
Capítulo 1:

Introducción a la Ingeniería de Microondas

El presente capítulo es introductorio y sirve de presentación del curso y de la asignatura. Tiene dos partes: en una primera se presentan distintos marcos de aplicación de la Ingeniería de Microondas. En la segunda se justifica la situación de la asignatura dentro del plan de estudios de Ingeniería de Telecomunicación, se expone la relación que tiene con otras asignaturas y se da la programación de la asignatura.

INTRODUCCIÓN Y DEFINICIÓN

- Análisis de la realidad:
 - Amplio desarrollo de señales electromagnéticas de alta frecuencia desde la segunda mitad del siglo XX.
 - Numerosas aplicaciones para transmitir información y suministrar energía.
- Definición:
 - Conjunto de señales para cuya generación, propagación y procesamiento se utilizan un conjunto de técnicas muy específicas que no se emplean ni en baja frecuencia ni en comunicaciones ópticas.
 - Pueden estar comprendidas entre 300 MHz y 300 GHz.
 - En las bandas de Radiocomunicaciones (3 MHz – 3 GHz) se le suele llamar señales RF.
- Aplicaciones:
 - Radar.
 - Radiometría
 - **Radiocomunicaciones.**
 - Aplicaciones industriales
 - Aplicaciones terapéuticas.
 - Aplicaciones científicas.

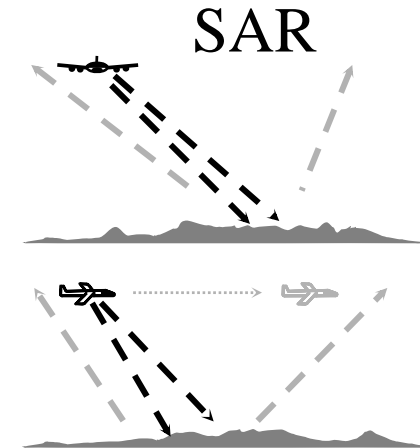
RADAR (I)

- Orígenes del radar
 - RADAR-Radio Detection and Ranging.
 - Maxwell catalogó la luz como onda electromagnética. Las ondas de radio se reflejan.
 - II Guerra Mundial catapultó la utilización del radar gracias al invento del magnetrón.
 - MIT: sistema Radar en 2.7-2.9 GHz
- Principio de funcionamiento
 - TX que lanza una señal para iluminar un cuerpo que la refleja que un RX recibe.
 - Clasificación:
 - Si la señal se emite de forma continua: radar CW. Si es pulsada: radar de pulsos.
 - Si TX y RX comparten la antena: radar monoestático; si no: radar biestático
 - Ecuación RADAR:

$$\frac{P_{rec}}{P_{TX}} = \frac{G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \sigma}{(4\pi)^3 \cdot r^4} \left\{ \begin{array}{l} G : \text{ganancia antena} \\ \sigma : \text{sección eficaz radar} \\ r : \text{distancia objeto} \end{array} \right.$$
 - Determinación de velocidad del objeto:
$$\Delta f = \frac{2f_o \cdot v}{c}$$
 - Problemas radares de onda continua:
 - No se sabe si el objeto se aleja o acerca.
 - No se puede determinar la distancia
 - Gran consumo de potencia

RADAR (II)

- Radares de pulsos
 - Consumen menor potencia y solucionan problemas anteriores.
 - Emisión y recepción en tiempos distintos.
 - Parámetros a controlar: frecuencia de repetición de pulsos y duración de pulsos.
 - Pulsos cortos: buena resolución pero difíciles de detectar.
 - Frecuencia de repetición alta: menor tiempo y mayor precisión pero ambigüedad.
 - Existe un alcance máximo en que medir sin ambigüedades.
- Radar de apertura sintética (SAR):
 - Empleo en análisis de superficies y cartografía.
 - Aprovecha el movimiento del avión para que los pulsos “vean” la antena que los emite con dimensión superior.
 - Emisión oblicua para proporcionar información de la rugosidad del terreno.



