



*Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

Buenos Aires, 25 de agosto de 1999.

VISTO la Resolución N° 87/99 del Consejo Académico de la Facultad Regional Bahía Blanca, mediante la cual propone la incorporación de una materia optativa en el 6° año de la carrera Ingeniería Electrónica, y

CONSIDERANDO:

Que dicha propuesta fue aprobada por el Consejo Departamental de Electrónica a efectos de brindar la posibilidad de la actualización del plan de estudios.

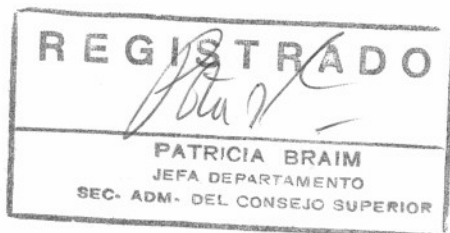
Que analizados los antecedentes, la Comisión de Enseñanza en su dictamen del 24 de agosto de 1999 aconsejó dar curso a lo solicitado en la Resolución N° 87/99 de la Facultad Regional Bahía Blanca.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO DE LA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

RESUELVE:



*Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

ARTICULO 1°.- Refrendar la Resolución N° 87/99 del Consejo Académico de la Facultad Regional Bahía Blanca y autorizar la incorporación de la asignatura optativa Antenas y Propagación de Señales en 6° año de la carrera Ingeniería Electrónica, plan 1985.

ARTÍCULO 2°.- Establecer el régimen de correlatividades que figura en el Anexo I de la presente Resolución.

ARTICULO 3°.- Aprobar los programas analíticos que como Anexo II forman parte de la presente Resolución.

ARTICULO 2°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

RESOLUCION N° 524/99



  
Ing. HECTOR CARLOS BROTTTO  
RECTOR

  
Ing. CARLOS E. FANTINI  
SECRETARIO GENERAL A/C



*Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

ANEXO I

RESOLUCION N° 524/99

**INGENIERIA ELECTRONICA**  
**REGIMEN DE CORRRELATIVIDADES**

ASIGNATURA	PARA CURSAR	PARA RENDIR
	<b>Cursada</b>	<b>Aprobada</b>
Antenas y Propagación de Señales	Sistemas de Comunicaciones I  <b>Aprobada</b>  Medios de Enlace  Estadística Aplicada	Sistemas de Comunicaciones I



*Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

ANEXO II

RESOLUCION N° 524/99

## INGENIERIA ELECTRONICA

### PROGRAMA ANALITICO DE ANTENAS Y PROPAGACION DE SEÑALES (optativa)

#### A) - RADIACION Y TEORIA FUNDAMENTAL DE ANTENAS

##### Unidad Temática 1: Potenciales retardados. Radiación de Antenas ideales.

1. El fenómeno de la radiación electromagnética.
1. Potenciales electromagnéticos retardados.
2. Método general de resolución de un problema de radiación electromagnética.
3. Radiación de un dipolo elemental (Dipolo de Hertz).
4. Radiación de un dipolo corto ideal.
5. Radiación de un dipolo infinitamente delgado y rectilíneo.
6. Radiación de un dipolo ideal de  $\frac{1}{2}$  longitud de onda.
7. Sistematización de Schelkuoff.
8. Potencia radiada.

##### 9. Unidad Temática 2: Impedancias y mutuas impedancias de antenas.

1. Impedancia de antena. Métodos para calcular la impedancia de antenas.
2. Impedancia de entrada de un dipolo de cualquier longitud. Resistencia y reactancia de entrada.
3. Mutua impedancia entre antenas.

##### Unidad Temática 3: La antena cilíndrica.

1. Método de Hallen.
2. Antenas asimétricas.
3. Antena dipolar simétrica como una línea de transmisión equivalente.
4. Antena dipolar cilíndrica.
5. Circuito equivalente de entrada.
6. Modelos de escalas reducidas de antenas reales.



*Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

#### **Unidad Temática 4: Propiedades Direccionales de las Antenas.**

1. Eficiencia de una antena.
2. Intensidad de radiación.
3. Diagramas de radiación.
4. Directividad y ganancia.
5. Apertura de una antena. Apertura eficaz.

