UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE TOPOGRAFÍA, CATASTRO Y GEODESIA
INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA Y GEODESIA CON GRADO DE LICENCIATURA

PROGRAMA DEL CURSO DE
CÓDIGO TGF502 **GEODESIA FÍSICA**

Tipo de Curso	Regular
Código del curso	TGF502
Nivel y Grado Académico	V, Licenciatura
Período lectivo	I Ciclo 2026
Modalidad	17 semanas en modalidad de aprendizaje Presencial
Naturaleza	teórico – práctico
Créditos	4
Horas totales semanales	11
Horas del curso	3 – Teoría: jueves 18:00-20:30, 1 – Práctica: jueves 20:30-21:30 8 – Estudio: Independiente
Horas docentes	3
Horas de atención al estudiante	2 (jueves 16:30-18:00)
Horario del curso	Cada sesión esta programada para los días jueves de 18:00 a 21:30 pm
Requisitos	Geodesia Geométrica
Correquisitos	Ninguno
Docente:	Dra. Olga Pimenova olga.pimenova@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, puede acudir a la Fiscalía de Hostigamiento Sexual de la UNA o comunicarse a través de las siguientes vías:

Teléfono: 2562-6168 / WhatsApp: 2562-6168
Correo: fiscaliahostigamientosexual@una.cr
Enlace: www.fiscalia.una.ac.cr

PLAN DE TRABAJO

I. Descripción del curso:

Este es un curso teórico-práctico donde se proporcionan los conceptos fundamentales referentes al estudio, modelado y representación del campo de gravedad de la Tierra, mostrando las propiedades del campo de gravedad real y las variaciones temporales del mismo, las características del campo de gravedad normal (teórico), así también como el cálculo e interpretación de anomalías de gravedad. Se introducen los conceptos para el establecimiento y validación de modelos geoidales o cuasi-geoidales y se enseñan los conceptos físicos y matemáticos requeridos para cumplir con los fines del curso.

Se complementa esta temática mostrando los conceptos modernos referentes al establecimiento de sistemas de alturas, los cuales proveen de la base conceptual para la modernización de los sistemas de alturas clásicos y su compatibilización con el marco de referencia geométrico global. Estos conceptos permiten forjar la base conceptual de la geodesia moderna y sus aplicaciones, especialmente en relación con la geodesia satelital.

La parte práctica 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 podrá identificar cuestiones teóricas planteadas con anterioridad y resolverá problemas prácticos de una forma experimental utilizando herramientas de cómputo específicas para la temática del curso.

II. Objetivos

2.1 Objetivo General:

Desarrollar los conceptos y criterios técnicos fundamentales para la determinación, análisis y modelado del campo de gravedad de la Tierra, generando así la base conceptual que permite la representación de la verdadera forma de la Tierra a partir del cálculo y uso de modelos geoidales.

2.2 Objetivos específicos:

Al finalizar el curso el estudiante será capaz de:

1. Modelar el campo de gravedad de la Tierra, aspecto fundamental para el estudio y determinación de la forma real de la Tierra aplicando métodos y teorías de la Física y la Matemática.

2. Generar modelos geoidales locales o regionales, aplicando las teorías modernas para este fin, utilizando datos de misiones satelitales y datos de gravimetría de alta resolución.

3. Establecer sistemas de altura a un nivel nacional o regional con significado físico mediante el cálculo de números geopotenciales y la posterior conversión de estos a una altura, con el fin de definir una superficie de referencia para determinar la altura de puntos de interés.

4. Utilizar información obtenida de misiones satelitales como GRACE, CHAMP y GOCE para el estudio del campo de gravedad de la Tierra, la determinación de sus variaciones temporales y el cálculo del geoide mediante el uso de productos derivados de estas misiones.

