

## CONSEJO DE ESCUELA DE FISICA ACTA No. 17



FECHA: 07 de junio de 2019

LUGAR: Consulta Virtual

**PARTICIPANTES:** Jorge Humberto Martínez Téllez, Director de la Escuela de Física  
Luis Alberto Núñez de Villavicencio, Coordinador de Posgrado en Física  
Fabio Duván Lora Clavijo, Representante de los Profesores  
Yezid Torres Moreno, Representante de los Profesores  
Leonardo Fabián Calderón Mantilla, Representante de los Estudiantes de Posgrado  
Dennis Katherine Viveros Sanabria, Representante de los Estudiantes de Pregrado.

### ORDEN DEL DÍA:

1. Verificación del Quórum
2. Asuntos de Maestría en Geofísica

### DESARROLLO:

#### 1. VERIFICACIÓN DEL QUÓRUM

El Quórum fue verificado de acuerdo con el número de miembros del Consejo, quienes emitieron concepto por correo electrónico.

#### 2. ASUNTOS DE MAESTRÍA EN GEOFÍSICA

##### Modificación del Plan de Estudios del Programa de Maestría en Geofísica

Se recibe la comunicación N° D19-07062 de fecha 6 de junio de 2019 del Consejo Académico, con las observaciones sobre la propuesta de modificación del plan de estudios del programa de Maestría en Geofísica.

Se puede resumir los requerimientos del Consejo Académico en dos aspectos:

1. Con el cambio de una asignatura electiva por una asignatura obligatoria en el plan de estudios se pierde flexibilidad en el programa.

El Coordinador pone en contexto la propuesta de modificación del plan de estudios, recuerda que se debe hacer una modificación de carácter obligatorio dado que la asignatura Trabajo de Investigación III (código 26930) está determinada en el actual plan de estudios para tener una calificación Cuantitativa, cuando la calificación de esta asignatura debería ser Cualitativa. Por otro lado, en diferentes reuniones del Comité Asesor se discutió el asunto de la estructura del plan de estudios, los contenidos de las diferentes asignaturas y la orientación que se debía dar a las mismas, lo cual quedó consignado en el documento que fue enviado al Consejo Académico. Igualmente menciona el Coordinador que entiende el requerimiento que hace el Consejo Académico y recomienda al Comité Asesor acoger la solicitud sobre la cantidad de asignaturas electivas y obligatorias del programa para mantener la flexibilidad del mismo. Una de las razones que fue mencionada por algunos integrantes del Consejo Académico que fueron consultados por el Coordinador, fue que la

**CONSEJO DE ESCUELA DE FISICA**  
**ACTA No. 17**



asignatura Electiva I (que podía elegirse entre Geociencias para Geofísicos 26931 y Métodos Matemáticos en Geofísica 26932) que tenía como objetivo nivelar a los estudiantes de acuerdo con su formación profesional, fue cambiada por una asignatura obligatoria (Ondas en Medios) que deberá ser cursada por todos los estudiantes del programa, a pesar de que los Físicos ya tienen una formación intermedia en esa temática. En cuanto a la asignatura Electiva I sugiere el Coordinador mantener la opción de cursar esta asignatura Electiva eligiendo una de las dos opciones, Geociencias para Geofísicos (26931) u Ondas en Medios, de acuerdo con el perfil de ingreso y la formación profesional e intereses de los estudiantes.

Por todo lo anterior, en cuanto a la estructura del plan de estudios el Coordinador recomienda al Comité Asesor volver a tener tres asignaturas electivas en el programa de Maestría en Geofísica, junto con tres asignaturas obligatorias y las asignaturas necesarias para el desarrollo del trabajo de grado, de acuerdo con lo consignado en las siguientes Tablas:

Tabla 1. Plan de estudios propuesto.

| Nivel | Código | Asignatura                  | Horas / semana |   |    | Créditos | Requisitos | Evaluación   | UUA a cargo de la Asignatura  |
|-------|--------|-----------------------------|----------------|---|----|----------|------------|--------------|-------------------------------|
|       |        |                             | TAD            |   | TI |          |            |              |                               |
|       |        |                             | T              | P |    |          |            |              |                               |
| I     |        | Fundamentos de Geofísica I  | 3              | 2 | 10 | 5        | N/A        | Cuantitativa | Escuela de Física             |
|       |        | Geofísica Computacional     | 3              | 2 | 10 | 5        | N/A        | Cuantitativa | Escuela de Física             |
|       |        | Electiva I                  | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A        | Cuantitativa | Escuela de Física             |
|       |        | <b>Total</b>                | 11             | 4 | 30 | 15       |            |              |                               |
|       |        |                             |                |   |    |          |            |              |                               |
| II    |        | Fundamentos de Geofísica II | 3              | 2 | 10 | 5        | N/A        | Cuantitativa | Escuela de Física             |
|       | 26927  | Trabajo de Investigación I  | 2              | 0 | 13 | 5        | N/A        | Cualitativa  | Escuelas de Física o Geología |
|       |        | Electiva II                 | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A        | Cuantitativa | Escuelas de Física o Geología |
|       |        | <b>Total</b>                | 10             | 2 | 33 | 15       |            |              |                               |
|       |        |                             |                |   |    |          |            |              |                               |

**CONSEJO DE ESCUELA DE FISICA**  
**ACTA No. 17**



| Nivel | Código         | Asignatura                   | Horas / semana |   |     | Créditos | Requisitos                  | Evaluación   | UUA a cargo de la Asignatura  |
|-------|----------------|------------------------------|----------------|---|-----|----------|-----------------------------|--------------|-------------------------------|
|       |                |                              | TAD            |   | TI  |          |                             |              |                               |
|       |                |                              | T              | P |     |          |                             |              |                               |
| III   | 26928          | Seminario de Investigación   | 2              | 0 | 1   | 1        | N/A                         | Cualitativa  | Escuelas de Física o Geología |
|       | 26929          | Trabajo de Investigación II  | 3              | 0 | 24  | 9        | Trabajo de investigación I  | Cualitativa  | Escuelas de Física o Geología |
|       |                | Electiva III                 | 5              | 0 | 10  | 5        | N/A                         | Cuantitativa | Escuelas de Física o Geología |
|       | Total créditos |                              | 10             | 0 | 35  | 15       |                             |              |                               |
|       |                |                              |                |   |     |          |                             |              |                               |
| IV    | 26930          | Trabajo de Investigación III | 3              | 0 | 42  | 15       | Trabajo de investigación II | Cualitativa  | Escuelas de Física o Geología |
| TOTAL |                |                              | 34             | 6 | 140 | 60       |                             |              |                               |

T: teóricas; P: prácticas; TAD: trabajo de acompañamiento directo; TI: trabajo independiente; N/A: no aplica.

Tabla 2. Listado de asignaturas electivas ofertadas por la Escuela de Física o la Escuela de Geología.

| Nivel | Código | Asignatura                  | Horas / semana |   |    | Créditos | Requisitos | Evaluación Cuantitativa o Cualitativa | UUA a cargo de la Asignatura |
|-------|--------|-----------------------------|----------------|---|----|----------|------------|---------------------------------------|------------------------------|
|       |        |                             | TAD            |   | TI |          |            |                                       |                              |
|       |        |                             | T              | P |    |          |            |                                       |                              |
| I     | 26931  | Geociencias para Geofísicos | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A        | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|       |        | Ondas en Medios             | 3              | 2 | 10 | 5        | N/A        | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|       |        |                             |                |   |    |          |            |                                       |                              |

**CONSEJO DE ESCUELA DE FISICA**  
**ACTA No. 17**



| Nivel    | Código | Asignatura                   | Horas / semana |   |    | Créditos | Requisitos                   | Evaluación Cuantitativa o Cualitativa | UUA a cargo de la Asignatura |
|----------|--------|------------------------------|----------------|---|----|----------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
|          |        |                              | TAD            |   | TI |          |                              |                                       |                              |
|          |        |                              | T              | P |    |          |                              |                                       |                              |
| II y III | 26933  | Introducción a la Sismología | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          | 26934  | Geofísica Ambiental          | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          | 26935  | Sismología Avanzada          | 5              | 0 | 10 | 5        | Introducción a la Sismología | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          | 26936  | Geofísica de Yacimientos     | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Geología          |
|          | 26937  | Sismotectónica               | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Geología          |
|          | 26938  | Petrofísica                  | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Geología          |
|          |        | Tópicos en Geofísica         | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          |        | Muografía                    | 4              | 1 | 0  | 10       | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |

Tabla 3. Total, de créditos plan de estudios propuesto

| NIVEL        | CRÉDITOS ACADÉMICOS |
|--------------|---------------------|
| I            | 15                  |
| II           | 15                  |
| III          | 15                  |
| IV           | 15                  |
| <b>TOTAL</b> | <b>60</b>           |

**CONSEJO DE ESCUELA DE FISICA**  
**ACTA No. 17**

Tabla 4. Asignaturas obligatorias incluidas o modificadas

| Nivel | Código | Asignatura                  | Horas/Semanas |   |    | Créditos | Requisitos | I o M* |
|-------|--------|-----------------------------|---------------|---|----|----------|------------|--------|
|       |        |                             | TAD           |   | TI |          |            |        |
|       |        |                             | T             | P |    |          |            |        |
| I     | 26924  | Fundamentos de Geofísica I  | 5             | 0 | 10 | 5        | Ninguno    | M      |
|       | 26925  | Geofísica Computacional     | 5             | 0 | 10 | 5        | Ninguno    | M      |
| II    | 26926  | Fundamentos de Geofísica II | 5             | 0 | 10 | 5        | Ninguno    | M      |

\*I: Inclusión M: Modificación

Tabla 5. Asignaturas electivas incluidas o modificadas

| Nivel    | Código | Asignatura           | Horas/Semanas |   |    | Créditos | Requisitos | I o M* |
|----------|--------|----------------------|---------------|---|----|----------|------------|--------|
|          |        |                      | TAD           |   | TI |          |            |        |
|          |        |                      | T             | P |    |          |            |        |
| I        |        | Ondas en Medios      | 3             | 2 | 10 | 5        | Ninguno    | I      |
| II y III |        | Muografía            | 4             | 1 | 10 | 5        | Ninguno    | I      |
|          |        | Tópicos en Geofísica | 5             | 0 | 10 | 5        | Ninguno    | I      |

\*I: Inclusión M: Modificación

Sobre el plan de transición el Coordinador recomienda observar las siguientes pautas:

- Para los estudiantes nuevos rige la modificación, una vez sea aprobada por el MEN.
- Para los estudiantes readmitidos rige la modificación según la tabla de equivalencias (ver tabla 6).
- Para los estudiantes matriculados con el PEP año 2012, se mantiene la misma estructura del PEP y se respetan las condiciones vigentes; pero una vez aprobada la modificación por el MEN, los estudiantes antiguos se pueden acoger a la modificación según la tabla de equivalencias (ver tabla 6).

**CONSEJO DE ESCUELA DE FISICA  
ACTA No. 17**



Tabla 6. Equivalencia plan de estudios

| PLAN ACTUAL |       |                              |     |   |    |    | PLAN PROPUESTO |       |                              |     |   |    |    |
|-------------|-------|------------------------------|-----|---|----|----|----------------|-------|------------------------------|-----|---|----|----|
| Nivel       | Cód.  | Asignatura                   | TAD |   | TI | CR | Nivel          | Cód.  | Asignatura                   | TAD |   | TI | CR |
|             |       |                              | T   | P |    |    |                |       |                              | T   | P |    |    |
| I           | 26924 | Fundamentos de Geofísica I   | 5   | 0 | 10 | 5  | I              |       | Fundamentos de Geofísica I   | 3   | 2 | 10 | 5  |
|             | 26925 | Geofísica Computacional      | 5   | 0 | 10 | 5  |                |       | Geofísica Computacional      | 3   | 2 | 10 | 5  |
|             |       | Electiva I                   | 5   | 0 | 10 | 5  |                |       | Electiva I                   | 5   | 0 | 10 | 5  |
| II          | 26926 | Fundamentos de Geofísica II  | 5   | 0 | 10 | 5  | II             |       | Fundamentos de Geofísica II  | 3   | 2 | 10 | 5  |
|             | 26927 | Trabajo de Investigación I   | 2   | 0 | 13 | 5  |                | 26927 | Trabajo de Investigación II  | 2   | 0 | 13 | 5  |
|             |       | Electiva II                  | 5   | 0 | 10 | 5  |                |       | Electiva II                  | 5   | 0 | 10 | 5  |
| III         | 26928 | Seminario de Investigación   | 2   | 0 | 1  | 1  | III            | 26928 | Seminario de Investigación   | 2   | 0 | 1  | 1  |
|             | 26929 | Trabajo de Investigación II  | 3   | 0 | 24 | 9  |                | 26929 | Trabajo de Investigación II  | 3   | 0 | 24 | 9  |
|             |       | Electiva III                 | 5   | 0 | 10 | 5  |                |       | Electiva III                 | 5   | 0 | 10 | 5  |
| IV          | 26930 | Trabajo de Investigación III | 3   | 0 | 42 | 15 | IV             | 26930 | Trabajo de Investigación III | 3   | 0 | 42 | 15 |

Cód.: Código; CR: crédito

- La introducción de asignaturas teórico-prácticas puede generar costos para la universidad, que deben ser cuantificados y garantizados para el funcionamiento del programa.

En cuanto a este aspecto del concepto del Consejo Académico, el Coordinador comenta que la necesidad de incorporar asignaturas teórico-prácticas en el programa surgió de los resultados de la primera autoevaluación con fines de renovación de registro calificado del programa en el año 2017. Se identificó la necesidad de que el egresado del programa de Maestría en Geofísica tuviera competencias en el trabajo de campo y de laboratorio, como parte integral de su formación profesional. El programa se formuló en el año 2012 e inició funcionamiento en el año 2014, momento en el cual no se contaba en la universidad con los equipos necesarios para el desarrollo de prácticas de laboratorio o de toma de datos con equipo para trabajo en campo. A finales del año 2015 el Consejo Superior aprobó el proyecto de inversión "Dotación de laboratorio para docencia e investigación, para apoyar el funcionamiento de los programas académicos de

## CONSEJO DE ESCUELA DE FISICA ACTA No. 17



pregrado y posgrado de la Escuela de Física, y que sirva como soporte para la creación del pregrado en Geofísica", proyecto que fue ejecutado entre los años 2016 y 2018 para la compra de equipos de banco para medir propiedades físicas de las rocas (densidad, porosidad, cargabilidad, susceptibilidad magnética y velocidad de onda), así como para la compra de equipos robustos para adquisición en campo (dos gravímetros, dos magnetómetros, un sismógrafo, un tornógrafo de resistividad eléctrica, un equipo de sondeo eléctrico vertical, un equipo de magnetotelúrica, un equipo de sondeo electromagnético en el dominio del tiempo, un georadar, un GPS tipo GNSS y un sistema de GPS diferencial), igualmente se diseñó y construyó un telescopio de muones (y un prototipo a menor escala) para la detección del flujo de muones atmosféricos con un proyecto financiado por Colciencias en el año 2015 y ejecutado entre el 2016 y el 2019, que permiten ahora desarrollar asignaturas teórico-prácticas en el programa. Las prácticas a que se refieren las asignaturas en el plan de estudios son desarrolladas completamente en el interior del campus universitario, utilizando los equipos de banco y los equipos de adquisición en campo mencionados, con la característica de que por su naturaleza pueden ser utilizados por los profesores y por los estudiantes bajo la supervisión de los profesores, y no requieren inversión en reactivos, viáticos, gastos de viaje, etc.

