



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Haedo*

Haedo, 21 de mayo de 2025

VISTO

La nota que fuera presentada por el Director del Departamento de Ingeniería Electrónica, Ing. Alberto FUSCO, de fecha 12 de mayo de 2025, bajo el N° 386/2025 de Mesa de Entradas y Salidas de esta Facultad Regional, la Ordenanza 1383, y

CONSIDERANDO

Que la Ordenanza 1383 de Consejo Superior regula el "Lineamiento para la implementación de Asignaturas Electivas para las Carreras de Grado en el Ámbito de la Universidad" y aprueba la normativa de implementación de las materias electivas, contenidas en el espacio específico destinado a las mismas, en los diseños curriculares vigentes según ANEXO I de dicha Ordenanza.

Que en Punto 4 del ANEXO I de la citada ordenanza se establece que las asignaturas electivas tendrán una validez de cuatro ciclos lectivos consecutivos. Y asimismo se establece que si fuere conveniente su continuidad el ciclo de validez puede renovarse respetando el marco establecido por la Ordenanza.

Que el Director de la carrera de Ingeniería Electrónica en su nota hace mención que la materia electiva "Radares" fue aprobada según Resolución de Consejo Directivo N° 059/2021, del 6° Nivel para el período 2021-2024.

Que asimismo, comenta que se cometió un error involuntario de no pedir la renovación de la materia antes mencionada, durante el año 2024 para el período 2025- 2028.

Que por todo lo antes expuesto el Ing. Alberto FUSCO, solicita la renovación de la materia electiva "Radares" del 6° Nivel, Plan 95 A, para el período 2025-2028 (inclusive).

Que toda la documentación fue analizada por la Comisión de Enseñanza de este Consejo Directivo, la cual, en la reunión ordinaria celebrada en el día de la fecha, recomendó aprobar la renovación de la materia electiva "Radares" del 6° Nivel, Plan 95 A, para el período 2025-2028 (inclusive).

Corresponde a la Resolución de Consejo Directivo N° 286/2025



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Haedo*

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por Artículo 85° del Estatuto de la Universidad Tecnológica Nacional y en un todo de acuerdo con las reglamentaciones vigentes.

Por ello, y atento a las atribuciones que le son propias,

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD REGIONAL HAEDO
R E S U E L V E:**

ARTÍCULO 1º.- Renovar la materia electiva "Radares", como Materia Electiva del 6° Nivel, Plan 95 A, para el período 2025-2028 (inclusive) para los alumnos de la Carrera de Ingeniería Electrónica de la Facultad Regional Haedo, cuyo programa analítico se adjunta como ANEXO I a la presente Resolución.

ARTÍCULO 2º. - Regístrese, comuníquese al Rectorado de la Universidad Tecnológica Nacional. A la Secretaría Académica por su intermedio a quien corresponda. Al Departamento de Ingeniería Electrónica y al Departamento de Títulos. Cumplido, archívese.

RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO Nº 286/2025



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata*

ANEXO I

PROGRAMA ANALÍTICO.

(Resolución de Consejo Directivo N° 286/2025)

Denominación de la materia electiva: Radares

Materia N° 831

Carrera a la que pertenece: Ingeniería Electrónica

Departamento: Ingeniería Electrónica

Área de conocimiento: Tecnologías Aplicadas

Modalidad de cursado: Cuatrimestral

Carga Horaria: 64 horas

Horas semanales: 4 horas

Plan: 95A

PRE-REQUISITOS:

Para cursar	Para rendir
Tener Cursadas	Aprobadas
Sistemas de Comunicaciones	Sistemas de Comunicaciones

Fundamentación de la materia dentro del plan de estudios.

El desarrollo de los radares es fundamental para diversas aplicaciones como: el control y vigilancia aérea, ayudas a la navegación, obtención de datos para el pronóstico meteorológico, generación de imágenes terrestres y/o marítimas en sistemas ubicados en vehículos aerotransportados y/o satelitales, aplicaciones automotrices, etc. y por lo tanto es importante formar a los futuros ingenieros en esta especialidad. Sumado a esto, recientemente se ha logrado diseñar y construir en nuestro país el Radar Primario Argentino (RPA), el Radar Secundario Monopulso Argentino (RSMA), radares meteorológicos y de apertura sintética.

Esta asignatura se propone describir los mismos, sus principios de funcionamiento, operación y diseño, para que el alumno pueda continuar con desarrollos futuros basándose en la experiencia previa. Asimismo, se propone



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Haedo*

la visita a las instalaciones donde estos radares se encuentran operando para poder intercambiar ideas con los grupos de desarrollo.

