

Informe de autoevaluación: Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica (5600706)

## INFORME DE AUTOEVALUACIÓN

### DATOS DEL TÍTULO

**Número de Expediente (RUCT): 5600706**

**Denominación Programa: Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica**

**Universidad responsable: Universidad Politécnica de Madrid (UPM)**

**Universidades participantes: Universidad Politécnica de Madrid (UPM)**

**Centro en el que se imparte: ETSI Industriales**

### INTRODUCCIÓN

#### I. Sobre el programa de doctorado

La ingeniería mecánica es una de las ramas de la ingeniería más relevantes, multidisciplinarias y antiguas, pudiendo datar y localizar sus orígenes en un periodo entre el sexto y cuarto milenio a. de C. en el creciente fértil, con el descubrimiento de la rueda y el desarrollo de los primeros mecanismos. En antigüedad está por tanto precedida únicamente por la arquitectura y por las ingenierías civil (primeras ciudades neolíticas alrededor del 10.000 a. de C.) y de materiales (primeras metalúrgicas en Erbil y Anatolia en el octavo milenio). Podríamos considerarla la ingeniería protagonista de la primera revolución industrial de la era moderna (invención de la máquina de vapor, desarrollo de la mecanización, aplicación de la máquina de vapor al transporte). Hoy en día, la ingeniería mecánica constituye verdaderamente un puente entre disciplinas científico-tecnológicas emergentes y juega un papel fundamental en la I+D+i en todas las universidades de ingeniería relevantes del mundo.

En esencia, la ingeniería mecánica combina principios matemáticos, físicos, químicos y de ciencia de materiales, junto al amplio conjunto de tecnologías mecánicas y de fabricación, para el diseño, análisis, mantenimiento y perfeccionamiento de todo tipo de sistemas mecánicos, desde máquinas y mecanismos, incluyendo vehículos, robots, tecnologías sanitarias, herramientas de producción, hasta todo tipo de dispositivos para interacción mecánica con los organismos vivos. Entre otras, son disciplinas centrales para esta rama de la ingeniería la mecánica en todas sus facetas, desde los fenómenos vibratorios y acústicos, hasta la termodinámica, la ciencia y tecnología de materiales, la resistencia de materiales y el análisis de estructuras, las tecnologías de producción y las tecnologías de transporte. Junto al empleo de herramientas de diseño (CAD), ingeniería (CAE) y fabricación (CAM) asistidas por computador, las herramientas de gestión del ciclo de vida de nuevos productos (PLM) son habituales en la práctica profesional de los ingenieros mecánicos y de los investigadores en ingeniería mecánica, pues permiten diseñar y analizar todo tipo de máquinas y productos, así como su integración en plantas productivas y sistemas complejos de ingeniería en los que las tecnologías mecánicas juegan un papel primordial.

Además, en los últimos años se aprecia una continua expansión de la ingeniería mecánica en los dominios “nano-info-cogno-bio”, con nuevas áreas en las que los principios y técnicas de la ingeniería mecánica tienen un papel protagonista como la inteligencia artificial aplicada al diseño de materiales y máquinas, el desarrollo de herramientas de micro y nanofabricación para múltiples procesos, la creación de “materia tridimensional a demanda”, el diseño de biointerfaces, la ingeniería tisular, la biofabricación o la mecanobiología celular.

De hecho, según la reciente iniciativa MIT-NEET (“New Engineering Education Transformation” del Massachusetts Institute of Technology), “todos los desarrollos de los ingenieros e ingenieras pueden entenderse como máquinas”, lo que ayuda a poner de manifiesto la relevancia actual de la ingeniería mecánica, la disciplina de ingeniería en la que el diseño de máquinas juega el papel más central. Es conforme a este espíritu transformador y pluridisciplinario como se concibe, diseña, implementa y opera el presente Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

El presente programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica de la UPM se coordina desde el Departamento de Ingeniería Mecánica de nuestra universidad. Nace con espíritu integrador, como heredero de varios programas doctorales anteriores, todos de la UPM, en “Ingeniería Mecánica”, “Ingeniería Acústica”, “Ingeniería Sísmica” y “Tecnología Láser”, que estaban regulados por el RD 1393/2007.

Según información disponible en el RUCT, la fecha de verificación del Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica de la UPM conforme al RD 99/2011 es el 27/02/2014, siendo su fecha de autorización por la Comunidad Autónoma de Madrid el 24/07/2014 y su publicación en BOE el 18/10/2014.

Conforme a su memoria de verificación, el Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica de la UPM persigue la formación de investigadores de alto nivel en todos los ámbitos de la ingeniería mecánica y en el marco de la estrategia de excelencia de la UPM. El programa se articula en torno a 6 líneas principales de investigación:

- ✓ Dinámica computacional e ingeniería sísmica.
- ✓ Ingeniería acústica.
- ✓ Ingeniería de fabricación.
- ✓ Ingeniería de vehículos y transportes.
- ✓ Ingeniería de máquinas y desarrollo de productos.
- ✓ Ingeniería y aplicaciones del láser.

Dichas líneas cubren la práctica totalidad de ámbitos de I+D+i de la ingeniería mecánica moderna. El programa se imparte fundamentalmente desde el Departamento de Ingeniería Mecánica de la ETSI Industriales de la UPM, con la participación relevante de profesores del Departamento de Física Aplicada e Ingeniería de Materiales (línea sobre ingeniería y aplicaciones del láser).

Además, las líneas están agrupadas en equipos de trabajo por temáticas. Los equipos son:

- ✓ Equipo 1: Línea de “Dinámica computacional e ingeniería sísmica”.
- ✓ Equipo 2: Líneas de “Ingeniería acústica” e “Ingeniería de fabricación”.
- ✓ Equipo 3: Líneas de “Vehículos y transportes” e “Ingeniería de máquinas y desarrollo de productos”.
- ✓ Equipo 4: “Ingeniería y aplicaciones del láser”.

Los institutos universitarios de investigación, centros de I+D+i y grupos de investigación de la UPM participantes en el programa son:

- ✓ El Grupo de Investigación de la UPM en Instrumentación y Acústica Aplicada.
- ✓ El Grupo de Investigación en Ingeniería de Fabricación.
- ✓ El Grupo de Investigación en Modelado y Simulación en Ingeniería Mecánica.
- ✓ El Grupo de Investigación en Ingeniería de Máquinas.
- ✓ El Grupo de Investigación en Ingeniería Sísmica, Dinámica de Suelos y Estructuras.
- ✓ El Grupo de Investigación en Seguridad e Impacto Medioambiental de Vehículos y Transportes.
- ✓ El Grupo de Investigación en Análisis Biomecánico.
- ✓ El Grupo de Investigación en Ingeniería y Aplicaciones del Láser.

- ✓ El Grupo de Investigación en Manufactura Avanzada Con Láser.
- ✓ El Grupo de Investigación en Óptica, Fotónica y Biofotónica.
- ✓ El Centro Laser de la UPM.
- ✓ El Instituto de Investigación del Automóvil Francisco Aparicio Izquierdo (INSIA) de la UPM.

Se cuenta además con el apoyo de varios laboratorios de la “Red-Lab” de la Comunidad Autónoma de Madrid, como son: el “Laboratorio de Desarrollo de Productos”, el “Laboratorio de Máquinas y Mecanismos”, el “Laboratorio de Resistencia de Materiales” y el “Laboratorio de Tecnologías Mecánicas y de Fabricación”, en los grupos de investigación no constituidos como centros o institutos.

Las infraestructuras de la ETSI Industriales y de otros centros de la UPM están a disposición de los estudiantes de doctorado. Destacan los servicios centrales ofrecidos por la ETSI Industriales, en especial el apoyo de la Biblioteca UPM en la formación doctoral transversal, así como el impacto formativo que ha comenzado a tener la nueva Escuela Internacional de Doctorado de la UPM. También en los últimos años, tanto la Dirección de la ETSI Industriales, como el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Doctorado de la UPM han hecho un destacable esfuerzo por apoyar a los investigadores en formación, con convocatorias de proyectos semilla, de movilidad, de apoyo a publicación y presentación de resultados en revistas y congresos, entre otras, específicamente destinadas a doctorandos.

El programa de doctorado (PD) se ha desarrollado por unas ochenta personas, entre profesores y personal especializado de laboratorio, que han contribuido a la dirección de las tesis doctorales, acompañado y formado a los estudiantes del programa. A este equipo hay que añadir numerosos investigadores y alumnos colaboradores. Según se analizará, numerosos proyectos de investigación e innovación, en los que se ha colaborado intensamente con empresas y otros departamentos universitarios y centros de investigación de referencia, tanto a nivel nacional, como internacional, han contribuido a la formación de excelencia de los doctorandos del programa, persiguiendo la adecuación a los 7 principios de formación doctoral innovadora de EURAXESS. Éstos incluyen: investigación de excelencia, entorno institucional atractivo, oportunidades de formación multidisciplinar, colaboración industrial, internacionalización, formación holística y garantía de calidad, principios reconocidos también en el EU Charter for Researchers. La formación ha sido también acorde a lo propuesto en la memoria de verificación.

La gestión del programa durante el periodo de evaluación (cursos 2014-15 a 2020-21) se ha coordinado por el Prof. Antonio Vizán Idoipe, catedrático de ingeniería mecánica de la UPM que en septiembre de 2021 ha sido sustituido por el Prof. Jesús Félez Mindán, apoyados en la Comisión Académica del Programa de Doctorado (CAPD), en la Comisión de Garantía de Calidad del Programa de Doctorado (CGCPD), en la Comisión de Doctorado de la UPM y, más recientemente, en la Escuela Internacional de Doctorado de la UPM (EID-UPM), así como en los profesores del programa y en el personal de administración y servicios encargado de la gestión documental de los programas doctorales, a nivel ETSI Industriales, EID-UPM y rectoral.

## **II. Sobre la elaboración y aprobación del presente informe**

El proceso seguido para la elaboración y aprobación de este informe de autoevaluación del Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica de la UPM se ha llevado a cabo de forma planificada y estructurada, definiendo etapas de recopilación de datos, análisis de los mismos, consulta a colectivos de interés (doctorandos, profesores y personal de apoyo, colaboradores), descripción y estudio de resultados, revisión a nivel de título (CAPD y CGCPD), revisión a nivel de la ETSI Industriales y revisión a nivel de la UPM.

La comunicación ha sido constante y fluida entre los distintos colectivos implicados en la elaboración del informe y se ha actuado conforme al sistema de garantía de calidad (SGIC) de la ETSI Industriales y conforme a las guías de buenas prácticas para la formación doctoral de la UPM.

El presente autoinforme se adecúa a las pautas marcadas por la “Guía de evaluación para la renovación de la acreditación de enseñanzas oficiales de doctorado” de la Fundación para el Conocimiento Madri+d, ENQA y EQAR, en su versión de junio de 2018, y contempla diversas buenas prácticas propuestas por los Vicerrectorados de “Investigación, Innovación y Doctorado” y de “Calidad y Eficiencia” de la UPM, que con su supervisión y apoyo a lo largo de los años han contribuido a la calidad global del presente programa y del informe asociado.

Durante los cursos académicos en los que se ha desplegado el Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica y que son objeto de este informe (curso 2014/15 a curso 2020/21) se han ido recopilando, de manera sistemática, datos e información relativos a los estudiantes participantes, a los profesores y al personal de apoyo, a los proyectos de I+D+i, a la organización y al desarrollo del título, a los resultados del programa y a la situación profesional y satisfacción de los egresados. Los datos se han analizado y trabajado por parte de la CGCPD y la CAPD, que los han estudiado con el fin de reforzar los aspectos positivos y establecer posibles acciones de mejora, en caso de identificar variaciones significativas en su evolución o con respecto a las previsiones y propuestas realizadas en la memoria de verificación.

