**UNIVERSIDAD NACIONAL**

***FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES***

ESCUELA DE TOPOGRAFÍA, CATASTRO Y GEODESIA

INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA Y GEODESIA, CÓDIGO TGC507

PROGRAMA DEL CURSO DE

**GEODESIA SATELITAL**

|  |  |
| --- | --- |
| Nombre del curso | **GEODESIA SATELITAL** |
| Tipo de Curso | Regular |
| Código del curso | **TGC507** |
| Nivel y Grado Académico | V, Licenciatura |
| Período lectivo | II Semestre 2021 |
| Modalidad | 16 semanas (en formato Presencial remoto) |
| Naturaleza | teórico – práctico integrado |
| Créditos | 3 |
| Horas totales semanales | 8 |
| Horas del curso | 3 (jueves 18:00-21:00) |
| Horas docentes | 3 |
| Horas de atención al estudiante | 1 (jueves 17:00-18:00) |
| Requisitos | Geodesia Física y Geofísica |
| Correquisitos | Ninguno |
| Docente: | Jose Francisco Valverde Calderón  jose.valverde.calderon@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.**

**PLAN DE TRABAJO**

1. **Descripción del curso:**

Este curso comprende la explicación general de los procesos involucrados en el movimiento de los satélites en sus órbitas; conocimiento de las fuerzas que afectan ese movimiento y de las órbitas satelitales, tanto reales como predichas. Además, se describirán algunos sistemas satelitales, especialmente el o los más utilizados en la actualidad.

1. **Objetivos**

**Objetivo General:**

1. Transmitir al estudiante una comprensión global de los procesos involucrados en las aplicaciones de la geodesia satelital, así como los conocimientos generales acerca de la utilización de los satélites en proyectos geodésicos y de ingeniería.

**Objetivos específicos:**

1. Transmitir al estudiante los conocimientos generales sobre los procesos de cálculo, corrección y predicción de las órbitas de los satélites artificiales.
2. Describir los diferentes sistemas satelitales, dando énfasis a los principios teóricos del sistema o los sistemas de uso actual.
3. Dar al estudiante una visión de la toma de datos satelitales, para analizar y enfrentar en forma crítica algunos de problemas relacionados con esta temática.
4. **Contenido temático:**

**3.1 Marcos de referencia**

3.1.1 Marcos de referencia y transformaciones

3.1.2 Matrices de rotación

3.1.3 Sistemas coordenados de la astronomía geodésica

3.1.4 Sistemas de tiempo

3.1.5 Precesión, nutación y movimientos del polo. Transformaciones

**3.2. Órbitas normales**

3.2.1 Ecuaciones de movimiento y leyes de Kepler

3.2.2 Geometría de la órbita elíptica

3.2.3 La órbita en el espacio

3.2.4 Predicción de las órbitas

**3.3. Órbitas perturbadas**

3.3.1 Ecuación del movimiento y función disturbadora

3.3.2 La elipse osculante

3.3.3 Perturbaciones gravitacionales

3.3.4 Otras perturbaciones.

**3.4. Observaciones satelitales**

3.4.1 Conceptos básicos

3.4.2 Técnica Doppler y otras técnicas históricas

3.4.3 Sistemas Globales de Navegación

3.4.4 Altimetría satelital

1. **Estrategia metodológica:**

El presente curso es de naturaleza teórico - practico. Basado esta perspectiva, el curso se desarrollará con una mezcla de actividades teóricas que buscan brindar al estudiantado los conceptos del tema desarrollado, mismos que, de acuerdo con la temática, serán complementados con actividades prácticas que el estudiantado deberá realizar ya sea en la clase o en las horas de estudio independiente asignadas al curso. De esta manera, cada vez que se inicie un nuevo apartado (según el contenido temático), el docente brindará el material de referencia con los fundamentos teóricos y conceptuales de este, mismos que serán desarrollados y ampliados por el docente en las clases sincrónicas.

En la parte práctica del curso, como se indicó, se desarrollarán actividades básicas que tendrán como objetivo reforzar lo explicado en clase. Actividades más complejas serán asignadas mediante tareas. Estas tareas buscan que el estudiantado analice el problema planteado y le plantee una solución aplicando no solo los conceptos vistos en clase, sino tambien los conceptos que a adquirido a lo largo de la carrera en el área de Geodesia. Estas asignaciones las deberá resolver en el programa de cálculo de su preferencia.