Objetivos generales

Brindar a las y los estudiantes herramientas que les permitan entender los principios teóricos para la comprensión, el análisis y el proyecto de los sistemas de radar en su campo tanto del tipo analógico y digital, la interrelación de los bloques y circuitos que componen un Sistema de Transmisión y Recepción, el comportamiento de los diversos sistemas de modulación conversión de señales, procesamiento digital, sus ventajas y desventajas, los espectros involucrados y las relaciones señal a ruido de los mismos, de forma tal, que los estudiantes puedan evaluar cuales sistemas conviene utilizar en una determinada red de procesamiento de un sistema de radar.

Objetivos específicos

Que los y las estudiantes sean capaces de:

- Entender los principios teóricos para la comprensión, el análisis y el proyecto de los sistemas y subsistemas de radar de tipo analógico y digital.
- Obtener conocimiento y herramientas para el estudio y diseño de sistemas de Radares.
- Analizar los principios de operación del sistema de Radar.
- Obtener conocimientos y herramientas para el análisis de las señales electromagnéticas asociadas a la operación del radar.

Programa de contenidos analíticos:

Unidad Temática Nº1. HISTORIA Y CONSIDERACIONES GENERALES:

Etimología. Hechos históricos que posibilitaron el desarrollo radar. Ecuaciones de Maxwell. Experimento de Hertz. Primera detección de barcos de Hulsmyer. Experimento de Daventry. Desarrollo de radar Marconi. Aplicaciones a la segunda guerra mundial. Introducción de guerra electrónica. Radares en Argentina. El espectro electromagnético en radar. Bandas de frecuencia típicas. Clasificación de radares según, aplicación, resolución, cobertura, uso, etc.

Unidad Temática Nº2: CINEMÁTICA DEL RADAR PULSADO:

Concepto de radar pulsado. Parámetros característicos de un radar pulsado. PRF (frecuencia de repetición de pulsos). PRT (periodo de repetición de pulsos). Limitaciones cinemáticas de la cobertura radar. Ancho de pulsos. Resolución en distancia. Distancia ciega. Kilometro y milla radar. Ambigüedad en distancia (ecos de segunda vuelta). Situación de compromiso de los parámetros. Antena



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata*

refractora. Antena planar con técnica monopulso. Barrido electrónico. Cobertura 3 dimensiones. Técnicas de cobertura 3 D.

Unidad Temática N°3. SECCIÓN RADAR EQUIVALENTE (RADAR CROSS SECTION, RCS):

Concepto de sección equivalente radar. Factores que determinan el RCS. Sección geométrica de los blancos, reflectividad y directividad. Sección equivalente radar de formas simples, esfera, cilindro, elipsoides, diedros, triedros, superficies cuadradas, circulares, triangulares, etc. Diagramas polares. Dependencia de la frecuencia. Concepto de blancos de tipo stealth. Introducción a las técnicas de blancos de baja visibilidad. Modelos de Swerling. Aplicaciones.

Unidad Temática N°4. DETECCIÓN RADAR EN RUIDO TÉRMICO:

Diagrama en bloque de un radar moderno. Ecuación radar. Parámetros característicos y vinculación con los elementos constructivos de un radar. Concepto de ruido térmico en radar. Modelización del ruido. Vinculación con la detección. Definición de probabilidad de detección y de falsa alarma. Efectos de la raíz cuarta. Relación señal a ruido aplicado a radar. Curvas de North.

Unidad Temática N°5. PROCESAMIENTO DE SEÑAL RADAR:

Concepto de clutter e interferencia (Jamming). Clutter volumétrico y orográfico. Nociones de guerra electrónica. Medidas y contramedidas electrónicas. Detección de señal radar en clutter. Detección de señal radar en interferencia. Técnica y filtrado MTI (móvil target indicator). Ambigüedad en velocidad. Factor de mejoramiento (IF). Técnica CFAR, (régimen constante de falsa alarma). Limitaciones de la técnica CFAR. Técnica STC (control de sensibilidad en el tiempo). Concepto de rango dinámico. Figura de ruido en sistemas de radar. Integración de pulsos radar. Aplicaciones. Compresión de pulsos radar. Aplicaciones. Procesamiento MTD.

Unidad Temática N°6. PROPAGACIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN RADAR:

Tipos de propagación. Propagación en rayo directo. Fenómenos físicos y ópticos. Concepto de refracción normal de la atmosfera. Influencia en la cobertura y la resolución radar. Fenómenos particulares de propagación. Subrefracción y súper refracción. Ductos en propagación. Tipos de ductos. Cálculo de la refractividad y refractividad modificada. Efectos meteorológicos que condicionan la propagación. Emagramas. Modelos de compensación de los efectos de la propagación. Radio equivalente de la tierra (K_e). Compensación. Horizonte óptico y radioeléctrico. Zonas de silencio.