RADIOMETRÍA

- Definición:

- Obtención de información de un objeto mediante la medida y análisis del espectro de la radiación emitida por dicho cuerpo.
- El radiómetro utiliza una antena para captar dicha radiación que induce una potencia a partir del cual se puede determinar su T de ruido.
- Las medidas son independientes de la frecuencia mas aumentan con el ancho de banda

$$P_N = \frac{\langle V^2 \rangle}{4R} = k \cdot T \cdot \Delta f$$

- Aplicaciones:

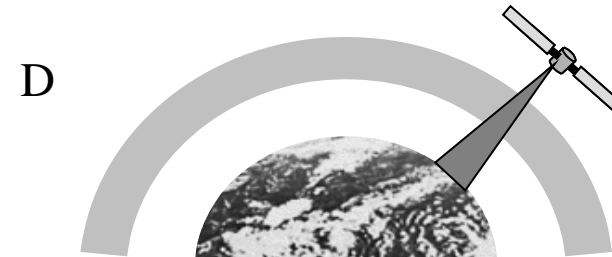
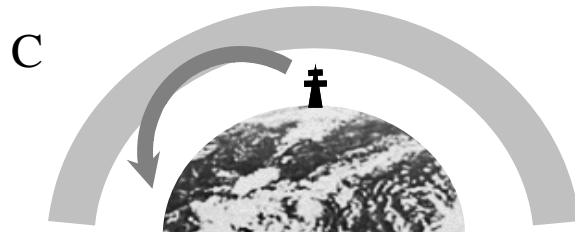
- Análisis de suelos
- Análisis de la atmósfera.
- Análisis de la radiación solar y de la radiación cósmica.

- Consideraciones finales

- Necesidad de calibración
- Compromiso en la elección de la frecuencia: bajas frecuencias suponen grandes antenas, grandes frecuencia suponen pérdida de precisión

SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN (I)

- Formas de propagación de la energía electromagnética
 - A. Onda guiada: a muy bajas frecuencias.
 - B. Onda de superficie: para frecuencias inferiores a 30 MHz. Alcances largos y estabilidad.
 - C. Onda ionosférica: entre 3 y 30 MHz. Grandes alcances, inestabilidad.
 - D. Onda espacial freq superiores a 30 MHz:
 - Onda directa: alcanza el receptor de manera directa
 - Onda reflejada: conecta transmisor y receptor a través de una reflexión
 - Ondas por reflexión multitrayecto
- Onda por dispersión troposférica: reflexiones en turbulencias de capas de la troposfera



SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN (II)

BANDAS DE MICROONDAS

L	1 - 2 GHz
S	2 - 4 GHz
C	4 - 8 GHz
X	8 - 12 GHz
Ku	12 - 18 GHz
K	18 - 27 GHz
Ka	27 - 40 GHz

