



EXP-UNC: 48084/2009 de

Córdoba

República Argentina

**VISTO** las presentes actuaciones, relacionadas con la Ordenanza nro. 7/09 del H. Consejo Directivo de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física; atento lo informado por la Subcomisión del Consejo Asesor de Posgrado a fs. 223, por la Subsecretaría de Posgrado de la Secretaría de Asuntos Académicos a fs. 224 y lo aconsejado por las Comisiones de Vigilancia y Reglamento y de Enseñanza,

**EL H. CONSEJO SUPERIOR DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

**RESUELVE**

**ARTÍCULO 1.-** Aprobar la Ordenanza nro. 7/09 del H. Consejo Directivo de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física, que se anexa a la presente - Carrera de posgrado Maestría en "Sistemas de Radar e Instrumentación" y sus Anexos I y II Reglamento y Plan de Estudios -, obrantes a fs. 14/20 y de fs. 21/68 respectivamente, que en fotocopia forman parte integrante de la presente resolución, y que se realizará en el ámbito de la citada Facultad en forma conjunta con el Instituto Universitario Aeronáutico.

**ARTÍCULO 2.-** Comuníquese y pase para su conocimiento y efectos a la Facultad de origen.

**DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL H. CONSEJO SUPERIOR A  
LOS SEIS DÍAS DEL MES DE ABRIL DE DOS MIL DIEZ.**  
sl

  
**Mter. JHON BORETTO**  
SECRETARIO GENERAL  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

  
**Dra. SILVIA CAROLINA SCOTTO**  
RECTORA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

**RESOLUCIÓN NRO: 221**



Universidad Nacional de Córdoba  
FACULTAD DE MATEMÁTICA ASTRONOMÍA Y FÍSICA

CUDAP: EXP-UNC: 0048084./2009.-

ORDENANZA HCD N° 07/09

VISTO

La propuesta de creación de la carrera de posgrado Maestría en “Sistemas de Radar e Instrumentación”, presentada por el Dr. Giorgio M. Caranti de esta Facultad en conjunto con la Facultad de Ingeniería del Instituto Universitario Aeronáutico; y

CONSIDERANDO

Que existe interés estratégico y económico en el conocimiento de la tecnología de Radar en el país;

Que a nivel nacional la formación de recursos humanos especializados en tecnología de Radar constituye un área de vacancia;

Que la Maestría se realizará en forma conjunta con la Facultad de Ingeniería del Instituto Universitario Aeronáutico ;

Que las dependencias universitarias involucradas se encuentran en una posición favorable para llevar adelante la Maestría propuesta en virtud de sus respectivas trayectorias y saberes específicos;

Que el proyecto se encuadra dentro del convenio marco existente entre la Universidad Nacional de Córdoba y el Instituto Universitario Aeronáutico;

Que la empresa tecnológica INVAP ha manifestado su interés en el proyecto;

Que el Consejo del Departamento de Posgrado de la Facultad ha dado su acuerdo al presente proyecto;

EL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DE LA  
FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA  
O R D E N A:

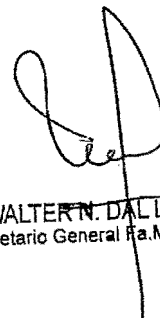
ARTICULO 1°: Crear la carrera de posgrado Maestría en “Sistemas de Radar e Instrumentación” en el ámbito de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba, cuyo reglamento y plan de estudios forman parte de la presente como Anexos I y II respectivamente. Esta Carrera se realizará en forma conjunta con el Instituto Universitario Aeronáutico.

ARTICULO 2° : Comuníquese al Instituto Universitario Aeronáutico para su conocimiento.

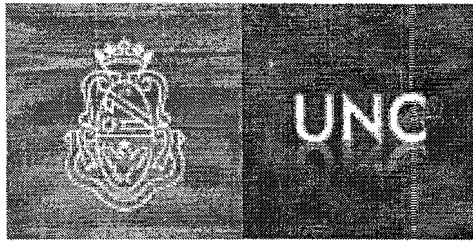
ARTICULO 3°: Elévese al Honorable Consejo Superior para su aprobación. Comuníquese y archívese.

DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA A CATORCE DÍAS DEL MES DE DICIEMBRE DE DOS MIL NUEVE.

ms.

  
Dr. WALTER N. DALLAGO  
Secretario General Fa.M.A.F.

  
Dra. ESTHER GALINA  
VICE DECANA  
Fa.M.A.F.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA  
E  
INSTITUTO UNIVERSITARIO AERONÁUTICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE MAESTRÍA EN  
SISTEMAS DE RADAR E INSTRUMENTACIÓN**

**REGLAMENTO**



MAESTRIA EN SISTEMAS DE RADAR E INSTRUMENTACIÓN

REGLAMENTO DE LA CARRERA

**CAPÍTULO I – DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN SISTEMAS DE RADAR E INSTRUMENTACIÓN**

**ARTÍCULO 1:** La Carrera será acreditada en ambas universidades. El título a otorgar es el de Magíster en Sistemas de Radar e Instrumentación. Cumplidas todas las obligaciones académicas establecidas en el Plan de Estudio, el título podrá ser otorgado por la Universidad Nacional de Córdoba o por el Instituto Universitario Aeronáutico.

Las actividades académicas requeridas para la obtención del título de Magíster en Sistemas de Radar e Instrumentación son:

- 1) Cumplir con las condiciones de cursado establecidas en el plan de estudio de la carrera.
- 2) Aprobar todos los cursos de asistencia obligatoria con una carga horaria de seiscientas horas (600 horas).
- 3) Aprobar un Seminario de Integración de sesenta (80) horas durante el primer año de la carrera.
- 4) Realizar tutorías y tareas de investigación con una duración mínima de ciento sesenta (160) horas, sin incluir el tiempo destinado a la Tesis.
- 5) Realizar y aprobar una Tesis de Maestría de carácter individual que deberá significar un avance en el conocimiento o un aporte en la solución de algún problema específico o la realización de un desarrollo en el área de Sistemas de Radar e Instrumentación.

Tal como establece la normativa vigente de ambas Instituciones, el título tendrá carácter exclusivamente académico y respecto de los alumnos extranjeros se aclarará en el frente del diploma, que la obtención del título de **Magíster en Sistemas de Radar e Instrumentación** no implica reválida del título de grado ni habilitación profesional.

**CAPÍTULO II – DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CARRERA**

**ARTÍCULO 2:** La implementación de la Carrera de Maestría en Sistemas de Radar e Instrumentación, en adelante "la Maestría", estará a cargo de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba, en adelante FaMAF y, de la Facultad de Ingeniería del Instituto Universitario Aeronáutico, en adelante el FI-IUA.

Los legajos de los alumnos y el registro de la totalidad de la actividad académica de los mismos se llevarán en ambas unidades académicas. A los fines de informes, preinscripciones, inscripciones, pagos de cuotas y matrículas o cobros de becas (según corresponda) y todo trámite a realizar por los alumnos hasta completar las exigencias de la Carrera, la sede administrativa será la FaMAF.

**CAPÍTULO III – DE LOS ÓRGANOS DE GOBIERNO DE LA CARRERA**

**ARTÍCULO 3:** El gobierno de la Maestría será ejercido por el Director de la carrera y el Comité Académico de Carrera (CAC), el cual estará integrado por un número par de miembros no inferior a cuatro (4) en partes iguales para cada una de las Instituciones participantes. Uno de los miembros será el Director de la carrera y otro el Co-Director.



## MAESTRIA EN SISTEMAS DE RADAR E INSTRUMENTACIÓN

miembros no inferior a cuatro (4) en partes iguales para cada una de las Instituciones participantes. Uno de los miembros será el Director de la carrera y otro el Co-Director.

**ARTÍCULO 4:** Podrán ser miembros del Comité Académico de Carrera (CAC) aquellos profesionales que reúnan las siguientes condiciones:

- 1) Poseer título de Doctor o Magister otorgado por las universidades participantes u otra universidad argentina o extranjera reconocida por ambas instituciones.
- 2) Ser docente de la carrera.

En casos excepcionales, la ausencia de título de posgrado podrá reemplazarse con una formación equivalente demostrada por su trayectoria profesional, docente o de investigación, destacándose por su producción científica y/o desarrollos tecnológicos.

**ARTÍCULO 5:** El Director de la Maestría será inicialmente propuesto por el Señor Decano de la FaMAF y designado por su Consejo Directivo.

El Co-director será inicialmente propuesto por el Señor Decano de la FI-IUA y designado por el Rector del Instituto Universitario Aeronáutico.

Director y Co-Director ejercerán sus funciones por un período de dos años al cabo de los cuales las Instituciones se alternarán la Dirección y la Codirección por idénticos períodos.

En caso de ausencia o impedimento temporal del Director, el Co-director asumirá las funciones del Director hasta que éste reasuma el cargo. En caso de ausencia o impedimento permanente del Director, el Co-Director asumirá las funciones del mismo hasta la finalización de su mandato. En tal caso se designará un nuevo Co-Director.

Los miembros restantes del Comité Académico de Carrera (CAC) serán propuestos por los Decanos de las Facultades participantes y designados por el Consejo Directivo de FaMAF y el Rector del IUA respectivamente. Los miembros así designados ejercerán su función por dos años y podrán ser reelegidos.

**ARTÍCULO 6:** Director y Codirector implementarán las vías de acción que ayuden al financiamiento de la carrera, a través de convenios con instituciones nacionales o internacionales, estatales o privadas.

El Director representará a la carrera en los distintos ámbitos y llevará adelante la gestión de los temas aprobados en las reuniones del CAC.

El Director canalizará inquietudes de alumnos y profesores y establecerá la vinculación con el medio, sin desmedro de las decisiones y acciones de las autoridades de las respectivas Instituciones participantes.

El Director de la carrera deberá presentar al Área de Posgrado del IUA y al Consejo de Posgrado de FaMAF, antes del 31 de marzo de cada año, un Informe Anual correspondiente al año anterior que deberá incluir:

- Desempeño del cuerpo docente de la carrera.
- Evolución de la matrícula: total de alumnos en cada cohorte a la fecha del informe, cantidad de alumnos por cohorte, perfil de los alumnos, alumnos egresados por cohorte, seguimiento de los egresados, análisis comparativo de los plazos de duración de la carrera planificados y los efectivamente cumplidos por el alumno.



17

**MAESTRIA EN SISTEMAS DE RADAR E INSTRUMENTACIÓN**

- Análisis de causas de deserción.
- Autoevaluación de la Carrera a partir de las encuestas realizadas según se especifica en el artículo 22.

**ARTICULO 7:** El Director presidirá las reuniones del CAC con capacidad de voto. La frecuencia y lugar de reunión del CAC serán establecidos de común acuerdo entre sus miembros en la primera reunión de cada año. En caso de no lograrse un dictamen por mayoría, el Director podrá ejercer el derecho a doble voto.

**ARTÍCULO 8:** El Comité Académico de Carrera (CAC) tendrá a su cargo las siguientes funciones:

- 1) Planificar, organizar, coordinar y controlar las actividades académicas y científicas que la carrera demande.
- 2) Asesorar en todas las cuestiones que, relacionadas con la carrera, le sean requeridas por los respectivos Consejos, Académico FI-IUA y Directivo FaMAF, los Decanos y/o los responsables de Posgrado de las instituciones participantes.
- 3) Determinar el número máximo y el mínimo de alumnos a inscribirse en cada período.
- 4) Evaluar los antecedentes de los postulantes para considerar su admisión.
- 5) Proponer al Consejo Directivo de la FaMAF y al Consejo Académico de la Facultad de Ingeniería del IUA, por intermedio de la Dirección de la carrera:
  - a) La aceptación o rechazo, con dictamen fundado, de los postulantes para la carrera.
  - b) La convalidación o no, con dictamen fundado de los programas y la aprobación por equivalencia de materias de posgrado que los estudiantes hayan aprobado fuera del ámbito de la Maestría, los cuales no podrán superar el cincuenta por ciento del total de la currícula.
  - c) Modificaciones en el plan de estudio de la carrera.
  - d) La designación de los docentes de la Maestría a las autoridades de ambas instituciones participantes.
  - e) La designación de los integrantes de las mesas examinadoras.
- 6) Determinar los cursos previos de nivelación que deberán cursar y aprobar los aspirantes de la Maestría.
- 7) Proponer a los Decanos de ambas Facultades, en caso de corresponder:
  - a) Los aranceles de la carrera.
  - b) Los aranceles de cada materia o seminario que se realice en el marco de la Maestría, cuando sean cursadas por graduados no matriculados en la carrera.
  - c) La exención de aranceles para aquellos alumnos que así lo soliciten y cuyos antecedentes así lo justifiquen.
  - d) La lista de alumnos seleccionados a los que se les otorgará becas para realizar la carrera.



