



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



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

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

125005304 - Redes Fotogramétricas

PLAN DE ESTUDIOS

12GT - Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	5
6. Cronograma.....	11
7. Actividades y criterios de evaluación.....	13
8. Recursos didácticos.....	14
9. Otra información.....	15

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	125005304 - Redes Fotogrametricas
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Tercero curso
Semestre	Quinto semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	12GT - Grado en Ingenieria Geomatica y Topografia
Centro responsable de la titulación	12 - E.T.S.I en Topografía, Geodesia y Cartografía
Curso académico	2020-21

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Julian Aguirre De Mata (Coordinador/a)	044	julian.aguirre@upm.es	M - 11:30 - 14:30 X - 09:30 - 11:30 V - 10:30 - 11:30
Serafin Lopez-Cuervo Medina	433	s.lopezc@upm.es	L - 15:30 - 20:30 M - 18:30 - 20:30 J - 19:30 - 20:30

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

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Modelos Matemáticos En Fotogrametría Analítica

-

- Ajuste De Observaciones

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería Geomática y Topografía no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CFB1 - Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.

CFB3 - Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

CFB4 - Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador.

CG 1 - Capacidad de análisis, síntesis y selección de la información para aprendizaje autónomo.

CG 13 - Adaptación a nuevas situaciones.

CG 2 - Capacidad de organización y planificación.

CG 3 - Conocimiento y habilidad en el uso de las tecnologías de la información y comunicación.

CG 4 - Capacidad de comunicación a través de la palabra y de la imagen.

CG 5 - Utilización de la lengua inglesa.

CG 6 - Capacidad en la toma de decisiones en condiciones desfavorables. Resolución de problemas.

CG 7 - Capacidad para trabajar en equipos de carácter interdisciplinar.

CRT10 - Conocimientos y aplicación de los métodos y técnicas geomáticas en los ámbitos de las diferentes ingenierías.

CRT2 - Conocimiento, utilización y aplicación de instrumentos y métodos fotogramétricos adecuados para la realización de cartografía.

CRT3 - Conocimiento, utilización y aplicación de las técnicas de tratamiento. Análisis de datos espaciales. Estudio de modelos aplicados a la ingeniería y arquitectura.

CRT4 - Conocimiento, aplicación y análisis de los procesos de tratamiento de imágenes digitales e información espacial, procedentes de sensores aerotransportados y satélites.

CTE1 - Conocimiento, utilización y aplicación de instrumentos y métodos fotogramétricos y topográficos adecuados para la realización de levantamientos no cartográficos.

CTE7 - Conocimientos y aplicación de métodos de ajuste mínimo cuadráticos en el ámbito de observaciones topogeodésicas, fotogramétricas y cartográficas.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA126 - Distinguir y aplicar los procesos de interpretación visual en Fotogrametría y Teledetección.

RA124 - Identificar los componentes de un sensor y el proceso de formación de la imagen así como los modelos geométricos aplicables.

RA120 - Diseñar y aplicar el modelo estocástico adecuado a cada ajuste fotogramétrico.

RA389 - Conocer y saber aplicar las técnicas de correspondencia de imágenes

RA123 - Conocer el ámbito de aplicación de las materias de Fotogrametría y Teledetección.

RA125 - Conocer y saber aplicar las técnicas básicas de tratamiento de imágenes.

RA261 - Conocer las principales características de los modelos digitales del terreno y su aplicabilidad en Fotogrametría

RA499 - Conocer y saber integrar en el cálculo la información procedente de sistemas de posicionamiento espacial (GPS) e inercial en una triangulación aérea principales características de los modelos digitales del terreno y su aplicabilidad en Fotogrametría

RA26 - Diseñar y construir redes fotogramétricas capaces de proporcionar coordenadas de alta precisión en aplicaciones de ingeniería.

RA36 - Conocer las técnicas de procesado de imágenes.

RA37 - Conocer los procesos de clasificación automática y segmentación de imágenes.

RA22 - Valorar "a priori" y "a posteriori" la exactitud, la precisión y la fiabilidad de una red fotogramétrica.

RA118 - Valorar la calidad de los resultados fotogramétricos.

RA119 - Conocer, construir y aplicar el modelo funcional y el modelo estocástico en las distintas modalidades del ajuste de redes fotogramétricas; libre, ligado y flexible.

