ASIGNATURA DE MÁSTER:

PROTECCIÓN RADIACTIVA Y SEGURIDAD EN EL DISEÑO DE ACELERADORES DE ALTA INTENSIDAD DESTINADOS A SIMULAR EL DAÑO POR IRRADIACIÓN DE MATERIALES EN REACTORES DE FUSIÓN NUCLEAR

Curso 2011/2012

(Código:28801462)

1.PRESENTACIÓN

La línea de investigación en la que aquí se encuadra el Trabajo fin de máster es la de *Protección radiactiva y seguridad en el diseño de aceleradores de alta intensidad destinados a simular el daño por irradiación de materiales en reactores de fusión nuclear*, y en concreto se refiere a los aceleradores integrantes de la instalación de irradiación EVEDA/IFMIF. Esta línea se oferta desde el Departamento de Ingeniería Energética y se incluye dentro del itinerario denominado también Ingeniería Energética. Las razones que a continuación se exponen justifican y avalan la relevancia del desarrollo de la instalación EVEDA/IFMIF para el desarrollo de la energía de fusión nuclear dentro del contexto internacional.

En la actualidad no se dispone de materiales aptos para ser utilizados en las futuras centrales de fusión nuclear, al no satisfacer las dos propiedades básicas que se les exige: ser resistentes al daño producido por la exposición a la radiación a la que se van a ver sometidos, y al mismo tiempo ser materiales de activación reducida, es decir, que posibiliten un comportamiento atractivo de la fusión en lo que respecta a temas de seguridad y producción/gestión de residuos radiactivos.

El desarrollo y calificación de nuevos materiales capaces de resistir la extraordinariamente exigente exposición neutrónica (flujos muy intensos, fluencias muy altas y neutrones de 14 MeV) existente en los futuros reactores comerciales de fusión nuclear es un paso esencial para llegar al reactor (DEMO) que debería suceder al ITER y tendría que demostrar la eficiencia de la conversión de energía de fusión en electricidad.

Mientras el daño causado por irradiación será del orden de 30 dpa (1 dpa, desplazamiento por átomo, significa que cada átomo en el material es desplazado en promedio 1 vez de su posición en la red cristalina, provocando defectos estructurales) al año para el DEMO, será solo de 3 dpa al final de todo la vida operacional de ITER. Es en este contexto donde surge la necesidad de alguna instalaron de irradiación que sea capaz de simular las condiciones de daño esperables en un reactor de fusión y haciendo uso de ella poder desarrollar los materiales idóneos a utilizar en la construcción de los mismos.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
C92D16A234F45FE4D865B9F00ADECD51

El Proyecto denominado Internacional Fusion Material Irradiation Facility, IFMIF, es que tiene por objetivo el diseño y construcción de dicha instalación de irradiación.
El empuje definitivo al Proyecto IFMIF ha tenido lugar recientemente. Durante las negociaciones para la localización del ITER, los distintos países participantes en el Proyecto evaluaron el interés de establecer un programa completo sobre energía de fusión. Fruto de ello, y en paralelo al ITER se decidió la aprobación del "Broader Approach"/"Enfoque Ampliado a la Investigación en la Energía de Fusión" firmado entre la UE y Japón, con fecha de entrada en vigor el 1 Junio de 2007, cubriendo tres grandes proyectos: IFMIF-EVEDA, el tokamak superconductor JT60-SA y el centro de computación IFERC.
IFMIF, es una fuente de neutrones de alta intensidad que se va a construir en la próxima década para desarrollo y cualificación de materiales para futuros reactores de fusión. La instalación incluye dos aceleradores que deben producir dos haces de deuterones (de 40 MeV y 125 mA cada uno) que impactan de forma continuada en un blanco de litio líquido cediendo una potencia de 10MW, para dar lugar a un chorro de neutrones de alta intensidad a energías de 14 MeV. Este tipo de instalación/acelerador supone en muchos aspectos avances de dos ordenes de magnitud en relación a los aceleradores del mismo tipo existentes en la actualidad.
La implementación de un proyecto tan ambicioso requiere como primera fase de la construcción de prototipos de los principales sistemas: IFMIF-EVEDA (Engineering Validation Engineering Design Activities) incluye tres grandes módulos de trabajo: prototipo de acelerador, blanco de litio y celdas de ensayo. Las actividades, planeadas y con financiación ya comprometida para un periodo de seis años, serán compartidas entre grupos de trabajo de Japón y la Unión Europea. La contribución de España al Proyecto IFMIF-EVEDA es muy importante, siendo responsable de varias actividades y participante en otras varias. En relación a las actividades de radioprotección y seguridad del diseño del acelerador EVEDA-IFIMF España es corresponsable junto a Francia del desarrollo de las mismas.
La importancia del trabajo de fin de máster se ve reflejado en el número de créditos ECTS del mismo, 15, y en las horas de dedicación que debe emplear el estudiante, unas 375 horas de trabajo. Y como se quiere remarcar, la finalización de este trabajo debe ser fruto de su madurez en las materias técnicas del master así como en las competencias adquiridas.

