

25-26

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



NEUTRÓNICA PARA INSTALACIONES DE FUSIÓN NUCLEAR II: HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES

CÓDIGO 2801032-

UNED

25-26

**NEUTRÓNICA PARA INSTALACIONES DE
FUSIÓN NUCLEAR II: HERRAMIENTAS
COMPUTACIONALES
CÓDIGO 2801032-**

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA
ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE
RESULTADOS DE APRENDIZAJE
CONTENIDOS
METODOLOGÍA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA
IGUALDAD DE GÉNERO

Nombre de la asignatura	NEUTRÓNICA PARA INSTALACIONES DE FUSIÓN NUCLEAR II: HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES
Código	2801032-
Curso académico	2025/2026
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	5
Horas	125
Periodo	SEMESTRE 2
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La comprensión precisa de los campos de radiación y material radiactivo existentes en una instalación nuclear a lo largo de su vida útil, así como en la fase posterior de clausura/desmantelamiento constituye una contribución esencial al proceso de su diseño y licenciamiento.

La disciplina que denominaremos de aquí en adelante como análisis nuclear y de radiación (ANR) computacional, en el argot “neutrónica” computacional, es la que tiene por objeto el caracterizar/mapear los campos de radiación presentes en la instalación nuclear o radiactiva, el inventario radiactivo y las respuestas nucleares correspondientes en sistemas, equipos y componentes. El curso abordará esta disciplina en el marco de las instalaciones de fusión nuclear y en el de instalaciones de irradiación tipo IFMIF-DONES, muy relevante para el desarrollo de la fusión. Señalar desde un principio, que los problemas asociados a estas instalaciones, y fundamentalmente los asociados a la instalación ITER, han producido una revolución en el campo del análisis nuclear y de radiación, habiendo experimentado este campo avances extraordinarios en la última década. La UNED ha sido un actor destacado en este proceso.

El curso está orientado al conocimiento práctico, así que los contenidos que se incluyen, al igual que la forma en los que se aborden, tienen como objetivo el que puedan servir de ayuda a los estudiantes para crear y correr simulaciones que, aunque sencillas, sean representativas en lo que respecta al objetivo de producir resultados fiables y eficientes.

El proceso de enseñanza-aprendizaje de esta asignatura tiene tres objetivos fundamentales:

1. que los estudiantes conozcan las características y estructura general de los flujos de trabajo/procedimientos de simulación avanzados para realizar los análisis nucleares y de radiación necesarios para el diseño, puesta en funcionamiento y operación de instalaciones de fusión nuclear y de aceleradores tipo IFMIF-DONES;
2. que los estudiantes conozcan que herramientas concretas están integradas en el procedimiento de simulación implementado en la UNED, así como sus características principales, y
3. que los estudiantes aprendan a hacer uso de las secuencias de cálculo y de aquellas herramientas que con el alcance del curso se consideran más importantes para la realización de los pertinentes análisis de radiación.

Esta asignatura se enmarca en un grupo de asignaturas donde se imparte formación sobre las bases teóricas (Neutrónica para instalaciones de fusión nuclear I: Teoría), métodos y herramientas de simulación (Neutrónica para instalaciones de fusión nuclear II: Herramientas computacionales) y tipos de análisis nucleares y de radiación (Neutrónica para instalaciones de fusión III: Aplicaciones a instalaciones relevantes) que apoyan el diseño de instalaciones de fusión nuclear y aceleradores tipo IFMIF-DONES. Con ellas el estudiante adquirirá las competencias fundamentales del especialista en neutrónica computacional de fusión nuclear, área que es el componente fundamental de la disciplina de Ingeniería Nuclear de una instalación de fusión, que es a su vez disciplina determinante dentro del campo de la Ingeniería de una instalación de Fusión Nuclear.

El aprendizaje de esta asignatura va a permitir abordar con garantía la posible realización del trabajo fin de máster y futura tesis doctoral en algunas de las líneas de investigación que se ofertan en este Máster, y en las que el equipo docente es responsable de distintas actividades dentro de Programas Internacionales.

Por último, recalcar que dado el carácter de vanguardia de la Neutrónica de Fusión dentro de la disciplina de la Neutrónica, el especialista en la primera podrá aplicar con clara ventaja sus conocimientos al diseño de instalaciones nucleares y de radiación avanzadas enmarcadas tanto dentro como fuera del campo de la fusión. Los desarrollos de la neutrónica ligados a las necesidades marcadas para el avance de energía de fusión nuclear son ya uno de los retornos importantes a la sociedad de la investigación en fusión, y esta asignatura contribuye a darlos a conocer y saber utilizar.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Tres son el tipo de recomendaciones para el correcto aprovechamiento de esta asignatura:

1. Para iniciar el estudio del curso son necesarios conocimientos de ciencia y tecnología nuclear a nivel fundamental. Si dichos conocimientos previos son limitados, debe consultarse con el equipo docente para recibir orientaciones precisas que permitan enfocar el estudio de forma adecuada, y en su caso estudiar durante el curso algún tema de apoyo.
2. Para su mejor aprovechamiento se recomienda haber cursado previamente la asignatura “Neutrónica para instalaciones de fusión nuclear I: Teoría”
3. Es recomendable tener conocimientos suficientes para lectura en inglés técnico.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	JAVIER SANZ GOZALO (Coordinador/a de asignatura)
Correo Electrónico	jsanz@ind.uned.es
Teléfono	91398-6463
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA

Nombre y Apellidos	PATRICK SAUVAN
Correo Electrónico	psauvan@ind.uned.es
Teléfono	91398-8731
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA

Nombre y Apellidos	FRANCISCO M OGANDO SERRANO
Correo Electrónico	fogando@ind.uned.es
Teléfono	91398-8223
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ENERGÉTICA

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Los estudiantes podrán contactar al equipo docente en cualquier momento y principalmente mediante el foro de comunicación del curso virtual, sobre todo para cuestiones que puedan ser del interés de todos los estudiantes. Adicionalmente y para una comunicación personal, se anima a los estudiantes a utilizar el correo electrónico o el teléfono (ver datos en la sección “Equipo docente”), así como la plataforma de mensajería MS Teams que provee la UNED.

La dirección postal de los profesores está en la ETSI Industriales, cuyos datos pueden consultarse en la web UNED. El horario de atención a estudiantes en esas dependencias será:

- D. Javier Sanz: Lunes y Miércoles de 16 a 18h. Despacho 2.18.
- D. Patrick Sauvan: Lunes y Miercoles de 15 a 17h. Despacho 0.16.
- D. Francisco Ogando: Lunes y Miércoles de 16 a 18h. Despacho 0.15.

El apoyo a los estudiantes se realizará tanto para asimilar los contenidos de la asignatura, explicar su modo de funcionamiento o de cualquier otra manera que mejore el rendimiento del estudio. En especial se anima a contactar, a los estudiantes que presenten lagunas iniciales de conocimiento, que puedan ser mitigadas con lecturas adicionales.

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

COMPETENCIAS

CP1 Desarrollar habilidades sistémicas (metodológicas): aplicación de conocimientos, habilidades en investigación, y creatividad.

CP3 Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada,

incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CP4 Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

CONOCIMIENTOS O CONTENIDOS

C1 Adquirir el conocimiento de los métodos y técnicas de investigación.

C3 Elaborar y tratar modelos matemáticos que representen el comportamiento de los sistemas industriales.

C4 Adquirir destrezas en la aplicación de técnicas de simulación computacional.

C5 Tomar conciencia de la importancia de la adquisición del conocimiento científico a la luz de la teoría de la ciencia actual, así como de la diversidad metodológica.

C6 Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

HABILIDADES O DESTREZAS

H1 Desarrollar capacidad de análisis y síntesis de la información científico-técnica.

H2 Adquirir destrezas en la búsqueda y gestión bibliográfica y documental.

H3 Desarrollar capacidad de razonamiento crítico.

H4 Desarrollar habilidades técnicas, de análisis y síntesis: resolución de problemas, toma de decisiones y comunicación de avances científicos.

H5 Planificar las actividades de investigación.

H6 Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

H7 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.

COMPETENCIAS

CP1 Desarrollar habilidades sistémicas (metodológicas): aplicación de conocimientos, habilidades en investigación, y creatividad.

CP3 Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CP4 Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CONTENIDOS

Tema 1: Ciclo de cálculo general y sistema de simulación implementado en la UNED para análisis nuclear y de radiación en fusión nuclear

1.1. Problemas y cuestiones propias del Análisis Nuclear y de Radiación en la Ingeniería de Fusión Nuclear

1.2. Descripción del ciclo de cálculo en instalaciones relacionadas con la fusión nuclear: reactores de confinamiento magnético tipo TOKAMAK (ITER y DEMO), aceleradores de alta intensidad (IFMIF-DONES)

Tema 2: Simulación del transporte de radiación mediante MCNP: estructura, capacidades y utilización del código

2.1. Creación de la geometría

2.2. Definición de materiales y utilización de datos nucleares

2.3. Definición de fuentes convencionales

2.4. Definición de registros de magnitudes/respuestas nucleares (tallies) y salida de datos

Tema 3: Aceleración de los cálculos de transporte por MC mediante la computación paralela y las técnicas de reducción de varianza avanzadas

3.1 Introducción al concepto de reducción de varianza en problema de simulaciones con MC.

3.2 Método de Reducción de Varianza Global para la obtención de distribución espacial de los campos de radiación en toda la instalación con una incertidumbre estadística aceptable.