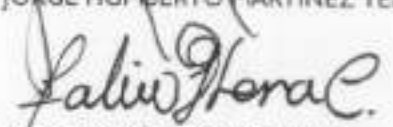
En conclusión, el Coordinador recomienda una vez recibidas las observaciones hechas por el Consejo Académico, mantener el esquema de tres asignaturas electivas (Electiva I, II y III), tres asignaturas obligatorias (Geofísica Computacional, Fundamentos de Geofísica I y II), cuatro asignaturas para el desarrollo del trabajo de investigación (Seminario de Investigación, Trabajo de Investigación I, II y III), mantener la cantidad de créditos (60) del programa y la distribución semestral (15 por semestre), modificar los contenidos y el carácter de las asignaturas obligatorias de teóricas a teórico-prácticas, eliminar la asignatura electiva Métodos Matemáticos en Geofísica (26932), y crear la asignaturas electivas Ondas en Medios, Muongrafía y Tópicos en Geofísica, conforme a lo presentado en las tablas de esta acta. Por otro lado, se informa al Consejo Académico que el hecho de que algunas asignaturas cambiarán su carácter teórico a teórico-práctico NO IMPLICA NUEVAS INVERSIONES NI GASTOS para la universidad.

El Coordinador presenta el documento de propuesta de modificación del plan de estudios de la Maestría en Geofísica, que contiene todo lo anteriormente expuesto y lo pone en consideración del Comité Asesor.

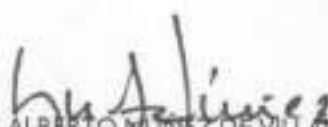
**Concepto del Comité Asesor:** El Comité Asesor una vez discutida la conveniencia de los cambios propuestos, recomienda la propuesta de modificación del plan de estudios de la Maestría en Geofísica.

**Decisión:** El Consejo de Escuela, luego de verificar que fueron atendidas las observaciones formuladas por el Consejo Académico, a la propuesta de modificación del plan de estudios del programa de maestría en Geofísica, concede AVAL al documento para que se continúe el proceso de aprobación. Se remite al Consejo de Facultad.

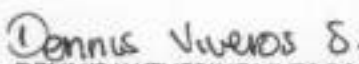
  
JORGE HUMBERTO MARTÍNEZ TÉLLEZ

  
FABIO DUVÁN LORA CLAVIJO

  
LEONARDO FABIÁN CALDERÓN MANTILLA

  
LUIS ALBERTO MUÑOZ DE VILLAVICENCIO

  
YEZID TORRES MORENO

  
DENNIS KATHERINE VIVEROS SANABRIA

# **PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS MAESTRÍA EN GEOFÍSICA**



FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE FÍSICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS – ESCUELA DE GEOLOGÍA  
MAESTRÍA EN GEOFÍSICA  
BUCARAMANGA, JUNIO DE 2019

## CONTENDIO

|                                                               | Pág.      |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 PRESENTACIÓN</b>                                         | <b>4</b>  |
| <b>2 IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA</b>                          | <b>5</b>  |
| 2.1 NOMBRE DEL PROGRAMA                                       | 5         |
| 2.2 TÍTULO QUE OTORGA                                         | 5         |
| 2.3 MODALIDAD                                                 | 5         |
| 2.4 LUGAR DONDE SE OFRECE EL PROGRAMA                         | 5         |
| 2.5 DURACIÓN DEL PROGRAMA                                     | 5         |
| 2.6 PERIODICIDAD DE ADMISIÓN                                  | 5         |
| 2.7 NÚMERO DE ESTUDIANTES ADMITIDOS POR COHORTE               | 5         |
| 2.8 NÚMERO DE CRÉDITOS                                        | 5         |
| <b>3 JUSTIFICACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIO</b> | <b>6</b>  |
| <b>4 PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS</b>       | <b>8</b>  |
| 4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PROPUESTA DE MODIFICACIÓN           | 8         |
| 4.2 PROPUESTA DEL PLAN DE ESTUDIOS                            | 10        |
| <b>5 PLAN DE TRANSICIÓN</b>                                   | <b>14</b> |
| <b>ANEXOS</b>                                                 | <b>15</b> |

## LISTA DE ANEXOS

### ANEXO A. CONTENIDO PROGRAMÁTICO DE LAS ASIGNATURAS MODIFICADAS

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                        | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1. Plan de estudios programa académico .....                                                                     | 8    |
| Tabla 2. Listado de asignaturas electivas ofertadas por la Escuela de Física o la Escuela de Geología .....            | 9    |
| Tabla 3. Plan de estudios propuesto.....                                                                               | 11   |
| Tabla 4. Listado de asignaturas electivas propuestas ofertadas por la Escuela de Física y la Escuela de Geología ..... | 12   |
| Tabla 5. Total de créditos plan de estudios propuesto.....                                                             | 12   |
| Tabla 6. Asignaturas obligatorias incluidas o modificadas .....                                                        | 12   |
| Tabla 7. Asignaturas electivas incluidas o modificadas .....                                                           | 13   |
| Tabla 8. Equivalencia plan de estudios.....                                                                            | 14   |

## I PRESENTACIÓN

La Maestría en Geofísica de la UIS se creó para impulsar la investigación en Geofísica en la región y potenciar la relación de la Universidad con la industria y con las diferentes entidades oficiales y no oficiales que desarrollen actividades relacionadas con la Geofísica, asimismo, ha venido formando a sus estudiantes en la solución de problemas relacionados con la exploración y explotación de recursos naturales y en la prevención de riesgos y la geofísica ambiental con el propósito de formar profesionales con alto nivel académico y fortalecer la capacidad científica e investigativa en estas áreas del conocimiento.

Actualmente el programa se encuentra en la Renovación de Registro Calificado y este proceso permitió que el Comité Asesor de la Maestría en Geofísica analizara el plan de estudios de la maestría y propusiera una modificación al mismo con el fin de fortalecer la cultura de investigación en las tres (3) áreas de investigación: sismología, geofísica ambiental y geofísica de exploración.

El presente documento contiene la identificación del programa, la justificación, las características de la modificación, además los contenidos programáticos de cada asignatura, así como las actas de aprobación de la modificación por el Comité Asesor, Consejo de Escuela y Consejo de Facultad.

## 2 IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA

### 2.1 NOMBRE DEL PROGRAMA

Maestría en Geofísica

### 2.2 TÍTULO QUE OTORGA

Magister en Geofísica

### 2.3 MODALIDAD

Maestría en investigación de modalidad presencial

### 2.4 LUGAR DONDE SE OFRECE EL PROGRAMA

Bucaramanga, Santander

### 2.5 DURACIÓN DEL PROGRAMA

Cuatro (4) semestres

### 2.6 PERIODICIDAD DE ADMISIÓN

Semestral

### 2.7 NÚMERO DE ESTUDIANTES ADMITIDOS POR COHORTE

Ocho (8) estudiantes

### 2.8 NÚMERO DE CRÉDITOS

El programa está compuesto por 60 créditos

### 3 JUSTIFICACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIO

El programa realizó una primera autoevaluación con fines de renovación de registro calificado a finales del año 2016 y sistematizó la información en el año 2017. Como resultado de ese proceso de autoevaluación se evidenció la necesidad de adquirir equipos de laboratorio y de trabajo de campo para obtener datos geofísicos, lo cual constituye una parte fundamental del trabajo profesional del Magister en Geofísica. Por tanto, el programa presentó a la Universidad el proyecto de inversión *"Dotación de laboratorio para docencia e investigación, para apoyar el funcionamiento de los programas académicos de pregrado y posgrado de la Escuela de Física, y que sirva como soporte para la creación del pregrado en Geofísica"*, el cual fue aprobado a finales del año 2015 por el Consejo Superior y fue ejecutado entre los años 2016 y 2018. Como consecuencia de ello, la universidad adquirió equipos de banco de laboratorio para medición de propiedades físicas de las rocas (velocidad de onda, cargabilidad eléctrica, susceptibilidad magnética, porosidad y densidad) y equipos para adquisición en campo (dos gravímetros, dos magnetómetros, un sismógrafo, un equipo de magnetotelúrica, un equipo de sondeo eléctrico vertical, un equipo de sondeo electromagnético en el dominio del tiempo, un georadar, un GPS base CORS GNSS y un sistema GPS diferencial, además de un equipo de corte de núcleos de roca).

Igualmente, en el proceso de autoevaluación apareció la necesidad de hacer una modificación del plan de estudios para cambiar los contenidos y el carácter teórico de algunas asignaturas, para que fueran teórico-prácticas, con contenidos más acorde con los desarrollos geofísicos actuales y con aplicaciones en problemas colombianos. En desarrollo de este punto vale la pena mencionar que cuando el programa fue formulado, año 2012, y cuando inició su funcionamiento, año 2014, no se contaba con equipos y por esa razón todas las asignaturas se formularon en la modalidad teórica. Con la compra de los equipos se abrió la posibilidad de su uso para realizar prácticas de laboratorio y de trabajo práctico fuera del aula, para que los estudiantes tuvieran contacto con el funcionamiento y uso de los equipos y desarrollarán las competencias prácticas fundamentales para el ejercicio profesional, que además les brindarán ventajas competitivas en el mercado laboral, como sea que nuestra universidad es una de las tres universidades que cultivan el área de Geofísica en Colombia (las otras son la UNAL y EAFIT) pero es la única universidad del país que cuenta con la cantidad y variedad de equipos de los diferentes métodos geofísicos. Se hace énfasis en que el cambio del carácter teórico de las asignaturas para que ahora sean teórico-prácticas no supone para la universidad nuevas inversiones ni gastos de ningún tipo, debido a que las prácticas de laboratorio se realizan con equipos que no requieren reactivos ni otros elementos consumibles; las prácticas fuera del aula se realizan totalmente dentro del campus universitario lo que no genera gastos de viaje, ni transporte, ni viáticos; además los equipos de laboratorio y de adquisición en campo son utilizados directamente por los profesores y por los estudiantes bajo supervisión de los profesores, de modo que tampoco se generan costos adicionales por estos aspectos.

Por otro lado, el Comité de Posgrado evaluó los contenidos y los propósitos de la asignatura electiva Métodos Matemáticos en Geofísica (26932) y encontró que dicha asignatura no estaba cumpliendo con las expectativas del programa y sus contenidos más importantes podían ser abordados en los cursos de Fundamentos de Geofísica I y II y Geofísica Computacional, de forma integrada con los conceptos físicos y geofísicos. Como parte del proceso natural de mejoramiento del programa, el Comité decidió eliminar dicha asignatura del plan de estudios y en su lugar, con base en la experiencia de los profesores del programa durante el funcionamiento del mismo y después de una revisión de diferentes programas similares en universidades de Alemania, Francia y Estados Unidos, incluir la asignatura teórico-práctica Ondas en Medios, para profundizar el estudio de los aspectos formales de la propagación de ondas mecánicas y electromagnéticas en medios, que son la base para el entendimiento de los métodos sísmicos, la sismología, los métodos de sondeo electromagnético, la magnetotelúrica y el georadar. De igual forma, se hizo una revisión de los contenidos y el enfoque de las asignaturas Fundamentos de Geofísica I, Fundamentos de

Geofísica II y Geofísica Computacional, y se decidieron varias cosas: 1) integrar aspectos prácticos en las asignaturas, 2) reducir la cantidad de contenidos en las asignaturas Fundamentos de Geofísica I y Fundamentos de Geofísica II para concentrarse en el estudio de los métodos más usados, para los cuales la universidad cuenta con equipos de adquisición, 3) reformular las competencias de estas asignaturas para reforzar el cumplimiento del perfil del egresado, entre ellas, diseñar y conducir adquisiciones, 4) establecer obligatoriamente el estudio de casos de aplicación de métodos geofísicos en Colombia y, 5) en cuanto a la asignatura Geofísica Computacional se rediseñaron los contenidos para cubrir los temas importantes para el trabajo del Magíster en Geofísico como son el procesamiento de señales, el modelado y la inversión.

Se resalta que la estructura del plan de estudios queda determinado por tres bloques de asignaturas: 1) tres asignaturas electivas (Electiva I, II y III para un total de 15 créditos equivalente a un 25% de los créditos del programa), tres asignaturas obligatorias (Fundamentos de Geofísica I, Fundamentos de Geofísica II y Geofísica Computacional para un total de 15 créditos equivalente a un 25% de los créditos del programa) y cuatro asignaturas para el desarrollo del trabajo de investigación (Seminario de Investigación, Trabajo de Investigación I, II y III, para un total de 30 créditos equivalente a un 50% de los créditos del programa), lo que garantiza la flexibilidad del programa y la formación para la investigación. Para reforzar la flexibilidad del programa las asignaturas Electiva II y Electiva III pueden ser elegidas del portafolio de electivas que el programa ofrece (un total de 8 electivas) o pueden ser matriculadas en otros programas de maestría de investigación de la UIS o de otras universidades con las cuales haya convenio de cooperación académica, previa solicitud realizada por el estudiante, con el visto bueno del Director del Trabajo de Investigación, al Consejo de Escuela de Física, con el aval del Comité Asesor de la Maestría en Geofísica.

Finalmente, la modificación del plan de estudios elimina los prerrequisitos de las asignaturas obligatorias y en el caso de las asignaturas electivas, una (1) sola asignatura (Sismología Avanzada) se mantiene un prerrequisito (Introducción a la Sismología), lo cual contribuye a que el estudiante avance de una forma más fácil y con menos obstáculos durante el desarrollo del plan de estudios.

| Código |  | Nombre                       |  | Créditos |  | Semestre |  | Prerrequisitos         |  | Observaciones |  |
|--------|--|------------------------------|--|----------|--|----------|--|------------------------|--|---------------|--|
| 010101 |  | Fundamentos de Geofísica I   |  | 3        |  | I        |  | 010102                 |  |               |  |
| 010102 |  | Fundamentos de Geofísica II  |  | 3        |  | II       |  | 010101                 |  |               |  |
| 010103 |  | Geofísica Computacional      |  | 3        |  | II       |  | 010101, 010102         |  |               |  |
| 010104 |  | Seminario de Investigación   |  | 3        |  | I        |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010105 |  | Trabajo de Investigación I   |  | 3        |  | I        |  | 010104                 |  |               |  |
| 010106 |  | Trabajo de Investigación II  |  | 3        |  | II       |  | 010105                 |  |               |  |
| 010107 |  | Trabajo de Investigación III |  | 3        |  | III      |  | 010106                 |  |               |  |
| 010108 |  | Electiva I                   |  | 5        |  | I        |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010109 |  | Electiva II                  |  | 5        |  | II       |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010110 |  | Electiva III                 |  | 5        |  | III      |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010111 |  | Sismología Avanzada          |  | 3        |  | I        |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010112 |  | Geología General             |  | 3        |  | I        |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010113 |  | Geología Estructural         |  | 3        |  | II       |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010114 |  | Geología Sedimentaria        |  | 3        |  | III      |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010115 |  | Geología Ambiental           |  | 3        |  | I        |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010116 |  | Geología Económica           |  | 3        |  | II       |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010117 |  | Geología del Ambiente        |  | 3        |  | III      |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010118 |  | Geología del Paisaje         |  | 3        |  | I        |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010119 |  | Geología del Clima           |  | 3        |  | II       |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |
| 010120 |  | Geología del Suelo           |  | 3        |  | III      |  | 010101, 010102, 010103 |  |               |  |

## 4 PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS

### 4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PROPUESTA DE MODIFICACIÓN

En la actualidad la maestría está organizado por 60 créditos distribuidos en los cuatro (4) niveles de duración. Tiene un total de TAD de 40 horas y de TI de 140 horas, para un total de 180 horas (Ver tabla 1). Con la propuesta, el número de créditos se mantiene.