2.CONTEXTUALIZACIÓN

Para ubicar el trabajo de investigación en el marco de la línea de instigación vamos a hacer ua serie de consideraciones relativas a la instalación EVEDA/IFMIF.

Objetivos fase EVEDA:
El programa denominado "Engineering Validation and Engineering Design Activities for the International Fusion Materials Irradiation Facility (referido como proyecto IFMIF-EVEDA o fase EVEDA) con periodo de duración 2007-2013, incluye como principales objetivos los siguientes:

- Definición del diseño de ingeniería de la instalación IFMIF. Lo que conlleva a estudios de integración e ingeniería, elaboración de los planes detallados de construcción, especificaciones de los equipos y de los aspectos más críticos asociados al desarrollo de los mismos, análisis genéricos de seguridad y radioprotección, etc.
- Validación de los conceptos, mediante la construcción de tres prototipos: un acelerador, blanco de litio a escala 1:3, las celdas para ensayo de materiales.

Por lo que respecta a la Unión Europea, las actividades del Acelerador son lideradas por tres países: Francia (DSM/DAPNIA-Saclay), España (CIEMAT-Madrid), Italia (INFN-Legnaro).
La coordinación de los estudios y realización del acelerador prototipo se han confiado al Equipo Europeo (Accelerator System Group, ASG IFMIF-EVEDA).

Localización:
Los componentes del acelerador EVEDA se diseñaran, construirán y parcialmente se someterán a ensayo en Europa. El ensamblaje final del acelerador, y las pruebas asociadas a la demostración de la fase de puesta en funcionamiento a una mayor potencia del haz se llevarán a cabo en los edificios e infraestructuras suministrados por Japón en el emplazamiento de Rocazo. El emplazamiento de la instalación IFMIF que debería empezar a construirse en el año 2013, una vez finalizad la fase EVEDA no está elegido, siendo España uno de los países que podría optar al mismo.

Medios Tecnicos:
La construcción de un acelerador con las características indicadas anteriormente (IFMIF: 40 MeV, 2 x 125 mA) se enmarca en el nuevo campo de los problemas de los aceleradores de alta intensidad y alta potencia. Precisa del desarrollo de los elementos siguientes:

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
C92D16A234F45FE4D865B9F00ADECD51

- fuente de iones de alta intensidad, suministrando un haz de deuterones de 140 mA a 100 keV;
- una cavidad RFQ (Radio Frequency Quadripole) capaz de acelerar los iones hasta 5 MeV de energía;
- una sección de adaptación;
- los elementos del acelerador lineal necesarios para obtener la energía final (alrededor de 10 MeV para la fase EVEDA y 40 MeV para IFMIF);
- una línea de transporte hasta el beam-dump (elemento en el que se ha de depositar el haz de iones) de 1,2 MW en la fase EVEDA y hasta el litio liquido de 10 MW para IFMIF.

