UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE TOPOGRAFÍA, CATASTRO Y GEODESIA

2022 Año de las Universidades Públicas por los Territorios y las Comunidades

INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA Y GEODESIA, CÓDIGO TFG400
PROGRAMA DEL CURSO
AJUSTE I

Nombre del curso	**AJUSTE I**
Tipo de Curso	Regular
Código del curso / NRC	TGF416/ 51703
Nivel y Grado Académico	III, BACHILLERATO
Período lectivo	II CICLO DE 2022
Modalidad	16 semanas (modalidad presencial)
Naturaleza	teórico – laboratorio
Créditos	3
Horas totales semanales	8
Horas del curso	6 (JUEVES: 13:00 A LAS 16:00)
Horas docentes	3
Horas de atención al estudiante	1 (JUEVES: 16:00 A LAS 17:00)
Requisitos	Probabilidad y Estadística, Algebra Lineal
Correquisitos	Ninguno
Docente:	Dr.-Ing. JORGE MOYA-ZAMORA jorge.moya.zamora@una.cr

En esta Universidad nos comprometemos a prevenir, investigar y sancionar el hostigamiento sexual entendido como toda conducta o comportamiento físico, verbal, no verbal escrito, expreso o implícito, de connotación sexual, no deseado o molesto para quien o quienes lo reciben, reiterado o aislado. Si usted está siendo víctima de hostigamiento diríjase a la Fiscalía de Hostigamiento Sexual de la UNA o llame al teléfono: 2277-3961.

I. Descripción del curso:

Este curso tiene un carácter teórico-práctico, desarrolla la aplicación de conceptos estadísticos en los trabajos topográficos y geodésicos, así como la formulación matemática y la aplicación de la ley general de propagación de errores y el ajuste amarrado de observaciones mediatas basados en el principio de mínimos cuadrados de Gauss. Se desarrollan las metodologías para la determinación del valor más probable y la desviación estándar de redes geodésicas en una y dos dimensiones.

El componente práctico del curso tiene como meta lograr una mejor comprensión y asimilación del conocimiento por parte del estudiantado, mediante la realización de sesiones prácticas de gabinete. En ellas, el estudiantado identificará las cuestiones teóricas planteadas con anterioridad y resolverá los problemas técnicos y prácticos de una forma experimental, profundizando en el análisis de la calidad de los datos, mediante el cual se dará solución a un problema concreto. Se utilizan programas de cómputo especializado como MathCad, Matlab, Octave y SCILab.

II. Objetivo General:

Desarrollar destrezas y habilidades para el ajuste de redes geodésica en 1D y 2D, mediante el principio de mínimos cuadrados y conceptos estadísticos, para la determinación del valor más probable e información estocástica de las incógnitas y observaciones.

III. Objetivos específicos:

Al finalizar el curso el estudiante será capaz de:

1. Calcular la desviación estándar de una variable estimada de forma indirecta mediante la aplicación de la ley general de propagación de errores y conceptos estadísticos, para el análisis de cómo se propagan los errores desde las observaciones hasta los resultados.

2. Aplicar el álgebra lineal en los algoritmos para el ajuste de redes geodésicas y propagación de errores, facilitando su cálculo y análisis.

3. Determinar el promedio simple o pesado de una serie de observaciones de la misma variable, mediante la aplicación del algoritmo de observaciones directas, estimando su valor más probable.

4. Establecer las observaciones ajustadas que definen una red geodésica, a través de la aplicación del algoritmo de ajuste por mediatas, obteniendo el valor más probable de las mismas y su información estocástica.

5. Comprobar las coordenadas ajustadas que definen los vértices de red geodésica, mediante la aplicación del algoritmo de ajuste por mediatas, obteniendo el valor más probable de las mismas y su información estocástica.

6. Aplicar criterios estadísticos para el análisis de los resultados del ajuste, por medio de la utilización de pruebas estadísticas y distribuciones de probabilidad.