El plan de estudios actual está compuesto por cuatro (4) niveles que contemplan asignaturas obligatorias (Fundamentos de Geofísica I, Geofísica Computacional, Fundamentos de Geofísica II, Trabajo de Investigación I, Seminario de Investigación, Trabajo de Investigación II, Trabajo de Investigación III) las cuales aportan las competencias mínimas que debe tener el magister en geofísica y asignaturas electivas que perfeccionan el perfil del estudiante para alcanzar los objetivos propuestos por el programa y son ofrecidas por la Escuela de Física y Geología. En la tabla 2 se presenta el portafolio de electivas, discriminada por nivel.

Tabla 1. Plan de estudios programa académico

| Nivel | Código | Asignatura                  | Horas / semana |   |    | Créditos | Requisitos                 | Evaluación Cuantitativa o Cualitativa | UUA a cargo de la Asignatura  |
|-------|--------|-----------------------------|----------------|---|----|----------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
|       |        |                             | TAD            |   | TI |          |                            |                                       |                               |
|       |        |                             | T              | P |    |          |                            |                                       |                               |
| I     | 26924  | Fundamentos de Geofísica I  | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                        | Cuantitativa                          | Escuela de Geología           |
|       | 26925  | Geofísica Computacional     | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                        | Cuantitativa                          | Escuelas de Física - Geología |
|       |        | Electiva I                  | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                        | Cuantitativa                          | Escuelas de Física - Geología |
|       | Total  |                             | 15             | 0 | 30 | 15       |                            |                                       |                               |
|       |        |                             |                |   |    |          |                            |                                       |                               |
| II    | 26926  | Fundamentos de Geofísica II | 5              | 0 | 10 | 5        | Fundamentos de Geofísica I | Cuantitativa                          | Escuela de Física             |
|       | 26927  | Trabajo de Investigación I  | 2              | 0 | 13 | 5        | N/A                        | Cualitativa                           | Escuelas de Física - Geología |
|       |        | Electiva II                 | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                        | Cuantitativa                          | Escuelas de Física - Geología |
|       | Total  |                             | 12             | 0 | 33 | 15       |                            |                                       |                               |
|       |        |                             |                |   |    |          |                            |                                       |                               |
| III   | 26928  | Seminario de Investigación  | 2              | 0 | 1  | 1        | N/A                        | Cualitativa                           | Escuelas de Física - Geología |
|       | 26929  | Trabajo de Investigación II | 3              | 0 | 24 | 9        | Trabajo de Investigación I | Cualitativa                           | Escuelas de Física - Geología |
|       |        | Electiva III                | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                        | Cuantitativa                          | Escuelas de Física - Geología |
|       | Total  |                             | 10             | 0 | 35 | 15       |                            |                                       |                               |

| Nivel | Código | Asignatura                   | Horas / semana |   |     | Créditos | Requisitos                  | Evaluación Cuantitativa o Cualitativa | UUA a cargo de la Asignatura  |
|-------|--------|------------------------------|----------------|---|-----|----------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
|       |        |                              | TAD            |   | TI  |          |                             |                                       |                               |
|       |        |                              | T              | F |     |          |                             |                                       |                               |
| IV    | 26930  | Trabajo de Investigación III | 3              | 0 | 42  | 15       | Trabajo de investigación II | Cuantitativa                          | Escuelas de Física - Geología |
| Total |        |                              | 3              | 0 | 42  | 15       |                             |                                       |                               |
| TOTAL |        |                              | 40             | 0 | 140 | 60       |                             |                                       |                               |

T: teóricas; P: prácticas; TAD: trabajo de acompañamiento directo; TI: trabajo independiente; N/A: no aplica.

Tabla 2. Listado de asignaturas electivas ofertadas por la Escuela de Física o la Escuela de Geología

| Nivel    | Código | Asignatura                       | Horas / semana |   |    | Créditos | Requisitos                   | Evaluación Cuantitativa o Cualitativa | UUA a cargo de la Asignatura |
|----------|--------|----------------------------------|----------------|---|----|----------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
|          |        |                                  | TAD            |   | TI |          |                              |                                       |                              |
|          |        |                                  | T              | P |    |          |                              |                                       |                              |
| I        | 26931  | Geociencias para Geofísicos      | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          | 26932  | Métodos Matemáticos en Geofísica | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          |        |                                  |                |   |    |          |                              |                                       |                              |
| II y III | 26933  | Introducción a la Sismología     | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          | 26934  | Geofísica Ambiental              | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          | 26935  | Sismología Avanzada              | 5              | 0 | 10 | 5        | Introducción a la Sismología | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          | 26936  | Geofísica de Yacimientos         | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Geología          |
|          | 26937  | Sismotectónica                   | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Geología          |
|          | 26938  | Petrofísica                      | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                          | Cuantitativa                          | Escuela de Geología          |

## 4.2 PROPUESTA DEL PLAN DE ESTUDIOS

La modificación del plan de estudios de la Maestría en Geofísica consiste en:

- Eliminar la asignatura Método Matemáticos en Geofísica, código 26932, que estaba asociada a la asignatura electiva I.
- Incluir la asignatura Ondas en Medios asociada a la asignatura electiva I.
- Incluir las asignaturas Muografía y Tópicos en Geofísica, asociadas a las asignaturas Electiva II y Electiva III.
- Determinar que las asignaturas Electiva II y Electiva III, puedan ser matriculadas de forma libre dentro de las posibilidades que la universidad ofrezca, esto es, dentro del conjunto de electivas del programa o en otros programas de Maestría de investigación de la UIS o de otras universidades con las que haya convenios vigentes, por solicitud del estudiante, con visto bueno del Director del Trabajo de Investigación, con aval del Comité Asesor de Maestría en Geofísica y aprobación por parte del Consejo de Escuela de Física.
- Cambiar el tipo de evaluación de cuantitativa a cualitativa de la asignatura Trabajo de Investigación III.
- Cambiar el carácter teórico de las asignaturas: Fundamentos de Geofísica I y Fundamentos de Geofísica II, y Geofísica Computacional para que sean de carácter teórico-práctico.

De acuerdo a lo anterior, la modificación del plan de estudios no plantea aumentar el número de horas de acompañamiento docente. (Ver tabla 3).

En las tablas de la 3-7 se puede observar de manera detallada el plan de estudios propuesto.

|            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura |
| Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura |
| Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura |
| Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura |
| Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura |
| Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura |
| Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura |
| Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura |
| Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura |
| Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura | Asignatura |

Tabla 3. Plan de estudios propuesto

| Nivel        | Código | Asignatura                   | Horas / semana |          |            | Créditos  | Requisitos                  | Evaluación   | UUA a cargo de la Asignatura  |
|--------------|--------|------------------------------|----------------|----------|------------|-----------|-----------------------------|--------------|-------------------------------|
|              |        |                              | TAD            |          | TI         |           |                             |              |                               |
|              |        |                              | T              | P        |            |           |                             |              |                               |
| I            |        | Fundamentos de Geofísica I   | 3              | 2        | 10         | 5         | N/A                         | Cuantitativa | Escuela de Física             |
|              |        | Geofísica Computacional      | 3              | 2        | 10         | 5         | N/A                         | Cuantitativa | Escuela de Física             |
|              |        | Electiva I                   | 5              | 0        | 10         | 5         | N/A                         | Cuantitativa | Escuela de Física             |
|              |        | <b>Total</b>                 | 11             | 4        | 30         | 15        |                             |              |                               |
| II           |        | Fundamentos de Geofísica II  | 3              | 2        | 10         | 5         | N/A                         | Cuantitativa | Escuela de Física             |
|              | 26927  | Trabajo de Investigación I   | 2              | 0        | 13         | 5         | N/A                         | Cualitativa  | Escuelas de Física o Geología |
|              |        | Electiva II                  | 5              | 0        | 10         | 5         | N/A                         | Cuantitativa | Escuelas de Física o Geología |
|              |        | <b>Total</b>                 | 10             | 2        | 33         | 15        |                             |              |                               |
| III          | 26928  | Seminario de Investigación   | 2              | 0        | 1          | 1         | N/A                         | Cualitativa  | Escuelas de Física o Geología |
|              | 26929  | Trabajo de Investigación II  | 3              | 0        | 24         | 9         | Trabajo de Investigación I  | Cualitativa  | Escuelas de Física o Geología |
|              |        | Electiva III                 | 5              | 0        | 10         | 5         | N/A                         | Cuantitativa | Escuelas de Física o Geología |
|              |        | <b>Total créditos</b>        | 10             | 0        | 35         | 15        |                             |              |                               |
| IV           | 26930  | Trabajo de Investigación III | 3              | 0        | 42         | 15        | Trabajo de Investigación II | Cualitativa  | Escuelas de Física o Geología |
| <b>TOTAL</b> |        |                              | <b>34</b>      | <b>6</b> | <b>140</b> | <b>60</b> |                             |              |                               |

T: teóricas; P: prácticas; TAD: trabajo de acompañamiento directo; TI: trabajo independiente; N/A: no aplica.

Tabla 4. Listado de asignaturas electivas propuestas ofertadas por la Escuela de Física y la Escuela de Geología

| Geología |        |                              |                |   |    |          |                                    |                                       |                              |
|----------|--------|------------------------------|----------------|---|----|----------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Nivel    | Código | Asignatura                   | Horas / semana |   |    | Créditos | Requisitos                         | Evaluación Cuantitativa o Cualitativa | UUA a cargo de la Asignatura |
|          |        |                              | TAD            |   | TI |          |                                    |                                       |                              |
|          |        |                              | T              | P |    |          |                                    |                                       |                              |
| I        | 26931  | Geociencias para Geofísicos  | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                                | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          |        | Ondas en Medios              | 3              | 2 | 10 | 5        | N/A                                | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
| II y III | 26933  | Introducción a la Sismología | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                                | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          | 26934  | Geofísica Ambiental          | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                                | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          | 26935  | Sismología Avanzada          | 5              | 0 | 10 | 5        | Introducción a la Sismología 26933 | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          | 26936  | Geofísica de Yacimientos     | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                                | Cuantitativa                          | Escuela de Geología          |
|          | 26937  | Sismotectónica               | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                                | Cuantitativa                          | Escuela de Geología          |
|          | 26938  | Petrofísica                  | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                                | Cuantitativa                          | Escuela de Geología          |
|          |        | Tópicos en Geofísica         | 5              | 0 | 10 | 5        | N/A                                | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |
|          |        | Misografía                   | 4              | 1 | 0  | 5        | N/A                                | Cuantitativa                          | Escuela de Física            |

Tabla 5. Total de créditos plan de estudios propuesto

| NIVEL        | CRÉDITOS ACADÉMICOS |
|--------------|---------------------|
| I            | 15                  |
| II           | 15                  |
| III          | 15                  |
| IV           | 15                  |
| <b>TOTAL</b> | <b>60</b>           |

Tabla 6. Asignaturas obligatorias incluidas o modificadas

| Nivel | Código | Asignatura                  | Horas/Semanas |   |    | Créditos | Requisitos | I ó M* |
|-------|--------|-----------------------------|---------------|---|----|----------|------------|--------|
|       |        |                             | TAD           |   | TI |          |            |        |
|       |        |                             | T             | P |    |          |            |        |
| I     | 26924  | Fundamentos de Geofísica I  | 5             | 0 | 10 | 5        | Ninguno    | M      |
|       | 26925  | Geofísica Computacional     | 5             | 0 | 10 | 5        | Ninguno    | M      |
| II    | 26926  | Fundamentos de Geofísica II | 5             | 0 | 10 | 5        | Ninguno    | M      |

Tabla 7. Asignaturas electivas incluidas o modificadas

| Nivel    | Código | Asignatura           | Horas/Semanas |   |    | Créditos | Requisitos | I ó M* |
|----------|--------|----------------------|---------------|---|----|----------|------------|--------|
|          |        |                      | TAD           |   | TI |          |            |        |
|          |        |                      | T             | P |    |          |            |        |
| I        |        | Ondas en Medios      | 3             | 2 | 10 | 5        | Ninguno    | I      |
| II y III |        | Muografía            | 4             | 1 | 10 | 5        | Ninguno    | I      |
|          |        | Tópicos en Geofísica | 5             | 0 | 10 | 5        | Ninguno    | I      |

\*I: Inclusión M: Modificación

## 5 PLAN DE TRANSICIÓN

- Para los estudiantes nuevos rige la modificación, una vez sea aprobada por el MEN.
- Para los estudiantes readmitidos rige la modificación según la tabla de equivalencias (ver tabla 8).
- Para los estudiantes matriculados con el PEP año 2012, se mantiene la misma estructura del PEP y se respetan las condiciones vigentes, pero una vez aprobada la modificación por el MEN, los estudiantes antiguos se pueden acoger a la modificación según la tabla de equivalencias (ver tabla 8).

Tabla 8. Equivalencia plan de estudios

| PLAN ACTUAL |       |                              |              |   |    | PLAN PROPUESTO |       |       |                              |              |   |    |    |
|-------------|-------|------------------------------|--------------|---|----|----------------|-------|-------|------------------------------|--------------|---|----|----|
| Nivel       | Cód.  | Asignatura                   | TAD          |   | TI | CR             | Nivel | Cód.  | Asignatura                   | TAD          |   | TI | CR |
|             |       |                              | T            | P |    |                |       |       |                              | T            | P |    |    |
| I           | 26924 | Fundamentos de Geofísica I   | 5            | 0 | 10 | 5              |       |       | Fundamentos de Geofísica I   | 3            | 2 | 10 | 5  |
|             | 26925 | Geofísica Computacional      | 5            | 0 | 10 | 5              | I     |       | Geofísica Computacional      | 3            | 2 | 10 | 5  |
|             |       |                              | Electiva I   | 5 | 0  | 10             | 5     |       |                              | Electiva I   | 5 | 0  | 10 |
| II          | 26926 | Fundamentos de Geofísica II  | 5            | 0 | 10 | 5              |       |       | Fundamentos de Geofísica II  | 3            | 2 | 10 | 5  |
|             | 26927 | Trabajo de Investigación I   | 2            | 0 | 13 | 5              | II    | 26927 | Trabajo de Investigación I   | 2            | 0 | 13 | 5  |
|             |       |                              | Electiva II  | 5 | 0  | 10             | 5     |       |                              | Electiva II  | 5 | 0  | 10 |
| III         | 26928 | Seminario de Investigación   | 2            | 0 | 1  | 1              |       | 26928 | Seminario de Investigación   | 2            | 0 | 1  | 1  |
|             | 26929 | Trabajo de Investigación II  | 3            | 0 | 24 | 9              | III   | 26929 | Trabajo de Investigación II  | 3            | 0 | 24 | 9  |
|             |       |                              | Electiva III | 5 | 0  | 10             | 5     |       |                              | Electiva III | 5 | 0  | 10 |
| IV          | 26930 | Trabajo de Investigación III | 3            | 0 | 42 | 15             | IV    | 26930 | Trabajo de Investigación III | 3            | 0 | 42 | 15 |

Cód: Código; CR: crédito

## ANEXOS

### ANEXO A. CONTENIDO PROGRAMÁTICO DE LAS ASIGNATURAS INCLUIDAS O MODIFICADAS

|                                                                                                                                                          |            |                     |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|---------------------|
| <p align="center"> <b>Universidad Industrial De Santander</b><br/> <b>Escuela de Física y Escuela de Geología</b><br/> <b>Maestría en Geofísica</b> </p> |            |                     |                     |
| <p align="center"> <b>Nombre de la asignatura:</b><br/> <b>FUNDAMENTOS DE GEOFÍSICA I</b> </p>                                                           |            |                     |                     |
| Código:                                                                                                                                                  |            | Número de créditos: |                     |
|                                                                                                                                                          |            | 5                   |                     |
| Intensidad horaria semanal:                                                                                                                              |            | Requisitos:         |                     |
| 15                                                                                                                                                       |            |                     |                     |
| TAD                                                                                                                                                      |            |                     |                     |
| Teóricas:                                                                                                                                                | Prácticas: | N/A                 |                     |
| 3                                                                                                                                                        | 2          |                     |                     |
| Tl:                                                                                                                                                      |            |                     |                     |
| 10                                                                                                                                                       |            |                     |                     |
| Talleres: Si                                                                                                                                             |            | Laboratorio: N/A    | Teórico-práctica: 5 |

**JUSTIFICACIÓN**

La Geofísica es una disciplina de las ciencias de la Tierra que estudia la forma del planeta, su campo magnético y gravitacional, la estructura interna y la actividad sísmica y tectónica de la litósfera.