Una vez elaborado el borrador del presente informe, se ha presentado a la CAPD, al profesorado e investigadores del Programa de Doctorado y a las Subdirecciones de Calidad y de Doctorado de la ETSI Industriales para su revisión y, tras la incorporación de modificaciones menores, el informe ha sido finalmente aprobado en la reunión de la CADP de 9 de febrero de 2022, en la que se propusieron modificaciones menores incorporadas a la presente versión final. El presente autoinforme se ha publicado en la web del programa y la documentación y evidencias que lo soportan se compartirán a través de la aplicación web de Madri+d y mediante enlace privado con el panel evaluador cuando corresponda conforme al proceso de acreditación. **El presente informe de autoevaluación es público a través del enlace:**

<http://dimec.etsii.upm.es/doctorado/index.php/informe-de-autoevaluacion/>

### III. Sobre el cumplimiento de los criterios

**En cuanto a la implementación del programa de doctorado**, realizada conforme a la propuesta inicial de la memoria de verificación y persiguiendo los citados principios de formación doctoral excelente de EURAXESS, según se detalla en el cuerpo del autoinforme para las distintas dimensiones (y considerando también la documentación adicional recopilada, analizada y aportada: Tablas I-6, EIA I a 4, EOS I a 13, ESP I a 4), **el resultado de la autoevaluación se puede resumir en:**

- ✓ **Una calificación de B (cumplimiento completo) para los criterios 1. “Organización y funcionamiento”, 2. “Información y transparencia”, 3. “Sistema interno de garantía de calidad”, 4. “Personal académico” y 5. “Recursos, personal de apoyo y financiación”.**
- ✓ **Una calificación de A (progreso hacia la excelencia) para el criterio 6. “Resultados”.**

Entre las fortalezas encontradas, cabe citar:

- 1) las 43 tesis doctorales presentadas en el periodo objeto de evaluación posicionan al Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica con una alta tasa de producción de doctores;
- 2) los doctorandos desarrollan investigación al más alto nivel, con unas exigencias específicas del programa en cuanto a resultados de las tesis doctorales, que superan los criterios genéricos de UPM para la defensa de tesis;
- 3) se hace una apuesta por la internacionalización de los doctorandos y por su exposición a entornos investigadores e industriales atractivos (49% de los doctores egresados ha realizado estancias en el extranjero y el 47% de las tesis han recibido mención internacional -20 tesis de un total de 43-), así como por su formación continua a lo largo del programa en aspectos técnicos, pero también en las competencias transversales definidas en la memoria de verificación;

- 4) los recursos materiales a disposición de los estudiantes en los institutos, centros y grupos de investigación del programa constituyen un conjunto destacable a nivel nacional;
- 5) los profesores del programa son investigadores reconocidos internacionalmente, en sus ámbitos de actuación, y apoyan a los doctorandos a través de múltiples proyectos de I+D+i obtenidos en convocatorias públicas competitivas, regionales, nacionales e internacionales, y en colaboración con empresas punteras;
- 6) todas las líneas de I+D del programa se han desplegado de forma equilibrada, eficiente y dotando al programa de una intersectorialidad y multidisciplinariedad interesantes; y
- 7) la práctica totalidad de los egresados continúan vinculados a puestos de I+D+i, tanto en universidades y centros tecnológicos, como en empresas, directamente relacionados con las investigaciones desarrolladas a lo largo de su formación doctoral, según el estudio de empleabilidad desarrollado (ver datos en ESP-4).

Los indicadores concretos se analizan en detalle en el cuerpo del autoinforme y se pueden comprobar consultando las tablas y evidencias que acompañan al informe de autoevaluación.

Entre las debilidades encontradas y propuestas de mejora asociadas, cabe mencionar:

- 1) la implantación de la Escuela Internacional de Doctorado de la UPM presenta beneficios importantes a nivel global, pero podría conllevar ciertas modificaciones de procedimientos y eventuales dificultades comunicativas, al incluir un agente adicional en la cadena “doctorando – director de tesis – CAPD – Comisión Rectoral”, que será necesario monitorizar y analizar en los próximos cursos, por si fueren necesarias medidas correctoras;
- 2) ciertas dificultades en la gestión de la información por el número de plataformas que ha utilizado la UPM para la gestión de distintos procedimientos (matrícula, informes anuales, planes de investigación, expedientes de estudiantes, depósito de tesis), que están siendo corregidos a nivel UPM gracias a la implantación de la nueva plataforma Thesis en el presente curso académico y que integra funcionalidades y procesos;
- 3) la necesaria actualización de perfiles de acceso al programa, como consecuencia de la evolución natural de las líneas de I+D+i en un ámbito tan multidisciplinar como la ingeniería mecánica y como resultado de la creación de nuevos másteres universitarios directamente ligados a las líneas de I+D+i del programa, y cuyos estudiantes deben de ser considerados de perfil I; y
- 4) es aconsejable incorporar medidas para que los doctorandos de las distintas líneas del programa interactúen aún más y para facilitar así el aprendizaje entre pares.

En todo caso, los resultados científico-tecnológicos y formativos del programa de doctorado son muy destacables, como también lo son las transformaciones industriales que nuestros doctorandos y egresados están consiguiendo. Se prevé que estos resultados mejoren a la vista de actuaciones estratégicas asumidas a nivel UPM y orientadas a homogeneizar y simplificar la gestión de los programas de doctorado, así como a promover el sentimiento de pertenencia a la UPM por parte de los doctorandos. Entre estas actuaciones cabe citar la reciente implementación de herramientas informáticas centralizadas, que aún necesitan cierto grado de refinamiento, como consecuencia de su puesta en marcha, y la creación de la nueva Escuela Internacional de Doctorado de la UPM.

Consideramos, además, que los resultados obtenidos hasta la fecha por el Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica de la UPM han contribuido a situar el área de Ingeniería Mecánica de la UPM dentro del TOP50 a nivel mundial del Ranking QS por categorías (“Mechanical Engineering”) en los años 2019 y 2020, lo que coincide con una posición de referencia a nivel nacional.

## CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS

### DIMENSIÓN I. Gestión del título

#### Criterio I. ORGANIZACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

##### Estándar de Evaluación:

El título se ha implantado de acuerdo al diseño aprobado en la Memoria verificada y/o sus posteriores modificaciones, asegurando que se cumplen los objetivos del programa, que las actividades formativas, el aprendizaje y la evaluación son adecuados y que se aplican de manera consistente los requisitos de acceso y admisión.

**1.1. El acceso y admisión al programa, y los complementos formativos cursados por los estudiantes se han desarrollado adecuadamente. Se debe mostrar que el programa de doctorado ha dispuesto de mecanismos que garanticen que el perfil de ingreso de los doctorandos sea adecuado y que su número sea coherente con las líneas de investigación del programa. Se debe valorar si el número de estudiantes de nuevo ingreso admitidos en el programa de doctorado no supera el previsto en la memoria de verificación para las diferentes modalidades y si la distribución de estudiantes entre las distintas líneas de investigación es coherente con las características del programa de doctorado. Además, se debe valorar el funcionamiento de los criterios de admisión al programa y si el perfil de los estudiantes de nuevo ingreso admitidos coincide con el descrito en la memoria verificada. Finalmente se valorará la correcta asignación de los complementos formativos (si procede) y la pertinencia de los mismos en coherencia con el perfil de ingreso de los estudiantes al programa de doctorado.**

C

**Justificación de la valoración:** Se logra el estándar para este criterio, pero se detectan aspectos concretos que consideramos pueden actualizarse y mejorarse, según se indica a continuación.

El Programa de Doctorado de Ingeniería Mecánica de la UPM ha aplicado los procedimientos de control previstos en la memoria de verificación del programa para garantizar que todos los estudiantes cumplen los requisitos de acceso establecidos por el RD 99/2011 y por el Modelo de Doctorado de la UPM. De acuerdo con ello, incluida la modificación por la disposición final 3.2 del Real Decreto 195/2016, los requisitos de acceso al doctorado aplicados son:

1. Con carácter general, para el acceso a un programa oficial de doctorado será necesario estar en posesión de los títulos oficiales españoles de Grado, o equivalente, y de Máster universitario, o equivalente, siempre que se hayan superado, al menos, 300 créditos ECTS en el conjunto de estas dos enseñanzas.
2. Asimismo podrán acceder quienes se encuentren en alguno de los siguientes supuestos:
  - a) Estar en posesión de un título universitario oficial español, o de otro país integrante del Espacio Europeo de Educación Superior, que habilite para el acceso a Máster de acuerdo con lo establecido en el artículo 16 del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre y haber superado un mínimo de 300 créditos ECTS en el conjunto de estudios universitarios oficiales, de los que, al menos 60, habrán de ser de nivel de Máster.
  - b) Estar en posesión de un título oficial español de Graduado o Graduada, cuya duración, conforme a normas de derecho comunitario, sea de al menos 300 créditos ECTS. Dichos titulados deberán cursar con carácter obligatorio los complementos de formación a que se refiere el artículo 7.2 del RD 99/2011, salvo que el plan de estudios del correspondiente título de grado incluya créditos de formación en investigación, equivalentes en valor formativo a los créditos en investigación procedentes de estudios de Máster.

- c) No aplica a los programas de UPM: Los titulados universitarios que, previa obtención de plaza en formación en la correspondiente prueba de acceso a plazas de formación sanitaria especializada, hayan superado con evaluación positiva al menos dos años de formación de un programa para la obtención del título oficial de alguna de las especialidades en Ciencias de la Salud.
- d) Estar en posesión de un título obtenido conforme a sistemas educativos extranjeros, sin necesidad de su homologación, previa comprobación por la universidad de que éste acredita un nivel de formación equivalente a la del título oficial español de Máster Universitario y que faculta en el país expedidor del título para el acceso a estudios de doctorado. Esta admisión no implicará, en ningún caso, la homologación del título previo del que esté en posesión el interesado ni su reconocimiento a otros efectos que el del acceso a enseñanzas de Doctorado.
- e) Estar en posesión de otro título español de Doctor obtenido conforme a anteriores ordenaciones universitarias.
- f) Estar en posesión de un título universitario oficial que haya obtenido la correspondencia al nivel 3 del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior, de acuerdo con el procedimiento establecido en el Real Decreto 967/2014, de 21 de noviembre, por el que se establecen los requisitos y el procedimiento para la homologación y declaración de equivalencia a titulación y a nivel académico universitario oficial y para la convalidación de estudios extranjeros de Educación Superior, y el procedimiento para determinar la correspondencia a los niveles del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior de los títulos oficiales de Arquitecto, Ingeniero, Licenciado, Arquitecto Técnico, Ingeniero Técnico y Diplomado.

En la práctica, los futuros doctorandos del Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica de la UPM realizan la preinscripción a través de la plataforma Helios de la UPM y aportan la documentación necesaria para verificar los requisitos de acceso anteriormente citados, documentación que queda registrada en la plataforma Apolo. La Comisión de Doctorado de la UPM verifica que el alumno cumple los requisitos de acceso al programa y lo comunica a la Comisión Académica del Programa de Doctorado (CAPD) que procede a aplicar los criterios de admisión y a realizar un ordenamiento priorizado de las solicitudes recibidas para poder comunicar las admisiones. En ocasiones es necesario un intercambio adicional de información entre preinscritos, CAPD y CD de UPM para verificar el punto 2.d y constatar que los títulos extranjeros, además de cumplir la equivalencia de 300 ECTS, den acceso al doctorado en los países de origen.

Todo este proceso está regulado por los procedimientos PR/CL/010: Acceso de estudiantes de programas de doctorado y PR/CL/ 011: Admisión de estudiantes de doctorado, de la UPM, (ver criterio 3. SGIC).

La CAPD prioriza las preinscripciones, según propuesta de la memoria de verificación (ver EOS-7 sobre evidencia de aplicación de los criterios de admisión), valorando los siguientes aspectos:

- ✓ Titulación de procedencia ligada a las líneas de I+D del programa (necesaria).
- ✓ Acreditación del nivel B2 de inglés (necesaria)
- ✓ Experiencia profesional y formación complementaria.
- ✓ Experiencia investigadora previa.
- ✓ Entrevista personal, comunicaciones previas, carta de motivación.
- ✓ Cartas de referencia.

La memoria de verificación propone aceptar unos 25 estudiantes de nuevo ingreso por curso académico, por lo que, una vez priorizadas las solicitudes y contemplando que pueda haber un porcentaje relevante de estudiantes que finalmente no formalicen matrícula, por motivos que incluyen dificultades con el visado, motivos laborales, problemas económicos o matriculación en otro programa, entre otros, se admite hasta 35 estudiantes por anualidad, dado que no todos acaban formalizando matrícula. La Tabla I que muestra la evolución de estudiantes preinscritos, admitidos y matriculados muestra que los alumnos de nuevo ingreso por curso están siempre en el entorno previsto, oscilando entre 12 y 31 en el periodo al que se refiere este informe (25, 31, 14, 21 y 12). De estos estudiantes (103 en total), 72 son a tiempo completo,

31 a tiempo parcial, 36 son extranjeros, 77 provienen de otras universidades y 15 tiene contratos predoctorales obtenidos en convocatorias competitivas.

Una vez admitidos, los estudiantes formalizan matrícula y la CAPD asigna un tutor, que en muchas ocasiones termina siendo el director de tesis, puesto que con frecuencia el interés por el acceso al programa de doctorado surge en estudiantes que han realizado sus proyectos de fin de titulación con profesores del programa o que explican, en sus cartas de motivación, un interés especial por investigar con profesores particulares del programa, que terminan asumiendo el rol de tutores y de directores. En colaboración con los tutores, se analiza el perfil de los estudiantes y la eventual necesidad de complementos formativos.

En cuanto a la distribución de estudiantes entre las líneas de investigación del programa, es importante destacar que todas las líneas están activas y que el equilibrio es muy adecuado. Se puede apreciar viendo las tesis defendidas por línea (ver Tabla 6 y criterio 6. Resultados) así como la distribución de matriculados por línea (evidencia EOS-I).