IV. Contenidos:

1. Conceptos fundamentales

- 1.1 Concepto de matriz y vector
- 1.2 Suma, resta y multiplicación de matrices
- 1.3 Inversa de una matriz
  - 1.3.1 Condiciones para calcular la inversa de una matriz
- 1.4 Series de observaciones: angulares, lineales y otras
- 1.5 Organización de observaciones topográficas y geodésicas en vectores
- 1.6 Errores que afectan las observaciones topográficas y geodésicas
  - 1.6.1 Errores groseros
  - 1.6.2 Errores sistemáticos
  - 1.6.3 Errores aleatorios
- 1.7 Introducción a las técnicas para la identificación de errores groseros y sistemáticos en series de observaciones, con métodos estadísticos y técnicas de inspección de datos

2 Definición de conceptos y nomenclatura estadística

Promedio simple y promedio pesado de una serie de observaciones

- 2.2 El concepto del valor verdadero
- 2.3 Valor más probable de una serie de observaciones
- 2.4 Varianza y desviación estándar de una serie de observaciones
- 2.5 Coeficiente de correlación entre observaciones
- 2.6 Histogramas para representar series de observaciones geodésicas
- 2.7 Funciones de distribución y de densidad
  - 2.7.1 Exactitud y precisión
  - 2.7.2 Distribución normal de Gauss
  - 2.7.3 Interpretación del valor más probable, valor verdadero y errores
  - 2.7.4 Implicaciones estadísticas de la campana de Gauss
- 2.8 Intervalos y regiones de confianza
  - 2.8.1 Intervalos y regiones de confianza para analizar observaciones geodésicas
  - 2.8.2 Concepto y uso de elipses de confianza
- 2.9 Aplicación de test estadísticos en geodesia
  - 2.9.1 Concepto del test global del ajuste
  - 2.9.2 Concepto del test de errores groseros

3 Propagación de errores

- 3.1 Funciones lineales
- 3.2 Funciones no lineales
- 3.3 Aplicación del concepto de propagación de errores en los trabajos topográficos y geodésicos
- 3.4 Casos prácticos
  - 3.4.1 Error de coordenadas rectangulares calculadas con azimut y distancia
  - 3.4.2 Error del azimut y la distancia a partir de coordenadas rectangulares
  - 3.4.3 Error en la determinación de una diferencia de nivel y una altura
  - 3.4.4 Otros casos prácticos

4 Ajuste de observaciones directas

- 4.1 Planteamiento del problema
- 4.2 Fundamento matemático y algoritmo
- 4.3 Variantes en el algoritmo, introduciendo el concepto de peso
- 4.4 Casos prácticos
  - 4.4.1 Ajuste de observaciones directas en una serie de mediciones de distancias
  - 4.4.2 Ajuste de observaciones directas en una serie de mediciones de ángulos
  - 4.4.3 Otros casos practicas

5 Ajuste amarrado de observaciones mediatas

- 5.1 El modelo matemático
  - 5.1.1 El modelo funcional
  - 5.1.2 El modelo estocástico
- 5.2 Algoritmo del ajuste de observaciones mediatas
  - 5.2.1 Ecuaciones de observación
  - 5.2.2 Selección del modelo estocástico
  - 5.2.3 Linealización de las ecuaciones de observación
- 5.3 Casos prácticos
  - 5.3.1 Ajuste de observaciones mediatas amarrado de una red de nivelación
  - 5.3.2 Ajuste de observaciones mediatas amarrado de una red de trilateración
  - 5.3.3 Ajuste de observaciones mediatas amarrado de una red de triangulación
  - 5.3.4 Ajuste de observaciones mediatas amarrado de una red que combine observaciones lineales y angulares
  - 5.3.5 Otros casos prácticos
- 5.4 Aplicación del test global para validar los resultados del ajuste

V. Metodológica:

Debido a la emergencia nacional provocada por la Covid-19 y respetando las directrices nacionales e institucionales se les solicita atender las siguientes recomendaciones, conocidas y aplicadas por todos al momento de ir a las lecciones: ideal contar con el esquema completo de vacunación, en caso de síntomas antes o durante las lecciones informarlo al profesor y no presentarse o no apersonarse si es el caso, mantener en todo momento un distanciamiento de al menos 1 m entre los compañeros y el profesor y en la medida de las posibilidades contar con su propio kit de aseo (mascarillas preferiblemente de 3 capas, alcohol, toallas, etc).