#### **B) – SISTEMAS DE ANTENAS.**

#### **Unidad Temática 5: Sistemas de Antenas puntuales isotrópicas y no isotrópicas.**

1. Introducción. Sistema de dos antenas puntuales isotrópicas.
2. Sistemas de más de dos antenas isotrópicas.
3. Disposición lineal de radiadores. Disposición "broadside". Disposición "end - fire".
4. Características fundamentales de los diagramas de radiación de disposiciones lineales isotrópicas uniformes.
5. Sistemas de antenas no isotrópicas similares.
6. Principio de la multiplicación de los diagramas de radiación. Aplicaciones para disposiciones lineales isotrópicas y no isotrópicas.

#### **Unidad Temática 6: Eliminación de la radiación en la dirección contraria a la deseada.**

1. Eliminación de la radiación en ciertas direcciones mediante la incorporación de elementos activos.
2. Eliminación de la radiación por medio de elementos parásitos discretos.
3. Superficies reflectoras.
4. El terreno como superficie reflectante.

#### **Unidad Temática 7: Alimentación de antenas y de sistemas de antenas.**

1. Elección del sistema de alimentación.
2. La asimetría de los sistemas de alimentación y radiación.
3. Adaptación de impedancias mediante el empleo de circuitos de constantes distribuidas.
4. Adaptación de impedancias mediante el empleo de circuitos de constantes concentradas.
5. Adaptación de impedancias en banda ancha.
6. Alimentación de sistemas de antenas.



*Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

### **C) – ANTENAS Y SISTEMAS DE ANTENAS PRACTICAS.**

#### **Unidad Temática 8: Propagación de señales. Las comunicaciones en el espacio libre.**

1. Tipos de ondas terrestres. Componente directa y reflejada.
2. Componente superficial y componente troposféricas.
3. Efectos anómalos de la tropósfera.
4. Ionósfera. Capas o regiones ionosféricas.
5. Variaciones normales y anómalas. Predicción ionosférica.
6. Frecuencias: máxima utilizable (MUF), mínima utilizable (LUF) y óptima de trabajo (FOT).
7. Desvanecimiento. Ruidos. Intensidad de señal requerida.

#### **Unidad Temática 9: Antenas de MF y HF.**

1. Antenas de radiodifusión de Broadcasting.
2. Radiadores verticales. Alimentación y sistema de tierra para transmisores de radiodifusión.
3. Monopolos con planos de tierra. (Antenas látigo).
4. Dipolos horizontales de media honda para transmisión y recepción.
5. Antenas de banda ancha. Dipolos plegados.
6. Formaciones de dipolos. Cortinas direccionales.
7. Dipolos horizontales con elementos parásitos.
8. Antenas largas. Antena Beverage. Antenas "V". Antenas rómbicas.
9. Otras.

#### **Unidad Temática 10: Antenas de VHF y UHF.**

1. Monopolo Marconi.
2. Dipolos verticales para banda ancha.
3. Antena coaxial o flexible.
4. Conjuntos direccionales.
5. Sistemas de Antenas para radioayudas a la aeronavegación.
6. Antenas de TV. Transmisión y recepción. Antena Yagi (diversos tipos).
7. Antenas helicoidales.
8. Otras.



*Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

**Unidad Temática 11: Antenas de microondas.**

1. Bocinas electromagnéticas.
2. Reflectores parabólicos (Distintos tipos).
3. Antena Cassegrain.
4. Antenas ranuradas y complementarias.
5. Antenas lentes con dieléctricos artificiales.
6. Sistemas prácticos. Radares de navegación, meteorológicos. Comunicaciones vía satélite.
7. Antenas para sensado remoto. Radiotelescopios, radiómetros.

**Unidad Temática 12: Mediciones de Antenas.**

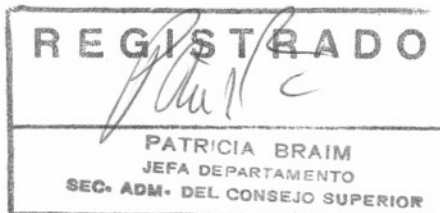
1. Medición del patrón de radiación vertical y horizontal.
2. Medición de la ganancia de antena.
3. Medición de la impedancia de antena.
4. Medición de la distribución de corriente.
5. Medición de la polarización de antena.
6. Experimento de la antena rotativa.