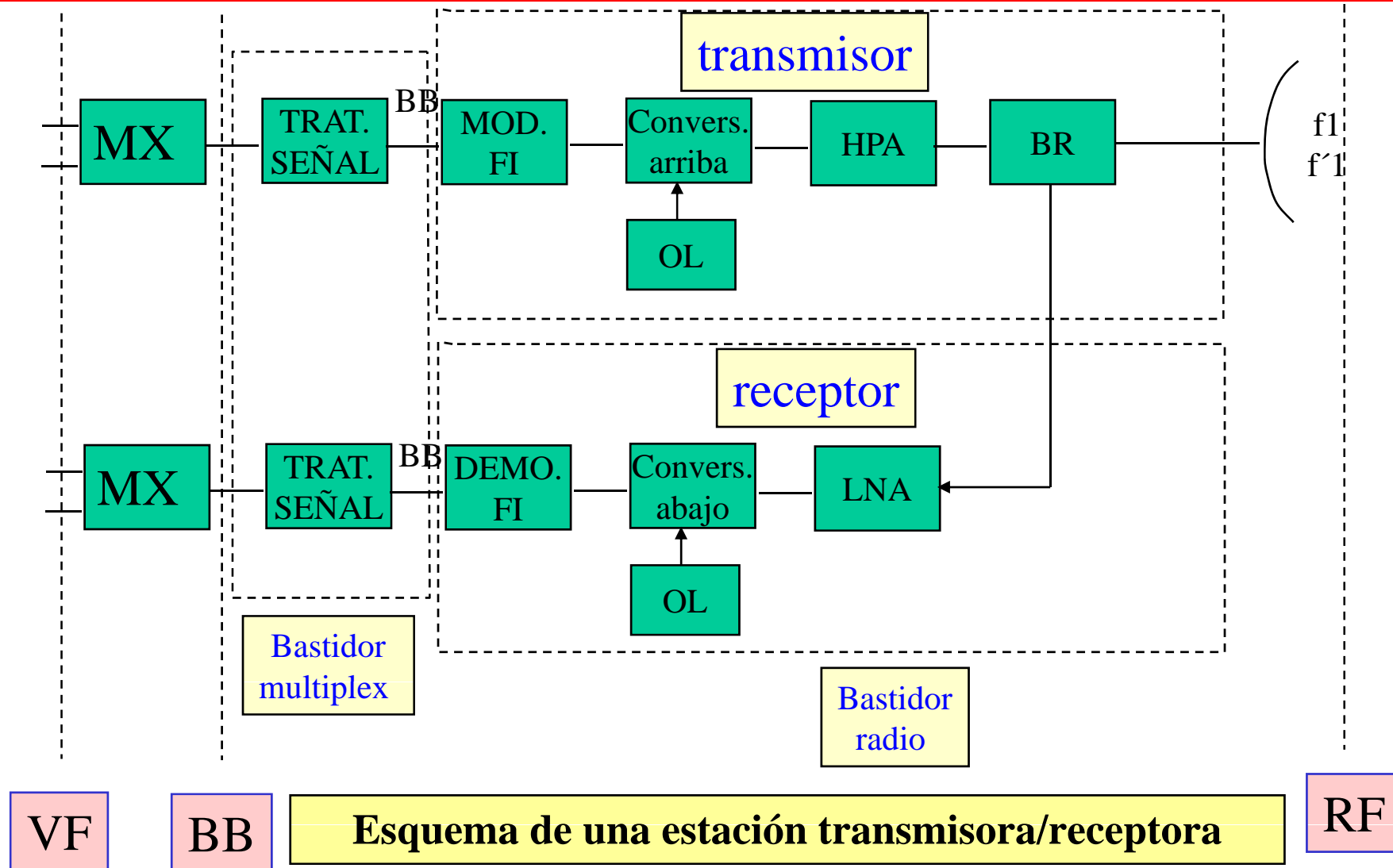
DENOMINACIÓN BANDAS DE FRECUENCIA

Nº	Símbolo	frecuencia
4	VLF	3 - 30 kHz
5	LF	30 - 300 kHz
6	MF	300 - 3000 kHz
7	HF	3 - 30 MHz
8	VHF	30 - 300 MHz
9	UHF	300 - 3000 MHz
10	SHF	3 - 30 GHz
11	EHF	30 - 300 GHz
12		300 - 3000 GHz

Bandas de frecuencias en algunos sistemas comunes

- GSM: enlace ascendente (890-915 MHz), enlace descendente (935-960)
- GSM-DCS: enlace ascendente (1710-1785 MHz) enlace descendente (1805-1880 MHz)
- UMTS: banda de 1.9 a 2.2 GHz
- Bluetooth y WLAN: banda 2.4 GHz
- Telefonía fija: banda 3.5 GHz; banda 5.8 GHz
- Hiperlan I (5.1-5.3 GHz); Hiperlan II (5.4-5.7 GHz)
- Satélites: INMARSAT (1.6-1.5 GHz); banda 6-4 GHz; banda 14-11 GHz; banda 28-21 GHz