## MAESTRIA EN SISTEMAS DE RADAR E INSTRUMENTACIÓN

### CAPÍTULO IV – DEL INGRESO A LA CARRERA

**ARTÍCULO 9:** El postulante deberá poseer título de grado correspondiente a una carrera de cuatro (4) años como mínimo, expedido por cualquiera de las universidades participantes u otras universidades argentinas o extranjeras, con títulos equivalentes.

El postulante deberá acreditar la aprobación de cursos de Matemática Avanzada, Probabilidad y Estadística, Electromagnetismo y Termodinámica, cualquiera sea el título de grado que posea.

También deberá acreditar suficiencia en su capacidad de comprensión lectora en lengua inglesa.

El postulante deberá solicitar la admisión a la carrera y presentar para ello su Currículum Vitae y toda la documentación que acredite sus antecedentes debidamente autenticados y/o legalizados según corresponda.

**ARTÍCULO 10:** El Comité Académico de Carrera (CAC) será el encargado de evaluar todos los antecedentes y calificación de los postulantes. Si lo considera necesario, podrá requerir el plan de estudios o los programas analíticos de las materias sobre cuya base fue otorgado el título al postulante.

Para considerar posible la admisión del postulante, el CAC también podrá exigirle, cualquiera sea el título de grado que éste posea, un examen de calificación.

Evaluados los antecedentes, el CAC deberá expedirse sobre la aceptación o no del postulante, con dictamen debidamente fundado en cada caso. El dictamen será elevado a consideración del Consejo Directivo de la FaMAF y al Consejo Académico de la Facultad de Ingeniería del IUA, por intermedio de la Dirección de la carrera.

**ARTÍCULO 11:** Los postulantes a la Maestría deberán inscribirse en la Sede Administrativa, de conformidad a la normativa vigente y completando:

- Formularios de matriculación de la FaMAF y del IUA.
- Dos fotografías para el legajo personal.
- Dos fotocopias de las dos primeras páginas del DNI y de la página que registre el domicilio legal del postulante.
- Dos fotocopias autenticadas tanto del título de grado legalizado y como del certificado analítico correspondiente.

Los postulantes extranjeros deberán presentar la documentación en las condiciones que establezca la normativa nacional vigente.

De igual modo, los postulantes argentinos graduados en el exterior deberán completar los requisitos que la normativa nacional exige para los títulos emitidos en otros países.

### CAPÍTULO V – DE LOS PROFESORES Y DE LA EVALUACIÓN

**ARTÍCULO 12:** Podrán ser profesores de la carrera:

- a – Docentes universitarios con título de posgrado de Magíster o superior.
- b – Investigadores o profesionales de reconocido prestigio cuyos antecedentes académicos sean equivalentes a lo requerido en el inciso anterior.



## MAESTRIA EN SISTEMAS DE RADAR E INSTRUMENTACIÓN

**ARTÍCULO 13:** Los profesores de las asignaturas serán designados a propuesta del CAC, según la normativa de cada una de las Instituciones participantes.

**ARTÍCULO 14:** La evaluación de los alumnos se hará en forma sistemática, gradual y continua de forma que transmita información adecuada sobre el proceso de aprendizaje y logro de competencias por parte de los cursantes.

**ARTÍCULO 15:** Las evaluaciones finales de todas las asignaturas deberán ser individuales y contemplar aspectos teóricos, prácticos y metodológicos.

Será condición para la defensa de la Tesis de Maestría, que el alumno tenga aprobadas todas las restantes exigencias académicas del Plan de Estudio.

### CAPITULO VI – DE LA TESIS DE MAESTRÍA

**ARTÍCULO 16:** El alumno podrá proponer un Director y tema para su Tesis de Maestría. En todos los casos el CAC deberá expedirse acerca de la aceptación del Director de Tesis y sobre el tema elegido.

**ARTÍCULO 17:** El Director de Tesis deberá cumplir con los siguientes requisitos:

a - Acreditar formación académica de posgrado equivalente o superior al título de Magíster.

b - Contar con experiencia en el área de la carrera.

**ARTÍCULO 18:** Para ser Director de Tesis, además de cumplir con lo estipulado en el artículo anterior, deberá:

a - Manifestar por escrito su aceptación para dirigir al alumno.

b - En caso de no pertenecer al cuerpo docente del IUA o de FaMAF, firmar un compromiso con la Dirección de la Carrera donde consten los respectivos derechos y obligaciones.

**ARTÍCULO 19:** Serán funciones del Director de Tesis

- Guiar, aconsejar y apoyar al alumno durante toda la elaboración de la Tesis.

- Evaluar el desempeño del alumno en su proceso de elaboración de la Tesis.

- Recomendar la aceptabilidad de la Tesis realizada por el alumno, a los efectos de su evaluación y posterior defensa oral.

En caso de discrepancias entre el alumno y el Director de Tesis intervendrá el Director de Carrera en primera instancia, pudiéndose solicitar la intervención del CAC.

**ARTÍCULO 20:** La Tesis, con el acuerdo escrito del Director de Tesis, deberá presentarse al Director de Carrera para ser defendido por un Tribunal examinador de Tesis, en tres (3) ejemplares del mismo tenor.

**ARTÍCULO 21:** La Tesis de Maestría será evaluada por un Tribunal de evaluación integrado por tres miembros titulares y uno suplente, los cuales deberán satisfacer los siguientes requisitos:

a - Acreditar formación académica de posgrado equivalente o superior al título de Magíster.

b - Contar con experiencia en el área de la Maestría.





Universidad  
Nacional de  
Córdoba

FACULTAD DE MATEMÁTICA,  
ASTRONOMIA Y FÍSICA



INSTITUTO  
UNIVERSITARIO  
AERONÁUTICO  
FACULTAD INGENIERÍA



## MAESTRIA EN SISTEMAS DE RADAR E INSTRUMENTACIÓN

c - Al menos uno de los miembros actuantes deberá ser externo al FaMAF y a la FI-IUA.

### CAPITULO VII: DE LA AUTOEVALUACIÓN EN LA CARRERA

**ARTÍCULO 22:** Se prevé llevar adelante un proceso de autoevaluación para favorecer un desarrollo curricular adaptativo que mantenga una oferta educativa actualizada. Así mismo, para el mejoramiento de deficiencias que pudieran observarse en la implementación del plan.

Con la coordinación del Director de la carrera, se realizarán encuestas a alumnos cursantes, egresados y docentes sobre los diferentes aspectos que atañen al desarrollo de la carrera, como nivel conceptual, transferencia y aplicaciones, desempeño de los docentes, distribución del tiempo, metodología para procesos de enseñanza y aprendizaje, material didáctico, evaluaciones, contenidos y satisfacción de expectativas previas.

El análisis de la autoevaluación será incluida en el informe anual que el Director de Carrera deberá elevar a ambas instituciones según se especifica en el artículo 6.

### CAPITULO VIII: DEL PROCESO DE ASIGNACION DE BECAS

**ARTÍCULO 23:** en virtud de la posibilidad de otorgar becas, la selección de los aspirantes se realizará a través de la evaluación de los antecedentes requeridos y de una entrevista personal con el Director de la Carrera, quién dará intervención al Comité Académico de Carrera como órgano consultivo, antes de expedirse y presentar un orden de mérito a los Decanos de FaMAF y FI-IUA.

### CAPÍTULO IX – DE LA PERMANENCIA

**ARTÍCULO 24:** La totalidad de las exigencias académicas de la carrera deberá cumplirse en no más de cuatro años a partir de la fecha de admisión.

El CAC podrá, en casos debidamente justificados, prorrogar este plazo por un período no mayor a un año.

### CAPÍTULO X – DE LAS EXCEPCIONES

**ARTICULO 25:** Las excepciones a este Reglamento deberán ser resueltas por los Consejos Directivo y Académico de la FaMAF y del FI-IUA respectivamente, a propuesta del Comité Académico de Carrera.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA  
E  
INSTITUTO UNIVERSITARIO AERONÁUTICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE MAESTRÍA EN  
SISTEMAS DE RADAR E INSTRUMENTACIÓN

Descripción del Plan de Estudios

## Fundamentación

Cada vez más se utilizan medios de detección remota para estudiar los recursos naturales así como la prevención de desastres. Entre estos sistemas de obtención de información a gran distancia se cuentan los radares. Estos sistemas se han ido especializando al extremo que casi hay un diseño para cada aplicación. El radar de control aéreo primario y secundario, el radar de seguimiento y control de tiro, el radar meteorológico, el radar satelital de apertura sintética son algunos ejemplos de las diversas aplicaciones especiales que se pueden encontrar, sin contar con una gran variedad de aplicaciones de estas técnicas para sistemas de menor potencia (desde radar de relevamiento de capas del suelo, estudio de glaciares por medio de micro-ondas hasta usos automovilísticos del radar, radio-altímetros, perfiladores de viento y muchos otros ejemplos más).

En la Argentina existen planes de instalar radares tanto para el control del tráfico aéreo como para la detección de fenómenos meteorológicos. Estos radares complementarán otros existentes, que ya se encuentran en funcionamiento. Además se está construyendo en el país un radar satelital para entrar en órbita en el corto plazo.

Por todo lo anterior es indispensable actualmente plantear la formación de recursos humanos en esta área tanto para la operación y mantenimiento de estos complejos sistemas como para el aprovechamiento de la información que proporcionan. Esta capacitación deberá servir también para generar nuevos desarrollos como por ejemplo radares multifunción que aprovechen una instalación para obtener diversas clases de informaciones.

## Estructura del plan

La carrera contempla dos años en el que se completan los requisitos para acceder al título de Magister en Sistemas de Radar e Instrumentación. La carga horaria para el primer año es de 380 horas distribuidas en 5 materias de 60 horas cada una y 80 horas correspondientes a un Seminario de Integración y Aplicación. La carga horaria para el segundo año será de 300 horas en 5 materias de 60 horas cada una más 160 horas de tutorías complementarias a la Tesis de Maestría. Todas estas horas son presenciales obligatorias, organizadas de acuerdo a la estructura que se detalla a continuación:

1.- Cinco (5) materias de 60 horas de clases teórico-prácticas cada una, con evaluación parcial y final, resultando un total de trescientas horas (300 hs.)

2.- Seminario de Integración y Aplicación

Síntesis integradora teórico-práctica del primer ciclo de la carrera y revisión metodológica con un entrenamiento intensivo orientado a la aplicación.

Conducirá a una profundización sobre un tema y la resolución de problemas de aplicación o mantenimiento de radares con un total de 80 horas de entrenamiento intensivo.

3.- Para el segundo año cinco (5) materias de 60 horas cada una de clases teórico-prácticas, con evaluación parcial y final, totalizando trescientas horas (300).

4.- Trabajo de Tesis de maestría para el cual se prevé ciento sesenta (160) horas de tutorías. Este trabajo permitirá al maestrando demostrar capacidad en el área de investigación y desarrollo con manejo conceptual y metodológico de la disciplina de sistemas de radar e instrumentación.

## **Materias**

Los módulos temáticos de la carrera son los siguientes:

- Introducción a la tecnología de radar y detección remota.
- Antenas, sistemas de alimentación y propagación
- Ingeniería de RF y Microondas I
- Radar en control aéreo
- Procesamiento de señales de Radar
- Seminario de Integración y Aplicación
  
- Ingeniería de RF y Microondas II
- Sistemas digitales de Radar
- Radar y aviónica
- Radar Meteorológico
- Evaluación y Gestión de Proyectos
- Tesis

## **Prácticas**

Cada programa detallado de las materias explica las prácticas de laboratorio y de solución de problemas. Conviene aquí resaltar que se dispone de infraestructura tanto en FaMAF como en el IUA como para realizarlas con éxito:

Para las materias relacionadas directamente con dispositivos de microondas se cuenta con laboratorios que permiten las prácticas.

Para las materias teóricas se harán prácticas utilizando paquetes de software y los alumnos escribirán programas a tal fin.

La materia de aviónica tendrá sus prácticas sobre aviones y sobre equipos disponibles a tal fin.