3.3 Utilidad de la computación en paralelo en la simulación el transporte por el método de Monte Carlo.

Tema 4: Simulación de la evolución del inventario isotópico mediante el código de transmutación-activación ACAB: estructura, capacidades y utilización

4.1. Funciones de un código de transmutación-activación entro del ciclo ANR computacional.

4.2. Sistema de ecuación de inventario isotópico.

4.3. Métodos de resolución.

4.4. Datos nucleares de activación

4.5. Utilización del código de inventario isotópico ACAB

Tema 5: Capacidades UNED para una eficiente visualización, análisis y post procesamiento de datos de resultados

5.1. Procesamiento de salidas de datos de MCNP.

5.2. Utilización del programa de visualización en 3D Paraview.

5.3. Visualización gráfica de datos en geometrías complejas.

METODOLOGÍA

La metodología de aprendizaje se basa en el modelo de educación a distancia de la UNED. Las actividades formativas están basadas principalmente en la interacción con el Equipo Docente y el trabajo autónomo de los estudiantes, así como en el apoyo del uso de las tecnologías de información y comunicación. El equipo docente proporcionará orientaciones y material de apoyo para el estudio de la asignatura y atenderán las consultas que planteen los alumnos. El trabajo autónomo estará marcado por una serie de actividades de aprendizaje, que son fundamentales las siguientes: el **estudio de contenidos teóricos y la realización de pruebas de evaluación continua (PECs), Trabajo Final de Asignatura (TFA) y Prueba Presencial**. La bibliografía básica está especialmente diseñada para facilitar al alumno la asimilación de los contenidos de manera autónoma.

Las actividades de seguimiento y evaluación continua se harán mediante la realización de las pruebas de evaluación continua (PECs) a distancia.

Por otra parte, la prueba presencial personal y el trabajo final de asignatura (TFA) serán indicadoras del nivel global de asimilación alcanzado por el estudiante al finalizar el periodo de aprendizaje de la asignatura.

Las PECs pruebas de evaluación continua tienen carácter obligatorio y se realizarán paulatinamente a lo largo del curso. Están pensadas para que los estudiantes puedan contrastar su proceso de asimilación: i) individualizado para cada uno de los Temas en que se estructura la asignatura; y ii) global e integrado de los contenidos de todos los Temas, mediante los ejercicios de síntesis que se planteen.

El TFA de carácter obligatorio tiene como objetivo fundamental que el estudiante sepa plantear y realizar un análisis nuclear característico, aunque simplificado, de las instalaciones de fusión nuclear mediante simulación computacional.

La labor personal y continuada del alumno es imprescindible para el proceso de aprendizaje, siendo fundamental la asimilación de los nuevos conceptos.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	4
Duración del examen	120 (minutos)
Material permitido en el examen	

Calculadora no programable.

Criterios de evaluación

Adecuación de la respuesta al enunciado.

% del examen sobre la nota final 40

Nota del examen para aprobar sin PEC

Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC

Nota mínima en el examen para sumar la PEC

Comentarios y observaciones

No es posible aprobar la asignatura, independientemente de la nota en el examen, sin haber realizado las PECs y el trabajo final de asignatura (TFA) con una evaluación mínima de 4 en cada una de las PECs y en el TFA.

El número de preguntas de examen es orientativo, puede variar ligeramente en cada examen.

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad Si

Descripción

Examen de desarrollo

Criterios de evaluación

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

También habrá que realizar un Trabajo Final de Asignatura (TFA) que tiene carácter obligatorio y no presencial.

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si, PEC no presencial

Descripción

El alumno tendrá que realizar tres PECs con problemas sobre los diferentes temas que conforman la asignatura. Una se centrará en Flujos de Trabajo, otra en simulación del transporte de radiación y otra en simulación de transmutación-activación.

Criterios de evaluación

Adecuación del planteamiento y respuesta al enunciado.

Ponderación de la PEC en la nota final 20%

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

Para aprobar la asignatura es condición necesaria realizar las PECs y obtener una evaluación mínima de 4 en cada una de las PECs.

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si, no presencial

Descripción

Trabajo Final de la Asignatura (TFA)

Criterios de evaluación

Adecuación del trabajo al tema propuesto.

Ponderación en la nota final 40%

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

El trabajo se realizará sobre un tema relacionado con el temario de la asignatura que ha de ser consensuado con el equipo docente.

Para aprobar la asignatura es condición necesaria realizar el TFA y obtener una evaluación mínima de 4 en el mismo.

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

0.4*Prueba Presencial + 0.4*Trabajo Final Asignatura + 0.2*PECs

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Para la preparación de la asignatura se utilizará el material generado por el equipo docente. Este material será constituido principalmente por presentaciones y videos grabados por el equipo docente en los cuales se desarrollan los contenidos de la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Se indican los artículos científicos que recogen información sobre la mayor parte de códigos de ordenador, utilidades y modelos integrados en el flujo de trabajo implementado en la UNED.