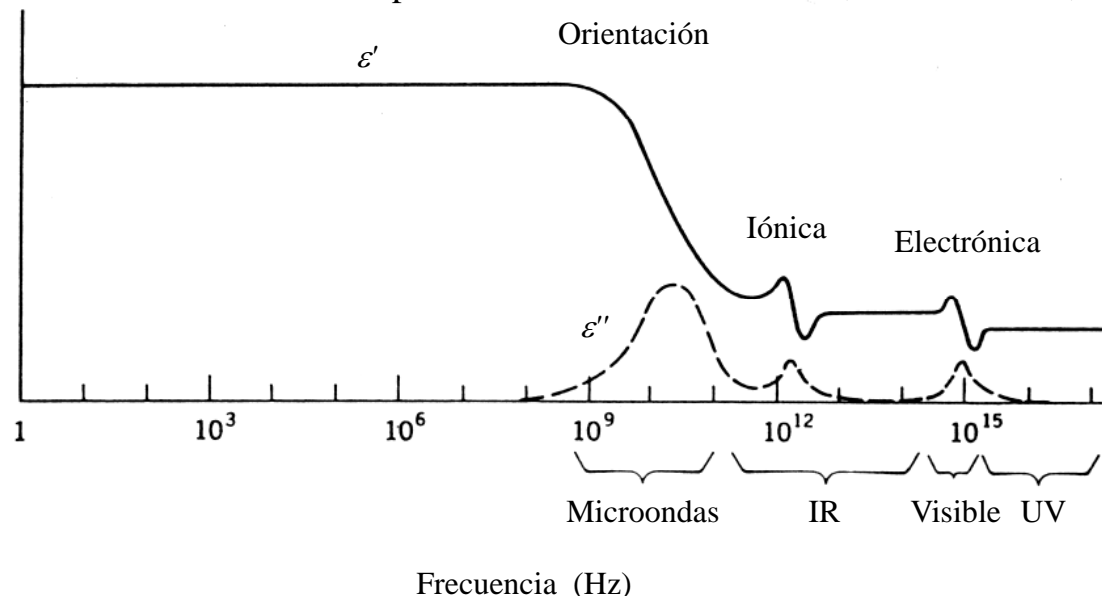
SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN (III)



APLICACIONES INDUSTRIALES

- Calentamiento de alimentos

- Rendimiento superior a los hornos convencionales.
- Calentamiento actúa en el interior de los alimentos por las pérdidas dieléctricas de los tejidos orgánicos. Homogeneidad del calentamiento.
- Frecuencias de relajación: la absorción de radiación es muy eficaz. El agua a 10 GHz
- Moléculas ligadas (orgánicas+agua) decrece la frecuencia
- Buscar situación de compromiso: banda 902-928 MHz; 2.4-2.49 GHz; 5.73-5.85 GHz



$$E_{alm} = \frac{1}{2} \cdot \int_V \epsilon' \cdot E^2 dv$$

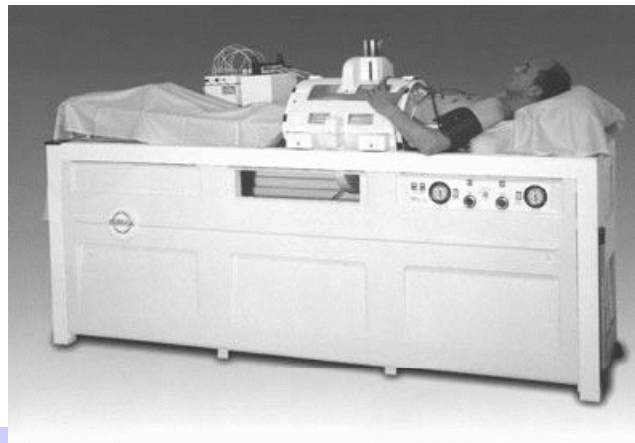
$$P_{perd} = \int_V \omega \cdot \epsilon'' \cdot E^2 dv$$

- Calentamiento de productos industriales

- Secado de papel y vulcanizado del caucho.