La materia de control aéreo tendrá prácticas en los radares de aeropuerto.

Para la materia sobre radar meteorológico las prácticas se harán tanto teóricas como visitas a los radares meteorológicos actualmente en funcionamiento (Pergamino, Paraná, Ezeiza o Anguil)

Para ello se están gestionando los Convenios con las distintas Instituciones.

## Objetivo general

Reconocer que la tecnología del radar se puede encuadrar en una definición más general: la de detección remota. De manera que sea natural la interacción de más de un dispositivo en un sistema mayor destinado a resolver un problema particular.

## Objetivos Específicos

Al finalizar esta asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Reconocer las técnicas para la mayor parte de los sistemas de detección remota.
- Identificar las características comunes y diferencias en los fundamentos físicos de los sistemas de detección remota.
- Adquirir manejo básico de los programas de manipulación de datos e imágenes. Construir y procesar imágenes que enfatizan aspectos de interés.
- Reconocer diversos tipos de radar, su funcionamiento básico y sus aplicaciones prácticas.

## Lineamientos generales

El propósito de la materia es el de familiarizar al alumno con las técnicas de la detección remota de las cuales el radar es una más. Estos dispositivos en su gran mayoría se basan en la interacción de la radiación electromagnética con la materia. Sin embargo muchas de las técnicas se generalizan a sistemas usando ondas elásticas u ondas de sonido. La emisión térmica de radiación también se usa para determinar propiedades de los objetos sensados. Los alumnos comprenderán cómo sistemas aparentemente diferentes como el Lidar utilizando luz o el radar comparten técnicas de muestreo, y de procesamiento para obtener los datos útiles.

Los viejos sistemas fotográficos siguen siendo útiles y la llegada de las cámaras digitales permiten una directa conversión a digital de las imágenes. Los alumnos practicarán con manipulación de imágenes ópticas y las obtenidas por otros medios de manera de establecer un cuerpo de conocimiento común.

En este curso se hará una descripción de los múltiples tipos de radar para que el alumno reconozca la importancia de este tema y que perciba la multiplicidad de aplicaciones que se podrían llevar a cabo.

## Metodología

La metodología de trabajo se puede resumir en:

- Presentación audiovisual de los temas identificando los conceptos fundamentales. Pequeño repaso y cuadro de situación al comienzo. Pequeño resumen al finalizar.
- Formulación de preguntas orientadoras para mantener el nivel de comprensión y seguimiento.
- Realización de Trabajos Prácticos. Estos son individuales en lo que respecta a la resolución de problemas. Trabajos de cómputo se harán en pares de estudiantes para estimular la discusión.
- Las prácticas, que serán corregidas, deberán ser entregadas en los plazos convenidos y se realimentará al estudiante con los resultados de estas evaluaciones.
- Ante situaciones de dificultad con determinados problemas se organizarán sesiones plenarias para discutir las soluciones.

De esta manera se logrará que el estudiante mantenga una visión integral con los conocimientos adquiridos.

## Contenidos

### Unidad I – Ondas y su interacción con la materia

Ondas electromagnéticas: propiedades, polarización, efecto Doppler. Distribución angular. Radiación térmica. Radiación solar, espectro. Difracción. Propagación en materiales: constante dieléctrica compleja. Gases, sólidos y líquidos. Dispersión. Interfases planas. Dispersión en superficies rugosas, criterio de Rayleigh. Modelos: modelo de perturbación, modelo de Kirchoff. Transferencia radiativa, absorción por partículas. Emisividades en la región infrarroja y en microondas.

Interacción con la atmósfera. Composición y estructura de la atmósfera. Absorción molecular y dispersión. Partículas microscópicas: aerosoles. Partículas grandes: niebla, nubes, lluvia, nieve. La ionósfera. Turbulencia atmosférica.

### Unidad II - Sistemas electro-ópticos

Antiguos sistemas fotograficos: visibles, infrarrojo. Color. Sistemas electroopticos visible infrarrojo: detectores, imágenes. Resoluciones espaciales y espectrales. Corrección atmosférica. Imágenes térmicas, detectores, aplicaciones: detección de nubes, temperatura del oceano.

### Unidad III – Sistemas pasivos (radiómetros)

Antenas para sensores pasivos respuesta angular y resolución espacial. Radiómetros de barrido. Aplicaciones oceanograficas y terrestres. Corrección atmosférica. Sondeo atmosférico usando observaciones pasivas de microondas.

### Unidad IV – Sistemas de rango, el radar

Perfiladores laser. Corrección atmosférica. Altimetría de radar: efecto de curvatura terrestre. Altimetría: corrección ionosférica. Aplicaciones

## Unidad V – Sistemas dispersivos



Radar. Historia del radar. Diagrama en bloque y forma simple de la ecuación del radar. Frecuencias en uso y aplicaciones.

Predicción del rango. Señal mínima detectable: ruido, densidad de probabilidad. Sección eficaz de los blancos y sus fluctuaciones. Potencia necesaria. Ambigüedades. Efectos de propagación.

Radar de onda continua; Modulación de frecuencia. Efecto Doppler. Radar pulsado Doppler. Indicador de movimiento de blanco desde plataforma fija y en movimiento. Radar de seguimiento. Radar monopulso.

Breve descripción de los elementos de un transmisor: Magnetron, Klystron, TWT, Haz lineal híbrido, Amplificadores de campo cruzado. Moduladores y moduladores de estado sólido.

Tipos de antenas y alimentadores usados en radar: Parabólicas, alimentadores de barrido, lentes. Diagrama cosecante al cuadrado. Mecánica asociada. Antenas con diagramas movidos electrónicamente. Arreglos de fase

Receptores, duplexores. Ruido. Filtros apareados. Tipos de display. Detección automática. Compresión de pulsos. Clasificación de blancos. El problema del clutter. Efectos meteorológicos. Apertura sintética. Radar biestático.

### LISTADO DE ACTIVIDADES PRACTICAS

#### Ondas y su interacción con la materia

Problemas de ejercitación y problemas de simulación. Laboratorio: dispersión de la luz por partículas suspendidas

#### Sistemas electro-ópticos

Problemas de ejercitación y problemas de simulación. Imágenes satelitales: obtención de campo de temperatura, salinidad, etc.

#### Sistemas pasivos (radiómetros)

Problemas de ejercitación y problemas de simulación. Radiometría Solar.

#### Sistemas de rango, el radar

Problemas de ejercitación y problemas de simulación. Construcción y calibración de un LIDAR

#### Sistemas dispersivos

Problemas de ejercitación y problemas de simulación. Examen de un Radar.

Los programas de simulación se llevarán a cabo con paquetes de software a tal fin como el MATLAB, el SCILAB, etc.



---

## Bibliografía

- Physical Principles of Remote Sensing, (2001), W. G. Rees . Cambridge University Press . ISBN 0-521-66034-3
- Introduction to Radar Systems, (2003) Skolnik, Merrill Ivan, McGraw- Hill, ISBN 0-07-288138-0
- Weather Radar, Peter Meischner editor. (2003) Springer. ISBN 3-540-00328-2

## Carga Horaria

60 horas de dictado.

## Requisitos de aprobación

- o Asistencia al 80% de las clases.
- o Aprobación de los Trabajos Prácticos obligatorios.
- o Aprobación de examen final escrito

## ANTENAS, SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN Y PROPAGACIÓN

### Objetivos

Todo radar posee un elemento radiante. El diseño del mismo depende de la banda de funcionamiento, la directividad deseada y el tipo de barrido que realizará. El estudiante deberá familiarizarse con las antenas y su diseño.

Al finalizar esta asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer los diferentes tipos de antenas.
- Diseñar una antena prototipo para radar.
- Caracterizar mediante mediciones una antena.
- Manejar modelos numéricos de diseño de antenas y alimentadores.

### Contenidos

**Unidad I** - Historia de las antenas. Líneas de transmisión y antenas: adaptación de impedancias. Antena como terminación de una línea.

**Unidad II** - Electromagnetismo: ondas, propagación. Difracción, principio de Huygens. Campos lejano y cercano.

**Unidad III** - Antenas comunes: dipolos, monopolos. Principio de dualidad. Antenas Yagi y helicoidales. Antenas de apertura: transformada de Fourier y campo irradiado. Antenas Cuerno, Reflectoras y Lentes. Antenas de ranura: principio de Babinet. Antenas microcinta. Arreglos. Antenas en transmisión y recepción, reciprocidad.

**Unidad IV** - Diseño asistido por computadora. Método de los momentos. Elementos finitos. Diferencias finitas. Ejemplos.

**Unidad V** - Temas de fabricación: materiales. Mediciones: de impedancia, de ondas estacionarias, diagrama de potencia y de pérdidas.

### LISTADO DE ACTIVIDADES PRACTICAS Y DE LABORATORIO

I- Problemas de ejercitación, y problemas de simulación. Líneas: adaptación de impedancia y condicion de radiación.

II-Problemas de ejercitación y problemas de simulación. Verificación del principio de la pantalla complementaria.

III- Problemas de ejercitación y problemas de simulación. Laboratorio: diagrama de radiación de antenas comunes y de antenas de apertura.

IV-Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Diseño de un arreglo de dipolos.

## **Bibliografía**

- Antenna Engineering Handbook, Richard Johnson, (1993), McGraw-Hill, ISBN 0-07-032381-X
- Antennas : from theory to practice (2008) Yi Huang, Kevin Boyle. John Wiley & Sons, ISBN 978-0-470-51028-5

## **Carga Horaria**

60 horas de dictado.

## **Requisitos de aprobación**

- o Asistencia al 80% de las clases.
- o Aprobación de los Trabajos Prácticos obligatorios.
- o Aprobación de examen final escrito

## INGENIERÍA DE RF Y MICROONDAS I

### Objetivos

Los bloques de construcción de cualquier sistema son los dispositivos de radiofrecuencia y/o microondas. Se espera que el alumno se familiarice con el funcionamiento de estos dispositivos y llegue incluso a formular diseños de estos.

Al finalizar esta asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Identificar los principales componentes de un sistema de radiofrecuencia.
- Comprender las descripciones de tipo teoría de circuitos y de teoría de campos de los sistemas de microondas.
- Diseñar componentes de circuitos como microcintas y cavidades y guías de onda.

### Contenidos

**Unidad I** - Ecuaciones de Maxwell. Condiciones de contorno. Condición de radiación: Ondas electromagnéticas. Efecto pelicular.

**Unidad II** - Líneas de transmisión, tipos. Campo en una línea. Impedancia característica. Ondas estacionarias. Terminaciones. Transformador de cuarto de onda. Pérdidas en las líneas. Cartas de Smith.

**Unidad III** - Guías de onda: soluciones generales y modos. Tipos de guías: rectangulares, de placa cilíndricas, coaxiales. Microcintas. Velocidades de propagación en guías. Adaptaciones de impedancia. Pérdidas.

**Unidad IV** - Resonadores: líneas y guías como resonadores. Modos de sintonía. Resonadores dieléctricos y de Fabry-Perot.

**Unidad V** - Acopladores y divisores de potencia. La unión T. Acopladores direccionales en guías. Acople híbrido.

**Unidad VI** - Filtros para microondas. Estructuras periódicas. Diseño e implementación. Pérdida de inserción.

**Unidad VII** - Componentes ferrimagnéticos. Propiedades de materiales magnéticos. Rotación de Faraday. Propagación en ferritas. Uso en desfasadores, circuladores.

**Unidad VIII** - Componentes activos en circuitos de microondas. Detectores y mezcladores. Diodos PIN. Circuitos integrados para microondas. Amplificadores y osciladores. Transistores para microondas. Amplificador a transistores.

**Unidad IX-** Introducción a los sistemas de potencia. El Klystron y el Magnetron. Amplificadores multietapa.

#### LISTADO DE ACTIVIDADES PRACTICAS Y DE LABORATORIO

- I- Problemas de ejercitación, problemas de simulación.
- II- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Laboratorio: Propagación en coaxiales.
- III- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Laboratorio: Guías de Onda
- IV- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Laboratorio: Cavidades resonantes.
- V- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Laboratorio: Circuitos Básicos de Microondas
- VI- Problemas de ejercitación, problemas de simulación.
- VII- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Laboratorio: Rotación de Faraday.
- VIII- Problemas de ejercitación, problemas de simulación.
- IX- Problemas de ejercitación, problemas de simulación.