El estudio de las diferentes propiedades físicas de las rocas ha permitido el desarrollo de la denominada geofísica aplicada, la cual es utilizada en exploración de reservorios de hidrocarburos, depósitos minerales, agua subterránea, localización de sitios arqueológicos, determinación de espesor de glaciares y suelos, y apoyo a la remediación ambiental a través de métodos no destructivos.

Dentro de la Maestría en Geofísica se abordan los tópicos fundamentales tanto de la Geofísica de la Tierra Sólida como de la Geofísica Aplicada en dos cursos teórico-prácticos denominados Métodos Geofísicos I y II. En el primer curso se enfoca en el estudio de los métodos que permiten el estudio de la Tierra con énfasis en la escala global, a través de la Gravimetría, la Magnetometría y la Sismología. En el segundo curso se estudian la Geofísica a una escala de la litósfera más somera: Sísmica, Métodos Eléctricos y Electromagnéticos.

**PROPÓSITO DE LA ASIGNATURA**

Propender por que el estudiante esté en capacidad de identificar las propiedades físicas de la Tierra: densidad, susceptibilidad magnética y propiedades elástico mecánicas.

Ofrecer al estudiante el conocimiento de las características de la Tierra sólida a través de sus campos potenciales (gravimétrico y geomagnético) y los estudios en sismología.

Contribuir a que el estudiante sea capaz de proponer un método geofísico adecuado para resolver preguntas relacionadas con el conocimiento de la corteza terrestre.

Capacitar al estudiante para que pueda conducir una campaña de adquisición en todas sus fases: Diseño, adquisición, procesamiento e interpretación.

**OBJETIVOS DE APRENDIZAJE O COMPETENCIAS**

Se espera que a lo largo del curso cada estudiante desarrolle las siguientes competencias:

**Competencias cognitivas:**

1. Distingue entre un problema directo y un problema inverso en geofísica.
2. Define, para un problema determinado de prospección, el o los métodos geofísicos con posibilidad de aplicación y diseña una campaña de adquisición.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;">Universidad Industrial De Santander<br/>Escuela de Física y Escuela de Geología<br/>Maestría en Geofísica</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p style="text-align: center;">Nombre de la asignatura:<br/><b>FUNDAMENTOS DE GEOFÍSICA I</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>3. Entiende los fundamentos físicos de la gravimetría, la magnetometría y la sismología.<br/>4. Determina la instrumentación, estima los costos de un determinado levantamiento de exploración, y observa buenas prácticas y normas de trabajo de seguro.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p><b>Competencias Axiológicas y Actitudinales:</b></p> <p>1. Acepta su responsabilidad en el alcance de los logros propuestos.<br/>2. Fomenta en sí mismo su responsabilidad ética como científico.<br/>3. Presenta de forma respetuosa y argumentada su posición frente a los cuestionamientos que se le formulan y a los que tiene respecto a otros.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p style="text-align: center;"><b>CONTENIDOS</b></p> <p><b>CAPÍTULO I. Generalidades</b><br/>Geofísica de la Tierra sólida y geofísica aplicada Campos de acción de la geofísica de la Tierra sólida según la IUGG. Divisiones de la geofísica aplicada según la SEG, la EAGE y la ULG. Concepto de anomalías y contrastes de propiedades físicas de las rocas. Problema inverso y directo en geofísica.</p> <p><b>CAPÍTULO II. Introducción a la geofísica de exploración</b><br/>Métodos geofísicos, planeación de una campaña (filosofía, estrategia y restricciones), diseño de una campaña (identificación del objetivo, anomalías, dimensiones, selección de estaciones, ruido, posicionamiento satelital, análisis de datos).</p> <p><b>CAPÍTULO III. Método gravimétrico</b><br/>Bases físicas, densidad de las rocas, práctica de medición de densidad de las rocas, medidas de la gravedad de la Tierra (absoluta y relativa), gravímetros, procedimientos de campo, corrección de las observaciones gravimétricas (de deriva, de marea, de latitud y forma de la Tierra, de aire libre, de Bouger, de terreno, de Eotvos, isostática), anomalía de Bouger, métodos de interpretación (regionales y residuales, modelado directo de formas geométricas simples, estimación de masas y profundidades), estudio de casos (en el mundo y en Colombia), práctica de adquisición con el gravímetro y el sistema GPS diferencial, procesamiento.</p> <p><b>CAPÍTULO IV. Método Geomagnético</b><br/>Bases físicas (campo y flujo magnéticos, magnetización, susceptibilidad), materiales magnéticos y propiedades de las rocas (diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo, magnetización remanente), práctica de determinación de las propiedades magnéticas de las rocas, campo magnético de la Tierra, magnetómetros, procedimientos de campo y correcciones (diurnal), procesamiento de datos magnéticos, interpretaciones cualitativa (perfiles y patrones) y cuantitativa (reducción al polo, modelado directo de formas geométricas simples, estimación de profundidades), estudios de caso (en el mundo y en Colombia), práctica de adquisición con el magnetómetro y el sistema GPS de posicionamiento, procesamiento.</p> <p><b>CAPÍTULO V. Sismología y Estructura Interna de la Tierra</b><br/>Teoría de la elasticidad, ondas sísmicas (de cuerpo y superficiales), partición de la energía en una interfase, el sismómetro, sismología de terremotos, propagación de ondas sísmicas y estructura interna de la Tierra, estudios de caso (en el mundo y en Colombia), prácticas con el software SAC para registros de sísmos tomados de la base IRIS.</p> |
| <p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p><b>ACTIVIDADES DEL PROFESOR</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Universidad Industrial De Santander  
Escuela de Física y Escuela de Geología  
Maestría en Geofísica

Nombre de la asignatura:  
**FUNDAMENTOS DE GEOFÍSICA I**

El profesor estará encargado de liderar la clase magistral y las jornadas de trabajo de campo, de establecer un diálogo estudiante-profesor, profesor-estudiante, y estudiante-estudiante, que permita la adecuada comprensión de los contenidos del curso.

En las horas de consulta el profesor velará por atender adecuadamente a los estudiantes, resolviendo las dudas que se presenten, y motivando vía discusiones personalizadas el trabajo individual de los estudiantes y la adecuada comprensión de los contenidos.

Finalmente, el profesor estará a cargo de la evaluación y posterior calificación.

#### **ACTIVIDADES DE LOS ESTUDIANTES**

Los estudiantes deberán participar activamente en las discusiones desarrolladas en clase. Estarán también a cargo de desarrollar en horas extra-clase los talleres que el profesor determine, y paulatinamente el tema motivo de ensayo y exposición al final del semestre. Igualmente serán responsables de ampliar los temas discutidos en clase y de aplicar su propia estrategia de estudio individual de los contenidos del curso, su adecuada reflexión, y profundización. Deberán participar en el diseño y desarrollo de las salidas de campo para adquisición.

#### **NORMAS DEL CURSO**

Se hace especial énfasis en que cualquier intento de falsedad en las evaluaciones o plagio en los talleres será observado como una conducta reprochable y conllevará a las sanciones contempladas en el Reglamento General de Posgrados.

Las siguientes son algunas de las estrategias que se pueden utilizar:

1. Preguntas y respuestas orales.
2. Preguntas abiertas.
3. Prueba objetiva.
4. La resolución de problemas.
5. Observación.
6. Estudio de casos.
7. Diario del profesor.
8. Diario del estudiante.
9. Trabajos escritos.
10. Trabajo de campo.

#### **SISTEMA DE EVALUACIÓN**

Se consideran diferentes formas de evaluación y también diferentes elementos para evaluar el aprendizaje a lo largo del curso. Se propone un sistema de evaluación en las diferentes asignaturas del programa de Maestría que tenga elementos de evaluación diagnóstica, sumativa y formativa. La evaluación diagnóstica permitirá orientar los procesos de formación y acompañamiento a los estudiantes y se realiza a través de la formulación de preguntas y respuestas abiertas, la evaluación sumativa enfatiza en la recolección de información y la elaboración misma de instrumentos que permitan verificar el cumplimiento de las metas de aprendizaje; la evaluación formativa por otro lado tiende a permitir una retroalimentación a estudiantes y profesores, y tiene como objetivo mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En cada fase del proceso evaluativo se pueden emplear diferentes instrumentos. En la evaluación diagnóstica las preguntas abiertas tendientes a la determinación de preconceptos así como de los conceptos previos requeridos para abordar las temáticas de clase. En cuanto a la evaluación sumativa, los instrumentos formados por preguntas

**FUNDAMENTOS DE GEOFÍSICA I**

y respuestas, el análisis de estudios de caso, los exámenes parciales, la exposición oral y la presentación de escritos, las anotaciones de campo, los reportes de salidas de campo y la resolución de problemas. Particularmente importante será la entrega en forma escrita y su debida sustentación oral por parte de los estudiantes del diseño de una adquisición geofísica. Finalmente, la evaluación formativa estará presente a lo largo de todo el desarrollo del curso y se ejecutará a través de la evaluación del aprendizaje, de la identificación del momento del desarrollo del curso en el cual se hace dicha evaluación y de las acciones que se deben ser tomadas por parte del profesor y particularmente de los estudiantes para desarrollar las competencias propias del curso; es un proceso continuo de retroalimentación en el cual el profesor da a conocer al estudiante las dificultades y fortalezas detectados, y se plantean estrategias y acciones para la mejora en el ejercicio del profesor y de los mismos estudiantes.

**INDICADORES DE APRENDIZAJE**

Apuntan a identificar el avance en el alcance del logro de cada una de las competencias, en ese sentido el estudiante:

1. Calcula el campo gravitacional de objetos con una geometría simple.
2. Aplica correctamente las ecuaciones de Maxwell en el caso estacionario para la descripción del campo magnético de la Tierra.
3. Describe correctamente la Tierra como un medio continuo y comprende adecuadamente la forma en que se propagan las ondas mecánicas en su interior a una escala global.
4. Diferencia y soluciona adecuadamente problemas directos e inversos en Geofísica con técnicas simples.
5. Determina qué método geofísico es el adecuado para realizar una prospección geofísica.
6. Describe e integra las diferentes etapas del diseño de una campaña de prospección geofísica.

**ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN**

Se podrán utilizar las siguientes estrategias:

Lecturas dirigidas y elaboración de resúmenes, participaciones en clase, resolución de problemas, presentación de estudios de caso, exposiciones orales, elaboración de bitácoras del trabajo de campo, valoración del comportamiento en el trabajo de campo, lectura y resumen de artículos científicos, trabajos escritos, exámenes escritos, entre otras.

**EQUIVALENCIA CUANTITATIVA**

La calificación del curso constará de dos partes:

Parte teórica (70%): El porcentaje se distribuirá entre exámenes escritos, presentaciones orales, participación en clase, lectura y resúmenes de artículos científicos, la presentación de estudios de caso, entre otros.

Parte práctica (30%): El porcentaje se distribuirá entre la valoración del comportamiento en el trabajo de campo, la elaboración de las bitácoras de trabajo y la elaboración de un trabajo escrito en el que se diseñe una campaña de adquisición geofísica.

Nota: Ninguna calificación individual podrá superar el 30% de la calificación final de la asignatura.

**BIBLIOGRAFIA**

- LOWRIE, W. Fundamentals of Geophysics, 2007, Cambridge University Press.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Universidad Industrial De Santander<br>Escuela de Física y Escuela de Geología<br>Maestría en Geofísica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| Nombre de la asignatura:<br><b>FUNDAMENTOS DE GEOFÍSICA I</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• REYNOLDS, J. An introduction to applied and environmental geophysics. 2nd Ed., 2011, Jhon Wiley &amp; Sons.</li> <li>• TELDORD, W., GELDART, L. and Sheriff, R., Applied Geophysics 2nd Ed., 1990, Cambridge University Press.</li> <li>• MILSOM, J., Field Geophysics. 3th Ed., 2003, Jhon Wiley &amp; Sons.</li> <li>• Artículos y materiales propuestos por el profesor y los estudiantes.</li> </ul> |  |

|                                                                                                         |                         |                            |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|--|
| Universidad Industrial De Santander<br>Escuela de Física y Escuela de Geología<br>Maestría en Geofísica |                         |                            |  |
| Nombre de la asignatura:<br><b>GEOFÍSICA COMPUTACIONAL</b>                                              |                         |                            |  |
| Código:                                                                                                 |                         | Número de créditos:        |  |
| Intensidad horaria semanal:                                                                             |                         | Requisitos:                |  |
| 15                                                                                                      |                         | N/A                        |  |
| TAD                                                                                                     |                         | TI:                        |  |
| Teóricas:                                                                                               | Prácticas:              | 10                         |  |
| 3                                                                                                       | 2                       |                            |  |
| Talleres: <u>SI</u>                                                                                     | Laboratorio: <u>N/A</u> | Teórico-práctica: <u>5</u> |  |

#### JUSTIFICACIÓN

La adquisición y el tratamiento de datos geofísicos es una tarea de primer orden en el trabajo geofísico, al igual que el entendimiento del papel que juega el modelado analítico y numérico junto con la inversión geofísica como insumos para la interpretación. La condición de los estudiantes de la Maestría en Geofísica, provenientes de diferentes disciplinas como la Física, la Geología y la Ingeniería, con conocimientos y experiencias dispares en cuanto a métodos numéricos y el uso de la computación científica, impone la necesidad de crear este curso que permitirá a todos los estudiantes conocer o afianzar sus conocimientos en el uso de un software de tratamiento numérico de datos, programar rutinas simples, modelar sistemas geofísicos sencillos desde el punto de vista analítico o numérico, y podrá programar rutinas simples para realizar inversión geofísica.

