

**ANX-PR/CL/001-01**  
**GUÍA DE APRENDIZAJE**

**ASIGNATURA**

Integración de sistemas ins gnss aplicados a la fotogrametría gestión de datos  
en tiempo real

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2016-17 - Primer semestre

## Datos Descriptivos

---

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Integración de sistemas ins gnss aplicados a la fotogrametría gestión de datos en tiempo real
<b>Titulación</b>	12AC - Master Universitario en Ingeniería Geodesica y Cartografía
<b>Centro responsable de la titulación</b>	E.T.S.I en Topografía, Geodesia y Cartografía
<b>Semestre/s de impartición</b>	Primer semestre
<b>Módulos</b>	Modulo 2 especialidad a
<b>Materias</b>	Fotogrametría y teledetección
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Código UPM</b>	123000620
<b>Nombre en inglés</b>	Systems integration ins gnss applied to photogrammetry. data management in real time

## Datos Generales

---

<b>Créditos</b>	4	<b>Curso</b>	1
<b>Curso Académico</b>	2016-17	<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano	<b>Otros idiomas de impartición</b>	

## Requisitos Previos Obligatorios

---

### Asignaturas Previas Requeridas

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería Geodesica y Cartografía no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

### Otros Requisitos

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería Geodesica y Cartografía no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

## Conocimientos Previos

---

### Asignaturas Previas Recomendadas

El coordinador de la asignatura no ha definido asignaturas previas recomendadas.

### Otros Conocimientos Previos Recomendados

Sistemas y marcos de referencia terrestre. Sistemas de coordenadas

Fotogrametría analítica y digital



CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

E.T.S.I en Topografía, Geodesia y Cartografía

### PROCESO DE COORDINACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS

ANX-PR/CL/001-01: GUÍA DE APRENDIZAJE



Código PR/CL/001

Fundamentos de sistemas GNSS

## Competencias

---

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
- CE14 - Proyectar, elaborar y dirigir proyectos donde se contemple la gestión geomática para la actividad de tipo espacial y colaborar eficazmente en equipos multidisciplinares
- CE2 - Dominio, capacidad de razonamiento y aplicación práctica de conocimientos avanzados en temas de Geodesia y Geofísica, Fotogrametría y Teledetección y Topografía y Cartografía
- CT3 - Creatividad
- CT9 - Capacidad en la toma de decisiones en condiciones desfavorables. Resolución de problemas

## Resultados de Aprendizaje

---

- RA248 - Integrar el sistema de navegación inercial en los sistemas de coordenadas de referencia terrestre y de navegación
- RA251 - Conocer y aplicar la integración INS/GNSS en la obtención de la orientación externa directa de los sensores para el caso fotogramétrico
- RA247 - Interpretar las ecuaciones del movimiento lineal en el sistema inercial, terrestre y navegación
- RA249 - Conocer la propagación de errores en los sistemas inerciales, terrestre y navegación usando modelos lineales
- RA250 - Aplicar el algoritmo del filtro Kalman para el problema del GPS con ayuda del sistema de navegación inercial
- RA246 - Conocer los sistemas de coordenadas de referencia y transformaciones entre ellos. Aplicar los modelos de la matriz de rotación aplicando DCM, ángulos de Euler y cuaterniones
- RA245 - Identificar la diferencia entre los modelos dinámicos y cinemáticos e identificación de los observables para el modelo cinemático

## Profesorado

---

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Miguelsanz Muñoz, Pedro	-133C	pedro.miguelsanz@upm.es	
Aguirre De Mata, Julian ( <b>Coordinador/a</b> )		julian.aguirre@upm.es	

**Nota.-** Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## Descripción de la Asignatura

---

El siguiente programa expone los principios de la navegación inercial y su integración con el GPS como un hito importante en el campo de la fotogrametría, especialmente en los trabajos de planificación, procedimiento de navegación, orientación externa de los sensores y ayuda en los procesos de orientación y producción de bases cartográficas.