#### **Bibliografía**

- o High Frequency and Microwave Engineering (2001) E. da Silva, Editorial: Butterworth-Heinemann, Oxford, ISBN 0 7506 5646 X
- o Radar Handbook, 3ra Edición (2008) Skolnik, M., McGraw- Hill, ISBN 978-0-07-148547-0
- o Microwave Engineering, (2005) David M. Pozar, John Wiley & Sons, ISBN 0-471-44878-8

Carga Horaria

60 horas de dictado.

#### **Requisitos de aprobación**

- o Asistencia al 80% de las clases.
- o Aprobación de los Trabajos Prácticos obligatorios.
- o **Aprobación de examen final escrito**

**PROGRAMA**

**MATERIA:** RADAR EN CONTROL AEREO

**CARRERA:** MAESTRÍA EN SISTEMAS RADAR E INSTRUMENTACIÓN

**CICLO:** POSGRADO

**CARÁCTER:**

**REGIMEN:**

**AÑO DE PRESENTACIÓN DEL PROGRAMA:** 2009

- **FUNDAMENTACIÓN:** El diseño del contenido de la materia se realizó sobre la base de que el Profesional cursante, obtenga una visión global de todos los sistemas electrónicos que sirven de ayuda a la radionavegación habiéndose puesto un énfasis especial en los Sistemas Radar, así como al ordenamiento del tráfico aéreo, considerando que los mismos constituyen clásicos ejemplos de sistemas producto de la ingeniería, donde se podrá apreciar la aplicación de los conocimientos especializados adquiridos durante el cursado de la carrera Grado, tales como procesamiento de señales, procesamiento de datos, diseño de formas de ondas, dispersión electromagnética, detección, estimación de parámetros, extracción de información, antenas, propagación, transmisores y receptores en la implementación de estos sistemas que revisten gran complejidad.

El diseño propuesto, es importante, porque permite que el profesional:

- Tenga contacto con las nuevas tecnologías que se aplican.
- Adquiera las herramientas de referencia adecuadas de modo que puedan desempeñarse en áreas de desarrollo, obtención, fabricación y aplicación de los sistemas de ayuda a la navegación.
- Se aproxime a un ambiente real de trabajo dentro de su especialidad.

Finalmente, la materia conlleva el objeto de llenar una vacío existente en la preparación de los profesionales, considerando el amplio campo de aplicación de estos sistema y particularmente los sistemas radar a saber:

- Radar de control de tráfico aéreo.

- Radares militares aplicados a la defensa (control aéreo militar).

Las actividades previstas se agrupan en actividades de dictado de clases teóricas y trabajo sobre sistemas radar, el método de evaluación consistirá en la realización de las actividades prácticas previstas, el cierre se realizará con un examen oral integrador. Los teóricos y prácticos previstos guardan una total complementariedad, pues sin el conocimiento de la teoría resulta prácticamente imposible realizar los trabajos de campo sobre equipos radar y simulación por medio de ordenadores de los mismos.

**OBJETIVOS:** Es posible distinguir niveles diferentes en los objetivos formativos:

**1. Nivel de las competencias Profesionales:**

- Capacidad para analizar matemáticamente, físicamente, estadísticamente y bajo criterios de seguridad-riesgo los sistemas radar, subconjuntos componentes y procesos inherentes a los mismos.
- Capacidad para planificar y llevar a cabo mediciones, experimentos y procesos para la evaluación de los sistemas radar.
- Capacidad para sintetizar nuevas las nuevas técnicas y procesos aplicados en la ingeniería del radar de modo que cumplan con las especificaciones dentro de un marco de restricciones, es decir, el diseño con tendencia a la innovación.

**2. Nivel de objetivos complementarios sobre valores y actitudes de la profesión :**

- Capacidad para comunicarse, para trabajar con personas y dirigir las dentro de la especialidad radar.
- Conocimiento sobre la gestión y aplicación de los sistemas radar.
- La toma decidida de partido a favor de la calidad, reforzando el sentido práctico y de aplicación, pero siempre fundamentado en una base teórica suficiente.
- Conocimiento de las relaciones hombre-tecnología-sociedad-naturaleza, considerando el amplio nivel de aplicación de los sistemas radar.

**3. Nivel para la formación continua:**

- Comprensión del hecho de que la tecnología aplicada a los sistemas radar evoluciona rápidamente acompañando los desarrollos continuos en las áreas de hardware y software, lo que implica que la formación no acaba con la obtención del título de grado sino que requiere de una actitud de aprendizaje continuo.

El nivel de aprendizaje esperado, debe favorecer una formación integral del profesional que no sólo contempla los aspectos básicos de la formación técnica, sino una perspectiva amplia del papel que esta tecnología tiene en la sociedad, tomando decidida participación a favor de la calidad, reforzando el sentido práctico y de aplicación, fundamentada en una base teórica suficiente. Asimismo se apuesta por la formación continua del profesional tanto en su vertiente pedagógica como investigadora.

**CONTENIDOS:**

☐☐ **INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS RADAR DE CONTROL AEREO**

- 1.1. Principio de funcionamiento de un radar elemental (Conceptos básicos del radar).
- 1.2. Clasificación de los Sistemas Radar:
  - 1.2.1 Según el tipo de blanco.
  - 1.2.2 Según la posición relativa del transmisor y receptor.
  - 1.2.3 Según la finalidad.
  - 1.2.4 Según el tipo de señal.
  - 1.2.5 Según la resolución.
- 1.3 Aplicaciones.
- 1.4 Bandas de frecuencias.

☐☐ **ELEMENTOS DE UN RADAR**

- 2.1. Conceptos fundamentales:
  - 2.1.1 Información proporcionada.
  - 2.1.2 Ambigüedad en distancia.
  - 2.1.3 Resolución en distancia y distancia mínima.
  - 2.1.4 Determinación del azimut y elevación.
  - 2.1.5 Número de ecos por blancos.
  - 2.1.6 Determinación de la velocidad.
- 2.2 Diagrama en bloques de un radar primario (pulsado).
- 2.3 Transmisores:
  - 2.3.1 Parámetros característicos.
  - 2.3.2 Estructuras:
    - 2.3.2.1 Modulación a alto nivel.
    - 2.3.2.2 Modulación a bajo nivel.
  - 2.3.3 Fuentes de señal:
    - 2.3.3.1 Fuentes de estado sólido.
    - 2.3.3.2 Tubos de vacío.
  - 2.3.4 Moduladores.
  - 2.3.5 Moduladores pulsantes.
  - 2.3.6 Modulador de estado sólido.
- 2.4 Duplexores:
- 2.5 Antenas.
  - 2.5.1 Función, parámetros, diagrama de radiación y apertura de la antena radar.



- 2.5.2 Tipos de antenas radar.
- 2.5.3 Efecto de los errores sobre el diagrama de radiación de la antena.
- 2.5.4 Antena de bajo lóbulos laterales.
- 2.6 Receptores.
  - 2.6.1 Parámetros característicos del Receptor radar.
  - 2.6.2 Figura de ruido del receptor.
  - 2.6.3 Receptor superheterodino.
  - 2.6.4 Estructura.
  - 2.6.5 Mezcladores.
  - 2.6.6 Detectores:
    - 2.6.6.1 Detector óptimo.
    - 2.6.6.2 Detector lineal.
    - 2.6.6.3 Detector cuadrático.
    - 2.6.6.4 Detector logarítmico.
    - 2.6.6.5 Detector coherente.
  - 2.6.7 Protectores de los receptores radar.

#### □□ ECUACIÓN RADAR

- 3.1 Ecuación radar. Análisis de los principales parámetros. Filtro adaptado.
- 3.2 Probabilidad de falsa alarma. Probabilidad de detección. Integración. Representación gráfica.
- 3.3 Sección radar de un blanco. Dependencia con la frecuencia. Blancos fluctuantes. Modelos Swerling.
- 3.4 Pérdidas en el sistema. Efectos asociados a la propagación.
- 3.5 Predicción del alcance. Diagrama de Blake.

#### 4. PROPAGACIÓN Y REFLECTIVIDAD

- 4.1 Introducción.
- 4.2 Difracción.
- 4.3 Refracción:
  - 4.3.1 Refracción atmosférica, modelo efectivo de la tierra, propagación anómala, refracción ionosférica.
  - 4.3.2 Atenuación:
    - 4.3.2.1 Atenuación atmosférica.
    - 4.3.2.2 Atenuación ionosférica.
  - 4.3.3 Efecto multicamino: tierra esférica, coeficiente de reflexión de Fresnel, factor divergencia, factor de rugosidad, aproximación de tierra plana.
  - 4.3.4 Efecto multicamino en un sistema radar. Factor de diagrama.
  - 4.3.5 Clutter:
    - 4.3.5.1 Clutter superficial.
    - 4.3.5.2 Clutter volumétrico

#### 5. DETECCIÓN.

- 5.1 Introducción.
- 5.2 Teoría de la decisión.
- 5.3 Probabilidades de error y criterio de decisión:

5.3.1 Criterio de máxima probabilidad.

5.3.2 Criterio de Neyman-Pearson.

5.4 Detección de un solo pulso.

5.5 Integración de pulsos:

5.5.1 Integración coherente.

5.5.2 Integración no coherente.

5.5.3 Aplicación a blancos fijos.

5.5.4 Aplicación a blancos fluctuantes:

5.5.4.1 Modelos Swerling I.

5.5.4.2 Modelos Swerling II.

5.6 Integración binaria.

5.6.1 Pérdidas

5.7 Técnicas CFAR:

5.7.1 CFAR paramétricos (CA-CFAR).

5.7.2 CFAR no paramétricos (Detector de rango).

5.7.3 Pérdidas.

5.8 Receptores no lineales.

5.9 Mapa de Clutter.

5.10 Predicción del alcance. Diagrama de Blake.

## 6. FILTRO ADAPTADO Y FUNCIÓN AMBIGÜEDAD.

6.1 Introducción.

6.2 Filtro adaptado.

6.3 Función ambigüedad.

6.3 Función ambigüedad de algunas señales básicas.

## 7. INDICADOR DE BLANCOS MÓVILES

7.1 Introducción.

7.2 MTI coherente:

7.2.1 Estructura.

7.2.2 Configuraciones coherente y pseudocoherentes.

7.2.3 Canceladores.

7.2.4 Velocidades ciegas.

7.3 Entrelazados de la PRF ("stager").

7.4 Canales en cuadratura.

7.5 MTI digital.

7.6 Pérdidas de conversión y cuantificación.

7.7 MTI pseudoadaptativo.

7.8 Parámetros característicos:

- 7.8.1 Relación de cancelación.
- 7.8.2 Factor de mejora.
- 7.8.3 Visibilidad bajo clutter.
- 7.8.4 Pérdidas.
- 7.9 Influencia del MTI en el alcance radar.
- 8. EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS RADAR**
  - 8.1 Introducción.
  - 8.2 Extractor de datos.
  - 8.3 Técnica de ventana deslizante.
  - 8.4 Técnica monopulso.
  - 8.5 Procesamiento de datos radar. Recepción de la información, Seguimiento. Alerta de conflictos. Presentación de datos.
  - 8.6 Filtros de seguimiento. Definiciones. Coordenadas. Filtro de n plots. Filtro a -b, Filtro de Kalman.
  - 8.7 Procesamiento multiradar
- **CLUTTER RADAR**
  - 9.1 Introducción.
  - 9.2 Tipos de Clutter. Caracterización.
  - 9.3 Sección radar del clutter superficial y volumétrico.
  - 9.4 Ecuación radar con clutter.
  - 9.5 Detección radar en clutter.
  - 9.6 Técnicas anticlutter:
    - 9.6.1 Detección Automática.
    - 9.6.2 MTI.
    - 9.6.3 MTD.
- 10. RADAR SECUNDARIO/IFF**
  - 10.1 Principios de operación.
  - 10.2 Sistema de antenas.
  - 10.3 Interrogadores.
  - 10.4 Extractores de plots.
  - 10.5 Procesamiento de las respuestas.
  - 10.6 Transponder (equipo de respuesta de la aeronave).
  - 10.7 Trayectorias múltiples e interferencias.
  - 10.8 Medición y monitoreo de la performance del radar secundario.
  - 10.9 Modo S.
- 11. INTRODUCCION AL CONTROL DEL TRANSITO AEREO**
  - 11.1 Historia del control aéreo. Etapas principales, regulaciones. Clasificación del aeroespacio.
  - 11.2 Cartas aeronáuticas, sistemas de coordenadas y proyecciones.
  - 11.3 Comunicaciones en el control aéreo. Asignación de frecuencias. Operaciones de radio. Identificación del avión. Instrucciones de partida. Asignación de altitud.