En este curso se fomentara el pensamiento crítico y analítico en el estudiante sustentado en conocimientos y convicciones, haciendo correcciones para el fortalecimiento de los conocimientos adquiridos, construyendo así un ingeniero crítico, analítico y con bases fuertes respecto a los aprendizajes. Las relaciones entre docentes y estudiantes de la Universidad Nacional se realizan en un marco de respeto, tolerancia y diálogo. Los docentes universitarios propician que el estudiantado desarrolle el pensamiento crítico sustentado en conocimientos y convicciones. El estudiante adquiere un conjunto de conocimientos y capacidades profesionales, que le hace acreedor de un título y un

grado académico en un área del saber. Paralelamente, tiene la responsabilidad moral de lograr un óptimo desempeño profesional, de manera que contribuya con el desarrollo del país.

Con estas premisas extraídas del modelo pedagógico de la UNA, se llevara a cabo este curso tomando en cuenta la diversidad que puede encontrarse en un grupo de estudiantes y haciendo alusión de que el profesor será guía en este proceso de enseñanza-aprendizaje, se impartirá este curso, siempre tomando en cuenta la facilitación de igualdad en todo el ambiente educativo.

En este curso no se puede hablar de una sola metodología pedagógica para el proceso de enseñanza aprendizaje (basada en las teorías del aprendizaje a saber conductista, cognitiva, constructivista, entre otras), debido a la amplitud de los contenidos que se verán y basado en el modelo pedagógico de la UNA, se debe de dar un proceso retroalimentado con las experiencias vividas día a día en la clase, para la identificación de los diversos procesos de acuerdo a la forma de aprendizaje del estudiante, los contenidos y las experiencias del educador.

El curso será desarrollado de manera presencial según el horario matriculado por cada uno de los estudiantes. El profesor hará las exposiciones de los temas complementando con ejercicios numéricos y prácticas adicionales. Las lecciones se dictarán apoyadas con el material base preparado por el profesor. **Los estudiantes son responsables** de tomar los apuntes que consideren necesarios durante las lecciones. Este material será usado por el profesor como una guía haciendo las aclaraciones, las ampliaciones y las recomendaciones necesarias en cada lección. **El profesor solamente pondrá a disposición de los estudiantes un resumen del material guía con el objetivo de que las relaciones matemáticas queden claramente expuestas. Este resumen estará disponible en el Aula Virtual.**

Por las características propias del curso y debido a la necesidad de tener una asimilación integral y secuencial de todos los temas, el curso será evaluado por medio de los siguientes criterios:

a. Tres (3) tareas que abarcan los primeros cuatro temas del curso con un valor total de 35%. Las tareas podrán ser individuales o grupales a criterio del profesor, el cual se reserva el derecho de armar los grupos de trabajo. Cada una de las tareas se entregará el día que se asigna la siguiente tarea. En cada una de ellas se darán los objetivos y productos esperados.

b. Un (1) examen final oral con un valor de 10%. Este examen consistirá en una serie de preguntas sobre uno de los temas vistos en el curso. Esta prueba tiene como objetivo preparar a los estudiantes para defender temas conocidos tanto desde el punto de vista teórico con fundamento matemático. Este examen es inapelable.

c. Un (1) examen final escrito con un valor de 30%, el cual consistirá en la resolución de ejercicios numéricos en los cuales se requiere aplicar los conceptos aprendidos durante el curso.

d. Un (1) proyecto de campo con un valor de 25% que tiene como objetivo general la medición de una red horizontal y una vertical, ambas con observaciones convencionales. El profesor diseñará las estructuras y los estudiantes medirán las observaciones necesarias para posteriormente realizar el ajuste de estas. Igualmente, en la guía del proyecto se darán los requisitos y los productos esperados.

