

DENOMINACIÓN

SISTEMAS AEROESPACIALES DISTRIBUÍDOS

FUNDAMENTACIÓN

Esta asignatura corresponde al campo de las tecnologías aplicadas en el área espacial, estando presente en los trayectos en dinámica aeroespacial y en aplicaciones aeroespaciales. Presenta como lineamientos generales complementar la formación del maestrando en el campo de Guiado, Navegación y Control (GNC) de la astronáutica moderna, y capacitarlo para la resolución de problemas en dicha área inherentes a satélites artificiales y sistemas aeroespaciales autónomos. La demanda de personal calificado se incrementa permanentemente debido al crecimiento de la actividad espacial año a año situación que obliga a poner énfasis en la formación de los profesionales necesarios para atenderla.

La mayor complejidad de la dinámica de objetos espaciales como así también la de los sistemas que los componen requieren una formación cada vez más específica y especializada siendo las casas de altos estudios las mejor preparadas para asumir la responsabilidad de la enseñanza y dominio del conocimiento necesario para mantener los altos niveles de seguridad exigidos para la actividad espacial.

OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

- Resolver problemas de guiado, navegación y control (GNC) de satélites artificiales y sistemas aeroespaciales autónomos.
- Conocer los problemas más relevantes de GNC aplicados a sistemas autónomos compuestos por múltiples satélites o multi-copters en coordinación.
- Adquirir un nivel formativo que facilite la incorporación del profesional a grupos de trabajo dedicados a la investigación y a la aplicación industrial en áreas de la especialidad.

CONTENIDOS

Unidad 1: Repaso del Problema de 2 Cuerpos

Ecuaciones de movimiento, solución sin perturbaciones, elementos orbitales, modelos de perturbaciones y sus efectos, armónicas esféricas, drag, presión de radiación solar, atracción luni-solar, ecuaciones planetarias de Lagrange, ecuaciones variacionales de Gauss, elementos orbitales osculantes y medios, singularidades en elementos orbitales clásicos, elementos equinociales, perturbaciones específicas de satélites geoestacionarios, maniobras, típicas de corrección de órbitas, Two Line Elements, propagación de órbitas, ground tracks y características de órbitas típicas (Geoestacionarias, Sun-sincrónica, Ground Track Repetitivo, Molniya, etc.).

Unidad 2: Ecuaciones de Movimiento Relativo entre Satélites Cercanos

Ecuaciones de Clohessy-Wiltshire (CW), utilización de las soluciones analíticas para maniobras basadas en impulsos de velocidad, estrategias de control típicas para control de múltiples satélites para vuelo en formación, o vuelo en cluster - basadas en métodos de control lineal en espacio de estados y actuación continua, limitaciones del modelo, modelos de movimiento relativo, en presencia de excentricidad, modelos de movimiento relativo con J2, considerando el método de esferas unitarias, presentación de misiones reales de formación o cluster, y dificultades de implementación en casos reales.

Unidad 3: Formulaciones de Control No Lineal para Control Orbital de Satélites

Control de elementos orbitales con formulaciones de Lyapunov, control de elementos orbitales medios vs. control de elementos orbitales osculantes, guiados o controladores por el método de sliding mode.

Unidad 4: Formulaciones de Control No Lineal para Control de Actitud

Formulaciones basadas en Lyapunov con ruedas de reacción, formulaciones basadas en Lyapunov para detumbling, derivación de leyes de guiado para apuntamiento.

Unidad 5: Estrategias para Lograr Movimiento Coordinado

Station Tracking, Leader/Follower, Virtual Structure, MIMO, Artificial Potentials / Nash Equilibriums, Mass-Spring-Damper, Consensus Protocols.

Unidad 6: Determinación de Órbita y Actitud

Repaso de probabilidad (variables y procesos estocásticos), sensores para determinación de órbita y actitud, problema de wahba, parametrización de actitud y relaciones cinemáticas, estimador de cuadrados mínimos para problemas lineales, método Batch, método secuencial, adaptación a problemas no lineales, Filtro de Kalman, Extensión a problemas no lineales – Filtro de Kalman Extendido, Filtro de Kalman Unscented, aplicaciones y ejemplos. Principios de navegación inercial.

Unidad 7: Dinámica de Multicopters

Ecuaciones de movimiento, análisis dinámico (equilibrio, estabilidad), sensores, controladores para diferentes modos de vuelo, detección y evasión de obstáculos.

Unidad 8: Esquemas de coordinación para múltiples multicopters en cooperación

Ejemplo de esquema centralizado y ejemplo de esquema descentralizado. Ventajas y desventajas.

ACTIVIDADES PRÁCTICAS

Las actividades prácticas previstas para esta asignatura están dirigidas fundamentalmente al desarrollo de proyectos relacionados a la temática del curso. Se prevé que el docente introduzca cada una de las actividades en clase, promoviendo la participación de los maestrandos, para que luego éstos desarrollen el trabajo en forma particular (no presencial). Los proyectos requerirán del alumno cierta capacidad de programación en algún lenguaje de su preferencia (con acceso a dicho lenguaje), básicamente para simulaciones de sistemas dinámicos.