1. **Estrategia evaluativa:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Detalle** | **Porcentaje** | **Fecha tentativa de entrega por parte del estudiantado** |
| Bitácora 1 | 20% | 16 de septiembre de 2021 |
| Bitácora 2 | 15% | 28 de octubre de 2021 |
| Bitácora 3 | 15% | 25 de noviembre de 2021 |
| Tareas (3) | 30% (10% cada una) | 1. 09 de septiembre de 2021 2. 14 de octubre de 2021 3. 18 de noviembre de 2021 |
| Poster | 20% | 04 de noviembre de 2021 |
| **TOTAL** | **100** |  |

**Todas las actividades evaluativas tienen carácter obligatorio**

A continuación, el detalle de cada actividad descrita

1. **Bitácoras de los capítulos:** La bitácora consiste en que luego de cada clase, el docente elaborará a lo sumo cinco preguntas relacionadas con la materia vista ese día y / o información que complementa lo visto, mismas que el estudiantado deberá responder en la plantilla asignada para este fin. Estas respuestas las debe realizar en base a lo explicado en la clase y lo que el estudiantado investigue (si aplica). Luego, en las fechas indicadas, debe enviar las respectivas respuestas para su revisión y calificación. La fecha final de entrega de cada bitácora se confirmará una semana antes, ya que se depende del avance en los contenidos según el cronograma planteado.

Sin embargo, como cada semana se darán las respectivas preguntas asociadas con la materia vista, el estudiantado podrá avanzar en dar respuesta a las mismas. Con el fin de estandarizar la entrega, el docente facilitará el documento base en el cual el estudiantado debe responder las preguntas, mismo que luego será usado para la respectiva evaluación.

**Forma de evaluación:** cada de una de las preguntas tiene un valor de un punto. En función de la calidad de la respuesta (pertinencia, calidad técnica, vocabulario, ortografía, gramática) el docente asignará el puntaje a la respuesta.

1. **Poster:** El objetivo de este trabajo es que el estudiantado realice una investigación sobre un tema complementario a los contenidos del curso y sistematice los resultados de esta investigación en un poster que luego será compartido con el resto de la clase. El formato del poster (dimensiones, tipo de letra, estructura, entre otros detalles) se le presentará al estudiantado al menos un mes antes de la fecha definida para la entrega, junto con la asignación del tema

Forma de evaluación: la evaluación del poster se realizará de la siguiente manera:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ítem | Valor | Porcentaje obtenido: |
| Cumplimiento de las pautas dadas para el formato del poster | 3.0% |  |
| Pertinencia y calidad de la información presentada en el poster acerca del tema asignado | 10.0% |  |
| Ortografía y gramática | 2.0% |  |
| Uso adecuado de imágenes y cuadros | 2.0% |  |
| Referencias bibliográficas | 1.0% |  |
| Aspecto visual del poster | 2.0% |  |
| Total: | |  |

1. **Tareas:** estás consisten en la solución de problemas de cálculo mediante el uso del programa de preferencia por parte del estudiantado y el uso de herramientas en línea. Durante el desarrollo del curso se asignarán tres tereas.

Forma de evaluación: cada de una de las preguntas tendrá un valor determinado, en función de su grado de complejidad y analisis requerido. Luego de la comparación de la solución del docente con la del estudiantado, así como el analisis de los resultados obtenidos, el docente asignará el puntaje a la respuesta

**Observaciones adicionales**

1. 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.
2. En caso de tener dudas o problemas, se puede coordinar con el docente para tener una reunión aclaratoria, aunque se solicita primero usar para este fin la hora de consulta
3. No se recibirá ningún documento para evaluar fuera de la fecha final de entrega definida
4. La hora de consulta será los jueves de 17 a 18 horas.
5. El enlace para las clases es el siguiente: (indicar cuando se confirme el curso)
6. El enlace para la hora de consulta es la siguiente: (indicar cuando se confirme el curso)
7. En caso de que el estudiantado requiere aclarar dudas en otro momento distinto a la hora de consulta, puede coordinar con el docente, quien le indicará el día y la hora en que le puede atender
8. Las actividades del curso están estructuradas para realizarse de manera individual
9. **Tiene derecho a realizar un examen extraordinario el estudiante con una nota final (ya redondeada) superior o igual a 6.0 pero inferior a 7.0**
10. Todas las actividades evaluativas tienen carácter obligatorio
11. El docente creará en Google Drive una carpeta para el curso. Dentro de esta, creará para cada estudiante una carpeta, misma que será usada para que el docente le remita al estudiantado los documentos que este presente una vez ya revisados y corregidos
12. Todo documento de la evaluación debe ser remitido por el estudiantado al correo [jose.valverde.calderon@una.ac.cr](mailto:jose.valverde.calderon@una.ac.cr)
13. El medio oficial de comunicación entre el estudiantado y el docente es a través del correo [jose.valverde.calderon@una.ac.cr](mailto:jose.valverde.calderon@una.ac.cr)

En seguimiento a la instrucción UNA-VD-DISC-012-2021 emitida por la Vicerrectoría de Docencia de la Universidad Nacional, con fecha del 06 de julio de 2021, se aclara que:

1. La totalidad de las clases durante el ciclo será sincrónica, en el horario definido para el curso
2. La asistencia a las clases sincrónicas **NO** es obligatoria
3. Las sesiones sincrónicas por videoconferencia serán grabadas y luego facilitadas al estudiantado a través de su almacenamiento en la carpeta en Google Drive creada para el curso
4. **NO** es obligatorio que el estudiantado mantenga la cámara encendida durante el desarrollo de las clases sincrónicas
5. La grabación de las sesiones sincrónicas está considerada en la programación de actividades del curso. Se aclara que esta grabación es exclusiva para para uso didáctico por parte del estudiantado y que no serán utilizadas para ningún otro fin. El no acatar esta disposición (uso de las grabaciones con otros fines) implica responsabilidad disciplinaria, civil y eventualmente penal de las personas responsables
6. Una vez presentado el programa al estudiantado, al inicio del curso, si no existe objeción alguna, se tiene como manifestación de consentimiento el grabar las clases. De igual forma, en el formulario preparado para la aceptación del programa del curso, el estudiantado deberá manifestar que entiende y acepta lo explicado. En caso de que no este de acuerdo con la grabación de las clases, aplica lo que se indica en el punto siguiente
7. Si alguna de las personas estudiantes no está de acuerdo con la grabación, tiene derecho a  
   desconectar su audio y video, y ello se tendrá, automáticamente, como su manifestación de no  
   estar de acuerdo con la grabación. De esta forma, la persona docente debe abstenerse de  
   hacerle preguntas, para evitar su participación. Será responsabilidad de la persona estudiante, las  
   consecuencias en su aprendizaje de la decisión tomada
8. Las grabaciones deben ser resguardadas y protegidas por la persona docente. Por ello se recuerda al estudiantado que solamente deben ser usadas para fines educativos dentro del curso. El uso de estas con otros fines genera responsabilidad disciplinaria, civil y eventualmente penal.
9. **Cronograma Tentativo de actividades:**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| # sesión | Fecha | Contenido | Actividades | Recursos didácticos requeridos |
| 1 | 12-08-21 |  | Lectura y aclaración de dudas sobre el programa del curso  Introducción al curso | Computadora, acceso a internet |
| 2 | 19-08-21 | Capítulo 3.1.1 | Clase magistral, capítulo 3.1.1 | Computadora, acceso a internet |
| 3 | 26-08-21 | Capítulo 3.1.1 | Clase magistral, capítulo 3.1.1 | Computadora, acceso a internet |
| 4 | 02-09-21 | Capítulo 3.1.1 | Clase magistral, capítulo 3.1.1 | Computadora, acceso a internet |
| 5 | 09-09-21 | Capítulo 3.1.2  Capítulo 3.1.3 | Clase magistral, capítulo 3.1.2, 3.1.3 | Computadora, acceso a internet |
| 6 | 16-09-21 | Capítulo 3.1.4 | Clase magistral, capítulo 3.1.4 | Computadora, acceso a internet |
| 7 | 23-09-21 | Capítulo 3.1.5 | Clase magistral, capítulo 3.1.5 | Computadora, acceso a internet |
| 8 | 30-09-21 | Capítulo 3.2.1 | Clase magistral, capítulo 3.2.1 | Computadora, acceso a internet |
| 9 | 07-10-21 | Capítulo 3.2.2  Capítulo 3.2.3 | Clase magistral, capítulo 3.2.2, 3.2.3 | Computadora, acceso a internet |
| 10 | 14-10-21 | Capítulo 3.2.4 | Clase magistral, capítulo 3.2.4 | Computadora, acceso a internet |
| 11 | 21-10-21 | Capítulo 3.3.1  Capítulo 3.3.2 | Clase magistral, capítulo 3.3.1, 3.3.1 | Computadora, acceso a internet |
| 12 | 28-10-21 | Capítulo 3.3.3  Capítulo 3.3.4 | Clase magistral, capítulo 3.3.3, 3.3.4 | Computadora, acceso a internet |
| 13 | 04-11-21 | Capítulo 3.4.1  Capítulo 3.4.2  Capítulo 3.4.3 | Clase magistral, capítulo 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3 | Computadora, acceso a internet |
| 14 | 11-11-21 | Capítulo 3.4.3 | Clase magistral, capítulo 3.4.3 | Computadora, acceso a internet |
| 15 | 18-11-21 | Capítulo 3.4.3 | Clase magistral, capítulo 3.4.3 | Computadora, acceso a internet |
| 16 | 25-11-21 | Capítulo 3.4.4 | Clase magistral, capítulo 3.4.4 | Computadora, acceso a internet |

1. **Bibliografía:**

Altamimi, Z., Rebischung, P., Métivier, L., & Collilieux, X. (2016). **ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions**. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 121(8), 6109-6131.