#### PROPÓSITO DE LA ASIGNATURA

1. Con este curso se pretende suministrar al estudiante criterios para el ajuste de modelos a conjuntos de datos experimentales. El curso hace énfasis en aplicaciones en las ciencias terrestres, pero es extrapolable a cualquier ciencia física. El curso se enfocará en la formulación y resolución de problemas inversos, el análisis de señales discretas y el análisis e implementación del modelado de frentes de onda.
2. Desarrollar en el estudiante habilidades computacionales y matemáticas para resolver sistemas de ecuaciones algebraicas lineales y no lineales; ecuaciones diferenciales ordinarias y ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.
3. Posibilitar que los estudiantes describan y caractericen señales discretas y analicen modelos matemáticos de sistemas discretos.
4. Capacitar al estudiante para que aplique las técnicas modernas computacionales y matemáticas que se aplican en el tratamiento de datos geofísicos.

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE O COMPETENCIAS

Se espera que a lo largo del curso cada estudiante desarrolle las siguientes competencias:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Universidad Industrial De Santander<br/>Escuela de Física y Escuela de Geología<br/>Maestría en Geofísica</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>Nombre de la asignatura:<br/><b>GEOFÍSICA COMPUTACIONAL</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p><b>Competencias cognitivas:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entiende los fundamentos detrás del uso de un software de tratamiento numérico de datos.</li> <li>2. Reconoce y usa adecuadamente las sentencias for, if, while, do, etc.</li> <li>3. Identifica las diferentes estrategias para la formulación y ajuste de modelos a conjuntos de datos experimentales.</li> <li>4. Identifica los diferentes tipos de no unicidad asociados a un modelo y la mejor estrategia para ajustarlos.</li> <li>5. Entiende el modelado analítico y numérico, y sus ventajas y limitaciones.</li> <li>6. Utilizar un esquema de solución básico usando ecuaciones en diferencias finitas.</li> <li>7. Entiende el dato geofísico dentro del contexto del tratamiento de señales.</li> <li>8. Valora el procesamiento de señales como relevante para el trabajo geofísico.</li> <li>9. Programa rutinas simples para modelado e inversión geofísicos.</li> </ol> <p><b>Competencias Axiológicas y Actitudinales:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acepta su responsabilidad en el alcance de los logros propuestos.</li> <li>2. Fomenta en sí mismo su responsabilidad ética como científico.</li> <li>3. Presenta de forma respetuosa y argumentada su posición frente a los cuestionamientos que se le formulan y a los que tiene respecto a otros.</li> </ol> |
| <p><b>CONTENIDOS</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p><b>CAPÍTULO I: Introducción a MatLab, SciLab u Octave</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>Generalidades, vectores y matrices, operaciones con vectores y matrices, variables lógicas, polinomios, funciones matemáticas, gráficas, introducción a la programación.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p><b>CAPÍTULO II. Introducción al modelado geofísico.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>¿Qué es un modelo? Modelado analítico vs modelado numérico. Ejemplos de modelos analíticos (campos gravitacional, eléctrico y magnético). Ejemplos de modelado numérico. Método de diferencias finitas: estenciles, estabilidad, convergencia, dispersión numérica. Fronteras absorbentes. Ejemplos: Solución de la ecuación de Laplace y de onda acústica 2D por diferencias finitas.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p><b>CAPÍTULO III: Introducción al problema inverso.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Problemas directo vs. Inverso, continuo vs. discreto, lineal vs. no lineal. Elementos de teoría de la probabilidad: ruido y variables aleatorias, correlación de datos, distribución gaussiana, intervalo de confianza. Solución del problema lineal por métodos de mínimos cuadrados: subdeterminación, sobredeterminación, información a priori, pesos relativos, variancia y predicción del error. Solución del problema no lineal por métodos globales (Simulated Annealing y Algoritmo Genético) y por un método local (método del gradiente). Ejemplos: inversión de datos gravimétricos, de tomografía sísmica, de sondeos eléctricos verticales, y localización de terremotos.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p><b>CAPÍTULO IV: Introducción al procesamiento de datos geofísicos.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Adquisición y digitalización del dato geofísico, señal y ruido, análisis de Fourier, procesamiento de forma de onda (convolución, deconvolución, correlación), filtrado digital (filtros simples, aliasing, análisis de Fourier y filtrado).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Universidad Industrial De Santander  
Escuela de Física y Escuela de Geología  
Maestría en Geofísica

Nombre de la asignatura:  
**GEOFÍSICA COMPUTACIONAL**

**ACTIVIDADES DEL PROFESOR**

El profesor estará encargado de liderar la clase magistral y los talleres de programación, de establecer un diálogo estudiante-profesor, profesor-estudiante, y estudiante-estudiante, que permita la adecuada comprensión de los contenidos del curso.

En las horas de consulta el profesor velará por atender adecuadamente a los estudiantes, resolviendo las dudas que se presenten, y motivando vía discusiones personalizadas el trabajo individual de los estudiantes y la adecuada comprensión de los contenidos.

Finalmente, el profesor estará a cargo de la evaluación y posterior calificación.

**ACTIVIDADES DE LOS ESTUDIANTES**

Los estudiantes deberán participar activamente en las discusiones desarrolladas en clase. Estarán también a cargo de desarrollar en horas extra-clase los talleres y tareas que el profesor determine, y desarrollar las rutinas de programación. Igualmente serán responsables de ampliar los temas discutidos en clase y de aplicar su propia estrategia de estudio individual de los contenidos del curso, su adecuada reflexión, y profundización.

**NORMAS DEL CURSO**

Se hace especial énfasis en que cualquier intento de falsedad en las evaluaciones o plagio en los talleres será observado como una conducta reprochable y conllevará a las sanciones contempladas en el Reglamento General de Posgrados.

Las siguientes son algunas de las estrategias que se pueden utilizar:

1. Preguntas y respuestas orales.
2. Preguntas abiertas.
3. Prueba objetiva.
4. La resolución de problemas.
5. Observación.
6. Diario del profesor.
7. Diario del estudiante.
8. Trabajos escritos.
9. Talleres de programación.

**SISTEMA DE EVALUACIÓN**

Se consideran diferentes formas de evaluación y también diferentes elementos para evaluar el aprendizaje a lo largo del curso. Se propone un sistema de evaluación en las diferentes asignaturas del programa de Maestría que tenga elementos de evaluación diagnóstica, sumativa y formativa. La evaluación diagnóstica permitirá orientar los procesos de formación y acompañamiento a los estudiantes, la evaluación sumativa enfatiza en la recolección de información y la elaboración misma de instrumentos que permitan verificar el cumplimiento de las metas de aprendizaje, la evaluación formativa por otro lado tiende a permitir una retroalimentación a estudiantes y profesores, y tiene como objetivo mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En cada fase del proceso evaluativo se pueden emplear diferentes instrumentos. En la evaluación diagnóstica las preguntas abiertas tendientes a la determinación de preconceptos así como de los conceptos previos requeridos para abordar las temáticas de clase. En cuanto a la evaluación sumativa, los instrumentos formados por preguntas

Nombre de la asignatura:  
**GEOFÍSICA COMPUTACIONAL**

y respuestas, el análisis de estudios de caso, los exámenes parciales, la exposición oral y la presentación de escritos, las anotaciones de campo, los reportes de salidas de campo y la resolución de problemas. Particularmente importante será la entrega en forma escrita y su debida sustentación oral por parte de los estudiantes del diseño de una adquisición geofísica. Finalmente, la evaluación formativa estará presente a lo largo de todo el desarrollo del curso y se desarrollará a través de la evaluación del aprendizaje, de la identificación del momento del desarrollo del curso en el cual se hace dicha evaluación y de las acciones que se deben ser tomadas por parte del profesor y particularmente de los estudiantes para desarrollar las competencias propias del curso; es un proceso continuo de retroalimentación en el cual el profesor da a conocer al estudiante las dificultades y fortalezas detectados, y se plantean estrategias y acciones para la mejora en el ejercicio del profesor y de los mismos estudiantes.

**INDICADORES DE APRENDIZAJE**

Apuntan a identificar el avance en el alcance del logro de cada una de las competencias, en ese sentido el estudiante:

1. Usa adecuadamente las estructuras básicas de programación para crear programas sencillos.
2. Emplea adecuadamente un software para realizar cálculos numéricos sencillos.
3. Programa una rutina simple para inversión geofísica basada en un método local o global.
4. Discretiza una ecuación diferencial por el método de diferencias finitas.
5. Aplica adecuadamente las herramientas básicas del tratamiento de señales.

**ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN**

Se podrán utilizar las siguientes estrategias:

Lecturas dirigidas y elaboración de resúmenes, participaciones en clase, resolución de problemas, programación de rutinas simples, exposiciones orales, lectura y resumen de artículos científicos, trabajos escritos, exámenes escritos, talleres de programación, entre otras.

**EQUIVALENCIA CUANTITATIVA**

La calificación del curso constará de dos partes:

Parte teórica (70%): El porcentaje se distribuirá entre exámenes escritos, presentaciones orales, participación en clase, lectura y resúmenes de artículos científicos, entre otros.

Parte práctica (30%): El porcentaje se distribuirá entre la programación de rutinas simples y los talleres de programación.

Nota: Ninguna calificación individual podrá superar el 30% de la calificación final de la asignatura.

**BIBLIOGRAFÍA**

- <http://softlibre.unizar.es/manuales/aplicaciones/octave/octave.pdf>
- <http://www.mat.ucm.es/~jair/matlab/notas.htm#programacion>
- <http://personales.upv.es/benitez/data/matlab.pdf>
- Menke, W., Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory. Third edition. Academic Press, 2012.
- Aster, R.C., Borchers, B., and Thurber, C.H., Parameter Estimation and Inverse Problems. Second Edition. Elsevier, 203.
- SEG 1990. Series, Numerical Modeling Of Seismic Wave Propagation. SEG 1990. Series No. 13.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Universidad Industrial De Santander<br/>Escuela de Física y Escuela de Geología<br/>Maestría en Geofísica</p>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p>Nombre de la asignatura:<br/><b>GEOFÍSICA COMPUTACIONAL</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kearney, P., and Brooks, M., An introduction to geophysical exploration, 2nd ed. Blackwell Scientific, Oxford, UK, 1991.</li> <li>• Lowrie, W., Fundamentals of Geophysics. Cambridge University Press, 2007.</li> <li>• Weeks, M., digital signal processing using Matlab and wavelets. Jones and Barlett Publishers, 2011.</li> </ul> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |                          |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------|
| Universidad Industrial De Santander<br>Escuela de Física y Escuela de Geología<br>Maestría en Geofísica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |                          |                     |
| Nombre de la asignatura:<br><b>FUNDAMENTOS DE GEOFÍSICA II</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 |                          |                     |
| Código:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 | Número de créditos:<br>5 |                     |
| Intensidad horaria semanal<br>15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                 | Requisitos:<br><br>N/A   |                     |
| TAD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |                          |                     |
| Teóricas:<br>3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Prácticas:<br>2 |                          |                     |
| Talleres: 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 | TI:<br>10                | Teórico-práctica: 5 |
| Laboratorio: N/A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                 |                          |                     |
| <b>JUSTIFICACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                 |                          |                     |
| <p>La Geofísica es una disciplina de las ciencias de la Tierra que estudia la forma del planeta, su campo magnético y gravitacional, la estructura interna y la actividad sísmica y tectónica de la litósfera.</p> <p>El estudio de las diferentes propiedades físicas de las rocas ha permitido el desarrollo de la denominada geofísica aplicada, la cual es utilizada en exploración de reservorios de hidrocarburos, depósitos minerales, agua subterránea, localización de sitios arqueológicos, determinación de espesor de glaciares y suelos, y apoyo a la remediación ambiental a través de métodos no destructivos.</p> <p>Dentro de la Maestría en Geofísica se abordan los tópicos fundamentales tanto de la Geofísica de la Tierra Sólida como de la Geofísica Aplicada en dos cursos teórico-prácticos denominados Métodos Geofísicos I y II. En el primer curso se enfoca en el estudio de los métodos que permiten el estudio de la Tierra con énfasis en la escala global, a través de la Gravimetría, la Magnetometría y la Sismología. En el segundo curso se estudian la Geofísica a una escala de la litósfera más somera, teniendo en cuenta la importancia de la geología ambiental, hidrogeología y geotecnia en el desarrollo de estrategias de conocimiento y planeación del crecimiento urbano, y en la mitigación de la amenaza por deslizamientos y terremotos; la geofísica somera se convierte en una herramienta fundamental para el quehacer profesional de nuestros egresados. Utilizando técnicas geofísicas como la tomografía de resistividad eléctrica, el radar, la sísmica de refracción o reflexión, la de datos electromagnéticos en el dominio del tiempo o la frecuencia, los geofísicos podrán sugerir modelos del subsuelo para contribuir con la gestión del agua, la construcción de obras civiles, y la correcta planeación del crecimiento urbano en diferentes regiones del país.</p> |                 |                          |                     |
| <b>PROPÓSITO DE LA ASIGNATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |                          |                     |
| <ol style="list-style-type: none"><li>Ofrecer al estudiante el conocimiento de las características de la corteza terrestre a través del uso de los métodos sísmicos, de resistividad y electromagnéticos.</li><li>Contribuir a que el estudiante sea capaz de proponer un método geofísico adecuado para resolver preguntas relacionadas con el conocimiento de la corteza terrestre.</li><li>Mostrar a los estudiantes los métodos geofísicos más utilizados en geofísica aplicada.</li></ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 |                          |                     |

4. Capacitar al estudiante para que pueda conducir una campaña de adquisición en todas sus fases: Diseño, adquisición, procesamiento e inversión.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE O COMPETENCIAS

Se espera que a lo largo del curso cada estudiante desarrolle las siguientes competencias:

#### Competencias cognitivas:

1. Distingue entre un problema directo y un problema inverso en geofísica.
2. Define, para un problema determinado de prospección, el o los métodos geofísicos con posibilidad de aplicación y diseña una campaña de adquisición.
3. Determina la instrumentación, estima los costos de un determinado levantamiento de exploración, y observa buenas prácticas y normas de trabajo de seguro.
4. Planea y conduce una adquisición geofísica en sísmica, métodos resistivos o electromagnéticos.

#### Competencias Axiológicas y Actitudinales:

1. Acepta su responsabilidad en el alcance de los logros propuestos.
2. Fomenta en sí mismo su responsabilidad ética como científico.
3. Presenta de forma respetuosa y argumentada su posición frente a los cuestionamientos que se le formulan y a los que tiene respecto a otros.

### CONTENIDOS

#### **CAPITULO I. Sísmica de Reflexión**

Conceptos físicos, velocidad de ondas en rocas, impedancia acústica, coeficientes de reflexión, escala de medición, geófonos, fuentes y campañas de adquisición, arreglos de adquisición, correcciones estáticas, correcciones dinámicas. Estudios de caso (en el mundo y en Colombia), práctica de adquisición y procesamiento de sísmica de reflexión.

#### **CAPITULO II. Sísmica de Refracción**

Onda "head", determinación del espesor de capa refractante, la distancia crítica, la distancia de cruce, modelos directos, capas buzantes, procesamiento, inversión. Estudios de caso (en el mundo y en Colombia), práctica de adquisición y procesamiento de sísmica de refracción.