Fraseología.

- 11.4 Procedimientos y organización. Distribución de responsabilidades en el espacio aéreo controlado. Uso por los militares del espacio civil. Delegación de responsabilidad: procedimiento para el pasaje de manos. Deberes de los controladores.
- 11.5 Definición de radionavegación.
- 11.6 Sistemas básicos de navegación asistida por radio.
- 11.7 Ordenamiento del espacio aéreo.
- 11.8 Sistemas de aproximación y aterrizaje instrumental (ILS, MLS)
- 12. SISTEMAS ELECTRONICOS DE NAVEGACION ASISTIDA POR RADIO**
- 12.1 Sistemas de recepción direccional (radiogoniómetros, ADF).
- 12.2 Sistemas de transmisión direccional (VOR, CONSOL).
- 12.3 Sistemas de medida de distancia (DME).
- 12.4 Sistemas combinados (TACAN).
- 12.5 Sistemas de navegación hiperbólicos (GEE, LORAN A, LORAN C, TCHAIKA, DECCA, OMEGA).
- 12.6 Sistemas de navegación por satélite (TRANSIT, NAVSTAR-GPS, GLONASS, TSIKADA, STARFIX, GALILEO).
- 12.7 Instrumentación del Avión.
- 13. CENTROS DE CONTROL**
- 13.1 Estructura básica de un centro de control.
- 13.2 Funcionamiento.
- 13.3 Introducción al estudio de las técnicas de multisensor data fusión.

Los Temas del 1 al 10 introducen los conceptos básicos sobre los radares utilizados en el Control del Tránsito Aéreo, a través del desarrollo de la muy importante y ampliamente usada ecuación del alcance radar; el uso de la frecuencia doppler para la extracción de la señal eco correspondiente a un blanco móvil en un entorno de fuerte clutter de tierra o mar y uso del radar para seguimiento de blancos móviles.

Asimismo, y considerando la importancia que tiene el manejo de la señal radar, se ha incluido y desarrollado desde el punto de vista de su uso en este tipo de radares, los temas de detección de señales en el ruido, extracción de información de las señales radar, formas de ondas, detección de blancos cuando el clutter es un factor limitador de las performances radar y de algunas variaciones de las antenas radar.

#### **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:**

La metodología de enseñanza a aplicar en el dictado de la materia será: Teoría (método expositivo) exposición oral complementada con el uso de medios audiovisuales. Práctica: actividades resolución de problemas y simulaciones mediante el uso de software adecuado, elaboración de proyectos y diseños y práctica profesional supervisada sobre sistemas radar en funcionamiento.

**ACTIVIDADES DE TEÓRICOS**

**ACTIVIDADES DE PRACTICAS**

<p>Exposición oral complementada con uso de medios audiovisuales.</p> <p>Carga horaria:</p>	<p><b>TIPO</b></p> <p>Resolución de problemas y simulaciones.</p> <p>Elaboración de proyectos y diseños.</p> <p>Experiencias prácticas de trabajo supervisada</p>	<p><b>CARGA HORARIA</b></p>
---	---	-----------------------------

**EVALUACIÓN:**

La forma de evaluación prevista para la promoción, es un examen oral final integrador al que accederán en forma directa los alumnos que hayan realizado y aprobado el 80% las prácticas (resolución de problemas – simulaciones – experiencias prácticas de trabajo supervisada), prevista para esta materia, en lo que respecta a los alumnos regulares y libres deberán rendir un examen oral (teórico-práctico), esto permitirá determinar el nivel de aprendizaje adquirido por el estudiante ya que el examen será de tipo coloquial donde no solo se buscara lo ya indicado sino propiciar el dialogo sobre inquietudes que pudiera presentar respecto de algunos contenidos de la materia.

Se ha pensado en esta forma de evaluación considerando que el número de cursantes es pequeño y fundamentalmente es que este tipo de evaluación es recomendada en la formación de profesionales que precisan una competencia oral , como es el caso de los ingenieros en la presentación y defensa de los proyectos.

Los alumnos serán informados en forma anticipada de la forma de evaluación de la materia, accediendo en forma automática a los resultados de sus evaluaciones a través de los comentarios que el docente realizara sobre su exposición marcando aquellos puntos donde el estudiante deberá profundizar para lograr una adecuada síntesis de sus conocimientos.

Finalmente la forma prevista de evaluación permitirá el necesario feedback para mejorar los aspectos de la enseñanza que se presenten como débiles (profundización de algunos contenidos) y resultaran del dialogo con el estudiantado, además el docente contará con los datos necesario para procurar mantener actualizado los contenidos de acuerdo con la evolución de la tecnología.

**SEGUIMIENTO:**

El seguimiento del cumplimiento del programa se realizara en forma continua por parte de los docentes a los efectos de prever con anticipación los ajustes necesarios que permitan cumplir con los objetivos previstos. Las dificultades encontradas serán objeto de análisis a los fines de introducir las correcciones que resulten necesarias en vista al logro de lo previsto.

**BIBLIOGRAFÍA:**

Introduction to Radar Systems, (2003) Skolnik, Merrill Ivan, McGraw- Hill, ISBN 0-07-288138-0

Modern Radar Systems (2001)– Hamish Meikle – Artech House, ISBN 978-1-59693-242-5

Modern Radar System Análisis (1998)–David K. Barton – Artech House ISBN: 978-0-89006-170-1

Radar System Performance Modeling (2005) – Curry – Artech House, ISBN 978-1-58053-816-9

Radar Handbook, 3ra Edicion (2008) Skolnik, M., McGraw- Hill, ISBN 978-0-07-148547-0

Radar Systems Analysis Using Matlab (2000)– Bassem R. Mahafza – Chapman & Hall/CRC. ISBN 1-58488-532-7.

## PROCESAMIENTO DE SEÑALES DE RADAR

### Objetivo General:

Conocimiento general de las técnicas de procesamiento digital y estadístico de señales empleadas en radar.

### Objetivos Específicos:

Se espera que al finalizar el curso el alumno sea capaz de:

- Conocer los tipos de señales que emplea cada tipo de radar.
- Manejar la adquisición de señales.
- Diseñar e implementar el procesamiento Doppler.
- Manejar las técnicas fundamentales de procesamiento de señales.
- Considerar y Diseñar formas de onda apropiadas para cada aplicación.
- Emplear herramientas de software para ayudar al desarrollo de estas tareas y a establecer el desempeño de los sistemas.

### LINEAMIENTOS GENERALES

El propósito de Procesamiento de Señales de Radar es el de lograr que el alumno se familiarice con diferentes técnicas y métodos utilizados para tratar las señales de radar, tanto en los aspectos referidos a su transmisión como en la recepción. Para ello el programa ofrece una selección abarcativa de temas enfocados con una visión unificadora en función del objeto de estudio. Es decir, no se trata simplemente simplemente de dar la teoría de Adquisición y Muestreo de Señales o de las Pruebas de Hipótesis estadísticas; sino que se trata de ver cómo aparecen en radar y qué características especiales adoptan con relación a esta aplicación.

Se presupone que el alumno trae un bagaje, típico de la formación del ingeniero electrónico, que incluye Señales y Sistemas, transformadas operacionales, nociones básicas de Probabilidades (variables aleatorias, distribuciones, esperanza), de Estadística (ideas de estimación puntual y de pruebas de hipótesis) y sobre procesos estocásticos (correlación, estacionariedad, filtrado lineal); estas últimas al nivel de lo que se utiliza en cursos de pregrado de Comunicaciones.

La tarea de estudio y práctica de este tipo de asignaturas es netamente individual. Sin embargo, se estimulará la discusión de los resultados a fin de lograr participación, interacción con el docente y fundamentalmente entre alumnos, como modelo de resolución de problemas complejos. La formulación de las actividades prácticas estará no solamente destinada a la reafirmación de los conceptos teóricos sino también a adquirir una visión integral de los conceptos. Esto ocurrirá particularmente con los problemas de simulación, que estarán orientados a unificar varias de las ideas expuestas en una unidad particular.



## METODOLOGIA DE ENSEÑANZA

La metodología de trabajo propuesta, contempla las siguientes instancias:

- Presentación audiovisual de los temas con énfasis en los conceptos fundamentales. Pequeño repaso y cuadro de situación al comienzo. Pequeño sumario al finalizar.
- Formulación de preguntas para mantener la interacción y aprehender el nivel de comprensión y seguimiento.
- Realización de Trabajos Prácticos. Estos son individuales en lo que respecta a la resolución de problemas. En cambio se estimulará la interacción entre alumnos para discutir los *resultados* y particularmente los obtenidos de las simulaciones.
- Las prácticas deberán ser entregadas en plazos convenidos de antemano y serán revisadas.
- Ante situaciones de dificultad con determinados problemas se organizarán sesiones plenarias para discutir las soluciones.

Se pretende lograr que el estudiante mantenga una visión integral con los conocimientos adquiridos y el objeto de estudio; y que no los conserve en forma estanca.

Si bien la referencia principal es el libro mencionado como Básico, se espera que el alumno complete los conceptos en los que le parezca que no tiene la formación suficiente o en los que quiera profundizar, con las referencias complementarias.

## CONTENIDOS TEMÁTICOS

### ***Unidad 1: Adquisición y Muestreo***

Muestreo y cuantización: criterios. Muestreos en tiempo y frecuencia. Muestreo en tiempos rápido y en tiempo lento. Muestreo del espectro Doppler. Muestreo angular. Las componentes en fase y cuadratura (I, Q). Efecto y corrección de desbalances.

### ***Unidad 2: Formas de onda de pulsos***

Formas de onda. El filtro apareado: pulso simple, resolución de rango. Filtros apareados para blancos en movimiento. La función de ambigüedad. Trenes de pulsos: filtro apareado, ambigüedad en rango, respuesta Doppler y ambigüedad. Compresión de pulsos: FM, fase estacionaria, acoplamiento rango-Doppler, control de lóbulos laterales. Frecuencia escalonada. Pulsos modulados en fase. Códigos de frecuencia de Costas.

**Unidad 3: Procesamiento de la frecuencia Doppler del pulso**

Procesamiento Doppler. Espectro. Indicadores de blanco móvil, cancelación. Procesamiento Doppler de pulso y de pares de pulsos. Procesamiento combinado. Mapeo de interferencias y el detector de blancos en movimiento. Plataformas en movimiento: desplazamiento adaptable del centro de fase de antena.

**Unidad 4: Fundamentos de Detección y CFAR**

Detección. Detección como prueba de hipótesis: regla de Neyman-Pearson. Umbral de detección sistemas coherentes. Umbral para señales de radar. Aproximaciones numéricas. Falsa alarma constante. Promediado de celdas: análisis, desempeño y limitaciones. Otras estrategias: adaptabilidad, mapa de interferencia, CFAR independiente de la distribución.

**Unidad 5: Conformación del haz y procesamiento espacio-temporal**

Conformado del haz. Filtrado espacial, conformado convencional y adaptable. Modelado espacio-temporal, filtrado apareado óptimo y adaptable. Relación con el procesado con antenas desplazadas en fase. Problemas computacionales.

**Unidad 6: Principios de SAR**

Apertura sintética. Fundamentos: resolución transversal de un radar. Punto de vista Doppler. Algoritmos de formación de imagen. Errores, profundidad de campo. Apertura sintética interferométrica. Compensación de movimiento, autofocus.

**LISTADO DE ACTIVIDADES PRACTICAS Y/O DE LABORATORIO**

**Actividades Prácticas**

**1.- Adquisición y Muestreo**

Problemas de ejercitación. Problemas teóricos. Problemas de simulación.

**2.- Formas de onda de pulsos**

Problemas de ejercitación. Problemas teóricos. Problemas de simulación.

**3.- Procesamiento de la frecuencia Doppler del pulso**

Problemas de ejercitación. Problemas teóricos. Problemas de simulación.

**4.- Fundamentos de Detección y CFAR**

Problemas de ejercitación. Problemas teóricos. Problemas de simulación.

**5.- Conformación del haz y procesamiento espacio-temporal**

Problemas de ejercitación. Problemas teóricos. Problemas de simulación.

## Actividades de Laboratorio

Los problemas de simulación integran problemas prácticos y teóricos, con la simulación por computadora por medio de programas de utilitarios como Matlab, R, Python o similares.