Además se requiere diseñar e implementar todas actividades necesarias para poder asegurar que el acelerador va a alcanzar los objetivos de seguridad/radioprotección que se establezcan, así como diseñar e implementar los elementos de control e instrumentación especifica par caracterizar el haz. El acelerador EVEDA debiera entrar en funcionamiento a finales del 2010.

En el momento actual de desarrollo de IFMIF, fase EVEDA para validación del diseño de ingeniería, y en lo que respecta a las actividades del acelerador, España es responsable fundamentalmente de las tres siguientes tareas: i) sistema de radiofrecuencia que alimenta las cavidades de este acelerador prototipo, ii) sistema beam-dump /sistema absorbedor del haz y iii) corresponsable junto a Francia de la actividades de seguridad/radioprotección relacionadas con el diseño de los elementos del acelerador y del diseño del beam dump.

El CIEMAT es la entidad responsable de coordinar la ejecución de los proyectos en que España participa. Las actividades relativas a los estudios de seguridad/radioprotección para el acelerador EVEDA y para la definición del diseño de ingeniería del aceleradore IFMIF han sido delegadas a nivel técnico al grupo de la UNED, que es el responsable dentro del grupo de trabajo europeo, Accelerator System Group, ASG IFMIF-EVEDA, de coordinar y dar cuenta de la actividad española en el campo.

Es dentro de estas actividades donde se encuadraran los posibles trabajos a realizar por el estudiante si elige esta línea de investigación. Los contenidos de los posibles trabajos se mencionarán sen las secciones siguientes.

La relación del trabajo de investigación con las otras asignaturas del máster se indica en la sección siguiente, referida a conocimientos previos.

3.REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

Para poder realizar el Trabajo fin de máster en la línea de investigación sobre *Protección radiactiva y seguridad en el diseño de aceleradores de alta intensidad destinados a simular el daño por irradiación de materiales en reactores de fusión nuclear*, el estudiante ha de seleccionar las asignaturas a cursar de acuerdo a las siguientes directrices:

A) MODULO I (4 asignaturas).
OBLIGATORIAS: Las 4 asignaturas del Módulo

B) MODULO II del Itinerario en Ingeniería Energética (3 asignaturas).
OBLIGATORIAS: Las 3 asignaturas del Módulo

C) MODULO III del Itinerario en Ingeniería Energética (10 asignaturas)
OPTATIVAS: Tres de las 10 asignaturas del Módulo

Para la inicialización del Trabajo no es condición necesaria que haya tenido que aprobar previamente ninguna de las asignaturas del Master, pero si que es necesario en la práctica que domine muchos de los conceptos impartidos en algunas de las asignaturas asignadas a la línea de investigación, y fundamentalmente de la asignatura del MODULO II del Itinerario en Ingeniería Energética denominada *Seguridad e impacto medioambiental de instalaciones de fusión nuclear*.

Además es necesario tener conocimientos suficientes para lectura en ingles técnico. Y seria recomendable, el conocimiento de algún lenguaje de programación en un nivel medio. Los lenguajes de programación con los que se puede trabajar son C, C++ y Fortran, bajo entornos UNIX y PC

4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El objetivo final es que el estudiante: i) seleccione por si mismo alguno de los posibles escenarios asociados a la operación normal o anormal del acelerador susceptibles de tenerse en consideración en la evaluación de la radioprotección/seguridad de la instalación, ii) evalúe el efecto del mismo en termino de dosis a los trabajadores y al publico; y iii) aporte medidas de diseño o rediseño para hacer la instalación atractiva de acuerdo al criterio ALARA (As Low As Reasonably Achievable). A

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
C92D16A234F45FE4D865B9F00ADECD51

partir de este objetivo final, se establecen los objetivos puntuales que a continuación se exponen y enlazan de forma secuencial.

Objetivos de conocimiento

- Conozca los posibles escenarios de riesgo frente a las que hay que proteger a los trabajadores y al público en situaciones normales de operación del acelerador: problemática asociada a la Radioprotección.
- Conozca los posibles escenarios de riesgo que puedan acontecer en situaciones anormales de operación del acelerador y frente a los que hay que asegurar la protección de los trabajadores y el público en general: problemática asociada a la Seguridad.