III. Contenido temático o aprendizajes integrales:

1. Introducción
1.1. Antecedentes históricos
1.2. Importancia de la determinación del campo de gravedad terrestre

2. Elementos de Geodesia Física
2.1. Teoría del potencial
2.2. Atracción y potencial
2.3. Potencial de un cuerpo sólido, una esfera, de un cascaron esférico y de un cilindro
2.4. Concepto físico de campo
2.5. Ecuación de Poisson y ecuación de Laplace
2.6. Solución de la ecuación de Laplace
2.7. Funciones armónicas
2.8. Funciones de Legendre, Polinomios de Legendre y coeficientes armónicos esféricos
    2.8.1. Armónicos esféricos sectoriales, teserales y zonales
    2.8.2. Representación gráfica de los Polinomios de Legendre
2.9. Normalización de las funciones armónicas esféricas
2.10. Interpretación de los coeficientes armónicos esféricos de grado bajo
2.11. Problemas de valores de frontera
    2.11.1. Problemas de valores de frontera geodésicos
2.12. Momentos de inercia de la Tierra

3. Campo de gravedad de la Tierra y sus anomalías
3.1. Concepto de gravedad
3.2. Superficies de nivel y la línea de plomada
3.3. Curvatura de las superficies de nivel y la línea de plomada
3.4. Sistema de coordenadas naturales
3.5. Potencial de gravedad real y potencial de gravedad normal
    3.5.1. El potencial real de la Tierra en termino de armónicos esféricos
3.6. El campo de gravedad normal: el elipsoide normal y la fórmula de Stokes
3.7. Teorema de Clairaut

3.8. Cálculo de la gravedad normal en la superficie del elipsoide: la fórmula de Somigliana y desarrollos en serie
3.9. Cálculo de la gravedad normal para una altura h
3.10. Potencial anómalo de la Tierra
3.11. Anomalías de gravedad
3.12. Variaciones temporales en el campo de gravedad de la Tierra.

4. Determinación del geoide y cuasi-geoide
4.1. Ecuación de Bruns
4.2. Ecuación fundamental de la Geodesia Física
4.3. La teoría de Stokes para la determinación del Geoide
4.4. La teoría de Molodensky para la determinación del Cuasi-Geoide
4.5. Reducciones y correcciones de gravedad
  4.5.1. Razones del porque hay que reducir la gravedad
  4.5.2. Reducción de aire libre
  4.5.3. Reducción de Bouguer
  4.5.4. Reducción de Poincare y Prey
  4.5.5. Corrección de terreno
4.6. Teoría de la Isostasia
  4.6.1. Enfoque de Pratt-Hayford
  4.6.2. Enfoque de Airy-Heiskannen
4.7. Reducciones isostáticas y su interpretación
4.8. Métodos de condensación de Helmert
4.9. El método Remove - Restore
4.10. Efecto indirecto en la determinación del geoide
4.11. Uso de la transformada rápida de Fourier en el cálculo de modelos geoidales

5. Sistemas de alturas
5.1. Relación entre la nivelación geodésica y el campo de gravedad terrestre
5.2. Números geopotenciales
  5.2.1. Características
  5.2.2. Cálculo
  5.2.3. Importancia de los números geopotenciales para el establecimiento de los modernos sistemas de alturas
5.3. Alturas dinámicas
  5.3.1. Características
  5.3.2. Cálculo
5.4. Alturas ortométricas
  5.4.1. Características
  5.4.2. Cálculo
  5.4.3. Hipótesis para la reducción de la gravedad observada al geoide
  5.4.4. Consecuencia de la formulación de la hipótesis en el cálculo del geoide: determinación de co-geoides

5.5. Alturas normales
  5.5.1. Características
  5.5.2. Cálculo
5.6. Análisis comparativo de los diferentes sistemas de alturas
5.7. Nivelación GPS
  5.7.1. Características
  5.7.2. Requerimientos metodológicos
  5.7.3. Exactitudes alcanzables
  5.7.4. Fuentes de error

