



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Industriales

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**53001592 - Termohidráulica Nuclear**

### PLAN DE ESTUDIOS

05BF - Master Universitario En Ciencia Y Tecnologia Nuclear

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

|  |    |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos.....                       | 1  |
| 2. Profesorado.....                              | 1  |
| 3. Conocimientos previos recomendados.....       | 2  |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2  |
| 5. Descripción de la asignatura y temario.....   | 3  |
| 6. Cronograma.....                               | 6  |
| 7. Actividades y criterios de evaluación.....    | 8  |
| 8. Recursos didácticos.....                      | 10 |
| 9. Otra información.....                         | 11 |

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 53001592 - Termohidráulica Nuclear                          |
| <b>No de créditos</b>                      | 3 ECTS  |
| <b>Carácter</b>                            | Obligatoria   |
| <b>Curso</b>                               | Primer curso  |
| <b>Semestre</b>                            | Primer semestre   |
| <b>Período de impartición</b>              | Septiembre-Enero  |
| <b>Idioma de impartición</b>               | Castellano  |
| <b>Titulación</b>                          | 05BF - Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear |
| <b>Centro responsable de la titulación</b> | 05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales    |
| <b>Curso académico</b>                     | 2021-22   |

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

| <b>Nombre</b>                         | <b>Despacho</b> | <b>Correo electrónico</b> | <b>Horario de tutorías<br/>*</b>                          |
|---------------------------------------|-----------------|---------------------------|---|
| Diana Cuervo Gomez<br>(Coordinador/a) | Despacho        | d.cuervo@upm.es           | Sin horario.<br>La hora previa a las<br>clases impartidas |
| Gonzalo Jimenez Varas                 | Despacho        | gonzalo.jimenez@upm.es    | Sin horario.<br>La hora previa a las<br>clases impartidas |

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 2.2. Personal investigador en formación o similar

| Nombre                     | Correo electrónico      | Profesor responsable |
|----------------------------|-------------------------|----------------------|
| Duran Vinuesa, Luis Felipe | luisfelipe.duran@upm.es | Cuervo Gomez, Diana  |

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Centrales nucleares
- Diseño de reactores nucleares
- Tecnología nuclear

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CE02 - Es capaz de realizar análisis matemático avanzado y simulación numérica de los diferentes procesos y sistemas de la física y de la ingeniería de los reactores de energía nuclear de fisión y/o fusión

CE03 - Utiliza los datos y sistemas informáticos más empleados tanto en la investigación como en la industria nuclear para los sistemas de fisión y/o fusión

CE04 - Es capaz de diseñar nuevos sistemas para centrales nucleares de fisión, con todos sus componentes principales, atendiendo en particular a su influencia sobre la seguridad

CE07 - Es capaz de trabajar profesionalmente en las empresas del sector nuclear, diseñando, coordinando, dirigiendo e integrando los conocimientos necesarios para participar en la puesta en marcha y apoyo a operación

de las instalaciones nucleares

CG01 - Tener conocimientos avanzados de los aspectos científicos y tecnológicos de la energía nuclear

CG02 - Realizar investigación, desarrollo e innovación en procesos y métodos aplicables a los sistemas de fisión o fusión nuclear

CG06 - Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando de un modo autodirigido o autónomo

CT01 - Aplica. Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería

CT04 - Trabaja en equipo. Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares

CT05 - Resuelve. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería

CT11 - Usa herramientas. Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas ingenieriles modernas necesarias para la práctica de la ingeniería

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA31 - Adquirir destreza en la utilización de herramientas de simulación termohidráulica de reactores nucleares

RA30 - Conocer los fundamentos de la termohidráulica aplicable a reactores nucleares de fisión. Ser capaz de llevar a cabo el diseño térmico de estos reactores

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

El comportamiento del fluido refrigerante en un reactor nuclear de agua ligera tiene una influencia vital en la seguridad de éste no solo por su función de garantizar la refrigeración del combustible sino también por su tarea de moderar la energía de los neutrones y, por tanto, su influencia sobre las reacciones de éstos con el medio.

El análisis termohidráulico pretende modelizar el comportamiento del fluido en el circuito de refrigeración y el núcleo del reactor para simular los procesos que se producen tanto en operación normal como en transitorios accidentales.

Esta asignatura tiene como objetivo que el alumno sea capaz de llevar a cabo la modelización de un elemento

combustible o un circuito de la planta y realizar el análisis del caso propuesto interpretando los resultados obtenidos en base a sus efectos sobre la seguridad de la planta.

Para la consecución de este objetivo se plantea la realización de proyectos que integren todas las fases de la iniciativa CDIO y guíen al alumno desde el estadio de la concepción del caso que se debe desarrollar para el análisis que se pretende realizar al de operación mediante la integración de las modificaciones que se deriven de las conclusiones alcanzadas al diseño del caso.