En cuanto a los perfiles de los estudiantes, la totalidad de los admitidos presentan un perfil directamente ligado a las líneas de investigación del programa. La gran mayoría (en torno al 80%) corresponden al perfil de ingreso recomendado definido en la memoria de verificación. Alrededor del 20% restante corresponde a titulaciones no contempladas inicialmente en la memoria de verificación, tales como bioingeniería o biotecnología, por ser de creación más reciente o por no haber sido citadas en la memoria de verificación, pero que tienen relación biunívoca con las líneas de I+D del programa (ver Tabla 2) y deberían contemplarse como titulaciones asociadas al perfil de ingreso recomendado. Se trata de titulaciones que están incluso más relacionadas con las líneas de I+D del programa que otras consideradas inicialmente en la memoria de verificación como perfil de ingreso recomendado (p.ej. Máster en Ingeniería de Organización, Máster en Ingeniería Naval o Máster en Ingeniería Electrónica).

Además, la experiencia acumulada en estos años de impartición del PD ha evidenciado también ciertas inconsistencias en los complementos formativos propuestos inicialmente en la memoria verificada para distintas titulaciones de los perfiles distintos al recomendado. Por ejemplo, se propone un complemento sobre mecánica de sólidos para ingenieros de materiales, cuando las titulaciones en ingeniería de materiales incluyen, en general, diversas asignaturas sobre propiedades fisicoquímicas de polímeros, aleaciones, cerámicos y compuestos, estando por tanto dichos titulados más preparados para las líneas de I+D concretas del programa, que otros procedentes de especialidades no mecánicas de titulaciones de perfil I. En otros casos, los complementos definidos podrían llevar a proponer un complemento formativo en tecnologías de fabricación a licenciados en física con másteres en ingeniería y aplicaciones del láser y temas de tesis sobre micro y nanofabricación con láser que, evidentemente, no necesitan dicho complemento, o un complemento formativo sobre fabricación para estudiantes procedentes de másteres en ingeniería acústica directamente relacionados con una línea concreta del programa.

Para solventar los problemas anteriores la CAPD decidió que se hiciese un análisis del perfil de entrada y formación previa de cada alumno y se aplicase la formación complementaria que fuese necesaria para desarrollar su proyecto de tesis doctoral. De esta forma, se consideró más adecuado personalizar la enseñanza, analizando los perfiles concretos de los estudiantes, su formación complementaria y experiencia previa, y coordinando entre los tutores o directores y la CAPD formaciones específicas que hayan podido beneficiar al progreso de las tesis, incluyéndolas dentro de apartado de “Integración en un equipo de investigación” de la formación doctoral. En cualquier caso, estos criterios nunca han ido en perjuicio de los alumnos, sino a favor de una formación más personalizada.

Por tanto, como fruto de la experiencia acumulada en estos años de rodaje del Programa de Doctorado, y como consecuencia de las inconsistencias detectadas tanto en la definición del perfil de ingreso recomendado, como en la aplicación de los complementos formativos reflejados en la memoria verificada, la CAPD considera necesario formular una modificación de la Memoria de Verificación del PD proponiéndose las dos acciones de mejora siguientes:



1. Por una parte, se considera necesario actualizar los perfiles de ingreso del programa de doctorado, para contemplar adecuarlo a la realidad actual de egresados de titulaciones, adecuándolos a las competencias necesarias para desarrollar la tesis doctoral dentro de las líneas de investigación del PD.
2. Por otra parte, se propone también como acción de mejora revisar los complementos formativos para titulaciones que se alejen del perfil de ingreso recomendado, adecuándolos a las necesidades específicas de las líneas de investigación del PD, puesto que los que están establecidos actualmente han resultado demasiado genéricos, innecesarios para ciertas líneas de I+D del programa y poco beneficiosos para el progreso de las tesis doctorales.

---

**1.2. La comisión académica se ha constituido de forma correcta y ha funcionado adecuadamente. Se debe demostrar la adecuación del perfil de los constituyentes de la comisión académica, la representatividad de las líneas de investigación en la misma y su ajuste a la normativa durante la totalidad del período evaluado. Además, se debe valorar el buen funcionamiento de la comisión académica teniendo en cuenta aspectos como la periodicidad de sus reuniones, la pertinencia de las decisiones adoptadas y la adecuación y buen funcionamiento del procedimiento utilizado para la asignación de tutor y director de tesis del doctorando (cumplimiento de plazos, adecuación del perfil investigador del director a la materia de la tesis). En esta directriz también se debe valorar la adecuación y buen funcionamiento del procedimiento para el control del DAD y la certificación de los datos que en él se contienen, el procedimiento para la valoración anual del plan de investigación, el procedimiento de presentación y aprobación para la lectura de tesis doctorales, y la adecuación de todos estos aspectos a lo previsto en la memoria verificada.**

## B

**Justificación de la valoración:** El estándar para este criterio se logra completamente, según se analiza a continuación:

El programa de doctorado en Ingeniería Mecánica de la UPM cuenta con una Comisión Académica (CAPD) correctamente constituida, cuyos integrantes tienen un perfil adecuado (5 catedráticos y 4 profesores titulares) y que representa a los equipos y líneas de investigación según propuesta en la memoria de verificación (ver EOS-3 y Tabla 3a). También cuenta con la Comisión de Garantía de calidad del Programa (CGCPD), constituida por presidente y secretario de la CAPD, dos investigadores del programa de doctorado, un PAS, que es doctor y también investigador del PD, un estudiante y un egresado. La CAPD ha trabajado de forma satisfactoria y conforme a normativa, apoyada en los directores de tesis y con reuniones al menos trimestrales (ver actas de la CAPD en EOS-11). La CAPD actúa conforme a las buenas prácticas definidas a nivel UPM (ver criterio 3. SGIC) y según lo previsto en la memoria verificada, para la supervisión del progreso de los doctorandos, ayudando en lo posible a los directores de tesis.

Cumpliendo con el reglamento de doctorado de la UPM y con la propuesta verificada, en el momento de su admisión al programa de doctorado, a cada doctorando le será asignado por la CAPD un tutor, profesor de la UPM, doctor y con acreditada experiencia investigadora. Al tutor le corresponderá: a) velar por la interacción del doctorando con la CAPD y con el director de la tesis y b) orientar al doctorando en las actividades formativas y de investigación del programa. Según reglamento, la Comisión de Doctorado de la UPM, a petición del centro responsable del programa de doctorado, podrá modificar el nombramiento del tutor de un doctorando en cualquier momento del periodo de realización del doctorado, siempre que concurren razones justificadas, si bien no se ha dado el caso en los años objeto de acreditación.

En el plazo máximo de seis meses desde su matriculación, la CAPD asigna a cada doctorando un director de tesis doctoral que puede ser coincidente o no con el tutor. También según reglamento, dicha asignación podrá recaer sobre cualquier doctor español o extranjero, con experiencia acreditada investigadora, con independencia de la universidad, centro o institución en que preste sus servicios, siempre y cuando cumpla

los criterios del programa de doctorado y del Modelo de Doctorado de la UPM. Los directores externos pasan a formar parte del profesorado del programa como investigadores colaboradores (ver Tablas 3a y 3b y criterio 4. Personal académico). Dicho director pasará a formar parte del profesorado del programa a todos sus efectos.

A efectos prácticos, tal y como muestran las evidencias (Tablas 3a, 3b y 6 y EOS-1), los directores asignados son siempre profesores de la UPM y de los centros, institutos y grupos de investigación vinculados al programa. En general, solo se recurre como codirectores a doctores de otras instituciones ajenas a la UPM, tanto españolas (p.ej. CSIC, Institutos IMDEA, ...), como extranjeras (p.ej. Universidad de Cranfield, Universidad Técnica de Viena...), cuando las temáticas de las tesis doctorales y la formación multidisciplinar de los doctorandos así lo ha requerido.

En general las figuras de tutor y director suelen coincidir, pues es frecuente que el interés por el acceso al programa de doctorado surja en estudiantes que han realizado sus proyectos de fin de titulación con profesores del programa o que explican, en sus cartas de motivación, un interés por investigar con profesores concretos del programa, que terminan ejerciendo de tutores y de directores. Excepcionalmente, por delegación de la CAPD, la asignación de tutor y director puede llevarse a cabo de oficio por el coordinador del programa, quedando reflejado en todo caso en el acta de la siguiente CAPD, mientras que la idoneidad de las codirecciones y la incorporación de profesores externos al programa se realiza en reuniones de la CAPD. Para doctores externos de universidades y centros de I+D que vayan a participar como codirectores, se exigen méritos equivalentes a un sexenio de investigación. Para doctorandos industriales que deseen contar con un codirector en la empresa, el programa de doctorado exige al dicho codirector empresarial que eventualmente se incorpore al programa, una experiencia de al menos tres años como doctor liderando actividades de I+D. En todo caso, los doctorandos industriales, según normativa de la UPM, cuentan con un profesor de la UPM estable en el programa como director o codirector.

Una vez asignado el director de tesis, se vela por una comunicación fluida entre los doctorandos y directores de tesis y la CAPD y por una adecuada documentación de los planes de investigación anuales, de los informes de progreso y de los expedientes de los estudiantes. Se han empleado diversas plataformas (Apolo Tesis, RAPI y recientemente Thesis, como plataforma integradora) implementadas por la universidad, que ha hecho un esfuerzo para que los doctorados hagan una transición de la documentación en papel clásica a una documentación online, decisión que ha resultado estratégica para el periodo de confinamiento y enseñanza online de los cursos 2019-2020 y 2020-2021. Ciertos problemas de implementación de la plataforma RAPI se están corrigiendo en la actualidad con la nueva plataforma Thesis, para que la documentación de planes de investigación e informes anuales sea lo más eficaz posible. Anualmente, abierto el plazo de presentación de planes de investigación en informes anuales, la secretaría del programa y el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Doctorado comunica a los estudiantes y directores sobre la necesidad de realizar y documentar dichos planes e informes. El proceso incluye: realización de planes por los doctorandos, informes de progreso y visto bueno de los planes por los directores, validación por parte de la CAPD y validación final por la Comisión de Doctorado de UPM.

Además, la CAPD emite informe según proceda sobre modificación de dedicaciones completas a parciales, aprobación de prórrogas ordinarias y extraordinarias, eventuales solicitudes de anulación de matrícula o de cambio de programa doctoral, aprobación de bajas temporales justificadas, cumplimiento de requisitos para defensa de tesis doctorales, menciones internacionales o industriales, propuestas de tribunales de tesis, etc.

Por otro lado, la CAPD comprueba que el procedimiento para elaborar y defender las tesis doctorales cumpla con lo establecido por la UPM (ver evidencia EOS-4) y con requisitos de exigencia adicional previstos por el programa (ver criterio 6. Resultados).

---

**1.3. Las actividades formativas propuestas en la memoria de verificación se han desarrollado e implementado conforme a lo establecido en la Memoria verificada. Se debe valorar la correspondencia de las actividades formativas con las establecidas en la última memoria verificada del programa, su adecuación al nivel MECES 4 y a los objetivos del programa, además de sus procedimientos de control.**

**B**

**Justificación de la valoración:**

El estándar para este criterio se logra completamente, según se analiza a continuación:

Las actividades formativas implementadas en el programa han sido las previstas en la memoria de verificación. Estas actividades formativas se han adecuando al nivel del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES 4) y a los objetivos del programa, que había definido actividades transversales obligatorias (gestión de I+D y documentación científica) y otras actividades específicas complementarias (comunicación, participación en seminarios, publicación), además de la propia formación de los doctorandos en sus equipos de trabajo y durante el desarrollo de las investigaciones.

Los resultados formativos muestran un esfuerzo por la formación en competencias transversales de los doctorandos: todos los doctorandos realizan cursos sobre gestión de la I+D y sobre documentación científica. Se cuenta para ello con la implicación de los profesores del programa y con el apoyo de la Biblioteca de la ETSI Industriales -con cursos sobre búsquedas y gestores bibliográficos- (ver criterio 5. Recursos), del ICE-UPM -con cursos para investigadores y profesores que se inician en la carrera académica-, de la Oficina de Proyectos Internacionales de la UPM -con cursos sobre participación en programas internacionales y gestión de proyectos europeos-, del Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Doctorado -con cursos sobre I+D sostenible y orientada a los ODS- y de la nueva Escuela Internacional de Doctorado, que apoya la formación transversal. La Tabla 5 y los expedientes formativos de los estudiantes (disponibles en Apolo Tesis) resumen las actividades formativas (ver ESP-1, ESP-2 y ESP-3).