RA387 - Conocer y entender los principios y alcance de la triangulación aérea automática digital

RA390 - Conocer los requisitos fotogramétricos para la generación de ortofotografías digitales

RA121 - Identificar los respectivos sensores y las características de sus datos.

RA19 - Plantear la secuencia de operaciones para la orientación analítica completa de un par de fotografías, y

efectuarla con ayuda de programas específicos.

RA27 - Diseñar y aplicar secuencias operativas para la generación de modelos tridimensionales de objetos por métodos fotogramétricos.

RA386 - Discernir y aplicar la metodología de la orientación externa de los sensores directa, indirecta o combinada

RA21 - Diseñar redes fotogramétricas para las distintas finalidades posibles y con los distintos tipos de sensores, incluyendo los puntos de control requeridos.

RA23 - Emplear la simulación como técnica de apoyo en las tareas anteriores.

RA25 - Diseñar y construir redes fotogramétricas capaces de proporcionar los parámetros de orientación interior de la cámara o cámaras utilizadas.

RA29 - Diseñar el método adecuado de producción que permita optimizar los recursos técnicos y humanos.

RA30 - Establecer los correspondientes controles de calidad que garanticen los resultados esperados en el producto final.

RA18 - Elegir el sistema de referencia adecuado para cada fase del proceso fotogramétrico y para la expresión de sus resultados, aplicando las transformaciones necesarias.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

El presente programa expone y ejemplifica el cálculo y ajuste de una triangulación aérea por diversos métodos. La asignatura se divide en tres unidades didácticas y cuyos objetivos son:

- Unidad didáctica nº1.- Fotogrametría digital: Correspondencia de imágenes automática.

La identificación y medida de puntos homólogos en dos o más fotogramas consecutivos es uno de los procesos fundamentales en fotogrametría como es el caso de la triangulación aérea. En fotogrametría analógica o analítica la identificación de puntos se lleva a cabo por el operador; en fotogrametría digital se intenta resolver automáticamente el problema. Se comienza con una introducción, a la que siguen la descripción de los típicos problemas y de las soluciones comunes. A continuación se exponen los métodos de correspondencia, para finalizar con la obtención de las imágenes normalizadas.

- Unidad didáctica nº2.- Redes fotogramétricas.

Esta unidad didáctica se centra en determinar los parámetros de la orientación externa en un bloque de imágenes, así como las coordenadas terreno/objeto de ciertas entidades/puntos espaciales; proceso también conocido como "triangulación aérea".

El primer tema describe el proceso a seguir en la resolución de cualquier triangulación aérea y presenta los datos iniciales que permitirán resolver por diferentes métodos un bloque de imágenes fotográficas. Los dos temas siguientes muestran la metodología de cálculo y ajuste que permite resolver un bloque fotogramétrico. En los tres últimos temas de la unidad se estudia la integración de sistemas de posicionamiento espacial e inercial (GNSS/INS) en las técnicas de triangulación aérea (georreferenciación indirecta, directa y combinación de ambas) y como un hito importante en el campo de la fotogrametría, especialmente en los trabajos de planificación, navegación y optimización de procesos de medición y producción.

- Resolución de ejercicios y prácticas de laboratorio

Todas las unidades didácticas tienen sus correspondientes ejercicios y prácticas de laboratorio que ayudan a la comprensión de los conceptos teóricos y su aplicación en la actividad profesional.

