



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

EXPTE-UNC: 0056494/2016

CÓRDOBA, 21 MAR 2017

VISTO:

El presente expediente por el cual la Dra. Walkiria SCHULZ, solicita la aprobación de un Curso de Posgrado, como válido para la Carrera del Doctorado en CIENCIAS DE LA INGENIERÍA; y

CONSIDERANDO:

Que la disertante Dra. Walkiria SCHULZ, cumple con los requisitos exigidos en el Reglamento de la Carrera del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería;

Que cuenta con el aval de la Comisión de Admisión y Tesis de la Carrera del Doctorado en CIENCIAS DE LA INGENIERÍA;

Que cuenta con el aval de la Escuela de Cuarto Nivel y de la Secretaría Académica Investigación y Posgrado Área Ingeniería;

La autorización conferida por el H. Consejo Directivo, Texto Ordenado Resolución N° 1099-T-2009;

EL DECANO DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

RESUELVE:

Art. 1º.- Autorizar el dictado del Curso de Posgrado titulado: "SIMULADORES DE VEHÍCULOS AEROESPACIALES", de 60 (sesenta) horas de duración, con evaluación final y no se cobrarán aranceles.

Art. 2º.- Designar como disertante a la Dra. Walkiria SCHULZ.

Art. 3º.- Designar como Tribunal Examinador a:

- Dra. Walkiria SCHULZ.
- Dra. Andrea COSTA.
- Dr. Sergio ELASKAR.

Art. 4º.- Otorgar a este Curso validez para la Carrera del Doctorado en CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, asignándole un valor de 3 (tres) créditos.

Av. Vélez Sársfield 1600  
5016 CORDOBA – República Argentina



Teléfono: (0351) 4334139/4334140  
Fax: (0351) 4334139



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

EXPTE-UNC: 0056494/2016

Art. 5º.- Aprobar los Programas Sintético y Analítico del Curso obrante en el ANEXO I de la presente Resolución.

Art. 6º.- Designar como Responsable Académico al Dr. Sergio ELASKAR.

Art. 7º.- Deberá cumplimentarse lo establecido por la Ordenanza 4-HCS-95 y su modificatoria y la Resolución 307-HCD-96.

Art. 8º.- El Responsables Académicos elevarán dentro de los treinta días de finalizado el Curso, el Informe Académico correspondiente.

Art. 9º.- Dese al Registro de Resoluciones, comuníquese a la Escuela de Cuarto Nivel, al Área de Apoyo Administrativo a la Función Docente y gírense las presentes actuaciones a la Secretaría Académica de Investigación y Posgrado Área Ingeniería.



Mgter. Ing. PABLO G. RECABARREN  
DECANO  
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
Universidad Nacional de Córdoba

RESOLUCIÓN Nº 208

ABREVIADO
AREA ADMINISTRATIVA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

ANEXO I DE LA RESOLUCION DECANAL N° 208

PLANILLA RESUMEN PARA SOLICITUD DE AUTORIZACION DE  
ACTIVIDADES EXTRA-CURRICULARES (CURSOS, SEMINARIOS, ETC.)

DENOMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD: **Simuladores de Vehículos Aeroespaciales**

COMISIÓN O UNIDAD ACADÉMICA ORGANIZADORA:  
**DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

RESPONSABLE ACADÉMICO Y ADMINISTRADOR DE LOS FONDOS PROPUESTO:  
**- Dr. Sergio Elaskar**

NOMBRE Y APELLIDO DE LOS DISERTANTES:  
**- Dra. Walkiria Schulz**

DESTINATARIOS DE LA ACTIVIDAD: **ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE  
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

FECHA O PERIODO PROBABLE DE REALIZACIÓN: **entre marzo y junio de 2017**

DURACIÓN EN HORAS DE LA ACTIVIDAD: **60 HS.**

EVALUACION FINAL: **SI**

PROPUESTA DE TRIBUNAL EXAMINADOR  
**- Dra. Walkiria Schulz**  
**- Dra. Andrea Costa**  
**- Dr. Sergio Elaskar**

MONTO DE ARANCELES: **\$ 0**

UNIDAD EJECUTORA:  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FISICAS Y NATURALES - UNC**



*[Handwritten signature]*



Asignatura: **Simuladores de Vehículos Aeroespaciales**

Profesor Responsable: **Dra. Walkiria Schulz**

### Objetivos Generales

- Analizar y representar modelos de dinámica orbital y simulaciones computacionales para vehículos aeroespaciales: teoría y aplicación.
- Implementar modelos con tres grados de libertad (dinámica de posición) para simulación de la trayectoria espacial de aeronaves hipersónicas, cohetes y satélites de única etapa. Adicionar dos grados de libertad para modelar la actitud de sistemas de control con un eje de simetría. Finalmente realizar simulaciones dinámicas de posición y actitud con seis grados de libertad en tiempo real.