También se incide en la formación en comunicación y difusión de resultados de investigación, con ejemplos de buenas prácticas como la implicación del programa en la concepción e implantación de los “Industriales Research Meeting” y de los seminarios de I+D en ingeniería mecánica, que sirven como punto de encuentro para los doctorandos del programa y de la ETSI Industriales y han sido ejemplos de buenas prácticas, inspirando actuaciones posteriores que la UPM ha articulado a nivel universidad. Los profesores del programa han participado también en eventos sobre promoción del impacto de publicaciones científicas de doctorandos y ayudado a los doctorandos a comunicar y difundir. Dicha formación ha contribuido a que el número medio de publicaciones por tesis en revistas internacionales indexadas sea de 3,8 y a que el número medio de comunicaciones en congresos por tesis sea de 4,3.

La apuesta del programa y de los directores de tesis por una formación internacional de los doctorandos es manifiesta: el 49% de los doctores egresados ha realizado estancias en el extranjero y el 46,5% de las tesis han recibido mención internacional (ver criterio 6. Resultados, Tabla 6 y EOS-12). Además, los directores se implican en la formación específica de los doctorandos, en las áreas concretas de las tesis. Todas estas actividades educativas, ideadas conforme a los principios de formación doctoral innovadora de EURAXESS, redundan en la calidad de las tesis doctorales y en sus contribuciones científicas, así como en la empleabilidad plena (ver criterio 6. Resultados).

Los requisitos de formación de los doctorandos se supervisan, antes del depósito de tesis doctorales, de forma correcta y conforme a las exigencias de UPM y del programa.

## VALORACIÓN GLOBAL DEL CRITERIO I. ORGANIZACIÓN Y FUNCIONAMIENTO:

**B**

### Justificación de la valoración global del criterio I. Organización y funcionamiento:

El Programa de Doctorado de Ingeniería Mecánica de la UPM ha aplicado los procedimientos de control previstos en la memoria de verificación del programa para garantizar que todos los estudiantes cumplen los requisitos de acceso establecidos por el RD 99/2011 y para asignar de forma correcta a los tutores y directores de tesis. En cuanto a los perfiles de los estudiantes, la totalidad de los admitidos presentan un perfil directamente ligado a las líneas de investigación del programa. La gran mayoría (alrededor de un 80%) corresponden al perfil de ingreso recomendado definido en la memoria de verificación. En torno al 20% restante corresponde a titulaciones no contempladas inicialmente en la memoria de verificación, por ser de creación más reciente, pero que tienen relación biunívoca con las líneas de I+D del programa. También se han detectado ciertas inconsistencias entre los complementos formativos reflejados en la memoria verificada y los realmente necesarios en función de los perfiles de entrada que se han ido presentando en estos años.

Por tanto, como fruto de la experiencia acumulada en estos años de rodaje del Programa de Doctorado, y como consecuencia de las inconsistencias detectadas tanto en la definición del perfil de ingreso recomendado, como en la aplicación de los complementos formativos reflejados en la memoria verificada, la CAPD considera necesario formular una modificación de la Memoria de Verificación del PD proponiéndose dos acciones de mejora:

1. Por una parte, se considera necesario actualizar los perfiles de ingreso del programa de doctorado, para contemplar adecuarlo a la realidad actual de egresados de titulaciones, adecuándolos a las competencias necesarias para desarrollar la tesis doctoral dentro de las líneas de investigación del PD.
2. Por otra parte, se propone también como acción de mejora revisar los complementos formativos para titulaciones que se alejen del perfil de ingreso recomendado, adecuándolos a las necesidades específicas de las líneas de investigación del PD.

El programa cuenta con una Comisión Académica (CAPD) correctamente constituida, cuyos integrantes tienen un perfil adecuado y que representa a las líneas de investigación. También cuenta con la Comisión de Garantía de calidad del Programa (CGCPD). La CAPD ha trabajado de forma satisfactoria y conforme a normativa, apoyada en los directores de tesis y con reuniones trimestrales. La CAPD actúa conforme a las buenas prácticas definidas a nivel UPM y según lo previsto en la memoria verificada, para la supervisión del progreso de los doctorandos. La comunicación entre doctorandos y directores de tesis y la CAPD es fluida y los planes de investigación anuales, informes de progreso y expedientes de los estudiantes se documentan en plataformas diseñadas ad hoc por la universidad. El procedimiento para elaborar y defender las tesis doctorales cumple lo establecido por la UPM con requisitos de exigencia adicional previstos por el programa.

Las actividades formativas implementadas en el programa han sido las previstas en la memoria de verificación. Estas actividades formativas se han adecuado al nivel del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES 4) y a los objetivos del programa. Los resultados formativos muestran un esfuerzo por la formación en competencias transversales de los doctorandos: todos los doctorandos realizan cursos sobre gestión de la I+D y sobre documentación científica. Además, se incide en la formación en comunicación y difusión de resultados de investigación, con ejemplos de buenas prácticas como la implicación del programa en la concepción e implantación de los “Industriales Research Meetings” y de los seminarios de I+D en ingeniería mecánica. Dicha formación ha contribuido a que el número medio de publicaciones por tesis en revistas internacionales indexadas sea de 3,8 y a que el número medio de comunicaciones en congresos por tesis sea de 4,3.

La apuesta del programa y de los directores de tesis por una formación internacional de los doctorandos es manifiesta: el 49% de los doctores egresados ha realizado estancias en el extranjero y el 46,5% de las tesis han recibido mención internacional. Además, los directores se implican en la formación específica de los doctorandos, en las áreas concretas de las tesis doctorales. Todas estas actividades educativas, ideadas conforme a los principios de formación doctoral innovadora de EURAXESS, redundan en la calidad de las tesis doctorales y en sus contribuciones científicas, así como en la empleabilidad plena (ver criterio 6. Resultados).

Los requisitos de formación de los doctorandos han sido supervisados, antes de que los interesados fueran autorizados a la defensa de sus tesis doctorales, mediante un registro de control establecido por la universidad y aplicado por el programa que ha funcionado correctamente.

## Criterio 2. INFORMACIÓN Y TRANSPARENCIA

### Estándar de Evaluación:

La institución dispone de mecanismos para comunicar de manera adecuada, clara, precisa y objetiva las características del programa y los procesos que garantizan su calidad para todos los grupos de interés.

**2.1. La universidad ha dispuesto de mecanismos para comunicar una información completa y actualizada sobre las características y resultados del programa de doctorado, así como de los procesos que garantizan su calidad. Se debe valorar la difusión y publicidad del programa, su identidad, la información disponible sobre el acceso y admisión, sobre las actividades formativas, acciones de movilidad, personal docente e investigador del título, infraestructuras, servicios y dotaciones, normativa e información oficial, así como sobre el sistema de garantía de calidad de la titulación.**

**B**

**Justificación de la valoración:** El estándar para este criterio se logra completamente y, tanto la UPM, como la ETSI Industriales, como el PD cuentan con ciertos ejemplos de buenas prácticas.

La Universidad Politécnica de Madrid pone a disposición de sus estudiantes de doctorado, presentes y futuros, toda la información relevante relativa a programas de doctorado disponibles, procesos de acceso, plazos de matrícula, actividades de acogida, formación y apoyo, becas y ayudas, comisiones de doctorado, seguimiento de las tesis doctorales, entre otros aspectos, en su página web de estudios de doctorado:

[https://www.upm.es/Estudiantes/Estudios\\_Titulaciones/Estudios\\_Doctorado](https://www.upm.es/Estudiantes/Estudios_Titulaciones/Estudios_Doctorado)

Además, toda la normativa está adecuadamente actualizada en la web específica sobre normativa, que incluye detalles sobre elaboración y evaluación de las tesis, modelo de doctorado UPM y guías de buenas prácticas asociadas, compromisos asumidos por doctorandos y directores, instrucciones específicas para menciones internacionales e industriales, así como enlaces a normas autonómicas y nacionales y a códigos de conducta y éticos propuestos desde organismos internacionales.

<https://www.upm.es/UPM/NormativaLegislacion/ActuacionesRegulaciones/Doctorado>

Las tesis leídas se defienden en acto de defensa pública y se publican posteriormente en abierto en el Archivo Digital de UPM y en TESEO. Se pueden consultar las tesis del programa en el propio archivo digital y en la web del PD:

<http://oa.upm.es/view/type/thesis.html>

La UPM ha realizado un esfuerzo destacable en cuanto a mejora de su transparencia en los últimos, con actuaciones estratégicas que afectan muy favorablemente a los programas de doctorado. Así pues, todos los profesores de la UPM y detalles sobre sus actividades docentes e investigadoras y sobre la acreditación de sus méritos docentes (quinquenios) e investigadores (sexenios), son accesibles a través del Portal Científico: <https://portalcientifico.upm.es/ipublic/agent-personal/search> y del Portal de Transparencia de la universidad:

<https://transparencia.upm.es/>

Los grupos de investigación de UPM participantes en el programa también hacen pública su actividad a través de las memorias anuales de investigación, que proporcionan información acerca de proyectos, publicaciones, patentes, presentaciones en congresos, premios y cantidades ingresadas por actividades de I+D+i. Dicha información está accesible en la web de grupos de I+D de UPM (Observatorio UPM):

<https://www.upm.es/observatorio/vi/index.jsp?pageac=grupos.jsp>

Todos los profesores estables del Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica de la UPM forman parte de los centros, institutos y grupos de I+D, ya detallados (ver resumen y sección 5.1), cuyas páginas web proporcionan información extremadamente detallada acerca de las actividades y proyectos de I+D que en ellos se realizan y a los que los doctorandos pueden contribuir.

Además, la gran mayoría participa también en grupos de innovación educativa que desarrollan anualmente proyectos de innovación docente, cuyos resultados se exponen también públicamente en el Portal UPM de Innovación Educativa, incluyendo buenas prácticas y materiales formativos que pueden servir de referencia para doctorandos que se inician en la enseñanza: Ver: <https://innovacioneducativa.upm.es/>

Los profesores del programa también suelen contar con páginas web personales, como complemento a las herramientas de transparencia y comunicación anteriores, en las que comparten sus resultados de I+D+i y en las que se puede consultar su trayectoria investigadora (p.ej. Orcid, Publons, Researchgate o Google Scholar), y se muestra una tendencia hacia la publicación en abierto, siguiendo recomendaciones relativas a ciencia abierta de la Comisión Europea y del programa Horizon 2020, que ha financiado numerosos proyectos del programa (ver selección de proyectos de I+D por línea de investigación del programa en la Tabla 4).

A nivel ETSI Industriales, las defensas de tesis doctorales se anuncian públicamente con al menos una semana de antelación. La página web de doctorado de la escuela proporciona información relativa a los programas de doctorado de la escuela y enlaza a las páginas web específicas de los programas, en las que puede encontrarse información adicional sobre detalles específicos de los mismos. Ver:

<https://www.industriales.upm.es/estudios/doctorados/> y <http://dimec.etsii.upm.es/doctorado/>

En lo que respecta al Sistema de Garantía de Calidad, en la página web de la Escuela (<https://www.industriales.upm.es/la-escuela/calidad-y-acreditaciones/>) se encuentra publicada toda la información relativa al Sistema de Garantía Interno de Calidad de la ETSII (SGIC-ETSII 2.1, ver criterio 3. SGIC), incluidas las acreditaciones y certificaciones obtenidas por el centro y sus titulaciones. Tanto la página web de la UPM como la de la ETSI Industriales proporcionan información adecuada, precisa y objetiva sobre las características del programa y los sobre los procesos que garantizan su calidad para todos los grupos de interés.

Finalmente, desde el programa se trabaja también la transparencia y por una comunicación fluida entre todos los participantes en el programa e intentando ayudar, en lo posible, a futuros estudiantes. Por delegación de la CAPD, el coordinador y el secretario apoyan a los doctorandos presentes y futuros con los asuntos de trámite, resueltos a través de correos electrónicos o mediante entrevistas o reuniones presenciales o virtuales. Se ayuda así a orientar a los estudiantes acerca de las líneas del programa, a ponerles en contacto con posibles tutores y directores, a apoyar solicitudes que hayan sido avaladas por sus directores de tesis y necesiten un visto bueno adicional a nivel programa, a resolver dudas del día a día, a preparar cartas de invitación para estudiantes extranjeros admitidos al programa y que necesiten solicitar visados en sus países de origen, a informar acerca de actividades formativas, trámites y normativa relativa a elaboración y defensa de las tesis, entre otras. La propia web del programa de doctorado contribuye a informar acerca de los detalles concretos del PD:

<http://dimec.etsii.upm.es/doctorado/>

La información pública está casi en su totalidad en castellano. También se dispone de la información principal en inglés. Como acción de mejora, y en coordinación con las acciones emprendidas por la UPM, se propone la inclusión de toda la información pública del PD tanto en castellano como en inglés. Hasta la fecha, siempre que un estudiante extranjero se dirige al programa, todos los profesores emplean sin problema el inglés como lengua vehicular e integran a los estudiantes no hispanohablantes sin problema en sus equipos.