El curso necesariamente requiere que todos los conceptos se vayan asimilando adecuadamente porque son necesarios en los temas subsecuentes. Se han dispuesto además un total de 10 prácticas distribuidas en los 5 temas. Estas prácticas NO son obligatorias, pero su resolución es altamente recomendable como complemento a las lecciones de teoría. Ningún estudiante está eximido, es decir, todos los estudiantes deben cumplir con todos los criterios para aprobar el curso.

El manejo de grandes volúmenes de datos requiere necesariamente que los estudiantes deban poseer conocimientos en el manejo de programas como MS. Excel para el proceso de los datos o en su defecto el uso de calculadoras programables o lenguajes de programación como los vistos en los cursos de Programación para Ingeniería. En el curso no se enseñará a usar ninguno de estos programas. **Se advierte que dentro de las destrezas y habilidades que se requieren está la programación usando las herramientas de MatLab u OCTVAE, e inclusive el lenguaje Python o MathCAD, además de herramientas como GeoGebra y R entre otras sobre todo en la parte estadística**. Sin embargo, para una mejor asimilación de los contenidos del curso, la parte práctica se hará en su mayoría por medio de la herramienta de MS. Excel y eventualmente el uso, programación de macros dentro de las hojas de cálculo y eventualmente con OCTAVE. Es responsabilidad de los estudiantes ir desarrollando conocimiento en algún lenguaje de programación. Dependiendo del desarrollo del curso, se usará el programa Ajuste de Redes Geodésicas ARGE, el cual permite realizar el ajuste horizontal y vertical de redes convencionales.

La asistencia a lecciones en la parte teórica **no es obligatoria excepto cuando el profesor diga exclusivamente lo contrario**. Por las características del curso, **NO SE REALIZARÁ EXAMEN EXTRAORDINARIO**. **El uso de teléfono celular durante las lecciones y evaluaciones está totalmente prohibido.**

VI. Evaluación:

• Tema 1 y tema 2	Tarea 1	10%
• Tema 1, tema 2 y tema 3	Tarea 2	10%
• Tema 1, tema 2, tema 3 y tema 4	Tarea 3	15%
• Toda la materia	Examen final	30%
• Toda la materia	Examen oral	10%
• Tema 5	Proyecto final	25%

VII. Cronograma:

S	Fecha	Contenidos	Actividades	Recursos didácticos requeridos
1	11-ago	1.1 a 1.5	Presentación Tema 1	Aula Virtual Internet Presentaciones
2	18-ago	1.6 a 1.7	Tema 1. Práctica 1	
3	25-ago	2.1 a 2.6	Tema 2. Práctica 2	
4	01-sep	2.7 a 2.8	Tema 2 Práctica 3	
5	**08-sep**	**2.9**	**Tema 2. Asignación Tarea 1**	**Aula Virtual Internet Presentaciones Laboratorio**
6	15-sep	3.1 a 3.4	Tema 3 Práctica 4	Aula Virtual Internet Presentaciones
7	**22-sep**	**3.1 a 3.4**	**Entrega Tarea 1 Tema 3 Práctica 4. Asignación Tarea 2**	**Aula Virtual Internet Presentaciones Laboratorio**
8	29-sep	4.1 a 4.4	Tema 4 Práctica 5.	Aula Virtual Internet Presentaciones
9	**06-oct**	**4.1 a 4.4**	**Entrega Tarea 2 Tema 4 Práctica 6. Asignación Tarea 3**	**Aula Virtual Internet Presentaciones Laboratorio**
10	**13-oct**	**5.1 a 5.2**	**Tema 5 Práctica 7. Semana U**	
11	**20-oct**	**5.3 a 5.4**	**Entrega Tarea 3 Tema 5 Práctica 8.**	
12	27-oct	5.3 a 5.4	Tema 5 Práctica 9. Asignación Proyecto Final	Aula Virtual Internet Presentaciones
13	03-nov	5.3 a 5.4	Tema 5 Práctica 10.	
14	10-nov	5.3 a 5.4	Tema 5 Ajuste de la red del proyecto final	
15	**17-nov**		**Entrega Proyecto Final Examen final oral**	
16	**23-nov**		**Examen final escrito**	