6. Modelos de geoide globales y regionales

6.1. Misiones satelitales para la determinación de modelo geoidales: GRACE, CHAMP, GOCE 6.1.1. Fundamentos de la gravimetría satelital
  6.1.2. Introducción a la Gradiometria
  6.1.3. Características de la misión GRACE
  6.1.4. Características de la misión GOCE
  6.1.5. Características de la misión CHAMP
6.2. Gravimetría Aerotransportada
  6.2.1. Fundamentos
  6.2.2. Requerimientos instruméntales
  6.2.3. Aplicaciones
6.3. Modelos globales EGM96 y EMG08
6.4. Modelo CARIB97
6.5. Modelos de geoide derivados de misiones satelitales: familia de las EIGEN y otros
6.6. Aplicaciones de los modelos geoidales en geodesia y geofísica

IV. Estrategia metodológica:

El curso es de naturaleza teórico-practico. Para el desarrollo de tareas y proyecto prácticas, primeramente, el estudiante debe conocer los fundamentos teóricos de Geodesia Física. Después de conocer los fundamentos, las clases teóricas se complementarán con variedad de ejercicios y tareas prácticas para que estudiante reafirme fuera del aula los visto en clase y de esta forma se puede profundizar en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El tema de investigación grupal elegirá cada grupo de estudiantes desde la lista de temas actuales para geodesia el día de hoy presentados en IUGG Union lecture by Geoff Blewitt “Geodesy: It's about Time”.

V. Estrategia evaluativa:

Detalle	Porcentaje	Fecha de entrega/realización
Tareas	30%	Tarea 1: 12/03 Tarea 2: 30/04 Tarea 3: 21/05

Quiz	5%	Quiz: 26/03
Exámenes Parciales	50%	Examen Parcial I: 16/04 Examen Parcial II: 18/06
Investigación y exposición	15%	11/06
TOTAL	**100**	

Todas las actividades evaluativas tienen carácter obligatorio. A continuación, el detalle de cada actividad:

a) Las **TAREAS:** deben ser desarrolladas en las clases y en horas de estudio independiente, las mismos constan de la solución de ejercicios relacionados con las temáticas desarrolladas en el curso. La docente hará una evaluación del desempeño de los estudiantes en cada una de las prácticas. El estudiantado ha de demostrar el saber hacer, así como las competencias que integren en el pensamiento y la acción de esos elementos, en las cuales realizarán resolución de problemas planteados y se deberá demostrar el procedimiento para llegar a los resultados señalado.

Cada asignación tendrá un valor determinado, en función de su grado de complejidad y análisis requerido. Luego de la comparación de la solución de la docente con la del estudiantado, así como el análisis de los resultados obtenidos, la docente asignará el puntaje a la respuesta y sumará el puntaje total. Además, en los reportes de las practicas se evaluará:

Criterio	***Excelente (4)***	***Bueno (3)***	***Satisfactorio (2)***	***Deficiente (1)***
Formato general	Contiene la información del título, el nombre y cedula de estudiante, la tarea está ordenada y sigue el orden lógico. La letra, los cálculos y las figuras son fácil de leer e interpretar.	Contiene la información del título, el nombre de estudiante. La letra, los cálculos y las figuras son fácil de leer e interpretar	Contiene la información del título, el nombre de estudiante. La letra, los cálculos y las figuras no son fácil de leer e interpretar.	Contiene la información del título, el nombre de estudiante. La letra, los cálculos y las figuras no son fácil de leer e interpretar.

a) El **QUIZ:** Se realizará interrogante corto a través del cual el estudiantado debe demostrar conocimiento de fundamentos teóricos de los temas vistas en las clases anteriores.

b) La **INVESTIGACIÓN y EXPOSICIÓN** utilizara la metodología de **Aprendizaje por descubrimiento** y será realizada por cada grupo de los estudiantes en Power Point o aplicación similar, empleando medios que considere pertinentes sobre los aportes e innovaciones de geodesia.