1. Artículo científico. J.P. Catalán, P. Sauvan, J. García, J. Alguacil, F. Ogando, J. Sanz, "GEOUNED: A new conversion tool from CAD to Monte Carlo geometry" Nuclear Engineering and Technology, 2024, DOI:10.1016/J.NET.2024.01.052
2. Artículo científico. J. Alguacil, J.P. Catalan, P. Sauvan, R. Villari, P. Batistoni, J. Sanz "Analysis of discrepancies between D1S and R2S results of 2016 DD JET campaign" Nuclear Fusion, Accepted Manuscript online 5 July 2022. //doi.org/10.1088/1741-4326/ac7e5d
3. Artículo científico. J.P. Catalan, F. Ogando, R. Juarez, P. Sauvan, G. Pedroche, J. Alguacil, J. Sanz "Development of radiation sources for nuclear analysis beyond ITER

- bio-shield: SRC-UNED code*" Computer Physics Communications, 275 (2022) 108309.
4. Artículo científico. R. Juárez. G. Pedroche, M.J. Loughlin, R. Pampin, P. Martinez, M. De Pietri, J. Alguacil, F. Ogando, P. Sauvan, A.J. Lopez-Revelles, A. Kolsek, E. Polunovskiy, M. Fabbri, J. Sanz "A full and heterogeneous model of the ITER tokamak for comprehensive nuclear analyses" Nature Energy 6 (2021) 150-157
 5. Artículo científico. P.Sauvan, R.Juárez, ,G.Pedroche, J.Alguacil, J.P.Catalan, F.Ogando, J.Sanz "D1SUNED system for the determination of decay photon related quantities" Fusion Engineering and Design 151 (2020) 111399.
 6. Artículo científico. J. Alguacil, P. Sauvan, J.P. Catalan, J. Sanz "Uncertainty propagation from neutron flux to decay gamma source in R2S methodology" Fusion Engineering and Design 146, pp 1100-1103, 2019.
 7. Artículo científico. R. Juárez, J.P. Catalan, F. Ogando, A.J. Lopez-Revelles, P. Sauvan, S. Jakhar, E. Polunovskiy, M. Loughlin, J. Sanz "ITER plasma source and building modelling to produce radiation maps" Nuclear Fusion 58, 12, pp. 126012, 2018.
 8. Artículo científico. P. Sauvan, J.P. Catalan, F. Ogando, R. Juárez, J. Sanz "Development of the R2SUNED Code System for Shutdown Dose Rate Calculations" IEEE Transactions of Nuclear Science 63 (2016) 375-384.
 9. Artículo científico. P. Sauvan, J. Sanz, F. Ogando. "New capabilities for Monte Carlo simulation of deuteron transport and secondary products generation" Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A (2010) 614, 323-330.
 10. Artículo científico. J. Sanz, M. García, F. Ogando, A. Mayoral, D. López, P. Sauvan, B.Brañas. "First IFMIF/EVEDA radioprotection studies for the preliminary design of the accelerator beam dump" Fusion Science and Technology, Vol.56, N.1 (2009) 273-280

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Material para el estudio:

El material para el estudio de esta asignatura está concebido con dos objetivos: tener incluido todo lo que se necesita para acometer los objetivos docentes y facilitar la obtención de los resultados de aprendizaje de la asignatura; y a la vez, ajustarse estrictamente a los contenidos del Programa de esta.

En la sección de Contenidos se indica la lógica y estructura general del Texto. En la parte restringida de esta guía de estudio, disponible en el curso virtual para todos los alumnos matriculados, se indica ya de forma específica los objetivos y estructura lógica de cada uno de los temas, orientado a cómo ha de utilizarse el Texto para abordar esta asignatura.

Es fundamental para el desarrollo de la asignatura que el alumno utilice su curso virtual.

Cualquier material complementario adicional que se pueda publicar o aconsejar se encontrará en dicha Plataforma. El alumno puede enviar sus consultas a los distintos foros de debate, o por correo electrónico a la atención de cualquiera de los profesores de la

asignatura. Para facilitar el seguimiento por parte de todos de las consultas realizadas, se abrirán 10 foros de debate, correspondientes a cada uno de los Temas del programa.

En el curso virtual estarán a disposición de los alumnos, entre otros elementos los siguientes:

- materiales de apoyo para el estudio de los Temas, que podrán incluir: material multimedia, vínculos a materiales producidos por el equipo docente de interés para la asignatura, prácticas en línea y tutoría en línea
- un calendario para las PECs
- un vídeo de presentación de los profesores y de introducción a la asignatura con la presentación de cada tema por el profesor responsable
- enunciados de problemas resueltos y sin resolver
- otros materiales y vínculos de interés

IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.