5.2. Temario de la asignatura

1. Unidad didáctica nº1.- Fotogrametría Digital: Correspondencia de imágenes automática

1.1. Reseña histórica

1.2. Definición de correspondencia de imágenes automática

1.3. Problemas en la correspondencia de las imágenes

1.3.1. Planteamiento del problema y obtención de la solución

1.3.2. Distorsiones radiométricas presentes en las imágenes

1.3.3. Distorsiones geométricas presentes en las imágenes

1.4. Planteamiento de condiciones de contorno

1.4.1. Geometría epipolar

1.4.2. Lugar geométrico de la vertical

1.4.3. Imágenes piramidales

1.5. Correlación basada en áreas, Area Based Matching (ABM).

1.5.1. Principio básico

- 1.5.2. Modelo matemático de la correlación ABM
- 1.5.3. Proceso operativo.
 - 1.5.3.1. Correpondencia unidimensional
 - 1.5.3.2. Correlación bidimensional
- 1.5.4. Aspectos destacados de la correlación ABM
- 1.6. Correlación basada en MMCC, Least Square Matching (LSM)
 - 1.6.1. Modelo matemático de la correlación LSM
 - 1.6.2. Proceso operativo
- 1.7. Correlación basada en aspectos, Feature Based Matching (FBM)
 - 1.7.1. Características principales
 - 1.7.2. Operadores de interés
 - 1.7.2.1. Operador de Forstner
 - 1.7.2.2. Operador de Moravec
 - 1.7.3. Otros operadores
 - 1.7.3.1. Operador de 1ª derivada
 - 1.7.3.2. Operador de 2ª derivada o Laplaciano
- 1.8. Correspondencia simbólica o relacional
 - 1.8.1. Descripción de las relaciones
 - 1.8.2. Función de evaluación
 - 1.8.3. Árbol de búsqueda
- 1.9. Ventajas e inconvenientes de los distintos métodos de correlación
- 1.10. Factores de los que depende la correlación de imágenes
- 1.11. Obtención de imágenes normalizadas
 - 1.11.1. Definición de imágenes normalizadas
 - 1.11.2. Geometría de las imágenes normalizadas
 - 1.11.3. Transformación de la imagen original a la normalizada
 - 1.11.3.1. Obtención de las matrices de giro
 - 1.11.3.2. Transformación geométrica
- 2. Unidad didáctica nº2.- Redes fotogramétricas: Introducción a la triangulación aérea

- 2.1. Principios de la triangulación aérea
- 2.2. Fases del proceso de la triangulación aérea
- 2.3. Clasificación de los métodos de triangulación aérea
3. Unidad didáctica nº2.- Triangulación aérea por modelos independientes
 - 3.1. Principio básico. Modelo matemático
 - 3.2. Ajuste en bloque planimetría-altimetría (M-43)
 - 3.3. Ajuste en bloque espacial (M-7)
 - 3.4. Estructura de los sistemas de ecuaciones
 - 3.5. Planteamiento práctico (resolución de ejercicios)
4. Unidad didáctica nº2.- Triangulación aérea por haces de rayos (aplicación en prácticas)
 - 4.1. Introducción
 - 4.2. Relación geométrica entre coordenadas imagen y terreno
 - 4.3. Ecuaciones de observación
 - 4.4. Distintas estrategias de cálculo y compensación
 - 4.5. Algoritmo de trabajo
 - 4.5.1. Estructura de la matriz de diseño
 - 4.5.2. Construcción de la matriz normal
 - 4.5.3. Estructura de la matriz normal
 - 4.5.4. Reducción de la matriz de las ecuaciones normales
 - 4.6. Planteamiento práctico (resolución de ejercicios)
 - 4.7. Precisión en la triangulación aérea
 - 4.8. Diseño del apoyo de campo para AT
5. Unidad didáctica nº2.- Triangulación aérea con datos GNSS
 - 5.1. Introducción
 - 5.2. Obtención precisa de la trayectoria de vuelo
 - 5.3. Consideraciones técnicas en los vuelos fotogramétricos.
 - 5.4. Problemas específicos en la determinación de las coordenadas de los Centros de Proyección
 - 5.4.1. Excentricidad sensor-antena GPS (antenna offset)
 - 5.4.2. Falta de sincronización de los registros (antenna time offset)