La asignatura comienza con un repaso sobre el sistema y marco de referencia terrestre que permite asignar coordenadas a puntos sobre la superficie terrestre. Son utilizados en geodesia, navegación, cartografía, y sistemas globales de navegación por satélite para la correcta georreferenciación de elementos en la superficie terrestre.

En el tema nº 2 se aborda los sistemas de navegación GNSS y cálculo de trayectorias de los sensores aerotransportados para seguidamente introducirnos en el tema nº 3 en los principios de navegación inercial. En el tema nº 4 descendemos a los modelos de error en el INS y el tema nº 5 nos permite integrar los datos INS/GNSS a través de los filtros Kalman para poder identificar el estado del sistema dinámico lineal.

Por último en el tema nº 6 se procede a la aplicación fundamentalmente práctica en la determinación de la orientación externa directa y por técnicas de triangulación aérea utilizando la información proporcionada por estos sensores. Se incluye como resultado un estudio comparativo de las diferentes técnicas para la obtención de la orientación externa de los sensores.

## Temario

---

1. Tema 1: Sistemas de coordenadas y transformaciones
  - 1.1. T1\_1: Definición de los sistemas de coordenadas
  - 1.2. T1\_2: Transformación de coordenadas
2. Tema 2: Sistema de navegación GNSS
  - 2.1. T2\_1: Fundamentos básicos del sistema GNSS
  - 2.2. T2\_2: Estructura del sistema GLONASS, GPS y GALILEO
  - 2.3. T2\_3: Sistemas de Medida en GNSS
  - 2.4. T2\_4: Metodologías de procesamientos de datos GNSS en el cálculo de trayectorias de sensores aerotransportados
3. Tema 3: Principios de la Navegación Inercial
  - 3.1. T3\_1: Unidad de Medida Inercial (IMU)
  - 3.2. T3\_2: Sistema de Navegación Inercial (INS)
4. Tema 4: Modelos de error en un INS
  - 4.1. T4\_1: Modelo de error dinámico
  - 4.2. T4\_2: Modelo de error estocástico
5. Tema 5: Integración INS/GPS-GLONASS
  - 5.1. T5\_1: Filtros Kalman
  - 5.2. T5\_2: Modos de integración
  - 5.3. T5\_3: Integración descentralizada
  - 5.4. T5\_4: Integración centralizada

6. Tema 6: Aplicación práctica en la orientación externa de sensores

- 6.1. T6\_1: Orientación externa indirecta (OEI)
- 6.2. T6\_2: Orientación externa directa (OED)
- 6.3. T6\_3: Estudio comparativo OEI vs OED
- 6.4. T6\_4: Metodología de trabajo con los sistemas INS/GNSS

## Cronograma

**Horas totales:** 48 horas

**Horas presenciales:** 48 horas (46.2%)

**Peso total de actividades de evaluación continua:**  
100%

**Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:**  
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	<b>1.1. Definición de los sistemas de coordenadas</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 2	<b>1.2. Transformación de coordenadas</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 3	<b>2.1. Fundamentos básicos del sistema GNSS</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 4	<b>2.2. Estructura del sistema Glonass, GPS y GALILEO</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 5	<b>2.3. Sistemas de medida en GNSS</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 6	<b>2.4. Metodologías de procesamiento de datos GNSS en el cálculo de trayectorias de sensores aerotransportados</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 7	<b>3.1. Unidad de Medida Inercial</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Prueba evaluación continua</b> Duración: 02:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial
Semana 8	<b>3.2. Sistema de Navegación Inercial (INS)</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 9	<b>4. Modelos de error</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 10	<b>5.1 Filtros Kalman</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Resolución de ejercicios prácticos sobre Filtros Kalman</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		

Semana 11	<b>5.1 Filtros Kalman</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Resolución de ejercicios prácticos sobre Filtros Kalman</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		
Semana 12	<b>6. Aplicación práctica de la OE de sensores</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
Semana 13		<b>6. Aplicación práctica de la OE de sensores</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
Semana 14		<b>6. Aplicación práctica de la OE de sensores</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
Semana 15		<b>6. Aplicación práctica de la OE de sensores</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
Semana 16		<b>6. Aplicación práctica de la OE de sensores</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Prueba evaluación continua</b> Duración: 02:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial
Semana 17				<b>Examen final</b> Duración: 03:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Actividad presencial