**BIBLIOGRAFIA:**

- "Propagación y Radiación de Ondas Electromagnéticas Parte III – Radiación electromagnética" de PULIAFITO (Editorial IDEARIUM).
- "Anexo a la Parte III – Manual de Antenas" de PULIAFITO (Editorial IDEARIUM).
- "Electromagnetic waves and radiating systems" de JORDAN y BALMAIN (Edit. PRENTICE – HALL).
- "Antennas" de KRAUSS (Editorial Mc GRAW – HILL).
- "Ingeniería de Antenas" de EDMUND A. LAPORT (Editorial H.A.S.A).
- "Manual de Antenas" de WOODROW SMITH (Editorial H.A.S.A).



*Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*



## **ANTENAS Y PROPAGACION DE SEÑALES**

### **ALCANCES Y OBJETIVOS PROPUESTOS POR UNIDAD TEMATICA**

#### **Unidad temática 1: Potenciales retardados. Radiación de antenas ideales.**

Se pretende profundizar el análisis físico-matemático básico del proceso de la radiación electromagnética. Se definirán previamente los potenciales electromagnéticos retardados a fin de facilitar el posterior cálculo del campo radiado por una antena. Completada esta revisión el alumno incorporaría los conocimientos necesarios para tener una visión amplia con razonable profundidad, de los fenómenos de transferencia de energía electromagnética desde las fuentes de radiación.

Posteriormente se describirá el campo radiado por configuraciones de fuentes que asumen disposiciones geométricas simples, pero que constituyen la base fundamental para intentar resolver casos de sistemas radiantes, prácticos, más complejos. Para ello, se comenzará por estudiar la radiación de un dipolo elemental, por constituir la pieza clave de cualquier estructura finita que se utilice como sistema radiante. Se proseguirá luego con el examen de antenas infinitamente delgadas de distintas longitudes, y la determinación de las potencias radiadas. Al cabo de esta unidad el alumno se familiarizaría con los conocimientos básicos de las propiedades fundamentales de estas antenas ideales.

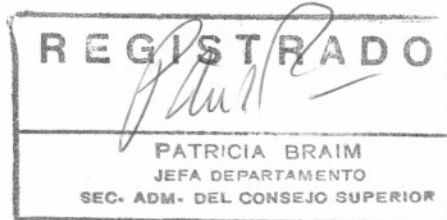
#### **Unidad Temática 2: Impedancias y mutuas impedancias de antenas.**

Se demostrará que la misma antena operando como transmisora o como receptora, conserva ciertas propiedades básicas tales como sus diagramas de radiación, impedancias de entrada y longitud efectiva. Posteriormente se desarrollarán métodos analíticos para determinar las autoimpedancias (resistencias y reactancias de entrada utilizando modelos del régimen cuasiestacionario (Teorema de Rayleigh – Helmotz), como así también las mutuas impedancias de un sistema antena transmisora – receptora.

#### **Unidad Temática 3: La antena cilíndrica.**

Se encargará la tarea de describir la radiación y la impedancia de entrada de antenas reales o “gruesas”, auxiliándose con las aproximaciones de Abraham, Halley y Schelkunoff, que ajustarán los resultados obtenidos en las tres unidades temáticas precedentes. Posteriormente se van a desarrollar relaciones aproximadas, basadas en una equivalencia a establecer entre una antena dipolar simétrica, de sección cilíndrica y una línea de transmisión real bifilar abierta en sus terminales de carga.





*Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

#### **Unidad Temática 4: Propiedades direccionales de las antenas.**

Se analizará las propiedades direccionales de las antenas, introduciendo concepto tales como “directividad”, “ganancia” y “apertura eficaz” de un sistema radiante los cuales permitirán cuantificar la eficiencia que posee el radiador para ajustarse a los requerimientos del servicio que va a prestar.