Rúbrica	***Excelente 4 pts.***	***Satisfactorio 3 pts.***	***Puede mejorar 2 pts.***	***No cumple lo mínimo requerido 1 pt.***

Formalidad de la presentación	Modula correcta y apropiadamente el tono de voz. Su presentación personal demostraba la seriedad de su trabajo	Modula apropiadamente el tono de voz. Su presentación personal demostraba la seriedad de su trabajo	Su presentación personal demostraba la seriedad de su trabajo	No le dio ninguna formalidad a su exposición
Dominio del tema	Habló con fluidez demostrando conocimiento del tema Uso los apoyos visuales para guiar a los espectadores	Leyó un poco de las diapositivas, pero habló fluidamente Uso los apoyos visuales para guiar a los espectadores	Mencionó únicamente lo que había en la presentación leyéndolas	Demostró claramente que no había preparado el tema
Organización del equipo	Presenta de forma organizada el contenido del tema. Se evidencia un dominio de la actividad grupal que desarrolla.	Presenta de forma organizada el contenido del tema. Se evidencia un dominio parcial de la actividad grupal que desarrolla.	Presenta el contenido del tema con algunas dudas. Se evidencia poco dominio de la actividad grupal que desarrolla.	No se organiza
Asignación del tiempo	Consideró el empleo del tiempo en el intervalo de 1:30-1’	Consideró el empleo del tiempo en el intervalo de 1:00-0:30’	Consideró el empleo del tiempo en el intervalo inferior a 0:30-0:01’	Consideró el empleo del tiempo en el intervalo superior a 1:30’

c) Los **EXAMENES PARCIALES**: Se realizarán interrogantes a través de los cuales el estudiantado debe demostrar de manera teórico-práctica y analítica el logro de los objetivos vistos en las clases. Se aplica para detectar la eficacia en el desarrollo de actividades reales.

En exámenes cada de las preguntas tendrá un valor determinado, en función de su grado de complejidad. Luego de la comparación de la solución de la docente con la del estudiantado, así como el análisis del conocimiento del estudiante, la docente asignará el puntaje a la respuesta y sumará el puntaje total, para luego obtener la calificación total y el porcentaje obtenido por parte del estudiantado.

VI. Normas específicas para la ejecución del curso:

En el desarrollo de las clases el estudiantado deberá emplear de forma obligatoria los siguientes recursos:

- Las sesiones sincrónicas y semipresenciales tendrán como insumo la entrega obligatoria de video de la clase.
- En caso de ausencia a clases y/o evaluación se aplican las indicaciones del artículo 26 del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional:

Quien, como estudiante, por enfermedad u otra causa de fuerza mayor, no pueda efectuar una evaluación consignada en el programa, debe presentar a la persona a cargo de impartir el curso, por escrito, la justificación con los documentos probatorios en un tiempo límite de cinco días hábiles a partir de la fecha en que se realizó la evaluación. Si procede repetir la evaluación, de común acuerdo se fijará la fecha y la hora de su aplicación, la que se realizará dentro de los ocho días hábiles siguientes a la presentación de la justificación. En caso de no aceptarse la justificación, puede realizar el trámite de apelación correspondiente.

- Las fechas de entrega de las asignaciones de la metodología evaluativa, quedarán definidas desde el inicio del curso en el presente instructivo, y serán prorrogadas únicamente con un oficio remitido por la totalidad de los estudiantes matriculados y el docente a la dirección.

- La calificación mínima para aprobación del curso es 7.0 Toda calificación final deberá redondearse según lo indicado en el artículo 18 del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional:

  El estudiantado será calificado con base en una escala que va de cero a diez. La calificación mínima de aprobación es siete. Toda calificación final deberá redondearse de la siguiente manera:

  del 0.10 al 0.24, corresponde a 0.25
  del 0.26 a 0.49, corresponde a 0.50
  del 0.51 al 0.74, corresponde a 0.75
  del 0.76 al 0.99, corresponde al entero superior

- El curso de naturaleza teórico práctico NO tiene examen extraordinario.
- En caso de plagio en cualquier trabajo presentado por el estudiantado se aplicará lo estipulado en el artículo 24 del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional:

  ARTICULO 24. PLAGIO
  Se considera plagio la reproducción parcial o total de documentos ajenos presentándolos como propios.