## BIBLIOGRAFIA

### Básica:

- Fundamentals of Radar Signal Processing, (2005) RICHARDS, Mark: McGraw-Hill, N. York, ISBN 978-0071444743,.

### Complementaria:

- Fundamentals of Radar Signal Processing, (2005) Mark E. Richards, McGraw- Hill, ISBN 0-07-144474-2
- Radar Signal. (2004) Nadav Levanon & Eli Mozeson, John Wiley & Sons, ISBN 0-471-47378-2
- Fourier transforms in radar and signal processing. (2003) Brandwood, David , Artech House, ISBN 1-58053-174-1
- Introduction to Radar Systems, (2003) Skolnik, Merrill Ivan, McGraw-Hill, ISBN 0-07-288138-0
- Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory (vol. 1), (1993). KAY, Stephen M.:Prentice-Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, ISBN 978-0133457117,
- Fundamentals of Statistical Signal Processing: Detection Theory (vol. 2), (1998). KAY, Stephen M.:Prentice-Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, ISBN 978-0135041352,

## SEMINARIO DE INTEGRACIÓN

### Objetivos

Al finalizar esta asignatura se pretende que el alumno sea capaz de:

- Definir el Problema Objeto de Conocimiento
- Fundamentar la importancia de su abordaje.
- Explicitar el Genero Académico.
- Definir y relacionar los Conceptos Ordenadores.
- Presentar los Objetivos Generales y Específicos de su trabajo.
- Citar la bibliografía utilizada en la elaboración del trabajo.
- Realizar Trabajos Integradores de Aplicación

Constituye una instancia de elaboración y síntesis del ciclo de formación especializada centrada en el análisis y discusión de trabajos o proyectos. En esta instancia se definen las pautas para la elaboración de un trabajo integrador de aplicación.

Proporciona las herramientas para el diseño de proyectos profesionales y elaboración de informes.

### Contenido

- Introducción. La ciencia y el método Científico
- El Planteamiento del Problema. El Marco Teórico y Conceptual
- Elaboración del anteproyecto. El título. El resumen.
- La introducción
- Los materiales y métodos
- Los resultados
- La discusión
- La bibliografía
- La investigación
- Publicaciones
- La ética en la investigación
- Presentación de anteproyectos

- Metodología para aplicaciones profesionales

## **Bibliografía**

- Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis (1998) MUÑOZ RAZO, Carlos: . Primera Edición. Editorial Pearson- Prentice Hall. México.
- “Cómo hacer una tesis y elaborar todo tipo de escritos” . Edición ampliada. (1998), SABINO, Carlos A.: “Editorial LUMEN HVMANITAS. República Argentina.
- “El proceso de la investigación científica”. 3ª Edición. (2000) TOMAYO Y TOMAYO, Mario, Editorial Limusa Noriega Editores..

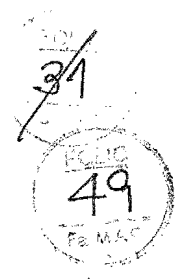
## **Carga Horaria**

80 horas de dictado.

## **Requisitos de aprobación**

- o Asistencia al 80% de las clases.
- o Aprobación de los Trabajos Prácticos obligatorios.
- o Aprobacion del trabajo final del seminario.

# INGENIERÍA DE RADIOFRECUENCIAS Y MICROONDAS II



## Contenidos mínimos

Elementos discretos en radiofrecuencia. Componentes pasivos y activos. Propiedades de los materiales en altas frecuencias. Instrumentación y Mediciones en microondas. Diseño de amplificadores de microondas. Diseño de transmisores. Técnicas de CAD.

## Lineamientos Generales

Si bien la carrera de maestría propuesta se encuentra orientada a la formación de recursos humanos en sistemas de radar, es importante señalar que la estructura interna de un radar es bastante similar a la de un sistema de comunicación terrestre o satelital de microondas. A pesar de diferencias importantes en los métodos de procesamiento de señal, y obviamente en el campo de aplicación, ambos esquemas utilizan elementos tales como subsistemas de transmisión y recepción, antenas y alimentadores coaxiales o guías de onda, por citar los más conocidos. En consecuencia, el campo de acción para el que se prepara en esta carrera trasciende sus objetivos específicos en el caso de algunas de sus materias de base. Es así que, en función de los contenidos citados más arriba, pueden identificarse cuatro ejes importantes de aplicación. A saber:

- Dispositivos semiconductores, circuitos integrados y sistemas de microondas para desarrollo de radares.
- Dispositivos semiconductores, circuitos integrados y sistemas de microondas para comunicaciones digitales alámbricas e inalámbricas (fijas y móviles).
- Diseño de antenas, filtros y amplificadores de microondas con tecnología microstrip.
- Desarrollo de nuevas herramientas de software CAD (Computer Aided Design) para aplicaciones en radar y telecomunicaciones.

## Objetivos

Al finalizar esta asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Comprender el funcionamiento de los principales componentes de un sistema de radiofrecuencia.
- Comprender las descripciones de tipo teoría de circuitos y de teoría de campos de los sistemas de microondas.
- Diseñar componentes de circuitos como microcintas y cavidades, guías de onda y circuladores.
- Integrar en un diseño componentes de alta potencia.

## Contenidos Temáticos

### Unidad I – Mediciones

Análisis de redes en microondas: impedancia, voltajes y corrientes. Matrices de impedancia y admitancia. Matriz de dispersión: redes recíprocas. El analizador vectorial de redes.

Matriz de transmisión, circuitos equivalentes. Gráficos de flujo de señales aplicación a la calibración del analizador de redes. CAD para sistemas de microondas.

Análisis de discontinuidades y modos en una guía. Compensación de discontinuidades en microcintas.

Excitación de guías: corrientes eléctricas y magnéticas. Corrientes que excitan guía.

Excitación de guías por aperturas.

**Unidad II** - Elementos discretos en radiofrecuencia. Comportamiento de R, L, C a altas frecuencias. Inductores en impresos, caracterización. Capacitor interdigital. Resistores. Transformadores y baluns. Técnicas de fabricación.

**Unidad III** - Elementos activos. Transistores: bipolares, MOS, MESFET, High electron mobility HEM. Transistores de potencia.

**Unidad IV** - Diseño de Amplificadores y osciladores. Ganancia y estabilidad.

Amplificadores, diseño para máxima ganancia, ganancia constante, bajo ruido.

Amplificadores de Banda ancha. Diseño de osciladores, resistencia negativa, resonadores dieléctricos.

**Unidad V** - Alta potencia: diseño de amplificadores con Klystron de una y dos etapas.

Diseño de osciladores de potencia: el magnetrón, el magnetrón coaxial. Técnicas de estabilización de la magnetrón.

#### LISTADO DE ACTIVIDADES PRACTICAS Y DE LABORATORIO

I- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Laboratorio: Caracterización de dispositivos mediante el Analizador de Redes I

II- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Laboratorio: Caracterización de dispositivos mediante el Analizador de Redes II.

III- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Laboratorio:

IV- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Laboratorio: Osciladores, Diodo Gunn, Cavidades dieléctricas.

V- Problemas de ejercitación, problemas de simulación.

#### Bibliografía

Microwave Engineering, (2005) David M. Pozar, John Wiley & Sons, ISBN 0-471-44878-8

Lumped elements for RF and microwave circuits / Inder Bahl. 2003 ARTECH HOUSE, INC. ISBN 1-58053-309-4

The RF and microwave handbook, (2001) Mike Golio. CRC Press. ISBN 0-8493-8592-X

#### Carga Horaria

60 horas de dictado.

#### Requisitos de aprobación

- o Asistencia al 80% de las clases.
- o Aprobación de los Trabajos Prácticos obligatorios.
- o Aprobación de examen final escrito

## SISTEMAS DIGITALES DE RADAR

### Objetivo General:

Realizar una revisión de sistemas de radar modernos y de próxima generación con implementaciones de receptores digitales y de post procesamiento tras el "front end" de R.F.

Adquirir la capacidad de selección de conversores analógico-digitales, digitales analógicos y de dispositivos tipo "Field Programmable Gate Arrays", ("FPGAs"), adecuados para el diseño que se trate.

Utilizar conceptos de radio definida por software ("SDR") y la tecnología de arreglos programables de compuertas ("FPGAs"), para la implementación de algoritmos de procesamiento digital de señales, ("DSP") necesarios, incluyendo el diseño de formas de onda y estrategias de barrido.

Análisis de juegos de datos I & Q para determinar momentos espectrales.

Diseñar y analizar el procesamiento digital requerido para Radares de apertura sintética ("SAR") y radar inverso de apertura sintética ("ISAR").

### Objetivos Específicos:

Se espera que al finalizar el curso el alumno sea capaz de:

- o Desarrollar e implementar algoritmos de DSP para RADAR digital mediante el uso de FPGAs.
- o Utilizar el lenguaje VHDL para especificar algoritmos DSP de tiempo real.
- o Seleccionar dispositivos de adquisición, procesamiento y salida adecuados.
- o Optimizar la performance de diseños utilizando el concepto de "pipeline".
- o Embeber microprocesadores y sus correspondientes sistemas operativos de tiempo real para lograr alta performance de Cómputos en las FPGAs.
- o Optimizar la performance de los algoritmos utilizando el concepto de "codiseño de hardware y software".
- o Optimizar la performance de diseños utilizando el concepto de procesamiento paralelo del tipo "SIMD", ("Simple Instruction, Multiple Data").



- o Optimizar la performance de diseños utilizando el concepto de procesamiento paralelo del tipo "MIMD", ("Multiple Instruction, Multiple Data").
- o Emplear Herramientas de Software apropiado y actualizado, necesario para alcanzar los objetivos anteriores.

### LINEAMIENTOS GENERALES

El propósito de la materia "Sistemas Digitales de RADAR" es aprovechar el crecimiento exponencial de la tecnología digital y la caída en los costos de la misma, que ha tenido lugar de manera sostenida durante las últimas tres décadas. La tendencia actual, es que cada vez, más y más funciones de procesamiento de señal que antes se realizaban de manera analógica, se realizan ahora de manera totalmente digital. La performance, y la flexibilidad alcanzables mediante la tecnología de procesamiento digital de señales junto con la reducción de tamaños, consumos y costos, hacen que la temática se convierta en un eje principal del desarrollo de las nuevas generaciones de radares.

Mediante el uso de la tecnología actual, es posible lograr que la R.F. pase por una o a lo sumo dos etapas de bajada de frecuencia analógicas, ("analog down converters"), para generar una frecuencia intermedia (I.F.), que es muestreada directamente por un conversor analógico digital de muy alta velocidad de conversión. A continuación se pasa por una etapa de "bajada de frecuencia digital", conocida como DDC, ("Digital Down Converter"), la cual a grandes rasgos, convierte las muestras digitales en una secuencia de números complejos, cuya parte real o en fase se la denota normalmente por "I", y cuya parte imaginaria o en cuadratura se la denota por "Q". El resto del tratamiento se hace de manera totalmente digital, incluyendo la etapa de compresión de pulsos típica de los radares analógicos tradicionales.

El uso de procesamiento digital de señales puede incrementar significativamente el rango dinámico, la estabilidad y la performance general de los algoritmos necesarios para el funcionamiento del RADAR.

Dado que las herramientas matemáticas se encuentran en un estado muy maduro, la problemática de los sistemas digitales de radar se resume hoy en día a la utilización de técnicas combinadas para incrementar la performance de cálculo de los sistemas digitales.

Por eso, esta materia provee los métodos y las herramientas para que el alumno pueda diseñar, implementar, evaluar e incrementar la performance, del "Front End Digital", en las generaciones de radares modernos, actuales y futuras.

### METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

La metodología de trabajo propuesta, contempla las siguientes instancias:

- Presentación Teórica de los temas con identificación de los ejes conceptuales.
- Formulación de preguntas orientadoras.
- Investigación bibliográfica y en Internet sobre el tema, a fin complementar y enriquecer los conocimientos necesarios para abordar el análisis de los casos de estudio.
- Realización de Trabajos Prácticos Grupales sobre el desarrollo, simulación, implementación y testeo de algoritmos de procesamiento digitales de señales necesarios en los sistemas RADAR. Estos Trabajos Prácticos Grupales serán llevados a cabo por equipos de trabajos conformados por 3 o 4 alumnos. El foco estará puesto en la búsqueda del incremento de la performance de los sistemas existentes.
- Elaboración de informes en los que se plasme el proceso, los resultados y las conclusiones de los Trabajos Prácticos Grupales. Estos informes deben ser presentados en forma impresa, un ejemplar por cada equipo de trabajo.
- Plenario para presentar y debatir sobre el trabajo realizado y las conclusiones arribadas. Análisis de casos.
- Trabajo final Integrador.