Unidad Temática N°7. RADAR SECUNDARIO (SSR):



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata*

Concepto de radar secundario. Estructura de comunicación. Estación de tierra. Estructura de interrogación. Transpondedor. Modos estándar de un radar SSR. Modo 1,2 y 3. Modo A, B y C. trama de la respuesta. Codificación y decodificación. Problemáticas asociadas a la interrogación. Garbling. FRUIT (False Replies Unsynchronised InTime). Propagación multitrayecto. Interrogación por lóbulos laterales. Introducción a radar secundario modo S. Tipos de mensajes. Codificación modo S.

Unidad Temática N°8. TRANSFERENCIA DE DATOS RADAR.

Protocolo ASTERIX (All STructured Eurocontrol suRveillance Information eXchange). Definición. Distintas categorías. Campos de un mensaje ASTERIX categoría 48. Otras categorías. Decodificación. Ejemplo para transferencia de datos de radar primario. Ejemplo para transferencia de datos de radar secundario. Decodificación aplicando programa Wireshark.

Unidad Temática N°9. OTRAS APLICACIONES DE SENSORES RADAR:

Concepto de modos de operación radar. Introducción a radar de onda continua. Aplicaciones de radar Doppler. Uso en la detección de la velocidad del blanco. Radar meteorológico. Características importantes. Introducción al procesamiento de señales de radar meteorológico. Introducción al radar de apertura sintética (SAR). Introducción a imágenes de radar tipo SAR.

Bibliografía:

Título	Autores	Editorial	Edición año
Computer Simulation of Aerial Target Radar Scattering, Recognition, Detection, and Tracking	Yakov D. Shirman	Artech House Boston · London www.artechhouse.com	2002
Coherent Radar Performance Estimation	Jame A. Scheer and James L. Kurtz	Artech House Boston · London 621.3848	1993
Fourier Transforms in Radar and Signal Processing	David Brandwood	Artech House Boston · London	2003
Introduction to Airborne Radar Second edition	George W. Stimson	Scitech Publishing, Inc. Mendham, New Jersey	1998



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata*

Matlab Simulations for Radar Systems Design	Bassem R. Mahafza, Ph.D. Decibel Research, Inc. Huntsville, Alabama	CHAPMAN & HALL/CRC A CRC Press Company Boca Raton London New York Washington, D.C.	2003
Radar System Performance Modeling Second Edition	G. Richard Curry	Artech House Boston · London	2005
Radar handbook second edition	Merrill Skolnik	Mac. Graw Hill	1990
Radar Technology Encyclopedia (Electronic Edition)	David K. Barton Sergey A. Leonov	Artech House Boston · London	1998
Simulation of Aerial Target Radar Scattering Recognition, Detection and Tracking	Yacov G. Shirman	Artech House Boston · London	2002
Radar Design Principles Signal Processing and the Environment	Fred E. Nathanson J. Patrick Reilly Marvin N. Cohen	Scitech Publishing, Inc. Mendham, New Jersey	1999

Metodología de la enseñanza

- Dictado de clases teóricas y virtuales.
- Presentación de ejemplos.
- Resolución de trabajos prácticos de aula



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata

Modalidad de enseñanza y carga horaria.

		% Carga horaria total curricular	Lugar de desarrollo
Teórica		70	VIRTUAL
Formación experimental	Laboratorio	5(3 horas Reloj)	LABORATORIO
	Trabajo de campo	10	INSTALACIONES RADAR
Resolución de problemas: abiertos de ingeniería		15	VIRTUAL
Sumatoria:		100	

Se realizará la exposición del temario con ayuda de simuladores por PC a través de software específico, el Labvolt y también del tipo Matlab. Antes de la segunda clase a través del sistema de e-mail de la guía de clase de la materia.

Estas guías de clase figuran publicadas en el Campus Virtual de la Facultad como Cátedra Virtual a través del sistema Teams, a fin de permitir a los estudiantes leer el tema de clase en forma previa y así seguirla más fácilmente, ayudando a la comprensión más rápida y evacuación de dudas respecto de los mismos.

Propuesta pedagógica: Cronograma de actividades

Semana de Clase	Temas y/o Prácticos a desarrollar	Responsables
SEMANA 1	Detalle del Compromiso Académico, explicación de la Planificación	Profesor
SEMANA 2 y 3	UNIDAD TEMÁTICA I: INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE RADAR. Conceptos básicos de un sistema de radar. Línea histórica. Radares en el mundo y en la Argentina. Espectro electromagnético asociado a radar. Clasificación de radares UNIDAD TEMÁTICA II: Cinemática del radar pulsado. Cobertura en distancia. Parámetros fundamentales PRT (periodo de repetición de pulsos) Resolución en distancia. Kilometro radar y milla radar. Distancia ciega. Ambigüedad en distancia. Concepto de acimut. Técnicas de exploración acimutal. Antenamientos típicos. Medición de la altura. Cobertura 3D. Modelos de cálculo de altura	Profesor