- No se permite uso de teléfonos celulares en las clases. Los cálculos deben realizarse con Matlab/Octave o en una calculadora.
- Cada actividad tiene una fecha de entrega, la cual se le ratificará al estudiantado al menos una semana antes de la fecha final de entrega o al momento de la formulación de la actividad evaluativa
- No se recibirá ningún documento para evaluar fuera de la fecha final de entrega definida y comunicada al estudiantado
- Cuando se realice una prueba evaluativa en la cual obligatoriamente tiene que estar presente el estudiante se deben respetar las condiciones para realización de la prueba: sin ruidos, obstáculos, intromisiones, ayudas externas o el uso de elementos adicionales no autorizados por la profesora.
- En el desarrollo de las clases el estudiantado deberá emplear de forma obligatoria los siguientes recursos:
  - Matlab/Octave

- Microsoft Word
- Power Point

- El medio oficial de comunicación entre el estudiantado y la docente es a través de la plataforma Teams y el correo oficial (olga.pimenova@una.cr).

VII. Cronograma Tentativo de actividades:

# sesión	Fecha	Tipo de sesión	Contenido	Actividades	Recursos didácticos requeridos
1	19/02	presencial	Tema 1, Tema 2	Presentación del programa del curso, clase magistral	
2	26/02	presencial	Tema 2	Clase magistral	
3	05/03	presencial	Tema 2	Clase magistral, tarea 1	Matlab
4	**12/03**	presencial, evaluación	Tema 2	Clase magistral, **entrega Tarea 1**	
5	19/03	virtual	Tema 3	Clase magistral	
6	**26/03**	presencial, evaluación	Tema 3, actividad "Equidad y Género"	**Quiz,** Clase magistral	
7	**02/04**	**feriado**	**Semana Santa**	No hay lecciones	
8	09/04	presencial	Tema 3	Clase magistral	
9	**16/04**	**evaluación**	**Examen I**		
10	23/04	virtual	Tema 4	Clase magistral	
11	**30/04**	presencial	Tema 4	Clase magistral, **entrega Tarea 2**	
12	07/05	presencial	Tema 4	Clase magistral	
13	14/05	presencial	Tema 5	Clase magistral	
14	**21/05**	presencial	Temas 5 y 6	Clase magistral, **entrega Tarea 3**	
15	28/05	presencial, evaluación	Tema 6	Clase magistral	
16	04/06	presencial	Tema 6	Clase magistral	
17	**11/06**	virtual	**Presentaciones**	Presentaciones grupales	
18	**18/06**	**evaluación**	**Examen II**		

VIII. Recursos Bibliográficos:

7.1. Bibliografía:

- Hofmann-Wellenhof, B., & Moritz, H. **Physical Geodesy.** 1st Edition, SpringerWienNewYork, 2005.
- Lowrie, W. **A student´s guide to Geophysical Equations.** Cambridge University Press. New York, 2011.

- Mertikas, S. **Gravity, geoid and earth observation.** Berlin: Springer, 2010
- Sanso., F & Sideris, M. **Geoid Determination: Theory and Methods.** Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- Serpas, J. **Gravimetría Aérea para la determinación del geoide local.** *Uniciencia*, *21 (1)*, 165-176, 2004.
- Serpas, J. **The downward continuation of the disturbing potential based on Poisson´s Integral.** *Uniciencia*, *21 (1)*, 157-164, 2004.
- Torge, W. **Gravimetry.** De Gruyter. Berlin-New York, 2008.
- Xu. G. **Theory, Algorithms and Applications.** Alemania: Springer Berlin Heidelberg, 2007.

7.2. Webgrafía:

- http://icgem.gfz-potsdam.de/home
- https://www.isgeoid.polimi.it/Geoid/reg_list.html

Información adicional:

La aceptación del programa del curso se realizará por medio de firma del estudiantado el primer día de clase. Se recalca las fechas de clase. El estudiante que falte a alguna de las clases deberá ser responsable en la adquisición de la información, en caso evaluativo se aplica lo indicado en el reglamento de evaluación de la UNA.