#### **CAPITULO III. Métodos Resistivos**

Repaso de conceptos básicos de física, definición de los valores de conductividad y resistividad de las rocas, metodologías de medición de propiedades eléctricas en muestras de rocas, medición de propiedades eléctricas y porosidad de las rocas. Método de Potencial Espontáneo: Origen, anomalías de potencial espontáneo. Estudios de caso (en el mundo y en Colombia). Método de Potencial Inducido: Impedancia vs. resistividad, valores de cargabilidad en rocas: Definición de los parámetros de medición. Estudios de caso (en el mundo y en Colombia), adquisición y procesamiento de Potencial Inducido. Sondeo eléctrico vertical y tomografía eléctrica: Modelo de resistividad de capas vs. modelo de resistividad de cuerpos conductivos, resistividad aparente, desarrollo de modelos cualitativos y cuantitativos de líneas de corriente en interfaces horizontales, arreglos de adquisición

Nombre de la asignatura:  
**FUNDAMENTOS DE GEOFÍSICA II**

(Wenner, Schlumberger, Dipolo-Dipolo, etc), procesamiento e Inversión de datos adquiridos, interpretación de datos de resistividad eléctrica. Estudios de caso (en el mundo y en Colombia).

**CAPÍTULO IV: Métodos Electromagnéticos**

Bases físicas. Métodos en el dominio de la frecuencia: *Variable frequency methods*. Modelamiento directo: definición de la resolución del método, Magneto-telúrica: Modelamiento directo: definición de la resolución del método, adquisición: equipo, técnicas, correcciones. Métodos en el dominio del tiempo: Transient electromagnetic methods TEM, modelado directo, definición de la resolución del método, adquisición, equipo, técnicas, correcciones, práctica de adquisición y procesamiento de TEM. El radar (ground-penetrating radar): velocidad de ondas electromagnéticas, arreglos de adquisición y procesamiento de datos, práctica de adquisición y procesamiento de GPR. Estudio de casos (en Colombia y en el mundo).

**ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE**

**ACTIVIDADES DEL PROFESOR**

El profesor estará encargado de liderar la clase magistral y las jornadas de trabajo de campo, de establecer un diálogo estudiante-profesor, profesor-estudiante, y estudiante-estudiante, que permita la adecuada comprensión de los contenidos del curso.

En las horas de consulta el profesor velará por atender adecuadamente a los estudiantes; resolviendo las dudas que se presenten, y motivando vía discusiones personalizadas el trabajo individual de los estudiantes y la adecuada comprensión de los contenidos.

Finalmente, el profesor estará a cargo de la evaluación y posterior calificación.

**ACTIVIDADES DE LOS ESTUDIANTES**

Los estudiantes deberán participar activamente en las discusiones desarrolladas en clase. Estarán también a cargo de desarrollar en horas extra-clase los talleres y tareas que el profesor determine, y paulatinamente el tema motivo de ensayo y exposición al final del semestre. Igualmente serán responsables de ampliar los temas discutidos en clase y de aplicar su propia estrategia de estudio individual de los contenidos del curso, su adecuada reflexión, y profundización. Deberán participar en el diseño y desarrollo de las salidas de campo para adquisición.

**NORMAS DEL CURSO**

Se hace especial énfasis en que cualquier intento de falsedad en las evaluaciones o plagio en los talleres será observado como una conducta reprochable y conllevará a las sanciones contempladas en el Reglamento General de Posgrados.

Las siguientes son algunas de las estrategias que se pueden utilizar:

1. Preguntas y respuestas orales.
2. Preguntas abiertas.
3. Prueba objetiva.
4. La resolución de problemas.
5. Observación.
6. Diario del profesor.
7. Diario del estudiante.
8. Trabajos escritos.

**9. Trabajo de campo.**

**SISTEMA DE EVALUACIÓN**

Se consideran diferentes formas de evaluación y también diferentes elementos para evaluar el aprendizaje a lo largo del curso. Se propone un sistema de evaluación en las diferentes asignaturas del programa de Maestría que tenga elementos de evaluación diagnóstica, sumativa y formativa. La evaluación diagnóstica permitirá orientar los procesos de formación y acompañamiento a los estudiantes, la evaluación sumativa enfatiza en la recolección de información y la elaboración misma de instrumentos que permitan verificar el cumplimiento de las metas de aprendizaje, la evaluación formativa por otro lado tiende a permitir una retroalimentación a estudiantes y profesores, y tiene como objetivo mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En cada fase del proceso evaluativo se pueden emplear diferentes instrumentos. En la evaluación diagnóstica las preguntas abiertas tendientes a la determinación de preconceptos así como de los conceptos previos requeridos para abordar las temáticas de clase. En cuanto a la evaluación sumativa, los instrumentos formados por preguntas y respuestas, el análisis de estudios de caso, los exámenes parciales, la exposición oral y la presentación de escritos, las anotaciones de campo, los reportes de salidas de campo y la resolución de problemas. Particularmente importante será la entrega en forma escrita y su debida sustentación oral por parte de los estudiantes del diseño de una adquisición geofísica. Finalmente, la evaluación formativa estará presente a lo largo de todo el desarrollo del curso y se desarrollará a través de la evaluación del aprendizaje, de la identificación del momento del desarrollo del curso en el cual se hace dicha evaluación y de las acciones que se deben ser tomadas por parte del profesor y particularmente de los estudiantes para desarrollar las competencias propias del curso; es un proceso continuo de retroalimentación en el cual el profesor da a conocer al estudiante las dificultades y fortalezas detectados, y se plantean estrategias y acciones para la mejora en el ejercicio del profesor y de los mismos estudiantes.

**INDICADORES DE APRENDIZAJE**

Apuntan a identificar el avance en el alcance del logro de cada una de las competencias, en ese sentido el estudiante:

1. Aplica los fenómenos de reflexión y refracción de las ondas para el estudio de la estructura de la Tierra a una escala local.
2. Calcula la influencia de las propiedades del medio en la respuesta obtenida para el campo eléctrico al introducir una corriente eléctrica en un medio y los aplica a la prospección eléctrica de la Tierra.
3. Utiliza simultáneamente los conceptos de atenuación y reflexión de ondas electromagnéticas para estudiar la estructura de la Tierra.
4. Diferencia los métodos IP, SP, VES, ERT, GPR, MT, TDEM y GPR y entiende las limitaciones y ventajas de su aplicación.

**ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN**

Se podrán utilizar las siguientes estrategias:

Lecturas dirigidas y elaboración de resúmenes, participaciones en clase, resolución de problemas, presentación de estudios de caso, exposiciones orales, elaboración de bitácoras del trabajo de campo, valoración del comportamiento en el trabajo de campo, lectura y resumen de artículos científicos, trabajos escritos, exámenes

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>Universidad Industrial De Santander<br/>Escuela de Física y Escuela de Geología<br/>Maestría en Geofísica</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| <p>Nombre de la asignatura:<br/><b>FUNDAMENTOS DE GEOFÍSICA II</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| <p>escritos, entre otras.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
| <p><b>EQUIVALENCIA CUANTITATIVA</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| <p>La calificación del curso constará de dos partes:</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| <p>Parte teórica (70%): El porcentaje se distribuirá entre exámenes escritos, presentaciones orales, participación en clase, lectura y resúmenes de artículos científicos, la presentación de estudios de caso, entre otros.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| <p>Parte práctica (30%): El porcentaje se distribuirá entre la valoración del comportamiento en el trabajo de campo, la elaboración de las bitácoras de trabajo y la elaboración un trabajo escrito en el que se diseñe una campaña de adquisición geofísica.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| <p>Nota: Ninguna calificación individual podrá superar el 30% de la calificación final de la asignatura.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| <p><b>BIBLIOGRAFÍA</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• BURGER R., SHEEHAN A., JONES C., 2006, Introduction to applied geophysics: Exploring the shallow subsurface. WW Norton &amp; Co.</li> <li>• LOWRIE, W. Fundamentals of Geophysics, 2007, Cambridge University Press.</li> <li>• REYNOLDS, J. An Introduction to applied and environmental geophysics, 2nd Ed., 2011, Jhon Wiley &amp; Sons.</li> <li>• TELDORD, W., GELDART, L. and Sheriff, R., Applied Geophysics 2nd Ed., 1990, Cambridge University Press.</li> <li>• MILSOM, J., Field Geophysics, 3th Ed., 2003, Jhon Wiley &amp; Sons.</li> <li>• Artículos y materiales propuestos por el profesor y los estudiantes.</li> </ul> |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |                          |                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| Universidad Industrial De Santander<br>Escuela de Física y Escuela de Geología<br>Maestría en Geofísica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |                          |                            |
| Nombre de la asignatura:<br><b>ONDAS EN MEDIOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 |                          |                            |
| Código:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 | Número de créditos:<br>5 |                            |
| Intensidad horaria semanal:<br>15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 | Requisitos:<br><br>N/A   |                            |
| TAD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |                          |                            |
| Teóricas:<br>3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Prácticas:<br>2 | Ti:<br>10                |                            |
| Talleres: <u>SI</u>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 | Laboratorio: <u>N/A</u>  | Teórico-práctica: <u>5</u> |
| <b>JUSTIFICACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 |                          |                            |
| <p>El estudio y conocimiento de la física de las ondas es de vital importancia para el Geofísico, como sea que gran parte de la información que se conoce sobre la estructura interna de la Tierra precisamente ha sido obtenida por medio del análisis de la información del movimiento de la superficie de la Tierra (sismología o sísmica de exploración) por fuentes naturales o artificiales, o a través del estudio de la propagación de las ondas electromagnéticas (magnetotélúrica, time domain electromagnetic TEM o Georadar) de origen natural o artificial. La Tierra posee propiedades (mecánicas y electromagnéticas) que permiten la propagación de ondas en su interior cuyo comportamiento queda definido por la naturaleza del material que la conforma. Es desde luego importante que el</p> |                 |                          |                            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;">Universidad Industrial De Santander<br/>Escuela de Física y Escuela de Geología<br/>Maestría en Geofísica</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p style="text-align: center;">Nombre de la asignatura:<br/><b>ONDAS EN MEDIOS</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p>Geofísico comprenda el comportamiento de las ondas que se propagan en el interior de la Tierra, particularmente en el entendimiento de los cambios que se producen cuando las ondas encuentran variaciones en las propiedades físicas. Las posibilidades de aplicación son amplias, van desde el estudio de la estructura de la Tierra (sismología), pasando por la exploración de hidrocarburos y gas (sísmica), la exploración de aguas subterráneas (TEM), fuentes hidrotermales (magnetotélúrica), caracterización de fallas y determinación de tablas de aguas (Georadar). Junto con el estudio y aplicación de los métodos potenciales (gravimetría y magnetometría), el estudio de las ondas ha permitido conocer la estructura de la Tierra a nivel global y también en los estratos someros.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p style="text-align: center;"><b>PROPÓSITO DE LA ASIGNATURA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiar el movimiento ondulatorio en general y determinar en cada caso las propiedades específicas a partir de las ecuaciones de campo que describen una situación física determinada, fundamentalmente estudiar la ecuación de onda y entender que una onda transporta tanto energía como momentum.</li> <li>• Examinar las ecuaciones de Maxwell (que describen el campo electromagnético dependiente del tiempo) y las ecuaciones de la elastodinámica, para estudiar la propagación de ondas con dependencia de las propiedades del medio que dan lugar a reflexión, refracción y polarización.</li> <li>• Estudiar los dos fenómenos característicos del movimiento ondulatorio: la interferencia y la difracción con ejemplos y aplicaciones a las ondas electromagnéticas, así como la producción de ondas electromagnéticas a través de antenas y arreglos de antenas.</li> </ul>                                                                                                                                       |
| <p style="text-align: center;"><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE O COMPETENCIAS</b></p> <p>Se espera que a lo largo del curso cada estudiante desarrolle las siguientes competencias:</p> <p><b>Competencias cognitivas:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprende los fenómenos ondulatorios y su aplicación al estudio de la Tierra.</li> <li>2. Soluciona las ecuaciones de la elastodinámica para un medio isotrópico, homogéneo y lineal.</li> <li>3. Comprende y utiliza adecuadamente la ley de Snell en la propagación de ondas planas en medios de capas.</li> <li>4. Entiende la influencia de las propiedades físicas del medio en la propagación de la onda mecánica o electromagnética.</li> </ol> <p><b>Competencias Actitudinales y Actitudinales:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acepta su responsabilidad en el alcance de los logros propuestos.</li> <li>2. Fomenta en sí mismo su responsabilidad ética como científico.</li> <li>3. Presenta de forma respetuosa y argumentada su posición frente a los cuestionamientos que se le formulan y a los que tiene respecto a otros.</li> </ol> |
| <p style="text-align: center;"><b>CONTENIDOS</b></p> <p><b>PARTE I: Ondas mecánicas en medios elásticos</b></p> <p><b>Capítulo I: Movimiento ondulatorio.</b></p> <p>Ondas en una cuerda, solución armónica, reflexión y transmisión, modos normales.</p> <p><b>Capítulo II: La ecuación elastodinámica y las ondas sísmicas</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

El medio elástico, esfuerzo y deformación, ecuación de movimiento, ecuaciones constitutivas, condiciones de frontera, ondas P y S, ondas planas y esféricas, energía en una onda plana, ley de Snell, reflexión, refracción, coeficientes, concepto de rayo, parámetro de rayo y slowness, principios de Fermat y de Huygens.

### **Capítulo III: Ondas planas en medios de capas**

Ondas P, SH y SV, coeficientes de reflexión y transmisión, conservación de la energía en una interfase, interfaces sólido-sólido y líquido-sólido.

### **Capítulo IV: Ondas superficiales y dispersión**

Ondas de Rayleigh en un semiespacio homogéneo, ondas de Love en capa sobre semiespacio, velocidad de fase y de grupo, dispersión de ondas superficiales. Ejemplo: dispersión en Tsunamis.

### **Capítulo V: Modos normales de oscilación de la Tierra**

Armónicos esféricos, modos de una esfera, modos torsionales y esferoidales, atenuación, desdoblamiento y acoplamiento de modos normales.

## **PARTE II: Ondas electromagnéticas en medios**

### **Capítulo VI: Ecuaciones de Maxwell en medios**

Herramientas matemáticas (fasores, transformada de Fourier), ecuaciones de Maxwell en el vacío y en medios (forma integral y forma diferencial), potenciales electromagnéticos, ecuación de onda, solución de la ecuación de onda, ondas planas. El espectro electromagnético.

### **Capítulo VII: Ondas electromagnéticas planas**

Ondas planas en medios sin pérdidas (efecto Doppler, polarización), ondas planas en medios con pérdidas (dieléctricos, buenos conductores), dispersión (velocidad de fase y de grupo), energía y vector de Poynting, incidencia oblicua sobre una interfase (reflexión total, polarización, ángulo de Brewster).

### **Capítulo VII: Difracción e interferencia**

Concepto de difracción, difracción de Fraunhofer y Fresnel. Difracción de Fraunhofer producida por: una ranura rectangular, poder de resolución; una abertura circular, poder de resolución. Difracción de Fraunhofer producida por dos ranuras paralelas iguales. Redes de difracción. Poder separador espectral. Experimento de Young; anillos de Newton; difracción por aberturas rectangulares y circulares; redes de difracción. Láser. Interferencia de dos fuentes puntuales sincronizadas: condición de fase. Interferencia de dos fuentes puntuales sincronizadas: coherencia. Experimento de Young; Patrones de interferencia. Interferencia entre varias fuentes sincrónicas. Interferencia por reflexión o transmisión en películas delgadas. Anillos de Newton.