Todo ello será estudiado mediante la aplicación de un código de simulación específico para el análisis termohidráulico de reactores nucleares. Ello permitirá analizar los procesos de refrigeración del elemento combustible sin y con cambio de fase y los regímenes de flujo.

Los alumnos, divididos en grupos o de forma individual según el tipo de análisis, seleccionarán el caso a resolver, desarrollaran el modelo necesario para su simulación, aplicaran el código al caso y analizarán los resultados obtenidos a la luz de sus conocimientos en dinámica de fluidos, transmisión de calor y seguridad nuclear.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Presentación e introducción de la asignatura
  - 1.1. Ojetivos del módulo teórico (MT)
  - 1.2. Ojetivos del módulo práctico (MP)
2. MT: Generación de potencia
3. MT: Transmisión de calor en la barra combustible
4. MT: Ecuaciones de conservación y tipos de códigos termohidráulicos
  - 4.1. Ecuaciones de Navier-Stokes promediadas para flujo bifásico
  - 4.2. Códigos CFD
  - 4.3. Códigos de núcleo y planta
  - 4.4. Códigos de núcleo
  - 4.5. Códigos de planta
  - 4.6. Códigos de accidente severo
5. MT: Hidrodinámica de reactores
6. MT: Refrigeración del combustible

7. MT: Análisis de canal de refrigeración
8. MT: Límites térmicos
9. MP: Desarrollo del modelo
10. MP: Simulación termohidráulica
11. MP: Análisis de resultados
12. MP: Realimentación del modelo
13. MP: Conclusiones del análisis
14. MP: Presentación del análisis y conclusiones

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad presencial en aula   | Actividad presencial en laboratorio  | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación   |
|-----|--|--|----------------|---|
| 1   | <b>Módulo teórico</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |                |   |
| 2   | <b>Módulo teórico</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |                |   |
| 3   | <b>Módulo teórico</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |                |   |
| 4   | <b>Módulo teórico</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |                |   |
| 5   | <b>Módulo teórico</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |                |   |
| 6   | <b>Módulo teórico</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |                |   |
| 7   | <b>Módulo teórico</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |                |   |
| 8   |  |  |                | <b>Evaluación Módulo Teórico</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación continua<br>Presencial<br>Duración: 02:00 |
| 9   |  | <b>Práctica simulación</b><br>Duración: 02:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |                |   |
| 10  |  | <b>Práctica simulación</b><br>Duración: 02:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |                |   |
| 11  |  | <b>Práctica simulación</b><br>Duración: 02:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |                |   |
| 12  |  | <b>Práctica simulación</b><br>Duración: 02:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |                |   |



|    |  |  |  |   |
|----|--|--|--|---|
| 13 |  | <b>Práctica simulación</b><br>Duración: 02:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |  |   |
| 14 |  | <b>Práctica simulación</b><br>Duración: 02:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |  |   |
| 15 |  |  |  | <b>Evaluación Módulo Práctico</b><br>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo<br>Evaluación continua y sólo prueba final<br>No presencial<br>Duración: 06:00<br><br><b>Resolución de problema analítico</b><br>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual<br>Evaluación continua<br>Presencial<br>Duración: 06:00 |
| 16 |  |  |  | <b>Evaluación Módulo Práctico</b><br>PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo<br>Evaluación continua y sólo prueba final<br>Presencial<br>Duración: 02:00   |
| 17 |  |  |  | <b>Evaluación Módulo Teórico</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación sólo prueba final<br>Presencial<br>Duración: 02:00  |

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

| Sem. | Descripción                      | Modalidad                                  | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas   |
|------|----------------------------------|--|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 8    | Evaluación Módulo Teórico        | EX: Técnica del tipo Examen Escrito        | Presencial    | 02:00    | 40%             | 5 / 10      | CB10<br>CG01<br>CG06   |
| 15   | Evaluación Módulo Práctico       | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo      | No Presencial | 06:00    | 30%             | 5 / 10      | CT11<br>CG01<br>CG02<br>CE03<br>CE04<br>CT05<br>CT01<br>CT04<br>CE02<br>CE07 |
| 15   | Resolución de problema analítico | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual    | Presencial    | 06:00    | 10%             | 5 / 10      | CG06<br>CE02<br>CE07<br>CB10<br>CG01   |
| 16   | Evaluación Módulo Práctico       | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial    | 02:00    | 20%             | 5 / 10      | CT11<br>CG01<br>CG02<br>CE03<br>CE04<br>CT05<br>CT01<br>CT04<br>CE02<br>CE07 |