El estudiante que se ausente 3 veces, sin la debida justificación avalada por la persona académica, reprueba el curso con nota de 5.00 o su acumulado en caso de ser inferior al mismo.

Derechos y los deberes estudiantiles

1. **Asistencia a clases:** La obligatoriedad o no de la asistencia a clases, considerando, la naturaleza del curso o módulo, las actividades de aprendizaje planificadas, la modalidad de aprendizaje.
2. **Tipo de sesión y uso de video:** Cuando se ejecute la modalidad de aprendizaje virtual o semipresencial se deberá indicar las sesiones sincrónicas y semipresenciales y el uso obligatorio o no de video.
3. **Evaluación:** Condiciones, fechas y la definición clara de cada rubro de evaluación, así como su valor porcentual. La persona docente debe incluir en el programa del curso los instrumentos de evaluación como rúbricas, listas de cotejo, escalas de calificación u otros, para cada actividad de aprendizaje. La calificación mínima de aprobación es siete. Toda calificación final se deberá redondear según lo indicado en el artículo 18 del Reglamento Nacional. Otros aspectos relacionados con la evaluación se pueden consultar en el capítulo IV y VI de ese mismo Reglamento.
4. **Ausencias:** Según se determine por las características de la actividad de formación académica. En caso de ausencia a una evaluación se deberá aplicar lo estipulado en el capítulo V del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional.
5. **Plagio y copia:** En caso de plagio y copia en cualquier trabajo presentado por el estudiantado se aplicará lo estipulado en los artículos 24, 24Bis y 25 del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional.
6. **Otros aspectos:** Adicionalmente, la persona docente podría definir otros elementos, según la naturaleza y condiciones de la actividad de formación académica, o acuerdos tomados por la

instancia académica, sobre lo que se permite o no se permite en el desarrollo de las lecciones, en temas relacionados con:

- Pautas para el uso del celular.
- Grabación de las sesiones.
- Código de vestimenta.
- Normas para las sesiones en entornos virtuales.
- Otros elementos que se consideren necesarios.

Es importante recordar al estudiantado el ***DEBIDO PROCESO*** para apelaciones:

1) La persona estudiante se comunica de forma oral con la persona docente en los próximos 5 días hábiles de una revisión y se aclara el inconveniente.
2) La persona estudiante se comunica con el docente de forma escrita (correo institucional o carta firmada con puño y letra entrega y recepción) indicando las evidencias de su reclamo en los siguientes 5 días hábiles de la entrega de la calificación. La persona docente deberá dar respuesta por escrito en un periodo de 5 días hábiles (art. 52, Reglamento Gral de Enseñanza y Aprendizaje de la UNA)
3) Agotada la vía de revisión con la persona docente, la persona estudiante se comunica con la dirección por medio escrito (direccionetcg@una.cr), en los siguientes 5 días hábiles adjuntando todas las evidencias de su reclamo y de haber realizado el proceso del paso 2. (art. 53, Reglamento Gral de Enseñanza y Aprendizaje de la UNA)
4) La dirección procede a conformar un tribunal integrado por 3 académicos. (art. 53, Reglamento Gral de Enseñanza y Aprendizaje de la UNA)
5) El tribunal tendrá 5 días hábiles para examinar los antecedentes y atestados de la apelación, consultar a las partes interesadas y brindar la respuesta al fallo, este indicará si se modifica o mantiene la nota apelada. La decisión del tribunal es inapelable y se debe comunicar a la persona estudiante, con copia a la persona docente y la dirección para que se actúe en la consecuencia. (art. 54, Reglamento Gral de Enseñanza y Aprendizaje de la UNA)

Firma del docente	*Firma de la Dirección y Sello de la ETCG*
Dra. Olga Pimenova **Docente ETCG**	**M.Sc. Sara Bastos Gutiérrez** **Directora ETCG**