## VALORACIÓN GLOBAL DEL CRITERIO 2. INFORMACIÓN Y TRANSPARENCIA:

**B**

### **Justificación de la valoración global del criterio 2. Información y transparencia:**

Se han realizado esfuerzos destacables a nivel UPM, ETSI Industriales y Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica para comunicar de manera adecuada, clara, precisa y objetiva las características del programa y los procesos que garantizan su calidad para todos los grupos de interés.

Las páginas web citadas son una excelente fuente de información y los profesores ayudan a los doctorandos a gestionar dicha información de la manera adecuada. Se propone avanzar en la traducción de toda la información pública al inglés, por la importancia que tiene la internacionalización para el programa.



### **Criterio 3. SISTEMA INTERNO DE GARANTÍA DE CALIDAD (SGIC)**

#### Estándar de Evaluación:

La institución dispone de un Sistema de Garantía Interna de la Calidad formalmente establecido e implementado que permite recopilar, analizar y usar la información pertinente para la gestión eficaz del programa de doctorado y realizar el seguimiento, la evaluación y la mejora continua.

**3.1. El SGIC puesto en marcha dispone de un órgano responsable en el que se encuentran representados los principales agentes implicados en el programa de doctorado. Se debe valorar que el órgano responsable del SGIC haya realizado un adecuado seguimiento interno del programa dando respuesta a las recomendaciones y advertencias de los agentes implicados, que haya propuesto actualizaciones y modificaciones y que desde el SGIC se coordine la propuesta de planes de mejora o memorias de calidad que recojan las actuaciones acordadas, además del funcionamiento del sistema de quejas, reclamaciones y sugerencias. En el caso de programas interuniversitarios, se debe valorar el funcionamiento de los mecanismos y procedimientos de coordinación entre las universidades participantes.**

#### **B**

**Justificación de la valoración:** El estándar para este criterio se logra completamente, según se analiza a continuación.

El Sistema de Garantía Interna de Calidad (SGIC) está articulado en la Universidad Politécnica de Madrid a nivel de centro. No obstante, la UPM tiene diseñado un sistema genérico (SGIC-UPM) a partir del cual los centros de la UPM han ido desarrollando sus propios sistemas, realizando las adaptaciones necesarias para adecuarlos a la realidad de su propia gestión.

El SGIC actual de la ETSI Industriales (SGIC 2.1 rev 04 ETSII-UPM) se muestra en la evidencia EOS-8. Es el resultado de la revisión y mejora del SGIC inicial del centro cuyo diseño obtuvo certificación positiva en febrero de 2009 por parte de la ANECA, teniendo en cuenta las modificaciones y nuevo enfoque del SGIC-UPM 2.0 (<http://moodle.upm.es/calidad/>), así como la revisión realizada desde diciembre de 2013 hasta septiembre de 2014. En 2014, la ETSII se sometió a un proceso de evaluación de la implantación del SGIC que culminó con la obtención de la Certificación AUDIT de Implantación del SGIC con un periodo de vigencia de cuatro años, renovadas anualmente (2015, 2016, 2017) tras la emisión de los informes de seguimiento.

En la actualidad, la ETSII posee el Certificado de Renovación de la Implantación de su Sistema de Garantía de Calidad (SGIC-ETSII 2.1) de acuerdo con el Modelo AUDIT, con fecha 7 de mayo de 2019 (Evidencia 3.1.1). Con fecha 20 de junio de 2019 (Evidencia 3.1.2) ha recibido el Informe Favorable de la Acreditación Institucional por la Fundación para el Conocimiento Madri+d. Este certificado tiene una vigencia de cinco años a partir de la fecha de la resolución del Consejo de Universidades (19 de julio de 2019).

En el momento de redacción del presente autoinforme, el sistema SGIC-ETSII 2.1 incorpora tres de los seis los procedimientos relativos al doctorado propuestos por la UPM. Los procedimientos adaptados a la ETSII-UPM y aprobados en Comisión de Garantía de Calidad (26/02/2020) son los siguientes:

- PR/CL/010 Acceso de Estudiantes a Programas de Doctorado
- PR/CL/011 Admisión de Estudiantes a Programas de Doctorado
- PR/CL/014 Trámites Defensa Tesis Doctoral

En proceso de adaptación y aprobación están otros tres procedimientos (PR/ES/007 Seguimiento de Títulos de Doctorado (y su anexo), PR/CL/012 Seguimiento de Doctorandos, PR/CL/013 Acciones de Orientación y Apoyo al Doctorando).

Sin embargo, será necesaria una nueva revisión de los tres procedimientos aprobados y de los que están en proceso debido a los cambios originados por la transición desde la organización de doctorado en el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Doctorado, hacia la plena integración y puesta en funcionamiento de la Escuela Internacional de Doctorado (EID).

El cambio va a suponer la modificación de los organismos responsables de la gestión del doctorado a nivel UPM, teniendo que adaptarse los procesos de calidad a esa nueva organización, la cual se espera termine de implantarse en el curso 21-22.

Además, esta adaptación de los procedimientos existentes en la UPM (genéricos de la UPM), incluirá las nuevas necesidades detectadas y mejoras implementadas en la ETSI Industriales, como corresponde actuar en cualquier organización en la que se busca la mejora continua y la excelencia en todos sus ámbitos.

En esta adaptación se contempla la normativa en vigor, tanto externa como interna, relativa a este nivel de estudios académicos, a la que ya daban cumplimiento los programas de la UPM y los requisitos que recoge la "Guía de renovación de la acreditación de enseñanzas oficiales de doctorado" publicada por la Fundación para el Conocimiento Madri+d, en su última versión.

Una vez revisados y aprobados se incorporarán al SGIC-ETSII 2.1.

En el Manual de Calidad del SGIC de la ETSI Industriales (Evidencia EOS-8) aparecen los agentes más directamente implicados en el control y desarrollo del SGIC: un responsable de calidad de la escuela y una comisión de calidad. De manera general y para todos los títulos de la escuela, el responsable del SGIC es el Director de la ETSI Industriales, que delega sus funciones en relación con este tema en la Subdirectora de Calidad y Acreditaciones. Por otra parte, para articular la participación de los grupos de interés en la toma de decisiones relacionadas con la calidad, existe una Comisión de Garantía de Calidad.

La Comisión de Garantía de Calidad de la ETSII es el órgano responsable de coordinar el diseño, la implantación, desarrollo y seguimiento del SGIC, que engloba a todos los títulos oficiales responsabilidad de la escuela, actuando además como uno de los vehículos de comunicación interna de la política, objetivos, planes, programas, responsabilidades y logros de este sistema. La Comisión de Garantía de Calidad de la ETSI Industriales está actualmente compuesta por: el Director, la Secretaria, el Subdirector de Ordenación Académica, el Adjunto para Ordenación Académica, la Subdirectora de Calidad y Acreditaciones, la Adjunta al Director para Objetivos de Desarrollo Sostenible y Responsabilidad Social, el Responsable de los Servicios Informáticos de la ETSII-UPM, cinco representantes del Personal Docente e Investigador (PDI) a propuesta del Director, un representante del Personal de Administración y Servicios (PAS) a propuesta del Director, dos representantes de los Estudiantes y el Administrador del Centro.

La Comisión de Garantía de Calidad de la ETSI Industriales se reúne, con una periodicidad trimestral, tras ser convocada por su secretario por orden de su presidente. El secretario levanta acta de las sesiones, que es aprobada en la misma o en la siguiente sesión y se hace pública en la intranet de la ETSI Industriales, quedando a disposición de toda la comunidad universitaria. En el caso de los programas de doctorado, la Comisión de Garantía de Calidad delega la responsabilidad de la calidad del programa en las Comisiones Académica y de Garantía de Calidad del mismo. A nivel de PD, son estas CAPD y CGCPD las que tienen encomendadas, por delegación de la Subdirectora de Calidad y Acreditaciones de la ETSI Industriales, las tareas y responsabilidades propias del SGIC (evidencia EOS-8).

En este sentido, la CAPD y la CGCPD asumen el seguimiento del SGIC a nivel programa, así como la coordinación y puesta en marcha de los distintos mecanismos de supervisión definidos en el SGIC de la UPM y de la ETSII, adaptados a las características del programa de doctorado y afectando a todos los implicados en el mismo: doctorandos, profesores, responsables del programa y egresados (Evidencia 3.1.3 Documento modelo calidad).

El SGIC se revisa periódicamente según se establece en el Manual de Calidad y en el PR/ES/001: "Proceso de Elaboración y Revisión del Plan Anual de Calidad", según los cuales la ETSI Industriales revisa y aprueba su política y objetivos de calidad.

Es en este proceso donde los grupos de interés representados a través de los diferentes agentes que intervienen (responsable de calidad, comisión de calidad / equipo directivo, responsables de proceso afectado y junta de escuela), tras realizar un análisis de los resultados de los procesos del sistema, realizan la revisión de los mismos y establecen los cambios necesarios en la política de calidad, en su caso, y los nuevos objetivos emanados de la misma, a partir de los que se identifican las correspondientes acciones de mejora de los procesos afectados.

Estas acciones conforman el “Plan Anual de Calidad”. Dicho plan, además de estas actuaciones concretas a desplegar, recoge los responsables correspondientes y las tareas asociadas a las mismas, para su seguimiento y mejora. La revisión del sistema documental que lo soporta se realiza tal como se recoge en el PR/SO/009: “Elaboración, revisión y actualización del sistema documental”. El Plan Anual de Calidad incluye las acciones de mejora necesarias una vez analizados los siguientes aspectos: los indicadores y evidencias de los procedimientos, la medida de la satisfacción de los grupos de interés y el desempeño de los diferentes servicios a partir de los informes anuales que realiza cada uno de ellos. También recoge las propuestas de mejora y recomendaciones resultantes de los procesos de evaluación externa tanto del SGIC como de las diferentes titulaciones en los procesos de renovación de la acreditación o de otras acreditaciones internacionales de grado y máster (ABET o EURACE).

Hasta la fecha, el Coordinador del Programa de Doctorado ha mantenido reuniones de forma periódica con el Subdirector de Máster y Doctorado, para transmitirle la evaluación del programa, análisis de los resultados del mismo y el establecimiento de medidas de mejora, en caso necesario. El Subdirector de Máster y Doctorado es quien reporta, conforme al PR/ES/001 (Elaboración y revisión del Plan Anual de Calidad), a la Subdirección de Calidad y Acreditaciones de la ETSI Industriales, las actuaciones que por su alcance fuera necesario incluir en el Plan Anual de Calidad.

En el nuevo proceso PR/ES/007: “Seguimiento de Programas de Doctorado” recogido en el SIG\_UPM 2.1 (en proceso de adaptación y aprobación en la ETSI Industriales) se describe el mecanismo mediante el cual el centro realizará el seguimiento de la implantación y del desarrollo de los diferentes programas de doctorado, a fin de facilitar la toma de decisiones de mejora, asegurar la calidad de los resultados obtenidos (garantía interna de calidad), y disponer de mecanismos y protocolos necesarios para una adecuada rendición de cuentas, garantizando la publicación de la información dirigida a los diferentes grupos de interés (garantía externa de calidad).

A través de este proceso, se recopilará información de los restantes procesos que afectan al doctorado, información que luego se proporcionará a cada coordinador de programa para que cumplimente un informe de seguimiento del mismo. En cada uno de estos informes de seguimiento, el Coordinador del Programa de Doctorado propondrá acciones de mejora, que después serán trasladadas a la CAPD y al Subdirector de Máster y Doctorado. Actualmente, gracias a el PR/ES/001 se desarrollan Planes Anuales de Calidad que hasta el momento, al no estar implementado el PR/ES/007, recogen algunas de las mejoras detectadas a nivel global de doctorado. Se espera que al implementar el PR/ES/007, cada programa de doctorado tenga su propio plan de mejoras (más específico de la titulación).

El proceso mediante el que se gestionan las quejas, sugerencias y felicitaciones que se presenten en el centro es el PR/SO/006: “Gestión de quejas, sugerencias y felicitaciones”. Este proceso asegura que cada una de ellas es tratada por la unidad organizativa adecuada y que el interesado puede conocer el estado de gestión y la resolución de las mismas (EOS-9). Desde septiembre de 2013, la ETSII tiene operativa la herramienta online “Industriales Atiende”. Mediante esta herramienta, los grupos de interés pueden lanzar sus propuestas, sugerencias y felicitaciones compartiéndolas con el resto de la comunidad universitaria a través de la intranet INDUSNET ([https://indusnet.etsii.upm.es/gestion\\_escuela/login\\_indusnet.asp](https://indusnet.etsii.upm.es/gestion_escuela/login_indusnet.asp)), donde cualquiera puede informarse de las principales participaciones y unirse a ellas. A esta herramienta también pueden acceder usuarios externos a través de Industriales Atiende:

[https://indusnet.etsii.upm.es/gestion\\_escuela/gestion\\_incidentes\\_externas.asp](https://indusnet.etsii.upm.es/gestion_escuela/gestion_incidentes_externas.asp)

Asimismo, como complemento a los procedimientos anteriores de quejas, sugerencias y reclamaciones, el contacto directo por correo electrónico o teléfono con el Coordinador y Secretario del PD, las reuniones departamentales y la interacción entre doctorandos y directores, resultan también de gran utilidad. Los procedimientos de recogida de información y sus resultados relativos a análisis de satisfacción se tratan en más detalle en la siguiente sección.

