

# Guía docente

## 310610 - 310610 - Ajuste de Observaciones en Geomática

Última modificación: 14/11/2023

**Unidad responsable:** Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona  
**Unidad que imparte:** 749 - MAT - Departamento de Matemáticas.

**Titulación:** GRADO EN INGENIERÍA EN GEOINFORMACIÓN Y GEOMÁTICA (Plan 2016). (Asignatura obligatoria).

**Curso:** 2023      **Créditos ECTS:** 6.0      **Idiomas:** Catalán, Inglés

### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** Joan J. Rodríguez Jordana

**Otros:** Pantazi, Chara

### CAPACIDADES PREVIAS

---

Es imprescindible tener conocimientos básicos de álgebra lineal, cálculo infinitesimal en una i varias variables, estadística descriptiva, probabilidad y variables aleatorias.

### REQUISITOS

---

Se recomienda haber cursado con aprovechamiento las asignaturas Álgebra y Cálculo del cuatrimestre 1A y la asignatura Métodos Matemáticos del cuatrimestre 1B

### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

---

#### Específicas:

1. Conocimiento, utilización y aplicación de instrumentos y métodos fotogramétricos y topográficos adecuados para la realización de levantamientos no cartográficos.
2. Conocimientos y aplicación de métodos de ajuste mínimo cuadráticos en el ámbito de observaciones topo-geodésicas, fotogramétricas y cartográficas.

#### Transversales:

5. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, que será preferentemente inglés, con un nivel adecuado de forma oral y por escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán las tituladas y los titulados en cada enseñanza.

### METODOLOGÍAS DOCENTES

---

Se utilizarán las siguientes metodologías:

- Método expositivo por los temas de contenido estrictamente teórico.
- Clase expositiva-participativa para la mayoría de temas.
- Resolución de ejercicios y problemas
- Prácticas con software de cálculo
- Trabajo dirigido y trabajo autónomo

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

---

Al finalizar la asignatura, el estudiantado tiene que haber ampliado sus conocimientos de estadística a la estadística inductiva y debe haber adquirido los fundamentos del ajuste de observaciones. Más específicamente, debe haber aprendido a calcular intervalos de confianza, hacer contraste de hipótesis, calcular cómo se propaga la matriz de varianza-covarianza a través de los cálculos y hacer estimación paramétrica en escenarios de observaciones directas, indirectas, condicionadas y mixtas, con modelos matemáticos lineales y no lineales. Todo esto utilizando el método de los mínimos cuadrados y métodos de estimación robusta.



## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	90,0	60.00
Horas grupo grande	24,0	16.00
Horas grupo mediano	36,0	24.00

Dedicación total: 150 h

## CONTENIDOS

### C1. Variables aleatorias continuas y estadística inductiva

#### Descripción:

En este contenido se desarrollan los siguientes tópicos:  
Variables aleatorias continuas. Leyes Normal, Chi cuadrado y t de Student.  
Parámetros, estadísticos y estimadores  
Los estimadores media y varianza muestrales  
Estimación por intervalos. Teorema central del límite  
Intervalo de confianza para la media y la desviación tipo poblacionales  
Contraste de hipótesis  
Contraste de hipótesis de una función de distribución

#### Objetivos específicos:

Al finalizar este contenido, el estudiantado debe ser capaz de:  
Hacer cálculos de probabilidades con las leyes Normal, Chi cuadrado y t de Student.  
Definir parámetros, estadísticos y estimadores y las propiedades de estos  
Definir y calcular los estimadores media y varianza muestrales  
Definir estimación por intervalos. Enunciar el teorema central del límite  
Definir y calcular intervalos de confianza para la media y la desviación tipo poblacionales  
Hacer contrastes de hipótesis sobre medias y desviaciones tipo  
Hacer contraste de hipótesis de una función de distribución

#### Actividades vinculadas:

Clases de teoría  
Clases de problemas  
Prácticas en el laboratorio de cálculo con Matlab. Actividad L1  
Examen práctico de cuestiones. Actividad Q1  
Examen teórico tipo test. Actividad T1

#### Dedicación: 16h

Grupo grande/Teoría: 3h  
Grupo mediano/Prácticas: 3h  
Aprendizaje autónomo: 10h



## C2. Matriz de varianza-covarianza

### Descripción:

En este contenido se desarrollan los siguientes tópicos:

Distribuciones de probabilidad conjuntas

Variables aleatorias independientes

Covarianza

Matriz de varianza covarianza

Propagación de la matriz de varianza covarianza en expresiones lineales y no lineales

### Objetivos específicos:

Al finalizar este contenido, el estudiantado debe ser capaz de:

Definir distribuciones de probabilidad conjuntas y distribuciones marginales

Definir variables aleatorias independientes y comprobar si dos variables lo son

Definir y calcular la covarianza de residuos variables aleatorias

Definir matriz de varianza covarianza de un conjunto de observaciones

Calcular la propagación de la matriz de varianza covarianza en expresiones lineales y no lineales

### Actividades vinculadas:

Clases de teoría

Clases de problemas

Examen práctico de cuestiones. Actividad Q1

Examen teórico tipo test. Actividad T1

### Dedicación: 16h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo mediano/Prácticas: 3h

Aprendizaje autónomo: 10h

## C3. Observaciones indirectas. Modelo lineal

### Descripción:

En este contenido se desarrollan los siguientes tópicos:

Sistemas lineales de ecuaciones de observación

Modelos matemático y estocástico

Resolución según el criterio de máxima verosimilitud y los mínimos cuadrados

Cálculo de los residuos, varianza de referencia a posteriori y propagación del error

### Objetivos específicos:

Al finalizar este contenido, el estudiantado debe ser capaz de:

Dado un sistema de observaciones indirectas con modelo lineal, plantear los modelos matemático y estocástico, definir el criterio de mínimos cuadrados, plantear y resolver el sistema normal y calcular los residuos, la varianza de referencia a posteriori y la propagación de el error.

### Actividades vinculadas:

Clases de teoría

Clases de problemas

Prácticas en el laboratorio de cálculo con Maple. Actividad L2

Examen práctico de cuestiones. Actividad Q1

Examen teórico tipo test. Actividad T1

### Dedicación: 27h

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Grupo mediano/Prácticas: 7h 30m

Aprendizaje autónomo: 15h



#### C4. Observaciones indirectas. Modelo no lineal

**Descripción:**

En este contenido se desarrollan los siguientes tópicos:

Sistemas no lineales de ecuaciones de observación

Modelos matemático y estocástico

Linealización

Resolución según el criterio de los mínimos cuadrados

Iteraciones sucesivas

Cálculo de los residuos, test de bondad de ajuste, varianza de referencia a posteriori y propagación del error

**Objetivos específicos:**

Al finalizar este contenido, el estudiantado debe ser capaz de:

Dado un sistema de observaciones indirectas, plantear el modelo matemático de ecuaciones de observación no lineales y el modelo estocástico, linealizar el modelo matemático, definir el criterio de mínimos cuadrados, plantear y resolver el sistema normal, iterar el proceso, calcular los residuos, la varianza de referencia a posteriori y la propagación del error y hacer un test de bondad de ajuste. En su caso, calcular la elipse de error.

Dado un sistema de observaciones indirectas con modelo no lineal, plantear los modelos matemático y estocástico, linealizar el modelo matemático, definir los criterios de máxima verosimilitud y de mínimos cuadrados, plantear y resolver el sistema normal, iterar el proceso, calcular los residuos, hacer un test de bondad de ajuste y calcular la varianza de referencia a posteriori y la propagación del error.

**Actividades vinculadas:**

Clases de teoría

Clases de problemas

Prácticas en el laboratorio de cálculo con Maple. actividad L2

Examen práctico de cuestiones. actividad Q1

Examen teórico tipo test. actividad T1

Trabajo. actividad T

**Dedicación:** 37h

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Grupo mediano/Prácticas: 7h 30m

Aprendizaje autónomo: 25h

## C5. Métodos robustos en Geomática

### Descripción:

En este contenido se introducen métodos de estimación robustos útiles cuando hay datos observacionales afectados de errores groseros.