### Metodología

El curso se dictará con una clase semanal de 4 horas correspondiendo a un total de 60 horas. Cada clase constará de una parte teórica, y una parte práctica ilustrativa. Ambas partes son de modalidad interactiva, en la que el docente va guiando los desarrollos, pero con la idea de que los alumnos participen del mismo con preguntas.

En la parte teórica, el docente presentará los temas detallados a continuación, principalmente basado en enfoques matemáticos apropiados para abordar los problemas en cuestión. La parte práctica ilustrativa estará dedicada a la aplicación de los conceptos teóricos desarrollados anteriormente. Ambas partes están orientadas a proveer a los alumnos con herramientas para poder completar los trabajos prácticos correspondientes, los cuales son una parte fundamental del curso.

La evaluación del alumno estará dada por una combinación de los resultados obtenidos en los trabajos prácticos, en conjunción con una evaluación final individual (con nota igual o superior a 7). Los trabajos prácticos requerirán del alumno cierta capacidad de programación en algún lenguaje de su preferencia (con acceso a dicho lenguaje), básicamente para simulaciones de sistemas dinámicos.

### Programa

#### **Unidad 1: Introducción y conceptos matemáticos básicos para modelaje**

Elementos básicos de Mecánica Clásica. Tensores. Sistemas de coordenadas. Modelos geométricos. Proyección en un plano y reflexión de un tensor.

#### **Unidad 2: Ejes y sistemas de coordenadas**

Sistemas de ejes Heliocéntricos, Geocéntricos y centrados en el cuerpo. Sistemas de coordenadas y transformaciones.





**Unidad 3: Cinemática de traslación y de rotación**

Tensor de rotación. Cinemática variante en el tiempo. Determinación de actitud. Ángulos de Euler. Cuaterniones.

**Unidad 4: Dinámica de traslación**

Momento lineal. Dinámica Newtoniana. Implementación de simulaciones (3D, 5D y 6D).

**Unidad 5: Dinámica de actitud**

Tensor de inercia. Momento angular. Ley de Euler. Girodinámica.

**Unidad 6: Perturbaciones**

Ecuaciones de momento lineal y angular. Fuerzas y momentos aerodinámicos. Dinámica de actuadores. Vuelo estacionario e inestacionario. Ecuaciones de perturbaciones sobre misiles.

**Unidad 7: Simulaciones con tres grados de libertad**

Ecuaciones de movimiento. Modelos de subsistemas. Atmósfera. Gravedad. Fuerzas aerodinámicas (*drag polar*). Propulsión. Ejemplos: simulación de vehículos hipersónicos; simulación de cohetes de tres etapas.

**Unidad 8: Simulaciones con cinco grados de libertad**

Ecuaciones de movimiento con pseudo-cinco grados de libertad. Tierra esférica y con rotación. Tierra plana. Modelos de subsistemas. Aerodinámica balanceada (*trimmed*). Propulsión. Piloto automático. Sensores. Ejemplos: simulación de misil de interceptación; simulación de misil aire-aire de corto alcance; simulación de misil crucero.

**Unidad 9: Simulaciones con seis grados de libertad**

Ecuaciones de movimiento para vuelos adentro de la atmósfera con cuaterniones. Ecuaciones de movimiento para vuelos hipersónicos y vehículos en órbita. Modelos de subsistemas aerodinámicos. Piloto automático. Actuadores. Análisis de errores.

**Unidad 10: Aplicaciones en tiempo real**

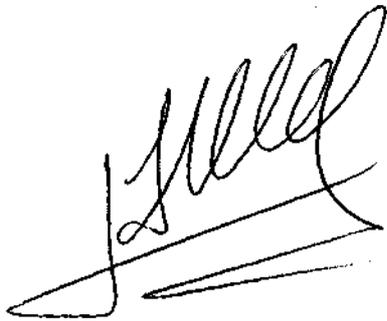
Simuladores de vuelo.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**  
**Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**  
**INSTITUTO UNIVERSITARIO AERONÁUTICO**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Maestría en Ciencias de la Ingeniería – Mención Aeroespacial**

**Bibliografía**

- Zipfel, P. H., Modeling and Simulation of Aerospace Vehicle Dynamics, 2000.
- Curtis, Orbital Mechanics for Engineering Students, 2009.
- Montenbruck and Gill, Satellite Orbits – Models, Methods, Applications, 2000.
- Roy and Clarke, Astronomy – Principles and Practice, 1994.
- Taff, L.G. Celestial Mechanics – A Computational Guide for the Practitioner, 1985.
- Beutler, G. Methods of Celestial Mechanics, 2005.
- Danby, J.M.A. Fundamentals of Celestial Mechanics, 1992.
- Brown, Spacecraft Mission Design, 1992.
- Chobotov, Orbital Mechanics, 1991.
- Brouwer and Clemence, Methods of Celestial Mechanics, 1961.
- Murray and Dermott, Solar System Dynamics, 1999.
- Bate, Mueller and White, Fundamentals of Astrodynamics, 1971.



Mgter. Ing. PABLO G. RECABARREN  
DECANO  
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales  
Universidad Nacional de Córdoba