---

3.2. El SGIC implementado dispone de procedimientos para la recogida y análisis de la satisfacción de los doctorandos, tutores, directores, doctores egresados, así como de otros grupos de interés para supervisar el desarrollo del programa de doctorado, analizar sus resultados y determinar las actuaciones oportunas para su mejora. Se debe valorar especialmente el funcionamiento de los mecanismos de recogida de información sobre el funcionamiento de la comisión académica, el seguimiento del DAD y de su plan de investigación, la evaluación de los resultados del programa de doctorado, y la propia difusión de sus resultados.

## B

**Justificación de la valoración:** El estándar para este criterio se logra completamente, según se analiza a continuación.

Los procesos del SGIC relacionados con la recogida y análisis de información relevante para el análisis y mejora de los diversos aspectos de la gestión del programa son:

En relación con el análisis de la satisfacción de los distintos grupos de interés:

- PR/SO/008: “Sistema de encuestas de UPM” (que incluye encuestas al PAS, PDI, alumnos, egresados y empleadores). Este proceso describe el sistema que utiliza la UPM para la realización de estudios y análisis sobre diferentes aspectos clave de la Universidad, con el objetivo último de rendir cuentas a la sociedad, proporcionando información sobre el grado de cumplimiento de los fines que le han sido encomendados, la calidad de los servicios que ofrece y su mejora continua, así como proporcionar información necesaria para la toma de decisiones a todos los agentes intervinientes en la gestión.

Registros y evidencias del proceso y de aplicación al programa:

- Encuesta de satisfacción del PDI. La UPM realiza una encuesta online con periodicidad bienal. En ella cada profesor de forma individual y anónima expresa su satisfacción con relación a diversos aspectos de su labor docente, tanto relacionados con los servicios e infraestructuras, como con los medios y recursos disponibles. Se incluye como evidencia el modelo de encuesta de satisfacción del PDI y los resultados del año 2018 (EOS-10) y 2020.

- Encuesta de satisfacción del PAS. La UPM también realiza una encuesta online con periodicidad bienal. En ella se recoge la satisfacción del personal en relación con aspectos vinculados con el desempeño de su actividad laboral, así como con los medios y recursos disponibles en su puesto de trabajo. Se incluye como evidencia el modelo de encuesta de satisfacción del PAS y los resultados obtenidos en 2019 y 2021 (EOS-10).

- Encuesta de satisfacción de los doctorandos. La UPM, en su apuesta por centralizar y la gestión de la calidad de sus titulaciones, apuesta que incluye la creación de una Escuela Internacional de Doctorado, realiza encuestas periódicas a los doctorandos de la universidad. Hasta el momento, el Observatorio Académico de la UPM ha analizado la satisfacción de los doctorandos al finalizar los cursos 2017-2018 y 2018-2019 a nivel global, y la ETSII ha analizado la satisfacción de los doctorandos de sus programas los años 2018, 2019, 2020, 2021. En las encuestas se recoge la satisfacción de los estudiantes de doctorado con respecto a diversos aspectos relevantes de los programas: admisión e información pública, medios materiales, actividades formativas, profesorado, orientación académica, etc. Se incluyen como evidencias los modelos de encuesta de satisfacción de estudiantes de doctorado de la UPM y de la ETSII de los cursos y años citados (EOS-10) y los resultados obtenidos en las citadas encuestas (EOS-13), tanto a nivel agregado (UPM y ETSII), como particularizados al PD en Ingeniería Mecánica.

En términos generales, en las encuestas agregadas a nivel UPM, la valoración del nivel científico-técnico de los profesores y su seguimiento se valora de forma sobresaliente (más de un 60% con valoraciones entre 9 y 10), mientras que la inserción laboral de egresados se valora críticamente (con un 20% de calificaciones inferiores a 3), si bien en el PD en Ingeniería Mecánica la empleabilidad es plena.

Entrando en detalle en los resultados de satisfacción de los doctorandos del PD en Ingeniería Mecánica, los datos completos se encuentran en EOS-13, pero se presenta y explica una evolución de algunos indicadores fundamentales a continuación. Los resultados de las encuestas con unas tasas de respuesta a nivel UPM, ETSII y PD en Ingeniería Mecánica por encima del 15%, indican que los programas de la universidad funcionan en su conjunto adecuadamente. En general, destacan los indicadores asociados al perfil del profesorado de los distintos programas, la publicidad de la información y normativa, las valoraciones personales de los doctorandos y las valoraciones globales, con valores habituales entre el 70% y el 85% de satisfacción. En el ámbito del PD en Ingeniería Mecánica, comparando por ejemplo el primer año y el último año evaluados, se muestra una tendencia de satisfacción creciente en todos los indicadores. Grosso modo, el PD presenta unos indicadores con valores por encima de la media de los programas de la ETSII, y ninguno de los indicadores muestra diferencias preocupantes entre lo evaluado a nivel universidad, escuela y programa. La tendencia es favorable incluso considerando el impacto que la pandemia actual necesariamente tuvo, en especial en los primeros meses de 2020, en el acceso a infraestructuras de I+D+i. Tanto la UPM como la ETSII han implementado todas las medidas posibles y adecuado numerosos procedimientos, muchos de ellos asociados a la formación doctoral, para facilitar la investigación y promover entornos laborales seguros durante la emergencia sanitaria.

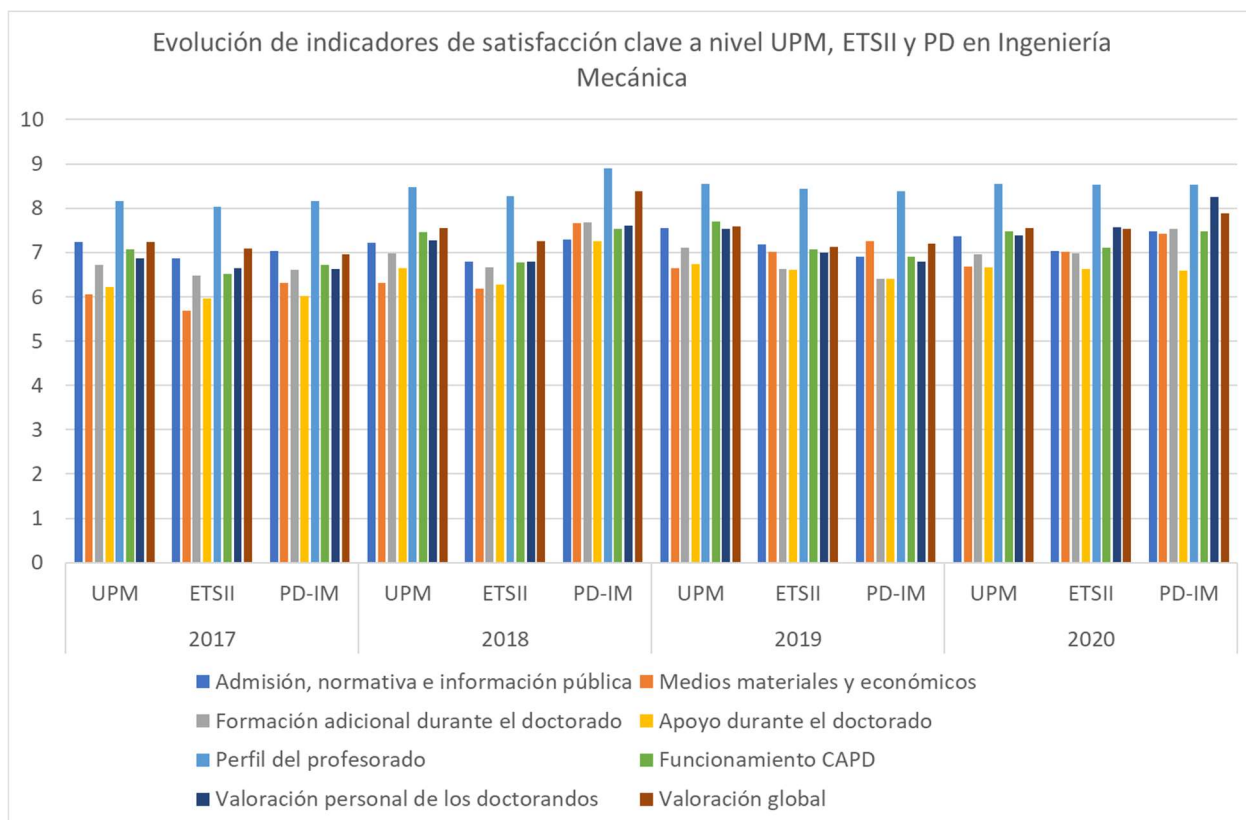


Figura 3.1. Evolución de indicadores clave asociados a la satisfacción de los estudiantes del PD en Ingeniería Mecánica en comparación al resultado medio de los programas de doctorado de la UPM.

Los datos de satisfacción tanto de estudiantes como de profesorado y personal de apoyo se han obtenido hasta la fecha de las encuestas realizadas de por la UPM. Si bien los datos se pueden considerar representativos, existe bastante margen de mejora en el número de respuestas recibidas, que como se ha comentado son aproximadamente un 15%. En consecuencia, para mejorar esta información en el futuro, se propone como acción de mejora el establecer medidas específicas que incentiven e incrementen el nivel de participación en las encuestas de satisfacción.

Además, en caso de que los datos obtenidos en los estudios mencionados no sean suficientes, y para que los responsables del programa dispongan de información que se considere necesaria, se analizará la conveniencia de implementar otras encuestas adicionales, “focus groups” u otros sistemas para obtener dicha información a través del proceso PR/SO/005: “Medición de la satisfacción e identificación de necesidades”.

- PR/SO/005: “Medición de la satisfacción e identificación de necesidades”. Este proceso describe el proceso de medición y análisis del nivel de satisfacción de los diferentes grupos de interés o identificación de necesidades, respecto a una variable propuesta por una unidad del Centro, así como de otras variables surgidas a partir del Plan Anual de Calidad, para contribuir a la mejora continua de los servicios y el sistema de gestión del Centro.

En relación con el funcionamiento de la CAPD, con el seguimiento de las actividades de los doctorandos y de sus planes de investigación y con la valoración de los resultados del programa, aplicará el siguiente proceso del SGIC:

- PR/ES/007: “Seguimiento del programa de doctorado”. Como se ha comentado en el apartado anterior (3.1), este procedimiento está en proceso de adaptación. Recogerá información procedente de todos los procesos directamente relacionados con el doctorado y permitirá a los coordinadores realizar una reflexión sobre el funcionamiento general del programa, la efectividad del seguimiento que se realiza de las actividades del doctorando y los resultados generales obtenidos. De esta forma, se logrará una sistematización de todos los procesos relativos al doctorado y su plena integración en el SGIC del Centro.

No obstante, hasta la fecha las actividades recogidas en dicho proceso se han venido llevando a cabo por la Comisión Académica del Programa de Doctorado tal y como ha sido descrito en el apartado 1.2.

En relación con la publicación y difusión de los resultados del programa de doctorado:

- PR/ES/004: “Publicación de la información”. El objetivo de este procedimiento es describir el proceso mediante el cual el centro hace pública toda la información que se genera para el conocimiento de la comunidad universitaria y rendición de cuentas a los distintos grupos de interés.

Al respecto de este proceso, es importante destacar el esfuerzo realizado por comunicar y difundir los resultados del programa y por informar de forma transparente, clara, precisa y objetiva, según se ha explicado en el criterio 2. Información y transparencia.

En consecuencia, el SGIC implantado garantiza la recogida y análisis continuo de información y de los resultados relevantes para la gestión eficaz del programa, y la satisfacción de los grupos de interés. El conjunto de todos ellos permite la toma de decisiones encaminadas a la mejora continua del programa de doctorado.

## VALORACIÓN GLOBAL DEL CRITERIO 3. SISTEMA DE GARANTÍA INTERNA DE CALIDAD (SGIC):

**B**

### Justificación de la valoración global del criterio 3. Sistema de Garantía Interna de Calidad (SGIC):

La UPM y la ETSI Industriales disponen de un Sistema Interno de Garantía de Calidad (SGIC), formalmente establecido que dispone de procedimientos y mecanismos suficientes para supervisar el desarrollo de sus distintos programas de doctorado, para analizar sus resultados y para determinar las actuaciones oportunas de cara a su mejora. Dicho SGIC dispone de procedimientos implantados para la recogida y el análisis de la satisfacción de los doctorandos, de los doctores egresados y de otros grupos de interés, respecto a la formación doctoral y de PDI y PAS respecto a su satisfacción global.