**Nota.-** El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

**Nota 2.-** Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.

## Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
7	Prueba evaluación continua	02:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	30%	5 / 10	CB9, CT3, CT9, CB7, CE2, CE14, CB6
16	Prueba evaluación continua	02:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	70%	5 / 10	CB9, CT3, CT9, CB7, CE2, CE14, CB6
17	Examen final	03:00	Evaluación sólo prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	100%	5 / 10	CB9, CT3, CT9, CB7, CE2, CE14, CB6

## Criterios de Evaluación

Realización de pruebas de conocimientos de contenidos de respuestas largas y/o breves, durante el curso y al final (evaluación extraordinaria) del mismo.

Realización de ejercicios prácticos con programa informático al finalizar las unidades didácticas que conlleven desarrollo de problemas o práctico.

Presentación de ejercicios propuestos como trabajo autónomo del alumno.

Todas las actividades evaluables especificadas en la tabla del apartado anterior (evaluación sumativa) son de carácter obligatorio. La nota de la asignatura se calcula según los pesos fijados en dicha tabla. Se considera superada la asignatura con una nota mayor o igual a 5 sobre 10.

Las fechas de publicación de notas y revisión se notificará en el momento de la correspondiente prueba. Se realizarán pruebas objetivas y entregas de ejercicio. Las fechas y turnos concretos para la realización de los ejercicios con software específico, se publicarán en el aula virtual o en la página web del grupo, en caso de existir.

## Recursos Didácticos

Descripción	Tipo	Observaciones
Christopher Jekeli: Inertial Navigation Systems with Geodetic Applications, (2001)	Bibliografía	
Oleg Salychev: Inertial Systems in Navigation and Geophysics, (1998)	Bibliografía	
Mohinder S. Grewal, Lawrence R. Weill, Angus P. Andrews: Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration (2001)	Bibliografía	
Jay Farrell, Matthew Barth: The Global Positioning System & Inertial navigation, (1998)	Bibliografía	
Jie Shan, Charles K. Toth: Topographic Laser Ranging and Scanning, (2009)	Bibliografía	
Rainer Sandau: Digital Airborne Camera, (2010)	Bibliografía	
Fathi Y. Dwaik: INS, GPS, and Photogrammetry Integration for Vector Gravimetry Estimation, (1998)	Bibliografía	
Wolf P.R., Dewitt B.A.: Elements of Photogrammetry with Applications in GIS, (2000)	Bibliografía	
Karl Kraus: Photogrammetry (Volumen I, II), (1993)	Bibliografía	
Edward M. Mikhail, James S. Bethel, J. Chris McGlone: Introduction to Modern Photogrammetry, (2001)	Bibliografía	
"Sociedad Española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección (Contiene numerosos enlaces a otras páginas de interés) <a href="http://www.secft.org/secft,15,9,enlaces.html">http://www.secft.org/secft,15,9,enlaces.html</a> "	Recursos web	
<a href="http://www.secft.org/secft,15,9,enlaces.html">http://www.secft.org/secft,15,9,enlaces.html</a>	Recursos web	
<a href="http://aero.us.es/principal/docencia.html">http://aero.us.es/principal/docencia.html</a>	Recursos web	
<a href="http://www.gps.gov/">http://www.gps.gov/</a>	Recursos web	
<a href="http://www.euclideanspace.com/maths/geometry/rotations/conversions/eulerToQuaternion/index.htm">http://www.euclideanspace.com/maths/geometry/rotations/conversions/eulerToQuaternion/index.htm</a>	Recursos web	
<a href="http://www.euclideanspace.com/maths/geometry/rotations/conversions/matrixToQuaternion/program/index.htm">http://www.euclideanspace.com/maths/geometry/rotations/conversions/matrixToQuaternion/program/index.htm</a>	Recursos web	
Laboratorio con ordenadores	Equipamiento	
Software: LPS, DIGI3D, GPRO, etc.	Equipamiento	
Aula con ordenador para el profesor y pantalla de proyección	Equipamiento	