en el presente tema, se pretende hacer tomar conciencia al alumno de las dificultades inherentes al diseño y desarrollo de protocolos, así como mostrarle algunas de las técnicas para abordar el problema. En el limitado espacio de un tema no se pretende agotar el asunto pero sí al menos crear la sensibilidad adecuada para posteriores desarrollos del mismo, desgraciadamente fuera del contexto de esta asignatura.

2) Contenido.

- 18.1.- Visión general de la ingeniería de protocolos
- 18.2.- Especificación formal de protocolos
- 18.3.- Verificación de protocolos
- 18.4.- Implementación de protocolos
- 18.5.- Prueba de protocolos.

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Una descripción resumida de este tema puede verse en el apartado (4.6) de [TAN 91] y, de una forma más completa el capítulo 3 de [BEL 90].

2) Ejercicios y prácticas.

- Especificar mediante máquinas de estados cada uno de los seis protocolos expuestos en el tema anterior.
- Modificar la implementación que se hizo de dichos protocolos para darles forma de máquinas de estado.
- Especificar mediante máquinas de estado el protocolo real para control de redes eléctricas presentado en el tema 15.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Una magnífica fuente de ampliación son las actas de los congresos sobre Protocol Specification, Testing and Verification o las de la serie de congresos FORTE, ambos editados por North Holland.

TEMA 19. ANÁLISIS DE PRESTACIONES.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. En este tema se proponen medidas cuantitativas para evaluar las prestaciones de un protocolo y poder comparar de acuerdo a criterios numéricos. A través de la aplicación a dos protocolos concretos de enlace de datos, se pretende que el alumno perciba los fundamentos de estas técnicas y pueda extrapolarlos a otros niveles.

2) Contenido.

- 19.1.- Concepto de eficiencia
- 19.2.- Concepto de retardo
- 19.3.- Eficiencia de un protocolo de parada y espera
- 19.4.- Retardo de un protocolo de parada y espera
- 19.5.- Eficiencia de un protocolo de ventana deslizante
- 19.6.- Retardo de un protocolo de ventana deslizante

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. El contenido de este tema se encuentra bien reflejado en el apartado (4.5) de [TAN 91], aunque quizás el alumno encuentre poco evidentes los pasos de las demostraciones. Una descripción alternativa puede encontrarse en el capítulo 3 de [SAC 89].

2) Ejercicios y prácticas.

- Modificar los programas de simulación realizados en el capítulo 17 para los protocolos de parada y espera y de ventana deslizante, de forma que incluyan las medidas de la eficiencia y el retardo. Comparar los resultados obtenidos con los valores teóricos presentados en el tema.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Los capítulos 7 y 8 de [BEL 90] hacen una descripción muy interesante de las herramientas analíticas y de las técnicas de simulación involucradas en el análisis de prestaciones. Una reputada monografía sobre el tema, que incluye el análisis de los protocolos aquí tratados, es [SCH 94]. Si se quiere profundizar en la teoría de colas y su aplicación a la Informática en general y a las comunicaciones en particular, las referencias [KLE 75] y [KLE 76] constituyen un clásico en dos volúmenes.

TEMA 20. REDES LOCALES.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Si bien una red local es un tipo particular de red de ordenadores y, por tanto, le son aplicables la totalidad de los niveles, también es cierto que con la mera descripción de los dos primeros se caracterizan en buena medida. Se pretende pues en este tema exponer al alumno las líneas generales de uno de los elementos con los que más frecuentemente se encontrará en su desarrollo profesional.

2) Contenido.

- 20.1.- Medios físicos
- 20.2.- Topologías
- 20.3.- Cableado
- 20.4.- Tecnologías de transmisión
- 20.5.- Redes en bus
- 20.6.- Redes en anillo
- 20.7.- Redes de fibra óptica
- 20.8.- Las PABX

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Son muy abundantes las referencias a este importante tema. Entre ellas quizás la más clásica la constituyen los capítulos 4 y 5 de [STA 90]. En castellano pueden consultarse el capítulo 7 de [FRE 90] o la interesante monografía [GEE 83].

2) Ejercicios y prácticas.