Si bien los procesos que garantizan la calidad de los programas de doctorado a nivel UPM y ETSI Industriales están en fase de modificación, adaptación e implantación y aunque pueden verse afectados por la decisión estratégica de poner en marcha la reciente Escuela Internacional de Doctorado de la UPM, es importante destacar que el programa ha progresado conforme a lo verificado, cumpliendo con lo recogido en el RD 99/2011 y en la normativa de doctorado de la universidad y documentando según las buenas prácticas de la “Guía de renovación de la acreditación de enseñanzas oficiales de doctorado”, en su última versión, publicada por la Fundación para el Conocimiento Madri+d.

En este sentido, la CAPD y la CDGPD han asumido el seguimiento del SGIC a nivel programa, así como la coordinación y puesta en marcha de los distintos mecanismos de supervisión definidos en el SGIC de la UPM y de la ETSII, adaptados a las características del programa de doctorado y afectando a todos los implicados en el mismo: doctorandos, profesores, responsables del programa y egresados.

Finalmente, puesto que el SGIC-ETSII-2.1 ha obtenido el Certificado de Renovación de la Implantación y la ETSII dispone de la acreditación institucional, es previsible que la experiencia adquirida vaya a permitir integrar en el mismo, de forma satisfactoria, todos los procesos que garantizan la calidad de los programas de doctorado responsabilidad de la ETSI Industriales de la UPM.



## DIMENSIÓN 2. Recursos

### Criterio 4. PERSONAL ACADÉMICO

#### Estándar de Evaluación:

El profesorado ha de poseer la formación adecuada y experiencia investigadora actualizada para cumplir los objetivos del programa de doctorado, y ha de ser suficiente en número y dedicación para cubrir las tareas principales del programa: la tutoría, la dirección de tesis, la impartición y la evaluación de las actividades formativas, y la gestión del programa.

**4.1. El personal académico del título ha sido suficiente y adecuado en términos de formación y experiencia investigadora, y su número y perfil investigador es coherente con las características del programa de doctorado y suficiente para el número de doctorandos matriculados. Se debe valorar que un porcentaje mínimo del 60% de los investigadores doctores participantes en el programa posean experiencia investigadora vigente acreditada, que cada uno de los equipos de investigación que conforman el programa cuenta con, al menos, un proyecto competitivo en ejecución en temas relacionados con las líneas de investigación del programa, que las líneas de investigación asociadas a los equipos de investigación mantienen su vigencia y calidad investigadora, y la adecuación del perfil investigador de los tutores y directores de tesis a los objetivos y naturaleza del programa.**

**B**

#### Justificación de la valoración:

Este apartado del criterio se ha autoevaluado con una calificación de B, considerando que se cumple completamente, pero habiendo detectado también ciertas buenas prácticas, según se justifica a continuación.

Según se recoge en las tablas 3a y 3b, el programa cuenta actualmente con 62 investigadores (56 propios y 6 colaboradores). Y a lo largo del periodo de evaluación ha contado con 79 investigadores (62 propios y 17 colaboradores) de los que 21 son Catedráticos de Universidad (8 de ellos Eméritos), 34 Profesores Titulares, 9 Contratados Doctores, 1 Ayudante Doctor, y 14 pertenecen a otras categorías, correspondiendo a Investigadores senior de IMDEA, Profesores Investigadores del CSIC profesores de Universidades extranjeras o doctores externos que codirigen doctorados industriales.

El profesorado participante en el programa es suficiente y adecuado en relación con el número de estudiantes de doctorado y de tesis defendidas, está equilibrado por líneas (ver figura 4.2) y aplica buenas prácticas, que se detallan en los próximos párrafos. Los profesores que no están en disposición de solicitar sexenio por su tipo de contrato (Tabla 3b) acreditan actividad investigadora al menos equivalente a un sexenio. En cuanto a los profesores estables en disposición de solicitar sexenios, un alto porcentaje cuenta con sexenio activo (87%). Del total de profesores estables del programa, 43 están dirigiendo tesis actualmente (77% de los profesores actuales) y 37 han dirigido tesis que ya están defendidas.

En cuanto a la CAPD (ver Tabla 3a y EOS-3), está constituida por 9 profesores que son investigadores de referencia en sus campos. La media de citas de los profesores de la CAPD supera las 1200 y el índice h medio es de 17. Todos los equipos y líneas de I+D están adecuadamente representados en la CAPD.

Los profesores del programa actúan en equipo y se apoyan mutuamente en la dirección y mentoría de los doctorandos, siendo habituales los experimentos realizados empleando de forma combinada los recursos humanos y materiales (ver criterio 5) de las distintas líneas de investigación y de los centros, institutos y grupos de I+D del programa, siendo frecuentes las consultas entre colegas de distintos ámbitos del PD, consecuencia de la multidisciplinariedad de las tesis doctorales llevadas a cabo, todo lo cual redundará en una mayor riqueza formativa de los doctorandos.

Una buena práctica que se ha ido generalizando en el programa, como apoyo para jóvenes profesores del programa que se inician en la dirección de tesis doctorales, consiste en promover que dichas tesis se hagan en codirección, con la participación de un investigador senior que sirva no solo de codirector para el doctorando, sino también de mentor en los inicios de la carrera académica para los profesores más jóvenes.

También es habitual recurrir a codirecciones cuando la temática de la tesis doctoral es especialmente pluridisciplinar o cuando implica investigaciones duraderas en centros nacionales o extranjeros ajenos a la UPM, en cuyo caso se exige a los codirectores externos, que se vinculen al programa, actividad de I+D contrastable y méritos académicos equivalentes a los necesarios para obtener un sexenio. A lo largo del periodo objeto de evaluación se ha vinculado a un total de 25 profesores al programa, 2 del CSIC, 2 de IMDEA, 6 de universidades extranjeras, 1 de una empresa y 1 de una spin-off de la UPM, que han participado o participan como codirectores de tesis doctorales junto a profesores estables del programa. La distribución de profesores vinculados por líneas de investigación es equilibrada, como también ocurre con la distribución de profesores estables (ver figura 4.2).

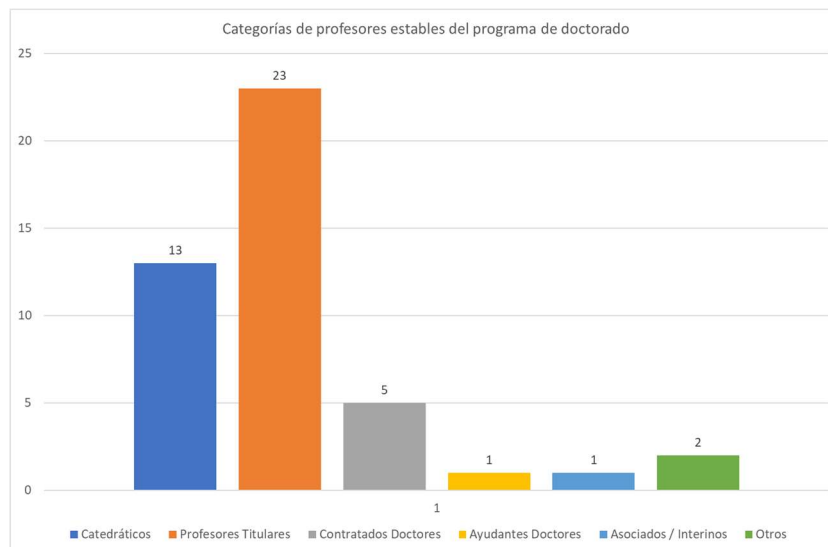


Figura 4.1. Categorías profesionales de los profesores estables.

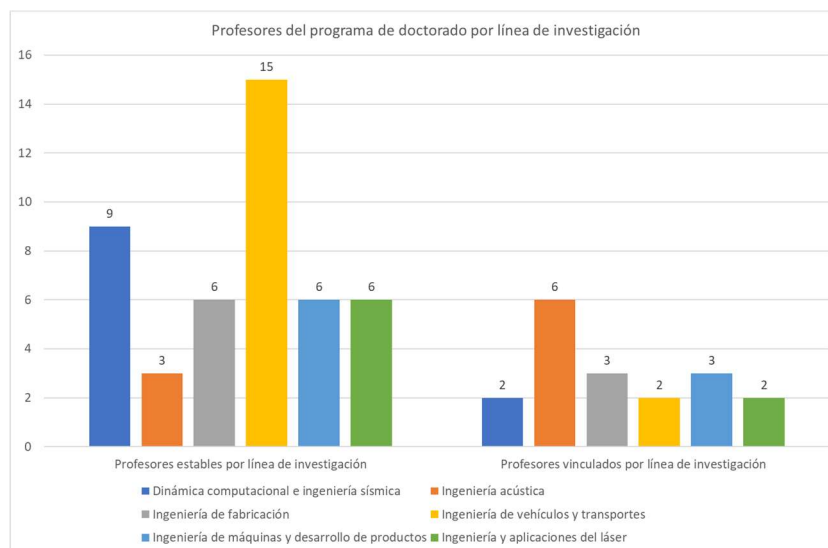


Figura 4.2. Profesores estables y vinculados por línea.

En cuanto a proyectos, según se analiza también en el criterio 5 al tratar la financiación, la Tabla 4 recoge una selección de unos 10 proyectos activos por cada línea de investigación en los años objeto de evaluación. Es importante destacar que todas las líneas (y por tanto los equipos) del programa de doctorado tienen proyectos activos en la actualidad, muchos de ellos recién concedidos y con vigencia para el período 2022/2023/2024, lo que garantiza la continuidad de la financiación del programa y del apoyo económico a los doctorandos para los próximos años.

Las líneas de investigación y los equipos mantienen su vigencia y la distribución de proyectos y de financiación por líneas y equipos es estable y equilibrada. Las tesis doctorales defendidas por línea se pueden consultar en la Tabla 6, los profesores por línea en la Tabla 4 y el número de estudiantes activos en el programa por cada línea de investigación en el EOS-I.

Es importante destacar que los egresados han participado, de media, en 2,1 proyectos de investigación competitivos. Destaca también el éxito de los profesores del programa en la convocatoria de Doctorados Industriales de la Comunidad de Madrid, con 5 doctorandos activos financiados por dicha convocatoria específicamente centrada en la formación doctoral. El éxito en convocatorias competitivas nacionales, europeas e internacionales es digno de mención y se detalla en profundidad al analizar el cumplimiento del criterio 5.

La capacidad del profesorado académico del programa de doctorado para la consecución de proyectos de I+D+i en las distintas líneas y equipos es consecuencia de una labor de equipo, de un esfuerzo continuado, orientado a la mejora continua y al largo plazo, y de una visión compartida en la UPM que entiende que la formación de calidad y la investigación de excelencia van de la mano.

La selección de proyectos por líneas de la Tabla 4 muestra que los profesores investigadores del programa han participado en proyectos de I+D+i por un valor total que supera los 40 millones de euros en el período objeto de evaluación, cifra que ha permitido proporcionar a los doctorandos un entorno investigador competitivo y atractivo, y que garantiza la continuidad de las líneas.

Además, los profesores del programa muestran un destacable compromiso con su formación a lo largo de la vida. Los profesores han participado de forma continuada en convocatorias de movilidad competitivas (becas José Castillejo y Salvador de Madariaga, convocatorias UPM con Asia, UPM-MIT MISTI, programa Atlantis...) y realizado estancias de investigación en centros de referencia internacional como el MIT, la Universidad de Tokio, el Instituto de Tecnología de Karlsruhe, la Universidad de Drexel, la Universidad Sapienza de Roma, la Universidad de Pisa, la Universidad de Stanford, la Universidad de Berkeley, el Georgia Tech, la Universidad de Cranfield o la TU de Darmstadt, entre otras instituciones destacadas.

## VALORACIÓN GLOBAL DEL CRITERIO 4. PERSONAL ACADÉMICO:

**B**

### Justificación de la valoración global del criterio 4. Personal académico:

El personal académico del Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica de la UPM está formado por profesores investigadores con un perfil y experiencia investigadora acreditada, adecuada y coherente con las características, objetivos y naturaleza del programa. Todos ellos forman parte de las líneas de investigación del programa y la distribución de profesores por línea es equilibrada, estando todas las líneas financiadas gracias a la participación de los profesores investigadores del programa en múltiples proyectos competitivos, tanto regionales y nacionales, como europeos y en colaboración con terceros países, tanto públicos, como privados. Todas las líneas de investigación cuentan con proyectos activos, muchos de ellos recientemente concedidos, lo que garantiza la continuidad del programa y el adecuado apoyo a los doctorandos.