### **Capítulo VIII: Radiación - antenas**

El dipolo eléctrico elemental, diagramas de antenas y directividad, antenas lineales delgada, el dipolo de media onda, sistemas de antenas, sistemas de dos elementos, sistemas lineales uniformes, área efectiva y sección recta de retrodispersión, área efectiva, sección recta de retrodispersión.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Universidad Industrial De Santander<br/>Escuela de Física y Escuela de Geología<br/>Maestría en Geofísica</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Nombre de la asignatura:<br/><b>ONDAS EN MEDIOS</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>Se sugiere la realización de al menos seis prácticas de laboratorio, sobre temas del curso como ley de Snell, principio de Huygens, modos normales de oscilación, dispersión, antenas y difracción.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p><b>ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>ACTIVIDADES DEL PROFESOR</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>El profesor estará encargado de liderar la clase magistral y las jornadas de trabajo de campo, de establecer un diálogo estudiante-profesor, profesor-estudiante, y estudiante-estudiante, que permita la adecuada comprensión de los contenidos del curso.</p> <p>En las horas de consulta el profesor velará por atender adecuadamente a los estudiantes, resolviendo las dudas que se presenten, y motivando vía discusiones personalizadas el trabajo individual de los estudiantes y la adecuada comprensión de los contenidos.</p> <p>Finalmente, el profesor estará a cargo de la evaluación y posterior calificación.</p> |
| <p><b>ACTIVIDADES DE LOS ESTUDIANTES</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p>Los estudiantes deberán participar activamente en las discusiones desarrolladas en clase. Estarán también a cargo de desarrollar en horas extra-clase los talleres y tareas que el profesor determine, y paulatinamente el diseño de la adquisición que deberán entregar al final del semestre. Igualmente serán responsables de ampliar los temas discutidos en clase y de aplicar su propia estrategia de estudio individual de los contenidos del curso, su adecuada reflexión, y profundización. Deberán participar en el diseño y desarrollo de las salidas de campo para adquisición.</p>                                   |
| <p><b>NORMAS DEL CURSO</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>Se hace especial énfasis en que cualquier intento de falsedad en las evaluaciones o plagio en los talleres será observado como una conducta reprochable y conllevará a las sanciones contempladas en el Reglamento General de Posgrados.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>Las siguientes son algunas de las estrategias que se pueden utilizar:</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preguntas y respuestas orales.</li> <li>2. Preguntas abiertas.</li> <li>3. Prueba objetiva.</li> <li>4. Resolución de problemas</li> <li>5. Observación.</li> <li>6. Prácticas de laboratorio</li> <li>7. Diario del profesor.</li> <li>8. Diario del estudiante.</li> <li>9. Trabajos escritos.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p><b>SISTEMA DE EVALUACIÓN</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <p>Se consideran diferentes formas de evaluación y también diferentes elementos para evaluar el aprendizaje a lo largo del curso. Se propone un sistema de evaluación en las diferentes asignaturas del programa de Maestría que tenga elementos de evaluación diagnóstica, sumativa y formativa. La evaluación diagnóstica permitirá orientar los procesos de formación y acompañamiento a los estudiantes y se realiza a través de la formulación de preguntas y respuestas</p>                                                                                                                                                    |

Universidad Industrial De Santander  
Escuela de Física y Escuela de Geología  
Maestría en Geofísica

Nombre de la asignatura:

**ONDAS EN MEDIOS**

abiertas, la evaluación sumativa enfatiza en la recolección de información y la elaboración misma de instrumentos que permitan verificar el cumplimiento de las metas de aprendizaje; la evaluación formativa por otro lado tiende a permitir una retroalimentación a estudiantes y profesores, y tiene como objetivo mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En cada fase del proceso evaluativo se pueden emplear diferentes instrumentos. En la evaluación diagnóstica las preguntas abiertas tendientes a la determinación de preconcepciones así como de los conceptos previos requeridos para abordar las temáticas de clase. En cuanto a la evaluación sumativa, los instrumentos formados por preguntas y respuestas, el análisis de estudios de caso, los exámenes parciales, la exposición oral y la presentación de escritos, las anotaciones de campo, los reportes de salidas de campo y la resolución de problemas. Particularmente importante será la entrega en forma escrita y su debida sustentación oral por parte de los estudiantes del diseño de una adquisición geofísica. Finalmente, la evaluación formativa estará presente a lo largo de todo el desarrollo del curso y se ejecutará a través de la evaluación del aprendizaje, de la identificación del momento del desarrollo del curso en el cual se hace dicha evaluación y de las acciones que se deben ser tomadas por parte del profesor y particularmente de los estudiantes para desarrollar las competencias propias del curso; es un proceso continuo de retroalimentación en el cual el profesor da a conocer al estudiante las dificultades y fortalezas detectados, y se plantean estrategias y acciones para la mejora en el ejercicio del profesor y de los mismos estudiantes.

**INDICADORES DE APRENDIZAJE**

Apuntan a identificar el avance en el alcance del logro de cada una de las competencias, en ese sentido el estudiante:

1. Describe adecuadamente el movimiento ondulatorio mecánico y electromagnético en medios continuos.
2. Aplica correctamente las soluciones de las ecuaciones de la elastodinámica para el estudio de la estructura interna de la Tierra.
3. Explica adecuadamente los conceptos de onda transversal, longitudinal, superficial, onda estacionaria, modo normal y relación de dispersión.
4. Encuentra soluciones simples de las ecuaciones de Maxwell en medios y entiende la influencia de las propiedades del medio en la propagación de las ondas.
5. Utiliza las ondas en el estudio de las propiedades y estructura de la Tierra.

**ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN**

Se podrán utilizar las siguientes estrategias:

Lecturas dirigidas y elaboración de resúmenes, participaciones en clase, resolución de problemas, exposiciones orales, elaboración de informes de laboratorio, valoración del comportamiento en el trabajo en grupo, lectura y resumen de artículos científicos, trabajos escritos, exámenes escritos, entre otras.

**EQUIVALENCIA CUANTITATIVA**

La calificación del curso constará de dos partes:

Parte teórica (70%): El porcentaje se distribuirá entre exámenes escritos, presentaciones orales, participación en clase, lectura y resúmenes de artículos científicos, entre otros.

Parte práctica (30%): El porcentaje se distribuirá entre la valoración del comportamiento en el trabajo en grupo y la presentación de informes de laboratorio.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Universidad Industrial De Santander<br>Escuela de Física y Escuela de Geología<br>Maestría en Geofísica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| Nombre de la asignatura:<br><b>ONDAS EN MEDIOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| Nota: Ninguna calificación individual podrá superar el 30% de la calificación final de la asignatura.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| <b>BIBLIOGRAFIA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stein, S. And Wysession, W., An introduction to seismology: earthquakes and Earth structure. Wiley-Blackwell, 2002.</li> <li>• Shearer, P.P., Introduction to seismology. Cambridge University Press, 2009.</li> <li>• Udias, A., Principles of seismology. Cambridge University Press, 2012.</li> <li>• <a href="http://em.geosci.xyz/index.html">http://em.geosci.xyz/index.html</a></li> <li>• Griffiths, D., Introduction to electrodynamics. Prentice-Hall, 1999.</li> <li>• Cheng, D.K., Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería. Pearson, 1998.</li> <li>• Shadowitz, A., The electromagnetic field. Dover, 2012.</li> <li>• Artículos y documentos suministrados por el profesor o los estudiantes.</li> </ul> |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                               |                                                        |                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <p align="center"> <b>Universidad Industrial De Santander</b><br/> <b>Escuela de Física y Escuela de Geología</b><br/> <b>Maestría en Geofísica</b> </p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                               |                                                        |                                        |
| <p align="center"> <b>Nombre de la asignatura:</b><br/> <b>MUONGRAFIA</b> </p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                               |                                                        |                                        |
| <p align="center"><b>Código:</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                               | <p align="center"><b>Número de créditos:</b><br/>5</p> |                                        |
| <p align="center"><b>Intensidad horaria semanal:</b><br/>15</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                               | <p align="center"><b>Requisitos:</b></p>               |                                        |
| <p align="center"><b>TAD</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                               | <p align="center"><b>Ti:</b><br/>10</p>                |                                        |
| <p align="center"><b>Teóricas:</b><br/>4</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p align="center"><b>Prácticas:</b><br/>1</p> | <p align="center">N/A</p>                              |                                        |
| <p><b>Talleres:</b> ____</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                               | <p><b>Laboratorio:</b> ____</p>                        | <p><b>Teórico-práctica:</b> 5 ____</p> |
| <p align="center"><b>JUSTIFICACIÓN</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                               |                                                        |                                        |
| <p>La muongrafia es una técnica geofísica que ha ganado visibilidad en los últimos años en el mundo. Es una técnica muy versátil cuyo rango de aplicaciones varía desde la detección de contrabando, pasando por estudiar la integridad de muros de represas y de la zona por encima de túneles profundos, hasta el estudio de la parte somera de volcanes activos; también se está estudiando la posibilidad de aplicar la muongrafia para la prospección de yacimientos minerales. En este sentido, la muongrafia es una técnica complementaria que bien vale la pena ser estudiada y en particular, para los estudiantes de la Maestría en Geofísica, constituye la posibilidad de diversificar sus conocimientos sobre técnicas y métodos geofísicos como parte de su formación complementaria, y en particular con el desarrollo de trabajos de grado en esta área.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                               |                                                        |                                        |
| <p align="center"><b>PROPÓSITO DE LA ASIGNATURA</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                               |                                                        |                                        |
| <p>La presente asignatura es una asignatura electiva que los estudiantes de Maestría en Geofísica y estudiantes avanzados de la carrera de Física podrán cursar para tener contacto con la naturaleza, generación y descripción de los rayos cósmicos, y para aprender cómo utilizar la componente muónica de una cascada de rayos cósmicos para estudiar el interior de estructuras geológicas o antrópicas. Se trata de estudiar el espectro de rayos cósmicos, la producción de secundarios en la atmósfera, determinar los flujos diferenciales de la componente muónica, conocer los diferentes modelos de interacción de los muones con la materia y para un caso particular, las distancias que los muones van a recorrer dentro de la materia. Con la información anterior, es posible determinar la diferencia de densidad en el interior de la materia, lo que constituye el objetivo de la muongrafia. La información recolectada de estas diferencias de densidad puede ser correlacionada con información de otros métodos geofísicos para determinar debilitamiento de flancos en volcanes, fracturas o zonas de debilidad en muros de presas, detección de</p> |                                               |                                                        |                                        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Universidad Industrial De Santander<br/>Escuela de Física y Escuela de Geología<br/>Maestría en Geofísica</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p>Nombre de la asignatura:<br/><b>MUONGRAFÍA</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>contrabando, y probablemente la presencia de zonas de mayor o menor densidad asociadas con yacimientos minerales.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE O COMPETENCIAS</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>Se espera que a lo largo del curso el estudiante pueda desarrollar competencias en alguna de las siguientes temáticas: gravimetría avanzada, sísmica avanzada, técnicas avanzadas en sismología, métodos electromagnéticos avanzados, métodos eléctricos avanzados, nuevos métodos y técnicas de exploración geofísica a nivel local, regional o global. Se espera que a lo largo del curso cada estudiante desarrolle las siguientes competencias:</p>                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p><b>Competencias cognitivas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entender la naturaleza y las formas de producción de los muones atmosféricos.</li> <li>• Describir adecuadamente la distribución de muones con la energía y con el ángulo cenital.</li> <li>• Comprender las diferentes formas de interacción de los muones con la materia</li> <li>• Entender los diferentes mecanismos de conteo de muones a través de centelladores, sensores gaseosos, centelladores, etc.</li> <li>• Analizar las condiciones de aplicabilidad de la técnica de muongrafía a las diferentes estructuras que se pueden estudiar.</li> <li>• Conducir un experimento para la medición del flujo de muones.</li> </ul> |
| <p><b>Competencias Axiológicas y Actitudinales:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acepta su responsabilidad en el alcance de los logros propuestos.</li> <li>2. Fomenta en sí mismo su responsabilidad ética como científico.</li> <li>3. Presenta de forma respetuosa y argumentada su posición frente a los cuestionamientos que se le formulan y a los que tiene respecto a otros.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>CONTENIDOS</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p>Tema I. Rayos cósmicos, interacción con la atmósfera, muones atmosféricos, espectro de los muones, flujo de muones y simulación de flujo y los factores que lo afectan.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>Tema II. Interacción de muones con la materia, procesos de pérdida de energía de los muones (dispersión, producción de pares, radiación de frenado, etc.).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>Tema III. Detección del flujo de muones. Detectores Cherenkov en Agua, centelladores-fibra óptica-tubo fotomultiplicador, detectores gaseosos, telescopios de muones (aceptancia y medición del flujo).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>Tema IV: Determinación de las condiciones para realizar muongrafía. Condiciones sobre la trayectoria de los muones, sobre el flujo diferencial, sobre los detectores de flujo. Diseño de una campaña de adquisición de flujos de muones. Estudios de caso: volcanes, detección de contrabando de materiales radiactivos, estudio de integridad de muros, estudio de integridad de túneles, aplicación a represas.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

#### **ACTIVIDADES DEL PROFESOR**

El profesor estará encargado de liderar la clase magistral y las jornadas de trabajo de campo, de establecer un diálogo estudiante-profesor, profesor-estudiante, y estudiante-estudiante, que permita la adecuada comprensión de los contenidos del curso. En las horas de consulta el profesor velará por atender adecuadamente a los estudiantes, resolviendo las dudas que se presenten, y motivando vía discusiones personalizadas el trabajo individual de los estudiantes y la adecuada comprensión de los contenidos. Finalmente, el profesor estará a cargo de la evaluación y posterior calificación.

#### **ACTIVIDADES DE LOS ESTUDIANTES**

Los estudiantes deberán participar activamente en las discusiones desarrolladas en clase. Estarán también a cargo de desarrollar en horas extra-clase los talleres y tareas que el profesor determine. Igualmente serán responsables de ampliar los temas discutidos en clase y de aplicar su propia estrategia de estudio individual de los contenidos del curso, su adecuada reflexión, y profundización. Deberán participar en el diseño y desarrollo del experimento para medir el flujo de muones.

#### **NORMAS DEL CURSO**

Se hace especial énfasis en que cualquier intento de falsedad en las evaluaciones o plagio en los talleres será observado como una conducta reprochable y conllevará a las sanciones contempladas en el Reglamento General de Posgrados.

Las siguientes son algunas de las estrategias que se pueden utilizar:

10. Preguntas y respuestas orales.
11. Preguntas abiertas.
12. Prueba objetiva.
13. La resolución de problemas
14. Observación.
15. Diario del profesor.
16. Diario del estudiante.
17. Exposiciones orales.
18. Trabajos escritos.
19. Estudios de caso.
20. Práctica de laboratorio.

#### **SISTEMA DE EVALUACIÓN**

Se consideran diferentes formas de evaluación y también diferentes elementos para evaluar el aprendizaje a lo largo del curso. Se propone un sistema de evaluación en las diferentes asignaturas del programa de Maestría que tenga elementos de evaluación diagnóstica, sumativa y formativa. La evaluación diagnóstica permitirá orientar los procesos de formación y acompañamiento a los estudiantes, la evaluación sumativa enfatiza en la recolección de información y la elaboración misma de instrumentos que permitan verificar el cumplimiento de las metas de aprendizaje, la evaluación formativa por otro lado tiende a permitir una retroalimentación a estudiantes y profesores, y tiene como

Universidad Industrial De Santander  
Escuela de Física y Escuela de Geología  
Maestría en Geofísica

Nombre de la asignatura:

**MUONGRAFÍA**

objetivo mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En cada fase del proceso evaluativo se pueden emplear diferentes instrumentos. En la evaluación diagnóstica las preguntas abiertas tendientes a la determinación de preconcepciones así como de los conceptos previos requeridos para abordar las temáticas de clase. En cuanto a la evaluación sumativa, los instrumentos formados por preguntas y respuestas, el análisis de estudios de caso, los exámenes parciales, la exposición oral, la presentación de escritos, la resolución de problemas y la práctica de laboratorio, entre otras. Finalmente, la evaluación formativa estará presente a lo largo de todo el desarrollo del curso y se desarrollará a través de la evaluación del aprendizaje, de la identificación del momento del desarrollo del curso en el cual se hace dicha evaluación y de las acciones que se deben ser tomadas por parte del profesor y particularmente de los estudiantes para desarrollar las competencias propias del curso; es un proceso continuo de retroalimentación en el cual el profesor da a conocer al estudiante las dificultades y fortalezas detectados, y se plantean estrategias y acciones para la mejora en el ejercicio del profesor y de los mismos estudiantes.