METODOLOGÍA

La metodología de enseñanza para esta asignatura se plantea en el marco del dictado de clases teórico/prácticas.

El sistema de enseñanza es de carácter teórico-práctico, con preeminencia del método deductivo (de lo general a lo particular) al tratar la faz teórica de los temas listados en los contenidos. En la medida de lo posible, siempre se intentará lograr que las clases por su contenido y modalidad de dictado estimulen la participación de los maestrandos.

Para desarrollar la habilidad de modelar y solucionar problemas, los maestrandos podrán disponer de un conjunto de ellos, entre los cuales se incluyen los problemas "tipo" que serán resueltos en clase bajo la tutela del profesor y discutidos entre los pares.

La parte teórica de las clases tiene carácter expositivo, donde el docente presenta las definiciones, conceptos y formulaciones matemáticas. La parte práctica presenta una mayor interacción, debido a que se aplica un formato de exposición dialogada, guiando a los alumnos a realizar análisis deductivos para poder hallar las soluciones a los problemas planteados, usando los conceptos desarrollados en la parte teórica. Se destaca que las clases no están formalmente divididas en teóricas y prácticas si no que, según el tema, se produce una combinación de ambos tipos.

La estructura de dictado de la asignatura consiste en una clase semanal. Además, los docentes establecen un horario de consulta por fuera del horario de clases formal, el cual tiene una extensión adecuada en función de la cantidad de maestrandos inscriptos en la asignatura.

El docente explicará a los maestrandos cómo el contenido de los temas de la presente asignatura se relaciona con los conocimientos impartidos en las demás asignaturas de su plan de estudios de manera de articular las nuevas capacidades a las ya adquiridas. Se busca con esto formar una conciencia aeroespacial en el profesional dotando al mismo de la capacidad para interpretar la fenomenología propia de la actividad.

El análisis teórico-práctico de las ecuaciones de movimiento orbital de sistemas aeroespaciales distribuidos realizado a través de resolución de ejercicios, análisis de proyectos de simuladores y estudios de trabajos científicos publicados posibilitará que el maestrando se familiarice en técnicas de diseño, control y proyecto de naves y misiones propias de las competencias del ingeniero aeroespacial. Así, se espera que la metodología aplicada desarrolle en el maestrando las competencias para:

- Resolver problemas de guiado, navegación y control de satélites artificiales y sistemas aeroespaciales autónomos.
 - Describir las características físicas fundamentales de la dinámica de sistemas aeroespaciales autónomos.
 - Conocer e interpretar las ecuaciones de movimiento de esos sistemas reconociendo las limitaciones de las hipótesis simplificativas aplicadas.
- Diseñar y proyectar los principales parámetros de diseño de trayectorias y control de sistemas espaciales autónomos que vuelan en formación.
- Diseñar y proyectar la realización del sistema de navegación, guiado y control de vehículos espaciales autónomos y que vuelan en formación.
 - Plantear hipótesis válidas con la física del problema que se busca la solución.
- Adquirir un nivel formativo que facilite la incorporación a grupos de trabajo dedicados a la investigación y a la aplicación industrial en áreas de la especialidad.
 - Elaborar y presentar correctamente, trabajando en grupo, una exposición sobre temas de ingeniería aeroespacial directamente relacionados con la asignatura.
 - Desarrollar análisis crítico y criterio analítico sobre planteo y solución de problemas relacionados con la dinámica de vehículos espaciales.

Además, su busca que el maestrando adquiera competencias de carácter por un lado actitudinal, como el cumplimiento de responsabilidades y obligaciones y tener participación activa en las actividades prácticas, y por otro aptitudinal, como la identificación de problemas y la organización del tiempo y tareas.

EVALUACIÓN

Las condiciones para la promoción de la asignatura son:

- Presentar y aprobar con nota no inferior a siete (7) en una escala de cero (0) a diez (10) cada uno de los proyectos que se exijan durante el desarrollo de los trabajos prácticos grupales.

Los maestrandos que cumplan con el 50% de las exigencias referidas a los proyectos serán considerados regulares. Los demás estarán libres.

La nota final corresponderá al promedio ponderado de los exámenes parciales y de los proyectos.

CARGA HORARIA

Modalidad	Carga Teórica	Carga Práctica	TOTAL
Presencial	45	15	60
A distancia	-	-	-
TOTAL	45	15	60

BIBLIOGRAFÍA

Alfriend, K. T. et al., 2009, "Spacecraft formation flying: dynamics, control and navigation", Butterworth-Heinemann.

Crassidis, J. L., Junkins, J. L., 2011 "Optimal Estimation of Dynamic Systems", CRC press.
Schaub, H., Junkins, J. L., 2003, "Analytical Mechanics of Space Systems", AIAA.
Vallado, Fundamentals of Astrodynamics and Applications, 2013.