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

| Sem | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-----|-------------|-----------|------|----------|-----------------|-------------|------------------------|
|-----|-------------|-----------|------|----------|-----------------|-------------|------------------------|

|    |                            |  |               |       |     |        |  |
|----|----------------------------|--|---------------|-------|-----|--------|--|
| 15 | Evaluación Módulo Práctico | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo      | No Presencial | 06:00 | 30% | 5 / 10 | CT11<br>CG01<br>CG02<br>CE03<br>CE04<br>CT05<br>CT01<br>CT04<br>CE02<br>CE07 |
| 16 | Evaluación Módulo Práctico | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial    | 02:00 | 20% | 5 / 10 | CT11<br>CG01<br>CG02<br>CE03<br>CE04<br>CT05<br>CT01<br>CT04<br>CE02<br>CE07 |
| 17 | Evaluación Módulo Teórico  | EX: Técnica del tipo Examen Escrito        | Presencial    | 02:00 | 50% | 5 / 10 | CB10<br>CG01<br>CG06   |

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción                | Modalidad                                    | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas   |
|----------------------------|--|------------|----------|-----------------|-------------|--|
| Evaluación Módulo Práctico | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual      | Presencial | 06:00    | 30%             | 5 / 10      | CT11<br>CG01<br>CG02<br>CE03<br>CE04<br>CT05<br>CT01<br>CT04<br>CE02<br>CE07 |
| Evaluación Módulo Práctico | PI: Técnica del tipo Presentación Individual | Presencial | 02:00    | 20%             | 5 / 10      | CT11<br>CG01<br>CG02<br>CE03<br>CE04<br>CT05<br>CT01<br>CT04<br>CE02<br>CE07 |

|                           |                                     |            |       |     |        |                      |
|---------------------------|-------------------------------------|------------|-------|-----|--------|----------------------|
| Evaluación Módulo Teórico | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 50% | 5 / 10 | CB10<br>CG01<br>CG06 |
|---------------------------|-------------------------------------|------------|-------|-----|--------|----------------------|

## 7.2. Criterios de evaluación

La asistencia a, al menos, el 80% de las clases prácticas es obligatoria para poder aprobar la asignatura.

La asistencia regular a clase (al menos el 80% de las clases) es obligatoria para poder aprobar la asignatura por evaluación continua.

La prueba de evaluación continua será presencial. En el caso de que por razones sanitarias alguna de las pruebas de evaluación continua no se pueda hacer de forma presencial en la fecha programada, se pospondría su realización para llevarla a cabo en la fecha y hora asignadas para la convocatoria ordinaria.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre  | Tipo         | Observaciones   |
|---|--------------|---|
| Todas las Presentaciones de clase   | Bibliografía | Se encuentran accesibles para los alumnos en la plataforma moodle de la UPM |
| N.E. Todreas and M.S. Kazimi.<br>Nuclear Systems I: Thermal Hydraulic Fundamentals, volume 1.<br>Taylor & Francis, 2 ed., 1993        | Bibliografía |   |
| N.E. Todreas and M.S. Kazimi.<br>Nuclear Systems II: Elements of Thermal Hydraulic Design, volume 2.<br>Taylor & Francis, 2 ed., 1993 | Bibliografía |   |

|                                  |              |   |
|----------------------------------|--------------|---|
| Software de simulación           | Equipamiento | Utilización del software instalado en ordenadores   |
| Videos sobre simulaciones        | Otros        | Se proyectan videos resultados de cálculos con diferentes códigos cuyos fundamentos se han visto en la asignatura                     |
| Videos sobre experimentos        | Otros        | Se proyectan videos sobre experimentos para análisis de fenómenos cuyos fundamentos se han visto en la asignatura                     |
| Manuales de usuario del software | Bibliografía | Documentación necesaria para el uso del software de simulación y para conocer los modelos y técnicas de resolución utilizadas por él. |

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Esta asignatura se relaciona con el ODS7 "Energía asequible y no contaminante" y con el ODS13 "Acción por el clima".

La plataformas que se usarán como apoyo a la docencia serán Moodle y Teams.

En el Curso 2021 - 2022 , debido a las limitaciones impuestas por las medidas contra la COVID-19, de no poderlo hacer en el aula, las clases serán impartidas telemáticamente, en cuyo caso:

- COMUNICACIÓN CON EL EQUIPO DOCENTE: Se llevaría a cabo preferentemente a través del e-mail institucional y/o a través del chat de la plataforma de tele-enseñanza utilizada.
- PLATAFORMAS DE TELE-ENSEÑANZA: Las actividades de tele-enseñanza se llevarían a cabo utilizando la plataforma Microsoft Teams. La asistencia a las clases telemáticas, al igual que las presenciales, sería obligatoria.
- PRÁCTICAS DE SIMULACIÓN: La actividades se llevarían a cabo mediante la instalación del software en los

ordenadores personales de los alumnos o mediante el acceso remoto a un servidor de cálculo. El apoyo a las prácticas se llevaría a cabo mediante las plataformas de tele-enseñanza indicadas.