- Instalar y operar una red local en bus con y sin nodo servidor.
- Instalar y operar una red local en anillo con y sin nodo servidor.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Buena parte de las referencias bibliográficas de la asignatura recogen con uno u otro enfoque el tema de las redes locales. Para ampliación de los cuestiones relativas a medios físicos, topologías o tecnologías de transmisión, véase la bibliografía recomendada en los temas correspondientes de la asignatura. Para ampliación sobre la PABX puede verse el capítulo 12 de [BLA 89b]. En cualquier caso, las normas IEEE 802 o las ISO 8802 constituyen una referencia obligada para ampliación de cualquier aspecto.

TEMA 21. PROTOCOLOS DE ACCESO AL MEDIO.

A) Guía didáctica.

1) Objetivos. Para las redes en general y las redes locales en particular, los protocolos de acceso al medio constituyen un lugar común. Este tema se propone exponer los más significativos de entre ellos, estableciendo las ventajas e inconvenientes de cada uno, tanto cualitativa como cuantitativamente.

2) Contenido.

- 21.1.- Funciones y servicios del subnivel de acceso al medio
- 21.2.- Visión general de las técnicas de acceso al medio
- 21.3.- Los protocolos ALOHA
- 21.4.- Los protocolos CSMA
- 21.5.- Protocolos con sondeo
- 21.6.- Protocolos con paso de testigo en bus
- 21.7.- Protocolos con paso de testigo en anillo
- 21.8.- Protocolos con reserva
- 21.9.- Prestaciones
- 21.10.- Normativa

B) Documento de trabajo/estudio.

1) Fuentes básicas de referencia. Al igual que en el tema anterior, son muy abundantes las referencias a estos protocolos, frecuentemente como parte de la descripción de redes locales. Entre ellas destacan los apartados (3.1) al (3.4) de [TAN 91], así como el capítulo 5 de [STA 90]. En castellano pueden consultarse, como en el tema precedente, el capítulo 7 de [FRE 90] o la interesante monografía [GEE 83].

2) Ejercicios y prácticas.

- Instalar varios computadores en conexión multipunto a través de una RS-485. Modificar los programas desarrollados en los temas anteriores para que incluyan un subnivel de

acceso al medio según las técnicas de sondeo y de paso de testigo en bus.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Para ampliación de las cuestiones sobre prestaciones pueden verse [BEL 90] o [SCH 94]. Para una descripción detallada de los protocolos normalizados en redes locales, los estándares IEEE 802 o las normas ISO 8802 constituyen una referencia obligada.

5.- BIBLIOGRAFÍA.

- ALA 84: ALABAU, A. y RIERA, A. Teleinformática y redes de computadores. Marcombo, 1984.
- BEL 90: BELTRAO MOURA, J.A. et al. Redes locales de computadores. Protocolos de alto nivel y evaluación de prestaciones. McGraw-Hill, 1990.
- BIN 88: BINGHAM, J.A. The theory and practice of modem design. Ed. John Wiley, 1988.
- BLA 87: BLACK, U.D. Redes de transmisión de datos y proceso distribuido. Ed. Díaz de Santos, 1987.
- BLA 89a: BLACK, U.D. Data networks. Concepts, theory, and practice. Prentice-Hall, 1989.
- BLA 89b: BLACK, U. Redes de ordenadores. Protocolos, normas e interfaces. Ed. ra-ma, 1989.
- BLA 91: BLACK, U. The X Series Recommendations. McGraw-Hill, 1991.
- BRI 88: BRIGHAM, E.O. The fast Fourier transform and its applications. Ed. Prentice-Hall, 1988.
- CAM 90: CAMPBELL, J. Comunicaciones serie. Guía de referencia del programador en C. Ed. Anaya, 1989.
- CAN 88: CANNON, D.L. y LUECKE, G. A fondo: Sistemas de comunicaciones. Ed. Anaya, 1988.
- DIA 85: DIAZ, R. Comunicaciones por fibra óptica". Marcombo, 1985.
- ENG 94: ENGST, A. C. Internet Starter Kit. Hayden Books, 1994.
- FRE 90: FREER, J. Introducción a la tecnología y diseño de sistemas de comunicaciones y redes de ordenadores. Anaya multimedia, 1990.
- FRI 87: FRIEND, G.E. et al. A fondo: Transmisión de datos y comunicaciones. Ed. Anaya, 1987.