Campos-Arias, P., Esquivel-Hernández, G., Valverde-Calderón, J. F., Rodríguez-Rosales, S., Moya-Zamora, J., Sánchez-Murillo, R., & Boll, J. (2019). **GPS Precipitable Water Vapor Estimations over Costa Rica: A Comparison against Atmospheric Sounding and Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS)**. Climate, 7(5), 63.  <https://doi.org/10.3390/cli7050063>

Charlot, P., Jacobs, C. S., Gordon, D., Lambert, S., de Witt, A., Böhm, J., ... & Gaume, R. (2020**). The third realization of the International Celestial Reference Frame by very long baseline interferometry**. Astronomy & Astrophysics, 644, A159.

Dach, R., & Walser, P. (2015). **Bernese GNSS Software Version 5.2**.

Hofmann-Wellenhof. B., Lichtenegger, H., Wasle. E. (2008). **GNSS: Global Navigation Satellite Systems: GPS, Glonass, Galileo and More**, 1° Edition, Springer Wien NewYork, Austria, 517 p

Kaula, William M. **Theory of Satellite Geodesy, Applications of Satellites to Geodesy**. New York, Dover Publications, Inc.

Leick, A. (2004). **GPS Satellite Surveying**. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, United States of America

Montenbruck O y Gill E. (2000) **Satellite Orbits**. 1a. Edition, Springer.

Paniagua-Jiménez, D., & Valverde-Calderón, J. (2018). **Análisis de la influencia de las señales del sistema GLONASS en el procesamiento de una red geodésica regional**. Uniciencia, 32(1), 1-17. <https://doi.org/10.15359/ru.32-1.1>

Rebischung. P., Griffiths, J., Ray. J., Schimd. R., Collilieux. X., Garayt, B. (2011). **IGS08: the IGS realization of ITRF2008**, GPS Solutions, 16, 483–494, doi: 10.1007/s10291-011-0248-2

Sánchez, L., Ågren, J., Huang, J., Wang, Y. M., Mäkinen, J., Pail, R., ... & Liu, Q. (2021). **Strategy for the realisation of the International Height Reference System (IHRS**). Journal of Geodesy, 95(3), 1-33.

Seeber, Günter (2003). **Satellite Geodesy**. 2nd Edition. Berlin, New York: De Gruyter. 589 pgs.

Wziontek, H., Bonvalot, S., Falk, R., Gabalda, G., Mäkinen, J., Pálinkás, V., ... & Vitushkin, L. (2021). **Status of the international gravity reference system and frame**. Journal of Geodesy, 95(1), 1-9.

Información adicional:

* Aceptación del programa del curso:

*La aceptación del programa del curso se realizará por medio de la respuesta del estudiantado en la plataforma Google Meet el primer día de clase (con la clase sincrónica, grabada en el video y el formulario de Google Forms establecido para tal fin)*. Se recalca las fechas de clase y el periodo del primer semestre. 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.

* Enlaces a recursos que la Universidad Nacional pone a disposición del estudiantado:

Sitio Web de la Universidad Nacional

<http://www.una.ac.cr/>

Sitio Web de la ETCG

[www.etcg.una.ac.cr](http://www.etcg.una.ac.cr)

Sitio Web del Departamento de Registro

https://www.registro.una.ac.cr/

Repositorio Académico Institucional (RAI) de la Universidad Nacional:

<http://www.repositorio.una.ac.cr/>

Portal de journal y libro Springer Link

<https://link.springer.com/>

Portal electrónico de Revistas Académicas de la Universidad Nacional:

<http://www.revistas.una.ac.cr/>

Defensoría de los Estudiantes

<http://www.defensoria.una.ac.cr/>

Fiscalía contra el Hostigamiento Sexual

<http://www.fiscalia.una.ac.cr/>

* Enlaces a sitios de interés relacionados con la temática del curso

ITRF

<https://itrf.ign.fr/>

Global Geodetic Reference Frame

<https://www.unggrf.org/>

SIRGAS

<http://www.sirgas.org/es/>

Global Geodetic Observating System

<https://ggos.org/>

International GNSS Service

<https://www.igs.org/>

International VLBI Service for Geodesy and Astrometry

<https://ivscc.gsfc.nasa.gov/>

International Laser Ranging Service

<https://ilrs.gsfc.nasa.gov/>

International DORIS Service

<https://ids-doris.org/>

Programa Copernicus

<https://www.copernicus.eu/en>

|  |  |
| --- | --- |
| ***Firma del docente*** | ***Firma de la Dirección y Sello de la ETCG*** |
| **Jose Francisco Valverde Calderon** | **MEd. Gabriela Cordero Gamboa** |