- 5.4.3. Interrupciones de señal GNSS (signal interruption)
- 5.4.4. Sistemas de coordenadas de referencia utilizados (datum problem)
- 5.5. Modelo de ajuste combinado de GNSS en triangulación aérea
- 5.6. Precisión de las coordenadas de los centros de proyección en una triangulación aérea
- 5.7. Diseño del apoyo de campo para AT con datos de los centros de proyección por GNSS
- 6. Unidad didáctica nº2.- Triangulación aérea con datos INS/GNSS
 - 6.1. Introducción
 - 6.2. Descripción de los elementos de un sistema INS/GNSS
 - 6.3. Problemas específicos en la determinación de los parámetros de OE
 - 6.3.1. Excentricidad sensor-antena GNSS y sensor-IMU (offset)
 - 6.3.2. Falta de sincronización de los registros (antena time offset)
 - 6.3.3. Interrupción de la señal GNSS (signal interruption)
 - 6.3.4. Sistemas de referencia de coordenadas utilizados (datum problem)
 - 6.4. Integración de los datos del INS y del GNSS.
 - 6.5. Modelo matemático
 - 6.6. Modelo matemático para aerotriangulación con parámetros variacionales
 - 6.7. Precisión de los parámetros de OE en una aerotriangulación
 - 6.8. Evolución del diseño del apoyo de campo
 - 6.9. Calibración de los sensores
- 7. Unidad didáctica nº 2.- Influencia de los parámetros de OE y de la densidad del apoyo de campo en la precisión final de la aerotriangulación
 - 7.1. Objetivo
 - 7.2. Descripción vuelo fotogramétrico
 - 7.3. Descripción de la zona de vuelo
 - 7.4. Medios empleados
 - 7.5. Apoyo de campo
 - 7.6. Cálculo de los parámetros de OE. Postproceso INS/GNSS
 - 7.6.1. Cálculo de la trayectoria INS/GNSS
 - 7.6.2. Tratamiento de offsets y excéntricas

7.6.3. Consideraciones sobre la matriz de alineamiento de ejes

7.6.4. Precisiones

7.7. Descripción de los casos

7.8. Comparativa de resultados entre los diferentes casos de OE

7.9. Tabla resumen comparativa entre los diferentes casos de OE

7.10. Discusión y conclusiones

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
2	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
3	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
4	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
5	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
6	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
7	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
8	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
9	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
10	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
11	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
12	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
13	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
14	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			

15	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
16	Sin docencia presencial Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			
17				Evaluación de la asignatura en examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 03:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Evaluación de la asignatura en examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG 6 CG 3 CG 7 CG 13 CG 2 CG 4 CG 5 CRT2 CRT4 CRT10 CTE1 CFB1 CFB3 CRT3 CTE7 CFB4 CG 1

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Evaluación de la asignatura en examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG 6 CG 3 CG 7 CG 13 CG 2 CG 4 CG 5 CRT2 CRT4 CRT10 CTE1 CFB1 CFB3 CRT3 CTE7 CFB4 CG 1

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

- 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 0, habiendo obtenido en cada parte al menos un 4 para calcular la nota final.
- Las fechas de publicación de notas y revisión se notificarán 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.
- La calificación del trabajo individual se realizará después de la exposición del mismo en base a la entrega realizada y a la exposición del mismo.
- En la convocatoria extraordinaria de Julio se realizará un único examen de toda la asignatura.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Wolf, P.R., Dewitt B.A. (2000). Elements of Photogrammetry with Applications in GIS. McGraw Hill, 608p.	Bibliografía	Unidad didáctica 1 y 2
Mikhail, E.M., Bethel J.S., McGlone, J.C. (2001). Introduction to Modern Photogrammetry. John Wiley and Sons, Inc, 479 p.	Bibliografía	Unidad didáctica 1 y 2
Lerma, J.L (2002). Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital.	Bibliografía	Unidad didáctica 1 y 2

Krauss, K. (2007). Photogrammetry: Geometry from images and Laser scans.	Bibliografía	Unidad didáctica 1 y 2
Schenk, T. (2002). Fotogrametría Digital.	Bibliografía	Unidad didáctica 1
Sanda, R. (2010). Digital Airborne Camera.	Bibliografía	Unidad didáctica 1
Shan, J. ,Toth, C.K. (2009). Topographic Laser Ranging and Scanning.	Bibliografía	Unidad didáctica 2
Sociedad Española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección (Contiene numerosos enlaces a otras páginas de interés) http://www.secft.org/secft,15,9,enlaces.html	Recursos web	Unidad didáctica 1 y 2
Software: DIGI21, Taller Fotogramétrico, etc.	Equipamiento	Unidad didáctica 1 y 2
Hardware: PC, gafas pasivas para observación estereoscópica	Equipamiento	Unidad didáctica 1 y 2

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Se trata de una asignatura de una titulación en extinción, sin impartición de docencia presencial durante el curso 2020-2021 que solo cuenta con pruebas de evaluación.