Objetivos de habilidades y destrezas

- Priorice los escenarios de riesgo en función de su relevancia en las evaluaciones de radioprotección.
- Priorice los escenarios de riesgo en función de su relevancia en las evaluaciones de seguridad.
- Priorice los escenarios de riesgo relevantes para la radioprotección en función del grado de desarrollo realizado para su evaluación.
  Priorice los escenarios de riesgo relevantes para la seguridad en función del grado de desarrollo realizado para su evaluación.
- Seleccione y defina el escenario o escenarios a investigar por su relevancia de cara a la evaluación de la radioprotección y/o seguridad de IFMIF-EVEDA.
- Justifique la selección en función de la su posible relevancia en la evaluación de la seguridad/radioprotección de IFMIF-EVEDA, de la nueva aportación que suponga, y de la disponibilidad de los recursos que pudieran necesitarse.
- Comprender cómo se integran los diferentes elementos (programas/códigos de simulación y bases de datos) computacionales constituyentes del sistema de cálculo a utilizar en la evaluación de la seguridad, impacto medioambiental y radioprotección de los aceleradores de alta intensidad tipo IFMIF-EVEDA.
- Capacidad de utilizar códigos de transporte para caracterizar los escenarios de irradiación presentes en los materiales de los distintos componentes del acelerador y en el sistema absorbedor/beam-dump del haz.
- Capacidad de utilizar códigos de activación para caracterizar el inventario radiactivo y las correspondientes fuentes de radiación en los diferentes materiales del acelerador EVEDA/IFMIF y del absorbedor/beam-dump del haz al ser expuestos a los campos de irradiación correspondientes.

Objetivos de actitudes

- Proponer una metodología de resolución (modelización de la situación real) apropiada para evaluar las dosis asociadas al escenario potencial de riesgo que se quiere analizar.
- Proponer el sistema computacional adecuado para realizar el análisis de radioprotección/seguridad del escenario objeto del trabajo.
  Identificar las posibles limitaciones que presenten los códigos y bases de datos que integrarían el sistema computacional propuesto para abordar el problema.
  Calcular las dosis asociadas al escenario problema.
- Evaluar los resultados en término de la problemática que puedan representar para los trabajadores y para el público en general.
- Proponer medidas de diseño o de rediseño si estas ya existieran previamente al trabajo, que permitan una respuesta más atractiva de la instalación en términos del criterio ALARA.
- Establecer el rango de validez de las soluciones aportadas en función de las limitaciones del sistema computacional utilizado.
  Establecer, si fuera preciso, las necesidades de desarrollo teórico y/o experimental para una solución aceptable del problema.

5.CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

Los contenidos de los distintos trabajos a realizar se estructuraran como se expone seguidamente:

Bloque 1. Definición y motivación de la actividad de investigación objeto del trabajo

- Conocimiento detallado de la problemática de seguridad, protección radiológica y generación de residuos en el

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
C92D16A234F45FE4D865B9F00ADECD51

diseño de aceleradores de alta intensidad tipo EVEDA/IFMIF

- Definición precisa del problema/escenario real que se pretende abordar en el trabajo. Dicho trabajo podría estar asociado a uno de estos dos grupos de tareas:

  i) determinación de dosis durante el funcionamiento del acelerador y diseño de los blindajes oportunos para reducir los niveles de exposición a valores aceptables. Estos valores se deben establecen a partir de consideraciones relativas a la salud a las personas, daño a diagnósticos y posible activación de los componentes del reactor.

  ii) determinación de dosis durante las fases de parada del acelerador y diseño de los blindajes y diferentes medidas de radioprotección/seguridad (tales como nivel de purificación de refrigerantes, requerimientos a sistemas de ventilación, etc.) que permitan reducir los niveles de exposición a valores aceptables.
- Motivación del trabajo: justificación de la relevancia de la actividad que se va a desarrollar en el marco del conjunto de tareas que deben comprender los análisis de radioprotección/seguridad de EVEDA-IFMIF.