Las fechas y actividades dispuestas en el cronograma anterior son tentativas, pero se procurará al máximo el cumplimiento estricto de cada una

VIII. Recursos bibliográficos:

1. Bochev, P. B. y M. D. Gunzburger (2009). Least Squares Finite Element Methods. ISBN 978-0-387-30888-3 e-ISBN 978-0-387-68922-7. DOI 10.1007/978-0-387-68922-7. Springer Heidelberg New York Dordrecht London
2. Capary, W.F. (2000). Concepts of Networks and Deformations Analysis. School of Geomatic Engineering. Universidad New South Wales. Australia
3. Chueca Pazos, M. A. Anquela y S. Baselga. (2007). Diseño de Redes y Control de Deformaciones. Los problemas de del datum y principal de diseño. Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. ETSI Geodésica, Cartográfica y Topografía.
4. Chueca, M. José Herráez y José Berné ,1996. Teoría de errores e instrumentación. Paraninfo S.A. Madrid, España.
5. Gemael, C. (1994). Introducao Ao Ajustamento De Observacoes Aplicacoes Geodesicas. Universidad Federal de Paraná. Curitiba, Brasil
6. Grafarend, E y Sansò F. (1985). Optimization and Design of geodetic Networks. Springer Verlag. Berlin, Alemania
7. Grafarend, E. y J. L. Awange. (2012). Applications of Linear and Nonlinear Models. Fixe Effects, Random Effects and Total Least Squares. ISBN 978-3-642-22240-5 ISBN 978-3-642-22241-2 (eBook). DOI 10.1007/978-3-642-22241-2. Springer Heidelberg New York Dordrecht London
8. Lauf, G.B. 1983. The method of least squares with applications in surveying. Royal Melbourne Institute of Technology. Australia.
9. Kuan, S. (1996). Geodetic Network Analysis and Optimal Design. Concepts and Applications. Sams Publications. Estados Unidos de América.
10. Márquez, R. (2009). Introducción al ajuste y diseño de redes topográficas. Departamento de Ingeniería en Agrimensura. Universidad Nacional de San Juan. Argentina.
11. Mikhail, E. y G. Gracie. (1981). Analysis and adjustment of survey measurements. Van Nostrand Reinhold Company, New York, Estados Unidos.
12. Mikhail, E. y F. Ackerman. (1976). Observations and Least Squares. United Press of America. Boston, Estados Unidos.
13. Niemeier, W. (2002). Ausgleichungsrechnung. Walter de Gruyter. Berlin. New York. 391 pp
14. Rodríguez Jordana, J. (2002). Ajuste de observaciones: El método de los mínimos cuadrados con aplicaciones a la topografía. Ediciones UPC. Universidad Politécnica de Cataluña. España.
15. Roldán, J., (1988). Ajuste 1. Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
16. Roldán, J., (1988). Ajuste 2. Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
17. Teunissen, P.J.G. (2000). Testing theory an introduction. Delf University Press. Holanda.
18. Teunissen, P.J.G. (2000). Adjustment theory an introduction. Delf University Press. Holanda.
19. Pabón Ángel, H. J. (2010). Probabilidad y Estadística con MatLab para Investigadores. Universidad de Cundinamarca. Colombia.

Firma del docente	Firma del director de la ETCG y sello