APLICACIONES MÉDICAS

- Terapias de calor
 - Frecuencias: 915 MHz, 2.45 GHz
 - Reuma, artritis, distensión de tejidos.
- Tratamiento del cáncer
 - Hipertermia de microondas combinada con radioterapia y quimioterapia
 - Compromiso en la selección de la frecuencia: baja para llegar a zonas profundas, alta para localizar el calentamiento (915 MHz, 2.45 GHz)
 - Se pueden tratar tumores de profundidad 3-4 cm. Los de mayor profundidad necesitan aparatos invasivos.
 - Necesidad de caracterizar con precisión la permitividad de materiales.



Grupo de Radiofrecuencia, UC3M, Septiembre 2009.
Tema 1: Introducción a la teoría de microondas



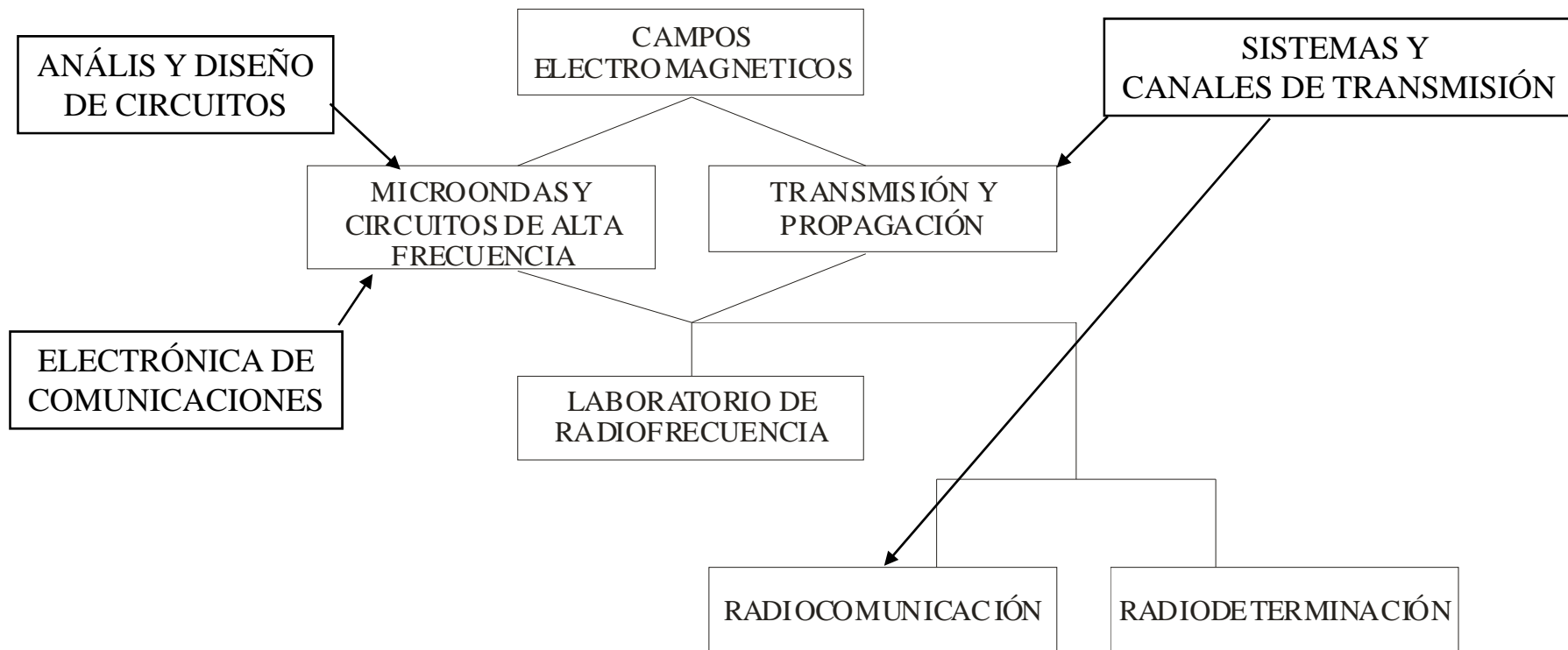
Microondas-1- 10

Bibliografía de la introducción

- Skolnik: Introduction to Radar Systems; Mc Graw Hill, 3ª edición, 2000
- J. Osepchuk: “A History of Microwave Heating Applications” IEEE Trans. On MTT, vol. 32, 1984, pp. 1200-1224.
- A. Guy: “A History of biological effects and medical applications of microwave energy”, IEEE Trans. On MTT, vol. 32, 1984, pp. 1182-1200.
- J.M. Miranda et al: Ingeniería de Microondas, Prentice Practica 2002.

MICROONDAS EN EL PLAN94

Transmisión por Soporte Físico. Elementos de ondas guiadas. Dispositivos y circuitos de alta frecuencia (activos y pasivos) para comunicaciones. (9 CRÉDITOS)



PROGRAMA

- Revisión de guías y líneas de transmisión
- Herramientas para el análisis de circuitos de microondas.
 - Carta de Smith
 - Análisis de parámetros de dispersión (S)
- Análisis y diseño de circuitos pasivos de microondas.
 - Cuadripolos
 - Hexapolos: sin pérdidas, divisores de potencia Wilkinson (con pérdidas), circulador (no simétrico)