Bloque 2. Definición de la metodología de resolución del problema y selección del sistema computacional para llevarla a la práctica.

- Modelización del escenario real para el que se quiere calcular las dosis.
  Propuesta del sistema computacional (programas/códigos de simulación y bases de datos) a utilizar para calcular las dosis asociadas al modelo definido como representativo del escenario real a tratar.
- Identificar las posibles limitaciones que presenten los códigos y bases de datos que integren el sistema computacional propuesto para abordar el problema.

Bloque 3. Cálculos de dosis y propuesta de medidas de radioprotección/seguridad para un diseño de EVEDA-IFMIF que se pueda demostrar radiológicamente aceptable en todas las fases de su vida.

- Utilización de códigos e transporte para determinación de campos de radiación y dosis asociadas a los mismos en las fases de operación y parada del acelerador.
- Utilización de códigos de activación para determinación de inventarios radiactivos y correspondientes fuentes de radiación durante las fases de parada del acelerador.
  Evaluación de las dosis calculadas en término de la problemática que puedan representar para los trabajadores y para el público en general: comparación con los valores exigidos en la legislación que se aplique.
- Propuesta de medidas de diseño o de rediseño si estas ya existieran previamente al trabajo, que permitan una respuesta más atractiva de la instalación en términos del criterio ALARA.
- Establecer el rango de validez de las soluciones aportadas en función de las limitaciones del sistema computacional utilizado.
  Analizar la necesidad de desarrollo teórico y/o experimental adicional para una solución aceptable del problema.

La lista de trabajos que se podrían ofertar, se enmarcarían dentro de las actividades que continuación se detallan

1. Protección radiológica y seguridad asociada al acelerador
   - Diseño del blindaje biológico del edificio del acelerador.
   - Delimitación de las distintas zonas radiológicas en condiciones de funcionamiento del acelerador.
   - Estudios de activación del aire del edificio en condiciones de funcionamiento, y análisis de las implicaciones en el diseño del sistema de ventilación.
   - Caracterización espacial y temporal de las tasas de dosis dentro del edificio en condiciones de parada del acelerador: Delimitación de zonas radiológicas
   - Estudios de activación de materiales estructurales: paredes, suelos y techos
   - Estudio de la activación del aire.
   - Activación en el sistema de refrigeración del acelerador.
   - Estudios de dosis para mantenimiento.
   - Delimitación de zonas radiológicas.
   - Estudios de protección radiactiva y seguridad para escenarios accidentales
2. Protección radiológica y seguridad asociada al beam-dump/elemento absorbedor del haz
   - Estudios de activación para la selección de materiales en el diseño del Beam Dump.
   - Diseño de blindaje para el Beam Dump
   - Y actividades análogas a todas las anteriormente mencionadas para el acelerador pero ahora referidas al Beam Dump.

6.EQUIPO DOCENTE

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
C92D16A234F45FE4D865B9F00ADECD51

- FRANCISCO M. OGANDO SERRANO
- JAVIER SANZ GOZALO
- PATRICK SAUVAN -
- RAFAEL JUAREZ MAÑAS
- JUAN PABLO CATALAN PEREZ
- MAURICIO GARCIA CAMACHO

7.METODOLOGÍA

El plan diseñado para la realización satisfactoria de este trabajo de máster incluye básicamente dos etapas que serán evaluadas independientemente.

- Etapa de aprendizaje.
  - Asimilación del problema a resolver y pasos a seguir para ello.
  - Aprendizaje básico de uso de las herramientas computacionales que se utilizarán.
- Etapa de ejecución.
  - Cálculo de flujos neutrónicos y de partículas cargadas (iones ligeros) en operación.
  - Cálculo de activación de materiales.
  - Análisis de protección radiológica y/o seguridad.