#### **Unidad Temática 5: Sistemas de antenas puntuales isotrópicas y no isotrópicas.**

Se estudiarán los sistemas de antenas, los cuales tienen por objetivo mejorar las características directivas que las que puedan proveer una sola antena. El punto de partida será el estudio del diagrama de radiación resultante de un sistema ideal de antenas puntuales isotrópicas, mediante la aplicación del “Método de multiplicación de los diagramas de radiación”. Extendiendo este concepto se estudiará la radiación de sistemas de antenas reales o sea no isotrópicas.

#### **Unidad Temática 6: Eliminación de la radiación en la dirección contraria a la deseada.**

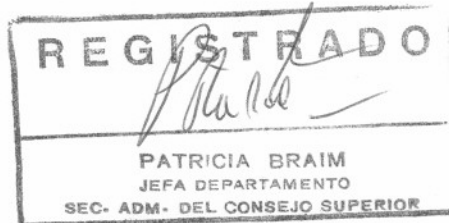
Se analizarán los métodos más frecuentemente utilizados para mejorar los diagramas de radiación mediante una razonable disminución de la propagación en las direcciones no deseadas, reforzando la energía radiada en las direcciones elegidas. Esto es mediante la incorporación de elementos activos, pasivos o superficies reflectoras, compatibles con los costos y facilidades de instalación.

#### **Unidad temática 7: Alimentación de antenas y sistemas de antenas.**

Se pondrá énfasis en la importancia de los sistemas de alimentación de las antenas. Estos dispositivos alimentadores se analizarán desde el punto de vista de la necesidad de adaptar impedancias y la influencia, generalmente indeseada, en la radiación de las antenas y sistemas de antenas.

#### **Unidad Temática 8: Propagación de señales. Las comunicaciones en el espacio libre.**

En primer lugar se efectuará un estudio detallado de las características físicas del espacio libre donde se lleva a cabo la propagación del campo radiado por los sistemas radiantes. Este estudio estará orientado a determinar las influencias estadísticas que ejercen la tropósfera, ionósfera y el suelo a las aplicaciones en las distintas bandas de comunicaciones y otras aplicaciones de radiofrecuencias. Se analizarán fundamentalmente las limitaciones que el espacio ejerce en el rendimiento e intelegibilidad de las señales a transmitir y recibir.



*Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

### **Unidad Temática 9: Antenas de MF y HF.**

Se efectuará una revisión y discusión de las antenas y sistemas de antenas de transmisión y recepción más comúnmente empleados en radiodifusión y comunicaciones en general en onda larga, media y corta. Se pondrá énfasis en los aspectos prácticos de una instalación y los requerimientos de la misma. Es decir directividad, ancho de banda, adaptación de impedancias, montaje mecánico, etc. Se esbozarán métodos y criterios generales para el diseño y mejoramiento de instalaciones ya existentes. El objetivo es efectuar el análisis propuesto empleando los conocimientos adquiridos en las 8 unidades temáticas precedentes.

### **Unidad Temática 10: Antenas de VHF y UHF.**

Idem a la Unidad temática precedente. Además se efectuará una discusión detallada de los sistemas radiantes empleados en los equipos de radioayudas a la aeronavegación (VOR, ILS, DME, radiosfaros) por presentar una interesante diversidad de tipos de antenas que incluyen arreglos directivos de dipolos, antenas cuadros y sistemas de antenas biconicas. Este análisis propuesto pretende lograr que el alumno se familiarice con diferentes tipos de antenas y sobre los requerimientos estrictos que este servicio impone a sus sistemas radiantes.

### **Unidad Temática 11: Antenas de microondas.**

Se efectuará una revisión de las soluciones prácticas y los aspectos físico – geométricos de los componentes que intervienen en los sistemas radiantes (bocinas y diversos tipos de reflectores) en radares de navegación, meteorológicos, tránsito aéreo y marítimo. Además se analizarán las antenas utilizadas en enlaces de microondas. Se citarán ejemplos de modernos sistemas de sensores remotos tales como radiotelescopios y radiómetros utilizados en la determinación de diversos componentes atmosféricos orientados al estudio del medio ambiente.

### **Unidad Temática 12: Mediciones de antenas.**

En esta unidad temática se desarrollarán los métodos y técnicas experimentales de mediciones sobre antenas. Para ello se han incluido distintos tópicos que tratan en particular las mediciones sobre patrones de radiación, ganancia, distribución de corrientes, impedancia y polarización de la antena.