 - Octopolos: híbridos de 90 y 180°, acopladores de líneas acopladas
 - Resonadores y filtros
- Análisis y diseño de circuitos activos de microondas.
 - Amplificadores
 - Osciladores
 - Mezcladores
 - Conmutadores
 - Desfasadores

Bibliografía básica de la asignatura

- David M. Pozar: "Microwave Engineering" Second Edition 1998, John Wiley & Sons.
- Robert E. Collin: "Foundations for microwave engineering" New York McGraw-Hill, 1992.
 - G. González: "Microwave Transistor Amplifiers: Analysis and Design" Second Edition; Prentice Hall
 - Bahl y Bhartia: "Microwave Solid State Circuit Design", Wiley Interscience, 1988.
 - Domínguez, R.: "Cuestiones básicas de electromagnetismo. Aplicación a la técnica de microondas", CSIC, 1991.
 - Rohde, Newkirk: "RF/Microwave Circuit Design for Wireless Applications" Wiley 2000
 - Miranda, Sebastián, Sierra, Margineda: "Ingeniería de Microondas: Técnicas Experimentales" Prentice Práctica 2002.

Bibliografía complementaria de la asignatura

- Owyang, G.H.: "Foundations for Microwave Circuits", Springer-Verlag, 1989.
- Fontecha, J.L. y Martín Pascual, C.: "Ferritas en microondas", CSIC, 1979.
- Liao, S.Y.: "Microwave Circuit Analysis and Amplifier Design", Prentice-Hall, 1987.
- Pengelly, R.S.: "Microwave FET's. Theory, Design and Applications", Research Studies Press, 1986.
- Soares, R.: "GaAs MESFET Circuit Design", Artech House, 1988.
- Gupta, K.C.; Garg, R. y Chadha, R.: "Computer Aided Design of Microwave Circuits", Artech House, 1981.
- Wadell, B.C.: "Transmisión Line Design Handbook", Artech House, 1991.
- Harlan Howe: "Stripline Circuit Design"; Microwave Associates Burlington; Artech House 1974.