La primera fase del trabajo se iniciará con el repaso de los conceptos relativos a la instalación IFMIF-EVEDA tratados en la asignatura del máster *Seguridad e impacto medioambiental de instalaciones de fusión nuclear* y con la lectura de documentos relacionados con dicha instalación y su importancia en el campo de la fusión nuclear. Seguidamente se ha de seleccionar y definir en detalle el problema que se pretende tratar. Para ello tendrá que estudiar cuales son los principales componentes y escenarios que en operación normal y anormal pueden ser relevantes de cara a la protección radiológica de la instalación.
El estudio de esta primera etapa se realizará mediante documentación proporcionada por el equipo docente, y será un periodo de fuerte interacción con el mismo. Para ello se utilizarán las herramientas de docencia a distancia proporcionadas por la UNED.
La otra parte fundamental de esta primera etapa contempla el aprendizaje de uso de tres programas informáticos muy utilizados en investigación: dos de transporte de partículas (MCNPX y PHITS) y otro de cálculos de activación/inventario isotópico (ACAB). El estudiante tendrá que hacer uso seguro de ellos para abordar cualquier de los problemas que plantee como objeto del trabajo
El tiempo estimado de desarrollo de esta etapa es de 100 horas de trabajo colaborativo/en estrecha relación con el profesor, tras lo cual se realizaría, también con medios telemáticos, una prueba mediante la cual se evaluaría la capacidad del estudiante de proceder a la resolución del problema planteado, y pasar por tanto al desarrollo de la segunda etapa.
La segunda fase del trabajo consistirá en realizar los cálculos pertinentes para determinar dosis y realizar la evaluación del impacto del escenario operacional elegido de la instalación respecto a la protección radiológica. Será un trabajo fundamentalmente computacional e independiente del profesor, si bien tendrá en ese periodo toda la asistencia informática para llevar a cabo los cálculos. Dichos cálculos tendrán que realizarse utilizando computadores del departamento de Ingeniería Energética, si bien el acceso podrá ser remoto a mayor conveniencia del estudiante.
La estimación de horas de trabajo en esta fase es la siguiente: cálculos de transporte de iones ligeros y flujos neutrónicos más cálculo de dosis (50h), cálculos de activación (100h), cálculos de transporte de radiación gamma y dosis (50h) y elaboración del trabajo final de análisis (75h). Con ello se completan las 375h (15 ECTS) asignadas a la tarea.
Indicar que desde un principio se animará al estudiante a que conozca los recursos bibliográficos disponibles en Biblioteca de la UNED, debiéndose entender estos en su doble vertiente: documentación propiamente dicha a la que se puede acceder y procedimientos para llevar a cabo una gestión eficiente en el proceso de obtención de dicha documentación.

8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Comentarios y anexos:

La bibliografía básica para este trabajo serán apuntes elaborados y material proporcionado por el equipo docente del Departamento de Ingeniería Energética/área Ingeniería Nuclear y cubrirá las siguientes facetas:

- Introducción y descripción funcional básica de componentes de la instalación IFMIF. Estudios de radioprotección y

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
C92D16A234F45FE4D865B9F00ADECD51

seguridad de aceleradores de alta intensidad tipo EVEDA/IFMIF.
Diciembre 2007.
Coordinador J. Sanz.
Basados en: J. Sanz et al. Evaluation of neutron production, neutron flux neutron induced activation and dose rates in the EVEDA accelerator prototype EFDA Task: TW6-TTMI- 004 Deliverable 3. Final Report. UNED, Sept. 2007.

- Manuales de usuario simplificados y adaptados para manejo de los programas a utilizar en los estudios de radioprotección de IFMIF-EVEDA: i) para códigos de transporte de partículas (MCNPX y PHITS) y ii) para cálculos de activación (ACAB).

9.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Comentarios y anexos:
J. Sanz,
Seguridad e impacto medioambiental de instalaciones de fusión nuclear. Metodología de análisis y aplicaciones,
Universidad Nacional de Educación a Distancia, Departamento de Ingeniería Energética, Ingeniería Nuclear, UNED/DIE-IN 4.0, Noviembre 2002. Rev. Oct. 2007

10.RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

La realización de este trabajo requiere el uso de herramientas computacionales que no están al alcance del público en general. Su uso se gestionará dentro del marco de la plataforma virtual de la UNED, si bien se hará uso de algunos computadores del departamento de Ingeniería Energética. Por parte del estudiante, se espera la disponibilidad de un computador para trabajo con conexión a internet. En el caso de tener que instalar aplicaciones específicas de comunicación por red, se darán al estudiante instrucciones adecuadas, así como direcciones de acceso a software libre disponible.