Estimadores robustos  
Método de la mínima mediana  
Método RANSAC

### Objetivos específicos:

Al acabar este contenido, el estudiante ha de ser capaz de  
Definir estimadores robustos de tendencia central i dispersión  
Hacer estimación paramétrica mediante el método de la mínima mediana y el método RANSAC

### Actividades vinculadas:

Clases de teoría  
Clases de problemas  
Prácticas en el laboratorio de cálculo con Maple. Actividad L3  
Examen práctico de cuestiones. Actividad Q2  
Examen teórico tipo test. Actividad T2

### Dedicación: 27h

Grupo grande/Teoría: 4h 30m  
Grupo mediano/Prácticas: 7h 30m  
Aprendizaje autónomo: 15h

## C6. Observaciones condicionadas y método general

### Descripción:

En este contenido se desarrollan los siguientes tópicos:  
Ajuste de observaciones mediante un modelo lineal de ecuaciones de condición  
Criterios de máxima verosimilitud y mínimos cuadrados  
Precisión en la estimación por mínimos cuadrados  
Ecuaciones de condición no lineales  
Método general de los mínimos cuadrados

### Objetivos específicos:

En terminara este contenido, el estudiantado debe ser capaz de:  
Plantear un sistema de ecuaciones de condición correspondientes a un conjunto de observaciones  
Definir el criterio de mínimos cuadrados  
Hacer un ajuste de observaciones por mínimos cuadrados en un modelo lineal y no lineal de ecuaciones de condición y calcular el error de las observaciones ajustadas  
Plantear un sistema de ecuaciones con variables observables y incógnitas, resolverlo por mínimos cuadrados y calcular el error de las incógnitas y de las observaciones ajustadas

### Actividades vinculadas:

Clases de teoría  
Clases de problemas  
Prácticas en el laboratorio de cálculo con Maple. Actividad L4  
Examen práctico de cuestiones. Actividad Q2  
Examen teórico tipo test. Actividad T2

### Dedicación: 27h

Grupo grande/Teoría: 4h 30m  
Grupo mediano/Prácticas: 7h 30m  
Aprendizaje autónomo: 15h

## ACTIVIDADES

### TRABAJO

**Descripción:**

Trabajo consistente en el diseño de un sistema de observaciones indirectas, la correspondiente compensación y la exposición pública de los resultados

**Objetivos específicos:**

Para diseñar el sistema de observaciones el estudiantado debe haber entendido el concepto de observación indirecta, ecuación de observación, error y peso.

Para realizar los cálculos, el estudiantado debe haber entendido la compensación por mínimos cuadrados y adquirido las habilidades necesarias para llevarla a cabo con un programa de cálculo simbólico.

Para hacer la presentación, el estudiantado debe haber desarrollado competencias transversales como el Trabajo en equipo, la expresión oral y escrita y el uso solvente de los recursos TIC

Para desarrollar la competencia genérica en una tercera lengua, el trabajo ha de estar redactado y defendido en una tercera lengua.

**Material:**

Programas Matlab y ppt

**Entregable:**

Archivo Matlab con los cálculos y archivo ppt con la presentación

**Dedicación:** 8h

Grupo grande/Teoría: 4h

Aprendizaje autónomo: 4h

### COMPETENCIA GENÉRICA EN LENGUA INGLESA

**Descripción:**

Prácticas en el laboratorio de cálculo

**Objetivos específicos:**

Al realizar la práctica, el estudiante debe ser capaz de entender los enunciados, moverse por el "help" del programa y expresar los resultados en lengua inglesa

**Material:**

Programa Maple

**Entregable:**

Archivo resultado de la práctica

**Dedicación:** 1h

Grupo grande/Teoría: 1h



### Actividad L1

**Descripción:**

Práctica con el programa Matlab sobre variables aleatorias y muestras

**Objetivos específicos:**

Aprender a trabajar con variables aleatorias y estadísticos muestrales con el programa Matlab

**Material:**

Programa Matlab

**Entregable:**

Archivo Maple con los resultados

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

### Actividad L2

**Descripción:**

Práctica en el laboratorio de cálculo sobre observaciones indirectas, con el programa Matlab

**Objetivos específicos:**

Aprender a trabajar con observaciones indirectas con el programa Matlab

**Material:**

Programa Matlab

**Entregable:**

Archivo Matlab

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

### Actividad L4

**Descripción:**

Práctica en el laboratorio de cálculo sobre observaciones condicionadas y método general, con el programa Matlab

**Objetivos específicos:**

Aprender a trabajar con observaciones condicionadas y método general con el programa Matlab

**Material:**

Programa Matlab

**Entregable:**

Archivo Matlab con el resultado

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h



### Actividad L3

**Descripción:**

Práctica en el laboratorio de cálculo con el programa Matlab sobre estimación robusta

**Objetivos específicos:**

Aprender a trabajar con el programa Matlab, para resolver problemas de estimación mediante métodos robustos