- FOL 78: FOLTS y KARP. Data communications standards. McGraw-Hill, 1978.
- GAR 89: GARCIA TOMAS, J. Sistemas y redes teleinformáticas. Ed. Sepa, 1989.
- GEE 83: GEE K.C.E. Introducción a las redes locales de informática aplicada. Ed. Díaz de Santos, 1.983.
- GIT 92: GITLIN, R. D. et al. Data Communications Principles. Plenum Press, 1992.
- GRE 77: GREGG, W.D. Analog and digital communications. Concepts, systems, applications and services. John Wiley, 1977.
- HAY 94: HAYKIN, S. Communication Systems. Third Edition. John Wiley, 1994.
- HEL 89: HELD, G. Data communication networking devices. John Wiley, 1989.
- HUI 90: HUIDOBRO, J.M. Comunicaciones. Interfaces, modems, protocolos, redes y normas. Ed. Paraninfo, 1990.
- KLE 75: KLEINROCK, L. Queuing systems. Volume I: Theory. John Wiley, 1975.
- KLE 76: KLEINROCK, L. Queuing systems. Volume 2: Computer applications. John Wiley, 1976.
- LAT 74: LATHI, B.P. Introducción a la teoría y sistemas de comunicación. Ed. Limusa, 1974.
- MAC 85: MACHI, C. y GUILBERT, J.F. Teleinformática. Transporte y tratamiento de la información en redes y sistemas informáticos. Ed. Omega, 1985.
- MAH 87: MAHLKE, G. y GOSSING, P. Fiber optic cables. John Wiley, 1987.
- MAT 95: MATICK, R. E. Transmission Lines For Digital And Communication Networks. IEEE Press, 1995.
- MCN 88: MCNAMARA, J.E. Technical aspects of data communication. Third Edition. Digital Press, 1988.
- MOM 83: MOMPIN, J. Interconexión de periféricos a microprocesadores. Marcombo, 1983.
- MOR 94: MORRISON, N. Introduction to Fourier Analysis. John Wiley, 1994.
- NIC 82: NICHOLS, E.A., et alt. Data communications for microcomputers. McGraw-Hill, 1982.

- PLE 82: PLESS, V. Introduction to the theory of error correcting codes. John Wiley, 1982.
- RAM 74: RAMO, S. Campos y ondas. Aplicación a las comunicaciones electrónicas. Ed. Pirámide, 1974.
- SAC 89: SACCARDI, G. Telemática y ordenadores. Protocolos, redes y normalización internacional. Ed. Jackson, 1989.
- SCH 83: SCHWARTZ, M. Transmisión de información, modulación y ruido. McGraw-Hill, 1983.
- SCH 85: SCHUBERT, W. Communications cables and transmission systems. Third Edition. John Wiley, 1985
- SCH 94: SCHWARTZ, M. Redes de Telecomunicaciones. Protocolos, modelado y análisis. Addison-Wesley, 1994.
- SIN 86: SINNEMA, W. y McGOVERN, T. Digital, analog and data communication. Prentice-Hall, 1986.
- STA 90: STALLING, W. Local Networks. Third Edition. McMillan Pub. Co., 1990.
- STA 94: STALLINGS, W. Data and Computer Communications. Fourth Edition. Prentice-Hall, 1994.
- TAN 91: TANENBAUM, A. S. Redes de ordenadores. Segunda edición. Prentice-Hall, 1991
- TAU 86: TAUB, H. y SCHILLING, D.L. Principles of communication systems. McGraw-Hill, 1986.
- TOM 87: TOMASI, W. Advanced electronic communications systems. Prentice-Hall, 1987.
- VER 87: VERGERS, C.A. Handbook of electrical noise measurement and technology. Second edition. Tab Books Inc.
- YOU 94: YOUNG, P. H. Electronic Communication Tehniques. Third Edition. Macmillan Pub. Co., 1994.