Con este enfoque se pretende desarrollar la aptitud del estudiante para integrar los conocimientos adquiridos y aplicarlos de manera práctica al momento de enfrentar situaciones concretas, así como fomentar el trabajo en equipo.

Como se mencionó más arriba, dado que el soporte matemático teórico se encuentra en un estado muy maduro, los trabajos consistirán en entender los algoritmos existentes y optimizarlos para cumplir con los requerimientos de tiempo real en los cómputos necesarios.

Se busca que el alumno adopte un rol activo para apropiarse de los conocimientos sobre las metodologías propias de la asignatura, a fin de hacer posible su transferencia posterior a los problemas que en el futuro se presenten en su actividad profesional.

## CONTENIDOS TEMÁTICOS

### ***Unidad 1: La tecnología FPGA***

Concepto de FPGA, ("Field Programmable Gate Array"). Evolución histórica. Métricas de performance y capacidad. Tecnologías y arquitecturas actuales. Proceso general de desarrollo de sistemas de procesamiento digital de señales utilizando FPGAs.

### **Unidad 2: El Lenguaje VHDL**

Definición de Lenguaje de Descripción de Hardware, (HDL). Estructura básica del código. Tipos de datos y operadores. Código concurrente. Código comportamental (secuencial). Código jerárquico. Ejemplos de aplicación en el campo de DSP para Radares.

### **Unidad 3: Implementación de Algoritmos Básicos sobre FPGAs**

Interfaces de entradas y salidas para convertidores A/D y D/A seriales y paralelos. Comparación. Aritmética de punto fijo. Codificación en VHDL de Sistemas de filtrado digital básicos, tales como filtros FIR e IIR. Simulación e implementación. Codificación, simulación e implementación de correladores. Codificación, simulación e implementación de algoritmos básicos para la Transformada Rápida de Fourier.

### **Unidad 4: Procesadores Embebidos y Codiseño "Hardware / Software"**

Procesadores de código abierto. Ejemplos. Casos de estudio. Embebido de procesadores sobre FPGAs. Sistemas operativos de tiempo real de código abierto. Sistemas operativos embebidos sobre procesadores embebidos en FPGAs. Concepto de codiseño "Hardware y Software". Análisis de ventajas y aplicaciones del codiseño "Hardware y Software".

### **Unidad 5: Optimización de performance mediante arquitecturas con Pipe Line.**

Concepto de pipeline. Aritmética de punto flotante. Sumadores y multiplicadores de punto flotante con pipeline. Utilización del pipeline para optimización de performance de algoritmos básicos de filtrado, (FIR e IIR).

### **Unidad 6: Optimización de Performance utilizando arquitecturas SIMD**

Concepto de arquitecturas SIMD, (Simple Instruction, Multiple Data). Implementación de algoritmos FFT optimizados para plataformas SIMD. Análisis de mejoras de performances.

### **Unidad 7: Optimización de performance utilizando arquitecturas MIMD**

Concepto de arquitecturas MIMD, (Multiple Instruction, Multiple Data). Combinación de técnicas de optimización. Aplicación y uso de procesadores y sistemas operativos embebidos al desarrollo de algoritmos de procesamiento digital de señales en tiempo real. Aplicación de técnicas combinadas y codiseño "Hardware / Software" para optimizar la performance.

## LISTADO DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS Y/O DE LABORATORIO

### Actividades Prácticas

#### 1.- Desarrollo e Implementación de Filtros FIR e IIR en aritmética de punto fijo

Modelado Funcional y Especificación con VHDL de un Filtro FIR e IIR con aritmética de punto fijo. Simulación e implementación sobre una plataforma FPGA. Optimización de performance y de recursos utilizados. Verificación experimental de funcionamiento en el laboratorio. Utilización de entornos de desarrollo "hardware y software" existentes.

#### 2.- Desarrollo e implementación de filtros con aritmética de punto flotante

Modelado funcional y especificación con VHDL de un filtro FIR e IIR con aritmética de punto flotante. Optimización utilizando pipeline de orden 4. Simulación e implementación sobre una plataforma FPGA. Optimización de performance y de recursos utilizados. Verificación experimental de funcionamiento en el laboratorio. Utilización de entornos de desarrollo "hardware y software" existentes para incrementar la performance mediante el uso de pipeline.

#### 3.- Desarrollo e implementación de una FFT - SIMD

Modelado funcional y especificación con VHDL de una FFT sobre una arquitectura de cómputo SIMD, con aritmética de punto flotante. Combinación y compatibilización con un pipeline de orden 4. Simulación e implementación sobre una plataforma FPGA. Optimización de performance y de recursos utilizados. Verificación experimental de funcionamiento en el laboratorio. Utilización de entornos de desarrollo "hardware y software" existentes para incrementar la performance mediante el uso arquitecturas SIMD combinadas y compatibles con el uso de pipeline.

#### 4.- Desarrollo de un "Front End" digital básico de RADAR

Embebido de un procesador y un sistema operativo de código abierto en una plataforma FPGA. Aplicación de técnicas MIMD, (Multiple Instruction, Multiple Data), para cumplir con los requerimientos de tiempo real. Combinación de técnicas para incrementar la performance. Aplicación del codiseño "hardware / software" para incrementar la performance. Simulación e implementación sobre una plataforma FPGA. Optimización de performance y de recursos utilizados. Verificación experimental de funcionamiento en el laboratorio. Utilización de entornos de desarrollo "hardware y software" existentes para incrementar la performance mediante el uso arquitecturas combinadas, (MIMD, SIMD, pipeline) y codiseño "Hardware / Software".

### Actividades de Laboratorio

- 1.- Utilización de Matlab e ISE para desarrollo de un filtro FIR. Implementación y validación experimental utilizando placas de desarrollo basadas en FPGAs.
- 2.- Implementación y validación experimental de un filtro FIR con aritmética de punto flotante con pipeline de orden 4 o superior.
- 3.- Implementación y validación experimental de una FFT de muy alta performance (SIMD).
- 4.- Implementación concurrente de diferentes módulos del "front end" de un radar digital.

### BIBLIOGRAFÍA

#### Básica:

Roger Woods, John Mcallister, Ricard Turner, Ying Yi, Gave Lightbody, Willey, FPGA-Based Implementation of Signal Processing Systems, 2008, John Willey & Sons Ltd., West Sussex, United Kingdom, **ISBN-10:** 0470030097

U. Meyer-Baese, Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Arrays, Springer Berlin Heidelberg, New York, ISBN: 978-3-540-72612-8

Steve Kilts, Advanced FPGA design, Architecture Implementation and Optimization, John Wiley and Sons, New Jersey, 2007. **ISBN-10:** 0470054379

#### Complementaria:

Mark A. Richards, Fundamentals of Radar Signal Processing, McGraw Hill, 2005, ISBN: 0-07-144474-2

Bassam R. Mahafza, Radar Systems and Design Using Matlab, (2000) Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, London, New York, Washington D.C., ISBN 1-58488-532-7

David Brandwood, Fourier Transforms in Radar and Signal Processing, (2003), Artech House, Norwood, MA, ISBA, 158053-174-1.



Ian G. Cumming, Frank H. Wong, Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data, Algorithms and Implementation, ISBN: 1-58053-058-3, Artech House, 2004.

## RADAR Y AVIONICA

### Objetivos

El radar tiene amplia aplicación en aeronautica. En particular los aviones modernos cuentan con radares con propósitos específicos. Asimismo hay radares en satelites para la observacion terrestre. El alumno debera familiarizarse con la problemática de la plataforma móvil y de cómo se puede sacar ventaja justamente de ese movimiento para aumentar las capacidades del radar.

Al finalizar esta asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Comprender la diferencia entre radar de plataforma fija y móvil.
- Entender cómo el radar se integra en un gran sistema con la aviónica tomando en cuenta que la plataforma móvil puede desplazarse rápidamente.
- Identificar los tipos de procesamiento utilizados para cada tipo de detección.
- Comprender el procesamiento que conduce a la apertura sintética y su capacidad para contruir imágenes de radar.

### Contenidos

#### **Unidad I: MEDICIÓN DE DISTANCIA CON PULSO DE RETARDO**

Técnica Básica, Ambigüedad en distancia, Eliminación de los retardos con ambigüedad, Resolución de ambigüedad, Eliminación de Fantasma

#### **Unidad II: COMPRESIÓN DE PULSO**

Modulación lineal de frecuencia, modulación de fase binaria

#### **Unidad III: MEDICIÓN POR FM**

Principios básicos, medición de corrimiento de frecuencia Doppler, eliminación de fantasma, Sensado de frecuencia Doppler, Banco de Filtro Doppler, Filtros analógicos, Filtros Digitales, Provisión de un adecuado rango dinámico,

#### **Unidad IV: RETORNOS DE LA TIERRA**

Retorno de tierra, Fuentes y espectros de los retornos de tierra, Efectos de la ambigüedad en distancia y Doppler en el Clutter de tierra, Separación de los blancos móviles de tierra del Clutter.

**Unidad V: OPERACIÓN AIRE-AIRE**

Operación con baja frecuencia de repetición, Operación con frecuencias medias de repetición, Operación con alta frecuencia de repetición, Seguimiento automático.

**Unidad VI: RETORNOS DE TIERRA EN ALTA RESOLUCIÓN E IMÁGENES**

Principio de operación de radar de apertura sintética (SAR), consideraciones de diseño de un radar SAR, modos de operación.

**LISTADO DE ACTIVIDADES PRACTICAS Y DE LABORATORIO**

I- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Práctica sobre radares en aviones.

II- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Práctica sobre radares en aviones.

III- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Práctica sobre radares en aviones.

IV- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Uso de Datos de radar de aviones.

V- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Uso de Datos de radar de aviones.

VI- Problemas de ejercitación, problemas de simulación.

**Bibliografía**

Air and Spaceborne Radar Systems: An Introduction, (2001) Philippe Lacomme, Jean-Philippe Hardange, Jean-Claude Marchais , Eric Normant, IEE ISBN: 0-85296-981-3

Introduction to Airborne Radar, Second Edition (1998), George W. Stimson, Editorial: SCITECH. ISBN 1-891121-01-4

Radar Handbook, 3ra Edición (2008) Skolnik, M., McGraw- Hill, ISBN 978-0-07-148547-0

**Carga Horaria**

60 horas de dictado.

**Requisitos de aprobación**

- o Asistencia al 80% de las clases.
- o Aprobación de los Trabajos Prácticos obligatorios.
- o Aprobación de examen final escrito



## RADAR METEOROLÓGICO

### Objetivos

Al finalizar esta asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Reconocer el carácter estadístico del blanco meteorológico
- Entender los fundamentos de los algoritmos para estimar la precipitación y sus limitaciones a partir de sólidas bases físicas.
- Adquirir destreza en el diseño de técnicas para la detección y cuantificación de fenómenos meteorológicos.
- Estar familiarizado con el hardware de un radar meteorológico

### Unidad I- Conceptos Electromagnéticos y Aplicaciones de Radar

Ecuaciones de Maxwell y Potenciales. Representación Integral del Scattering por una Esfera Dieléctrica. Scattering de Rayleigh. Scattering, Biestático y Secciones de Radar. Corrimiento Doppler. Esferas Dieléctricas Móviles: Sumas Coherente e Incoherente. Esfera Dieléctrica Móvil bajo Incidencia de una Onda Plana. Scattering directo coherente por una capa de esferas dieléctricas.

### Unidad II- Matriz de Scattering

Las Convenciones de Scattering Directo y Retrógrado. Teorema de Reciprocidad. Matriz de Scattering para la Esfera y el Esferoide en la aproximación de Rayleigh-Gans. Solución de Mie: Aproximación de Baja frecuencia. Métodos Numéricos para Scattering por Partículas no Esféricas.