**Material:**

Programa Matlab

**Entregable:**

Archivo en soporte Matlab

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

### Actividades T1 y T2

**Descripción:**

Test de contenido teórico

**Objetivos específicos:**

Al acabar estas actividades, el estudiantado debe haber comprobado el grado de consecución de los conceptos teóricos correspondientes a los contenidos 1, 2, 3 y 4 para la actividad T1 y 5 y 6 para la actividad T2 respectivamente

**Material:**

Test

**Entregable:**

Test respondido

**Dedicación:** 1h

Grupo grande/Teoría: 1h

### Actividades Q1 y Q2

**Descripción:**

Pruebas de cuestiones prácticas

**Objetivos específicos:**

Al acabar estas actividades, el estudiantado debe haber comprobado el grado de consecución de los conceptos prácticos y mecanismos de resolución de ejercicios, correspondientes a los contenidos 1, 2, 3 y 4 para la actividad Q1 y 5 y 6 para la actividad Q2 respectivamente.

**Material:**

Enunciados

**Entregable:**

Ejercicios resueltos

**Dedicación:** 5h

Grupo grande/Teoría: 5h



## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

---

Contenidos 1 al 3

Una prueba con cuestiones y test de teoría: 30% de la nota final

Dos prácticas en el laboratorio de cálculo: 2.5% de la nota final cada

Contenidos 4 al 6

Una prueba con cuestiones y test de teoría: 30% de la nota final

Dos prácticas en el laboratorio de cálculo: 2.5% de la nota final cada

Trabajo: 10% de la nota final

Asistencia y trabajo en clase: 20% de la nota final

Los estudiantes que obtengan calificación entre 3.5 y 4.9 tendrán derecho a una prueba de recuperación de las pruebas de cuestiones y test que suman un 60% de la nota final

## NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

---

Las pruebas se realizarán en las semanas de exámenes de mitad y final del cuatrimestre.

Las prácticas se harán con el programa MATLAB durante las semanas lectivas número 3, 7, 12 i 15. El trabajo será objeto de una presentación oral y se defenderá a la semana lectiva número 10

## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Ferrer, A. [et al.]. Fonaments d'estadística aplicada. Barcelona, 1995. ISBN 8460545857.

- Rodríguez Jordana, Joan. Ajuste de observaciones : el método de los mínimos cuadrados con aplicaciones a la topografía [en línea]. Barcelona: Edicions UPC, 2002 [Consulta: 15/05/2020]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36636>. ISBN 8483016176.

### Complementaria:

- Fischler, Martn A. & Bolles, Robert C.. "Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography". Graphics and Image Processing [en línea]. p. 381-395 [Consulta: 12/05/2017]. Disponible a: <http://bit.ly/2pdjn9f>.- Rousseeuw, Peter J. ; Leroy, Annick M.. Robust regression and outlier detection. New York: John Wiley & Sons, 1987. ISBN 0-471-85233-3.

- Chueca, M.; Herráez, J.; Berné, J. L. Tratado de Topografía, vol. 2, Métodos topográficos. 1996. Madrid: Paraninfo, 1996. ISBN 8428323097.

- Lauf, G. B. The Method of least square with applications in surveying. 1983. Collingwood: Tafe Publications Unit, 1983. ISBN 0-7241-3531-6.

- Leick, Alfred. GPS satellite surveying. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 2015. ISBN 9781118675571.

- Mikhail, Edward M.; Gracie, Gordon. Analysis and adjustment of survey measurements. New York: Van Nostrand Reinhold, 1981. ISBN 0442253699.

- Slama, C. [ed.]. Manual of photogrammetry. 5th ed. Virginia: American Society of Photogrammetry, 2004. ISBN 1570830711.

- Walpole, Ronald E.; Mayers, Raymond H. Probabilidad y estadística para ingenieros. 6ª ed. México: Prentice Hall, 1999. ISBN 9701702646.



## RECURSOS

---

### Material audiovisual:

- Nom recurs. Recurso

### Otros recursos:

La asignatura dispone de un curso en el campus virtual ATENEA donde se podrá encontrar

Un enlace a la guía docente

Un archivo PDF donde se va haciendo el seguimiento de las actividades que se desarrollan

Un repositorio de prácticas para resolver

Un repositorio de prácticas resueltas

Un repositorio de ejercicios resueltos

Un repositorio de exámenes resueltos

Un repositorio de tareas a realizar

Las calificaciones de las diferentes pruebas evaluables