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata

SEMANA 4	UNIDAD TEMÁTICA III: SECCIÓN EQUIVALENTE RADAR. Concepto de <i>Radar cross section</i> . Concepto de sección equivalente radar. Factores que determinan el RCS. Sección geométrica de los blancos, reflectividad y directividad. Sección equivalente radar de formas simples, esfera, cilindro, elipsoides, diedros, triedros, superficies cuadradas, circulares, triangulares, etc. Diagramas polares. Dependencia de la frecuencia. Concepto de blancos de tipo stealth. Introducción a las técnicas de blancos de baja visibilidad. Modelos de Swerling. Aplicaciones	Profesor
SEMANA 5	UNIDAD TEMÁTICA IV: DETECCIÓN RADAR EN RUIDO TÉRMICO. Diagrama en bloque de un radar moderno. Ecuación radar. Parámetros característicos y vinculación con los elementos constructivos de un radar. Concepto de ruido térmico en radar. Modelización del ruido. Vinculación con la detección. Definición de probabilidad de detección y de falsa alarma. Efectos de la raíz cuarta. Relación señal a ruido aplicado a radar. Curvas de North.	Profesor / estudiantes
SEMANA 6 y 7	UNIDAD TEMÁTICA V: PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL RADAR Concepto de clutter e interferencia (Jamming). Clutter volumétrico y orográfico. Nociones de guerra electrónica. Medidas y contramedidas electrónicas. Detección de señal radar en clutter. Detección de señal radar en interferencia. Técnica y filtrado MTI (móvil target indicator). Ambigüedad en velocidad. Factor de mejoramiento (IF). Técnica CFAR, (régimen constante de falsa alarma). Limitaciones de la técnica CFAR. Técnica STC (control de sensibilidad en el tiempo). Concepto de rango dinámico. Figura de ruido en sistemas de radar. Integración de pulsos radar. Aplicaciones. Compresión de pulsos radar. Aplicaciones. Procesamiento MTD.	Profesor
SEMANA 8	UNIDAD TEMÁTICA VI: PROPAGACIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN RADAR. Tipos de propagación. Propagación en rayo directo. Fenómenos físicos y ópticos. Concepto de refracción normal de la atmosfera. Influencia en la cobertura y la resolución radar. Fenómenos particulares de propagación. Subrefracción y súper refracción. Ductos en propagación. Tipos de ductos. Cálculo de la refractividad y refractividad modificada. Efectos meteorológicos que condicionan la propagación. Emagramas. Modelos de compensación de los efectos de la propagación. Radio equivalente de la tierra (K_e).	Profesor / estudiantes



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Haedo

	Compensación. Horizonte óptico y radioeléctrico. Zonas de silencio.	
SEMANA 9 Y 10	UNIDAD TEMÁTICA VII: RADAR SECUNDARIO. Concepto de radar secundario. Estructura de comunicación. Estación de tierra. Estructura de interrogación. Transpondedor. Modos estándar de un radar SSR. Modo 1,2 y 3. Modo A, B y C. trama de la respuesta. Codificación y decodificación. Problemáticas asociadas a la interrogación. Garbling. FRUIT (False Replies Unsynchronised In Time). Propagación multitrayecto. Interrogación por lóbulos laterales. Introducción a radar secundario modo S. Tipos de mensajes. Codificación modo S.	Profesor
SEMANA 11	UNIDAD TEMÁTICA VIII: TRANSFERENCIA DE DATOS RADAR. Protocolo ASTERIX (All Structured Eurocontrol surveillance Information eXchange). Definición. Distintas categorías. Campos de un mensaje ASTERIX categoría 48. Ejemplo para transferencia de datos de radar secundario. Decodificación aplicando programa Wireshark.	Profesor / estudiantes
SEMANA 12	UNIDAD TEMÁTICA IX: OTRAS APLICACIONES DE SENSORES RADAR. Concepto de modos de operación radar. Introducción a radar de onda continua. Aplicaciones de radar Doppler. Uso en la detección de la velocidad del blanco. Radar meteorológico. Características importantes. Introducción al procesamiento de señales de radar meteorológico. Introducción al radar de apertura sintética (SAR). Introducción a imágenes de radar tipo SAR.	Profesor
SEMANA 13	EXAMEN INTEGRADOR	Profesor / estudiantes
SEMANA 14	DEFENSA DE TRABAJOS PRÁCTICOS Y MONOGRAFIAS	Profesor
SEMANA 15	VISITA A INSTALACIONES DE UN RADAR DE ÚLTIMA GENERACIÓN	Profesor / estudiantes