**INDICADORES DE APRENDIZAJE**

Con el desarrollo de la asignatura, el estudiante deberá:

- Determinar la distribución energética de los flujos de muones.
- Describir los mecanismos de pérdida de energía de los muones al interactuar con la materia.
- Determinar la validez de la aplicación de la muongrafía de acuerdo con un problema particular a resolver.
- Explicar los diferentes mecanismos para la detección de muones.
- Determinar el flujo de muones para diferentes modelos fenomenológicos a diferentes energía y ángulos cenitales.
- Conducir un experimento para medir el flujo de muones.

**ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN**

Se podrán utilizar las siguientes estrategias:

Lecturas dirigidas y elaboración de resúmenes, participaciones en clase, resolución de problemas, presentación de estudios de caso, exposiciones orales, práctica de laboratorio, lectura y resumen de artículos científicos, trabajos escritos, exámenes escritos, entre otras.

**EQUIVALENCIA CUANTITATIVA**

La calificación constará de dos partes:

Parte teórica (70%): El porcentaje se distribuirá entre exámenes escritos, participación en clase, exposiciones orales, trabajos escritos, entre otros.

Parte práctica (30%): El porcentaje se distribuirá entre la valoración del comportamiento en el trabajo de

**BIBLIOGRAFÍA**

Se podrán utilizar artículos científicos de relevancia actual. Se mencionan algunos como referencia:

- Asorey, H. et al. Astroparticle Techniques: Colombia active volcano candidates for Muon Telescope observation sites, arXiv preprint arXiv:1704.04967.
- Asorey, H. et al (2018). Astroparticle projects at the Eastern Colombia region: facilities and instrumentation. *Scientia et Technica* (23) 03, p. 391- 396. ISSN 0122-1701. <http://dx.doi.org/10.22517/23447214.17561>.
- Peña, J., et al (2018). miniMuTe: A muon telescope prototype for studying volcanic structures with cosmic ray flux. *Scientia et Technica* (23) 03, p. 386-390. ISSN 0122-1701. <http://dx.doi.org/10.22517/23447214.17501>.
- Asorey, H., et al. Muon tomography sites for Colombia volcanoes. Sometido a *Geophysical Journal International*. Se adjunta email de recepción del artículo y el artículo, mismo que puede ser visto en la base libre Arxiv: <https://arxiv.org/abs/1705.09884>.
- Lesparre N., Gibert D., Marteau J., Déclais Y., Carbone D., Galichet E.: Geophysical muon imaging: feasibility and limits. *Geophys. J. Int.*, 2010, vol. 183 (pg. 1348-1361).
- Carbone, D. et al. An experiment of muon radiography at Mt Etna (Italy). *Geo Journal International*, Volume 196, Issue 2, February, 2014, Pages 633-643.
- Tanaka H.K.M., and Muraoka H.: Interpreting muon radiographic data in a fault zone: possible application to geothermal reservoir detection and monitoring, *Geosci. Instrum. Method. Data Syst.*, 2013, vol. 2 (pg. 145-150).
- Tanaka H.K.M., et al. High resolution imaging in the inhomogeneous crust with cosmic ray muon radiography: the density structure below the volcanic crater floor of Mt. Asama, Japan. *Earth planet. Sci. Lett.*, 2007, vol. 263 (pg. 104-113).
- Tanaka H.K.M., et al.: Cosmic-ray muon imaging of magma in a conduit: degassing process of Satsuma-Iwojima Volcano, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 2009, vol. 36 pg. L01304 doi:10.1029/2008GL036451.
- Shinozaki H., Tanaka H.K.M.: Conduit magma convection of a rhyolitic magma: constraints from cosmic-ray muon radiography of Iwodake, Satsuma-Iwojima volcano, Japan, *Earth planet. Sc. Lett.*, 2012, vol. 349-350 (pg. 87-97).
- Saracino G., Cárlogaru C.: Looking at volcanoes with cosmic-ray muons, *Phys. Today*, 2012, vol. 65 12(pg. 60-61).
- Reyna D.: A simple parameterization of the cosmic-ray muon momentum spectra at the surface as a function of zenith angle, 2006 preprint, arXiv:hep-ph/0604145.
- Neddermeyer S.H., Anderson C.D.: Note on the nature of cosmic ray particles, *Phys. Rev.*, 1937, vol. 51 (pg. 884-886).
- Nagamine K.: *Introductory Muon Science*, 2003, Cambridge University Press.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>Universidad Industrial De Santander<br/>Escuela de Física y Escuela de Geología<br/>Maestría en Geofísica</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| <p>Nombre de la asignatura:<br/><b>MUONGRAFÍA</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Martean J., Gibert D., Lesparre N., Nicollin F., Noli P., Giacoppo F., Muons tomography applied to geosciences and volcanology, Nucl. Instrum. Meth. A, 2012, vol. 617 (pg. 291-293).</li> </ul> <p>Igualmente, se podrán utilizar los siguientes documentos disponibles en línea en la biblioteca UIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vesga, A. Inversión geofísica a partir de datos de muongrafía volcánica para proyecto MUTE. Trabajo de investigación de Maestría en Física, UIS (2018).</li> <li>Vásquez, A. C. Estimación de la respuesta generada por el detector MUTE al paso de partículas cargadas. Trabajo de investigación de Maestría en Geofísica, UIS (2018).</li> <li>Estudio de centelladores plásticos en el proyecto MUTE para muongrafía de volcanes. Trabajo de investigación de Maestría en Geofísica, UIS (2019).</li> </ul> |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 |                          |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| Universidad Industrial De Santander<br>Escuela de Física y Escuela de Geología<br>Maestría en Geofísica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 |                          |                          |
| Nombre de la asignatura:<br><b>TÓPICOS EN GEOFÍSICA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 |                          |                          |
| Código:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 | Número de créditos:<br>5 |                          |
| Intensidad horaria semanal:<br>15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                 | Requisitos:<br><br>N/A   |                          |
| TAD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                 |                          |                          |
| Teóricas:<br>5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Prácticas:<br>0 |                          |                          |
| Tl:<br>10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 |                          |                          |
| Talleres: ____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 | Laboratorio: ____        | Teórico-práctica: 5 ____ |
| <b>JUSTIFICACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |                          |                          |
| La presente asignatura es una asignatura electiva que los estudiantes de Maestría en Geofísica podrán cursar para tener contacto con temáticas especializadas y avanzadas en esta área de las ciencias. Durante los cursos obligatorios de la Maestría en Geofísica los estudiantes estudian las generalidades de los métodos geofísicos, en esta asignatura podrán profundizar sus conocimientos y competencias en algún método o técnica geofísica particular, con temáticas actuales, además con la posibilidad de aprovechar la presencia de profesores visitantes expertos en alguno de los temas que aparecen en los contenidos. Lo anterior favorece la flexibilidad del programa y permite a los estudiantes diversificar su formación en métodos geofísicos. |                 |                          |                          |
| <b>PROPÓSITO DE LA ASIGNATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                 |                          |                          |
| Estudiar aspectos específicos de la Geofísica, particularmente aquellos temas actuales que a manera de tópicos especiales puedan ser del interés tanto de los estudiantes como del programa mismo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 |                          |                          |
| <b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE O COMPETENCIAS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |                          |                          |
| Se espera que a lo largo del curso el estudiante pueda desarrollar competencias en alguna de las siguientes temáticas: gravimetría avanzada, sísmica avanzada, técnicas avanzadas en sísmología, métodos electromagnéticos avanzados, métodos eléctricos avanzados, nuevos métodos y técnicas de exploración geofísica a nivel local, regional o global.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |                          |                          |
| Se espera que a lo largo del curso cada estudiante desarrolle las siguientes competencias:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                 |                          |                          |
| <u>Competencias cognitivas:</u>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 |                          |                          |

Universidad Industrial De Santander  
Escuela de Física y Escuela de Geología  
Maestría en Geofísica

Nombre de la asignatura:  
**TÓPICOS EN GEOFÍSICA**

- Entender a un nivel de complejidad alto los fundamentos físicos de los métodos geofísicos de gravimetría, magnetometría, sísmica o magnetotélúrica.
- Identificar los ámbitos de aplicación de los métodos geofísicos tratados.
- Profundizar en el procesamiento de los datos geofísicos a través del uso de datos sintéticos (o de campo suministrados) obtenidos con los métodos tratados.

**Competencias Axiológicas y Actitudinales:**

1. Acepta su responsabilidad en el alcance de los logros propuestos.
2. Fomenta en sí mismo su responsabilidad ética como científico.
3. Presenta de forma respetuosa y argumentada su posición frente a los cuestionamientos que se le formulan y a los que tiene respecto a otros.

**CONTENIDOS**

Tema I. Teoría del potencial y aplicaciones en gravimetría y magnetometría.

Tema II. Imagen sísmica, migración e inversión.

Tema III. Electromagnetismo avanzado y el método magnetotélúrico

**ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE**

**ACTIVIDADES DEL PROFESOR**

El profesor estará encargado de liderar la clase magistral, de establecer un diálogo estudiante-profesor, profesor-estudiante, y estudiante-estudiante, que permita la adecuada comprensión de los contenidos del curso. En las horas de consulta el profesor velará por atender adecuadamente a los estudiantes, resolviendo las dudas que se presenten, y motivando vía discusiones personalizadas el trabajo individual de los estudiantes y la adecuada comprensión de los contenidos. Finalmente, el profesor estará a cargo de la evaluación y posterior calificación.

**ACTIVIDADES DE LOS ESTUDIANTES**

Los estudiantes deberán participar activamente en las discusiones desarrolladas en clase. Estarán también a cargo de desarrollar en horas extra-clase los talleres y tareas que el profesor determine. Igualmente serán responsables de ampliar los temas discutidos en clase y de aplicar su propia estrategia de estudio individual de los contenidos del curso, su adecuada reflexión, y profundización.

**NORMAS DEL CURSO**

Se hace especial énfasis en que cualquier intento de falsedad en las evaluaciones o plagio en los talleres será observado como una conducta reprochable y conllevará a las sanciones contempladas en el Reglamento General de Posgrados.

Las siguientes son algunas de las estrategias que se pueden utilizar:

Universidad Industrial De Santander  
Escuela de Física y Escuela de Geología  
Maestría en Geofísica

Nombre de la asignatura:

**TÓPICOS EN GEOFÍSICA**

1. Clase magistral
2. Talleres de resolución de problemas
3. Trabajos de investigación dirigidos
4. Discusión y análisis en clase
5. Presentaciones de artículos de investigación
6. Presentación de estudios de casos.
7. Trabajos escritos.

**SISTEMA DE EVALUACIÓN**

Se consideran diferentes formas de evaluación y también diferentes elementos para evaluar el aprendizaje a lo largo del curso. Se propone un sistema de evaluación en las diferentes asignaturas del programa de Maestría que tenga elementos de evaluación diagnóstica, sumativa y formativa. La evaluación diagnóstica permitirá orientar los procesos de formación y acompañamiento a los estudiantes, la evaluación sumativa enfatiza en la recolección de información y la elaboración misma de instrumentos que permitan verificar el cumplimiento de las metas de aprendizaje, la evaluación formativa por otro lado tiende a permitir una retroalimentación a estudiantes y profesores, y tiene como objetivo mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En cada fase del proceso evaluativo se pueden emplear diferentes instrumentos. En la evaluación diagnóstica las preguntas abiertas tendientes a la determinación de preconcepciones así como de los conceptos previos requeridos para abordar las temáticas de clase. En cuanto a la evaluación sumativa, los instrumentos formados por preguntas y respuestas, el análisis de estudios de caso, los exámenes parciales, la exposición oral y la presentación de escritos, las anotaciones de campo, los reportes de salidas de campo y la resolución de problemas. Particularmente importante será la entrega en forma escrita y su debida sustentación oral por parte de los estudiantes del diseño de una adquisición geofísica. Finalmente, la evaluación formativa estará presente a lo largo de todo el desarrollo del curso y se desarrollará a través de la evaluación del aprendizaje, de la identificación del momento del desarrollo del curso en el cual se hace dicha evaluación y de las acciones que se deben ser tomadas por parte del profesor y particularmente de los estudiantes para desarrollar las competencias propias del curso; es un proceso continuo de retroalimentación en el cual el profesor da a conocer al estudiante las dificultades y fortalezas detectados, y se plantean estrategias y acciones para la mejora en el ejercicio del profesor y de los mismos estudiantes.

**INDICADORES DE APRENDIZAJE**

Apuntan a identificar el avance en el alcance del logro de cada una de las competencias, en ese sentido el estudiante:

- Explicar los conceptos físicos que sustentan los métodos geofísicos estudiados.
- Determina la validez de la aplicación de cada uno de los métodos o técnicas geofísicas de acuerdo con la naturaleza del problema a resolver.
- Utiliza adecuadamente las herramientas matemáticas o físicas de nivel intermedio y avanzado como base para el estudio y entendimiento de los métodos geofísicos.
- Procesa adecuadamente datos geofísicos (sintéticos o reales) obtenidos por medio de los métodos geofísicos estudiados.

**ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN**

Universidad Industrial De Santander  
Escuela de Física y Escuela de Geología  
Maestría en Geofísica

Nombre de la asignatura:  
**TÓPICOS EN GEOFÍSICA**

Se podrán utilizar las siguientes estrategias:

Lecturas dirigidas y elaboración de resúmenes, participaciones en clase, resolución de problemas, presentación de estudios de caso, exposiciones orales, lectura y resumen de artículos científicos, trabajos escritos, exámenes escritos, entre otras.

**EQUIVALENCIA CUANTITATIVA**

La calificación del curso se distribuirá entre exámenes escritos, presentaciones orales, participación en clase, lectura y resúmenes de artículos científicos, la presentación de estudios de caso, entre otros.

Nota: Ninguna calificación individual podrá superar el 30% de la calificación final de la asignatura.

**BIBLIOGRAFIA**

Se podrán utilizar libros y artículos científicos de relevancia actual. Se mencionan algunos libros como referencia:

- Roy, K. K. Potential theory in applied geophysics. Springer Science & Business Media. 2007.
- Chave, A. D. and Jones, A. G. The magnetotelluric method: theory and practice. Cambridge University Press, 2012.
- Chmi, J-V, et al. Mathematical geophysics, Oxford Lectures Series in Mathematical and Its Applications. 2006.
- Schubert, G. Treatise on geophysics. Elsevier, 2015.
- Kauffman, A.A. et al. Principles of the Magnetic Methods in Geophysics.
- Vallina, A., Udias, A. and Buforn, E. Principles of seismology. Cambridge University Press, 2017.