11.TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

La tutorización y el seguimiento de los aprendizajes se realizarán a través del curso virtual. Asimismo la prueba de evaluación correspondiente a la terminación de la fase de aprendizaje se hará utilizando esta plataforma. También se pueden realizar consultas a los profesores de la asignatura personalmente o por teléfono en el siguiente horario:

D. Javier Sanz
Martes, de 16 a 20 h.
Dpto. de Ingeniería Energética, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 2.18
Tel.: 91 398 64 63
Correo electrónico: jsanz@ind.uned.es

D. Francisco Ogando
Jueves de 16,00 a 20,00 h.
Dpto. de Ingeniería Energética, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 0.15
Tel.: 91 398 82 23
Correo electrónico: fogando@ind.uned.es

D. Patrick Sauvan
Martes, de 16,00 a 20,00 h.
Dpto. de Ingeniería Energética, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 0.16
Tel.: 91 398 87 31
Correo electrónico: psauvan@ind.uned.es

Además de estos medios de tutorización a distancia, se realizarán videoconferencias cuando sea provechoso para

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
C92D16A234F45FE4D865B9F00ADECD51

estudiantes. El periodo de mayor interacción entre profesor y estudiante se prevé durante la primera etapa del trabajo, mientras en la segunda fase se espera que el alumno trabaje de modo más independiente para llevar a cabo la resolución del problema identificado en la primera fase, en la que se le dotó de la teoría necesaria y de la capacitación para hacer uso de las herramientas computacionales apropiadas.

12.EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

La evaluación del progreso del estudiante se realizará mediante los siguientes elementos:

1. Una prueba de evaluación a la finalización de la Etapa Aprendizaje,
2. Trabajo de investigación realizado y convenientemente recogido en el correspondiente informe final. Podrá ser escrito en español o inglés
3. Defensa oral del trabajo de investigación. La defensa del Trabajo de Fin de Máster será realizada por el estudiante en sesión pública, mediante la exposición de su contenido o de las líneas principales del mismo. La defensa oral se podrá realizar de forma presencial o por videoconferencia. En todo caso, se habrá de adaptar a la regulación vigente en la UNED relativa a defensa de los Trabajos de Fin de Máster.

La calificación final de la asignatura dependerá de las calificaciones obtenidas en los elementos de evaluación, y su ponderación a la nota final es la siguiente:

1. Prueba de evaluación al final de la Etapa de Aprendizaje (20%)
2. Informe final del trabajo de investigación realizado (50%)
3. Defensa oral del trabajo de investigación realizado (30%)

De todas formas, estos criterios podrían verse ligeramente modificados para adaptarse a la regulación que en su momento esté vigente en la UNED relativa a calificación de los Trabajos de Fin de Máster.
Aparte de los criterios objetivos a los que debe responder todo informe escrito y exposición oral relativos a un trabajo de investigación en áreas científico-tecnológicas, se tendrá también en cuenta el grado de eficiencia del estudiante en la obtención de documentación relativa al tema y a su aplicación para el trabajo en cuestión.
Señalar que el Trabajo de Fin de Máster deber ser evaluado una vez que se tenga constancia de que el estudiante ha superado las evaluaciones previstas en las restantes materias del Plan de Estudios y dispone, por tanto, de todos los créditos necesarios para la obtención del título de Máster, salvo los correspondientes al propio Trabajo.
En cualquier caso las directrices generales relativas a la definición, realización, defensa, calificación y tramitación administrativa de los Trabajos de Fin de Máster que se establezcan en éste, así como en los demás Planes de Estudio de los Títulos Oficiales de Máster impartidos en la UNED, estarán reflejadas en la normativa vigente en la UNED al respecto.

13.COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
C92D16A234F45FE4D865B9F00ADECD51