### Unidad III - Onda, Antena y Polarización de Radar

Estado de Polarización de una Onda Plana. Radiación y Recepción de Antena. Antenas de Polarización Dual. Base de Polarización Lineal. Ecuación del Radar para una Partícula Aislada: Base de Polarización Lineal. Cambio de la Base de Polarización: de Base Lineal a Base Circular. Ecuación del Radar: Base Circular. Forma Bilineal de la Ecuación de Voltaje. Síntesis de la Polarización y Polarizaciones Características. Ondas Parcialmente Polarizadas: Matriz de Coherencia y Vector de Stokes. Matriz de Müller Promedio del Ensemble. Matrices de Müller y de Covariancia Promediadas en el Tiempo. Scattering y Simetría. Matriz de Covariancia en la Base Circular. Relación entre Observables de Radar Lineales y Circulares.

#### **Unidad IV - Propagación de una Onda con Polarización Dual a Través de un Medio Precipitativo**

Propagación de una Onda Coherente. Solución de Oguchi. Ecuación del Radar con la Matriz de Transmisión: Base de Polarización Lineal. Ecuación del Radar con la Matriz de Transmisión: Base de Polarización Circular. Matriz Covariancia de Transmisión Modificada. Relación entre los Observables de Radar Lineal y Circular en Presencia de Efectos de Propagación. Mediciones en una Base "Híbrida".

#### **Unidad V - Teoría de Señal de Radar Doppler y Estimación Espectral**

Señal Proveniente de la Precipitación. Potencia Media de la Señal Recibida. Mediciones de la Matriz de Coherencia. Autocorrelación de la Señal Recibida. Función Coherencia Espaciada en Tiempo, Espaciada en Frecuencia. Muestreo de la Señal Recibida. Ruido en Sistemas de Radar. Propiedades Estadísticas de la Señal Recibida. Estimación de la Potencia Media. Espectro Doppler y Estimación de la Velocidad Media. Ejemplo Estadística de la Señal Recibida y Estimación Espectral.

#### **Unidad VI - Sistemas de Radar con Polarización Dual y Algoritmos de Procesamiento de Señal**

Aspectos Generales del Sistema. Características de Desempeño de la Antena. Calibración del Radar. Estimación de la Matriz de Covariancia. Variancia de las Estimaciones de los Elementos de la Matriz de Covariancia. Estimación de la Fase Diferencial Específica ( $K_{dp}$ ).

#### **Unidad VII - Base Polarimétrica para Caracterizar la Precipitación**

Lluvia. Precipitación Convectiva. Precipitación Estratiforme. Estimación de la Atenuación Diferencial y Atenuación Diferencial en Lluvia Usando  $\Phi_{dp}$ . Clasificación de los Hidrometeoros.

#### **Unidad VIII - Estimación de la Precipitación por Medio del Radar**

Algoritmos Paramétricos de Estimación de la Tasa de Precipitación Basados en la Física. Algoritmos Paramétricos de Contenido de Agua de Lluvia Basados en la Física. Estructura de Error y Cuestiones Prácticas Relacionadas con los Algoritmos de Tasa de Lluvia Usando  $Z_h$ ,  $Z_{dr}$  y  $K_{dp}$ . Procedimientos Estadísticos para Estimación de Lluvia. Estimaciones de Radar de la Precipitación Basada en Redes Neuronales. Comentarios Generales sobre Estimación de la Precipitación por Medio del Radar.

**Unidad IX** – Técnicas de radar para la observación meteorológica. Ambigüedades de alcance y velocidad. Técnicas para contrarrestar ambigüedades: técnicas de fase, pares espaciados con código de polarización, intercalado de PRT, muestreo interlaceado.

Método para disminuir el tiempo de adquisición: diversidad de frecuencia y técnica de ruido. Compresión de pulso.

#### LISTADO DE ACTIVIDADES PRACTICAS Y DE LABORATORIO

I- Problemas de ejercitación.

II-Problemas de ejercitación y problemas de simulación.

III- Problemas de ejercitación y problemas de simulación. Laboratorio de polarización.

IV-Problemas de ejercitación y problemas de simulación. Análisis de señales de Radar.

V- Problemas de ejercitación y problemas de simulación. Utilización de ecos reales de radar Doppler.

VI- Problemas de ejercitación, problemas de simulación. Análisis de ecos reales de radar polarimétrico.

VII-Problemas de ejercitación. Análisis de ecos reales de radar polarimétrico.

VIII-Problemas de ejercitación y problemas de simulación. Estudio de estimadores de precipitación

IX-Problemas de ejercitación y de simulación. Práctica en Radares del Servicio Meteorológico

#### Bibliografía

- Doppler Radar and Weather Observations, 2<sup>nd</sup> edition (1993) Doviak R. y Zrníc D. Academic Press. ISBN 0-12-221422-6
- Polarimetric Doppler weather radar. V.N Bringi y V. Chandrasekar (2001) Cambridge Univ. Press ISBN 13 978- 0- 521- 01955-2
- Weather Radar, Peter Meischner editor. (2003) Springer. ISBN 3-540-00328-2

**Carga Horaria:** 60 horas de dictado.

#### Requisitos de aprobación

- o Asistencia al 80% de las clases.
- o Aprobación de los Trabajos Prácticos obligatorios.
- o Aprobación de examen final escrito.



## EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS

### Objetivo General:

Diseño y Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control y Cierre.  
Gestión del Financiamiento. Recursos Humanos. Estructura de un proyecto: inicio,

### Objetivos Específicos:

Se espera que al finalizar el curso el alumno sea capaz de:

- Comprender el proceso general de Gestión de Proyectos.
- Definir adecuadamente el alcance y calidad de un proyecto de índole tecnológica.
- Elaborar la planificación detallada de un proyecto.
- Analizar y evaluar las diferentes fuentes de financiamiento de proyectos. Elaborar la planificación del financiamiento de un proyecto
- Poner en prácticas técnicas para la Identificación y cuantificación de riesgos y su impacto. Elaborar planes de contingencias y prever acciones para la mitigación de riesgos.
- Comprender los aspectos esenciales de las relaciones con terceros.
- Conocer los distintos tipos de organizaciones para la ejecución de proyectos y comprender las relaciones entre sus componentes.
- Definir las bases y mecanismos para el control y seguimiento de proyectos tecnológicos y analizar la información generada por los mismos.

Emplear herramientas de Software para gestión de proyectos.

## Contenidos

### *Unidad 1: Marco Referencial de la Gestión de Proyectos*

Concepto de proyecto. Atributos esenciales. Ciclos de vida de proyectos. Dimensiones y Fases de la Gestión de Proyectos. Integración de los procesos. Guía de Estándares: PMBOK®, IEEE, ECSS y DoD.

### *Unidad 2: Definición de Alcance y Calidad de un proyecto*

Definición de los objetivos del proyecto. Proceso de Especificación de Requerimientos. Definición de producto: características, funciones y performances. Atributos de calidad.

Adopción de Ciclo de Vida de Proyecto. Definición de Tecnología y Procesos. Definición de entregables.

**Unidad 3: Planificación de proyectos**

Proceso de planificación de proyectos. Conceptos básicos. Estructura de División de Trabajo (EDT). Definición de Actividades. Matriz de responsabilidades. Determinación de recursos y orígenes. Estimación de duraciones de Actividades. Definición de la Estructura de Costeo (EDC). Estimación de Costos de Actividades. Programación de Actividades: diagramas de barras (Gantt); diagramas de redes: Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT). Presupuesto del proyecto.

**Unidad 4: Financiamiento y Análisis Financiero de proyectos**

Fuentes de financiamiento de proyectos. Tasa de Interés. Costos de las fuentes de financiamiento. Sistemas de amortización de deudas. Conformación de la Tasa Atractiva de Rentabilidad. Evaluación de las fuentes de financiamiento. Retorno de la Inversión. Planificación de Pagos. El leasing. El Fideicomiso. Influencia y ajuste de la planificación de un proyecto.

**Unidad 5: Gestión de los Riesgos**

Identificación de riesgos. Tipos de riesgos. Valoración cuantitativa y categorización de riesgos: estudio de probabilidad de ocurrencia, exposición e impacto. Estrategias de reducción de riesgos. Estrategias de manejo de los riesgos. Supervisión de riesgos.

**Unidad 6: Relaciones con Terceros**

Tercerización (Outsourcing). Administración de las adquisiciones. Contratos: tipos, estructuras, condiciones y restricciones. Estrategias de contratación.

**Unidad 7: Organización y Dirección**

Organización del proyecto. Tipos de organizaciones. Sistema de comunicación. Gestión de la documentación.

Conformación de equipos de trabajos. Definición de roles. Liderazgo y conducción. Toma de decisiones en equipo.

**Unidad 8: Seguimiento y Control de proyectos**

Control de proyectos. Conceptos generales. Control basado en costos acumulados. Indicadores empleados para representar el estado de un proyecto. Aseguramiento de calidad. Control de calidad. Control de Configuración. Validación, Homologación y Certificación. Puesta en marcha del proyecto. Conclusión del proyecto

## Bibliografía

### Básica:

Administración Exitosa de Proyectos, (2007) .GIDO Jack y CLEMENTS, JamesThomson International, Tercera Edición, USA,

KERZNER, Harold: Using the Project Management Maturity Model: Strategic Planning for Project Management. John Wiley and Son, USA, 2005. ISBN 0-471-69161-5

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI): Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®), Tercera Edición, PMI, USA, 2004.

### Complementaria:

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION: Space Project Managemen, ECSS, Noordwijk, Países Bajos, 2003.

MILES Dixon: APM Body of Knowledge, 2000 Association for Project Management, Cuarta Edición; UK;. <http://www.apm.org.uk>.

KERZNER, Harold: Project Management. A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling. Sexta Edición. Van Nostrand Reinhold. Nueva York, 1997. ISBN 978-0-470-27870-3

WIESS, Joseph y WYSOCKI, Robert: Dirección de proyectos: Las cinco fases de su desarrollo. Addison y Wesley Iberoamericana, USA, 1994. ISBN 0-201-56316-9

### Carga Horaria

60 horas de dictado.

### **Criterios de aprobación**

- o Asistencia al 80% de las clases.
- o Aprobación de los Trabajos Prácticos obligatorios.
- o Aprobación de examen final escrito



## **EJES TEMÁTICOS INDICATIVOS DEL TRABAJO DE TESIS**

El tema será elegido por el cursante y su director y presentado ante la Comisión de manera que alineamiento temático y marco de requerimientos de infraestructura se satisfagan.

Se deja explícita constancia que el trabajo puede ser el resultante de un esfuerzo de pasantía (dentro o fuera de marcos de acuerdo de la FAMAF y del IUA).



CUDAP: EXP-UNC: 0048084./2009.-

ORDENANZA HCD N° 07/09

VISTO

La propuesta de creación de la carrera de posgrado Maestría en “Sistemas de Radar e Instrumentación”, presentada por el Dr. Giorgio M. Caranti de esta Facultad en conjunto con la Facultad de Ingeniería del Instituto Universitario Aeronáutico; y

CONSIDERANDO

Que existe interés estratégico y económico en el conocimiento de la tecnología de Radar en el país;

Que a nivel nacional la formación de recursos humanos especializados en tecnología de Radar constituye un área de vacancia;

Que la Maestría se realizará en forma conjunta con la Facultad de Ingeniería del Instituto Universitario Aeronáutico ;

Que las dependencias universitarias involucradas se encuentran en una posición favorable para llevar adelante la Maestría propuesta en virtud de sus respectivas trayectorias y saberes específicos;

Que el proyecto se encuadra dentro del convenio marco existente entre la Universidad Nacional de Córdoba y el Instituto Universitario Aeronáutico;

Que la empresa tecnológica INVAP ha manifestado su interés en el proyecto;

Que el Consejo del Departamento de Posgrado de la Facultad ha dado su acuerdo al presente proyecto;

EL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DE LA  
FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA  
O R D E N A:

ARTICULO 1º: Crear la carrera de posgrado Maestría en “Sistemas de Radar e Instrumentación” en el ámbito de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba, cuyo reglamento y plan de estudios forman parte de la presente como Anexos I y II respectivamente. Esta Carrera se realizará en forma conjunta con el Instituto Aeronáutico Universitario.

ARTICULO 2º : Comuníquese al Instituto Aeronáutico Universitario para su conocimiento.

ARTICULO 3º: Elévese al Honorable Consejo Superior para su aprobación. Comuníquese y archívese.

DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA A CATORCE DÍAS DEL MES DE DICIEMBRE DE DOS MIL NUEVE.

ms.

Dr. WALTER N. DAL LAGO  
Secretario General Fa.M.A.F.

Dra. ESTHER GALINA  
VICE DECANA  
Fa.M.A.F.