## **Criterio 5. RECURSOS, PERSONAL DE APOYO, Y FINANCIACIÓN**

### Estándar de Evaluación:

El personal de apoyo, los recursos materiales y los servicios puestos a disposición de los estudiantes son suficientes y adecuados al número de doctorandos y a las características y ámbito del programa. La universidad dispone de servicios de orientación y apoyo al doctorando.

**5.1. Los recursos materiales y el equipamiento disponibles deben haber sido suficientes para garantizar el desarrollo de la investigación de los doctorandos y adecuados para cada una de las líneas de investigación previstas en el programa. Asimismo, se debe valorar que el personal técnico de apoyo implicado en el programa ha sido suficiente y está adecuadamente capacitado, y que la universidad dispone de servicios de orientación y apoyo al doctorando y que éstos han funcionado apropiadamente.**

**B**

### **Justificación de la valoración:**

Este apartado del criterio se ha autoevaluado con una calificación de B, considerando que se cumple completamente, pero habiendo detectado también ciertas buenas prácticas, según se justifica a continuación.

#### En cuanto a recursos materiales y personal de apoyo:

El programa de doctorado cuenta con unos recursos materiales y con un equipamiento científico-tecnológico singulares a nivel nacional y en el ámbito de la ingeniería mecánica. La Tabla de infraestructuras y recursos materiales del programa (ver EIA 3) recoge un total de unos 300 recursos destacables entre software de diseño y simulación, tecnologías de prototipado y fabricación, herramientas de caracterización mecánica, térmica, electromagnética y óptica, máquinas de ensayo, actuadores y sensores.

Los doctorandos cuentan con acceso a las instalaciones de los distintos centros, institutos y grupos de investigación del programa, todos ellos referencias nacionales en sus ámbitos de actuación, entre los que se encuentran:

- ✓ El Grupo de Investigación de la UPM en Instrumentación y Acústica Aplicada.
- ✓ El Grupo de Investigación en Ingeniería de Fabricación.
- ✓ El Grupo de Investigación en Modelado y Simulación en Ingeniería Mecánica.
- ✓ El Grupo de Investigación en Ingeniería de Máquinas.
- ✓ El Grupo de Investigación en Ingeniería Sísmica, Dinámica de Suelos y Estructuras.
- ✓ El Grupo de Investigación en Seguridad e Impacto Medioambiental de Vehículos y Transportes.
- ✓ El Grupo de Investigación en Análisis Biomecánico.
- ✓ El Grupo de Investigación en Ingeniería y Aplicaciones del Láser.
- ✓ El Grupo de Investigación en Manufactura Avanzada con Láser.
- ✓ El Grupo de Investigación en Óptica, Fotónica y Biofotónica.
- ✓ El Centro Laser de la UPM.
- ✓ El Instituto de Investigación del Automóvil Francisco Aparicio Izquierdo (INSIA) de la UPM.

Se dispone además del apoyo de varios laboratorios de la “Red-Lab” de la Comunidad Autónoma de Madrid, como son: el “Laboratorio de Desarrollo de Productos”, el “Laboratorio de Máquinas y Mecanismos”, el “Laboratorio de Resistencia de Materiales” y el “Laboratorio de Tecnologías Mecánicas y de Fabricación”, en los grupos de investigación no constituidos como centros o institutos. Así, el Departamento de Ingeniería Mecánica es el departamento de la UPM con más laboratorios integrantes de dicha Red-Lab de la CAM. Los estudiantes cuentan también con el “fab-lab” de la ETSI Industriales, puesto en marcha en los últimos dos años.

Evidentemente, el acceso a las tecnologías es siempre supervisado y la utilización de los distintos recursos de forma independiente por parte de los doctorandos está sujeto a formación previa. Destacan los cursos de seguridad en laboratorios que se organizan regularmente por parte de los profesores de distintos laboratorios y que numerosos doctorandos del programa han realizado como parte de su formación multidisciplinar (ver Tabla de selección de actividades formativas en carpeta ESP-2).

Sin el personal técnico de apoyo adecuado, no sería posible poner a disposición de los doctorandos y mantener en perfecto estado de funcionamiento un número tan destacable de equipamientos y recursos materiales. Afortunadamente el programa de doctorado cuenta con un personal técnico de apoyo excelentemente capacitado e involucrado en el aprendizaje de los estudiantes a todos los niveles, pero muy especialmente en el nivel doctoral. El personal técnico de apoyo se detalla en la Tabla correspondiente y da soporte a todas las líneas de investigación del PD (ver carpeta EIA 4).

Además, la labor del personal técnico de apoyo del Departamento de Ingeniería Mecánica resulta también esencial para la gestión burocrática y administrativa del propio programa de doctorado, pues se trata de un programa con un número importante de doctorandos y, si bien los asuntos más relevantes se gestionan por el coordinador y el secretario en colaboración con la CAPD, los asuntos de trámite se gestionan por PAS del departamento. Entre otras gestiones, el personal de apoyo contribuye a la actualización de la documentación en las plataformas de gestión documental de UPM (Apolo, Apolo Tesis, RAPI, Archivo Digital UPM y, desde el curso 2021-22, Thesis), a preparar permisos asociados al acceso a instalaciones o a la movilidad de los doctorandos, al envío de comunicaciones de interés y recordatorios a los doctorandos -entregas de informes, solicitudes de prórrogas, gestión de reclamaciones, registro de las mismas, etc.

Una vez revisados los recursos materiales y humanos específicos del programa, es importante poner también en valor los recursos centrales de la ETSI Industriales y de la UPM, por su importancia para el conjunto de programas de doctorado de la escuela y por su relevancia en el ámbito formativo transversal y en el apoyo a la movilidad predoctoral y a la difusión y comunicación de resultados de las investigaciones llevadas a cabo por los doctorandos.

El órgano responsable de las enseñanzas del Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica es la ETSI Industriales de la UPM. Por tanto, los alumnos disponen de las instalaciones generales de la Escuela, compartidas con los alumnos de otras titulaciones de grado y posgrado. A modo de resumen, la ETSI Industriales cuenta con 4.500 estudiantes, 300 profesores, 790 investigadores en proyectos de I+D+i y acuerdos de intercambio con más de 140 universidades en todo el mundo, siendo la escuela de ingeniería industrial española líder por experiencia, demanda de admisiones, innovación y proyección internacional.

Para la actividad del programa se cuenta con aulas de la ETSI Industriales y con los laboratorios de los grupos de investigación en los que participan profesores del programa, según se ha explicado arriba. Adicionalmente, la ETSI Industriales dispone de aulas de uso general y de un salón de actos que pueden utilizarse para todas las actividades que se organizan en el centro, incluidas las de formación, difusión y comunicación doctoral, como ocurre con los ya clásicos “Industriales Research Meetings” (ver actividades formativas en I.3).

Además, la biblioteca de la ETSI Industriales cuenta con más de 250 puestos de lectura, distribuidos en dos salas. En cada una de ellas hay una sección de libre acceso, en la que se pueden consultar directamente los libros. La mayoría de los libros de la biblioteca pueden solicitarse en préstamo a domicilio, siendo requisito único tener carné vigente de la UPM. También pueden solicitarse documentos de otras bibliotecas de la UPM, bien acudiendo directamente a las mismas o bien realizando una solicitud a través del catálogo (<http://biblioteca.etsii.upm.es/index.php/labiblioteca/>).

Por otro lado, en la ETSI Industriales está operativo un plan de prevención de riesgos laborales que realiza diversas actuaciones que incluyen simulacros de evacuación, coordinación de seguridad y salud en obras, gestión de RAEEs (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) y reconocimientos médicos, entre otros, y que forman parte de los procedimientos y servicios que benefician a los doctorandos.

La UPM ofrece también servicios generales a todos sus estudiantes, incluidos los doctorandos, que incluyen: servicios telemáticos, apoyo a la movilidad estudiantil, becas y ayudas, actividades deportivas y culturales, entre otros muchos. Todos ellos pueden consultarse en la web: <http://www.upm.es/Estudiantes>.

Además, la UPM ha hecho un notable esfuerzo por facilitar a los alumnos de postgrado el acceso a bases de datos de divulgación científica e investigación:

<https://www.upm.es/UPM/Biblioteca/RecursosInformacion>

También se ofrecen actividades de reformación específicas para estudiantes de doctorado a través de la EID (<https://blogs.upm.es/eidoctorado/actividades-formativas/>) y del Instituto de Ciencias de la Educación ICE-UPM (<https://www.ice.upm.es/>):

Cuenta también con un servicio de recursos audiovisuales y multimedia, el GATE de la UPM, que proporciona el apoyo a la docencia y a la investigación en relación con los contenidos y tecnologías audiovisuales y multimedia a disposición de toda la comunidad científica como son, entre otros, el montaje y mantenimiento de sistemas de videoconferencia para actividades docentes y encuentros de investigación y el soporte para la grabación y edición de montajes audiovisuales con fines docentes y de investigación (<https://serviciosgate.upm.es/gate/audiovisuales>).

También en el ámbito audiovisual, la ETSI Industriales y dentro de la línea de mejora continua, adaptación y actualización permanente, que es parte esencial de la estrategia de la dirección de la escuela, se han realizado actuaciones que suponen dotar a la ETSII con nuevos recursos que están redundando en la mejora de la docencia y en la actualización de los métodos docentes de todos los estudios que se imparten en ella, a todos los niveles, incluido el doctoral. Estas actuaciones son:

1. Creación del estudio de grabación. Durante el curso 2018-2019 se ha inaugurado un plató de grabación dotado con el sistema de grabación autónoma SAGA, como medida de fomento de elaboración de material didáctico reutilizable en aula invertida o tipo MOOC y también como apoyo a la difusión y comunicación de investigaciones.

2. Creación del aula digital. A finales del mes de junio de 2019 se ha puesto en marcha un aula digital que facilita la comunicación audiovisual con un grupo de hasta 48 alumnos en ubicaciones remotas, con el profesor situado en el aula digital. El sistema informático del aula permite que el profesor pueda visualizar a cada participante de forma continuada mediante el uso de dos pantallas de muy alta resolución de 85". Los sistemas de video de la sala permiten el seguimiento del profesor mientras se mueve con las cámaras, así como la compartición de pantallas en tiempo real.

En cuanto a los servicios generales de orientación y apoyo al doctorando:

Dicha orientación y apoyo se realiza desde el Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica, y con el apoyo de los servicios centrales de la ETSI Industriales y de la UPM, desde el momento en que un posible futuro estudiante muestra interés en el mismo. En general, comienza la interacción mediante correos electrónicos o mediante entrevistas presenciales o virtuales, en las que el coordinador y el secretario del programa o los tutores y posibles futuros directores orientan a los interesados. Una vez asignado director, es éste, junto al tutor si son profesores diferentes, los que mejor pueden asesorar a los estudiantes, no solo en sus investigaciones, sino también a la hora de completar su formación, participar en proyectos, solicitar becas, asistir a congresos, realizar estancias de investigación, etc.

Además, desde el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Doctorado se mantienen actividades de orientación, apoyo y atención al estudiante, como también desde la ETSI Industriales. En concreto, desde la ETSI Industriales, la Oficina de Relaciones Internacionales (ORI) tiene como objetivo facilitar e incentivar que los alumnos o personal de la escuela puedan realizar, una parte de su formación o actividad, en alguna de las Universidades extranjeras más prestigiosas. De la misma forma que los alumnos o personal de estas instituciones extranjeras, pueden realizar una parte de su formación o actividad en la ETSI Industriales. La clara apuesta de la escuela por la internacionalización afecta muy positivamente a nuestro programa (ver criterio 6 donde se aporta información sobre la movilidad realizada).

A nivel universidad, la UPM cuenta también con un servicio de orientación laboral denominado Centro de Orientación e Información de Empleo ([www.coie.upm.es](http://www.coie.upm.es)) que tiene como objetivo básico informar y orientar a los egresados sobre su inserción laboral. Para ello desarrolla dos líneas de actuación: empleo y prácticas.

Estos servicios ofrecidos institucionalmente se complementan con la asesoría y la ayuda a la empleabilidad que los propios profesores del Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica proporcionan a sus estudiantes mediante contactos, tanto en el sector privado, como en universidades y centros de investigación. Todo ello da como resultado una empleabilidad del 100% entre los egresados del programa, que además continúan trabajando en ámbitos directamente relacionados con sus tesis doctorales, según se analiza en detalle al tratar el criterio 6 sobre resultados (ver Dimensión 3. Resultados).

---

**5.2. El programa ha dispuesto de una financiación apropiada para el desarrollo de las actividades de formación y movilidad. Se debe valorar la suficiencia y adecuación de la financiación y los recursos externos disponibles para la realización de las acciones formativas previstas, así como el apoyo para la asistencia a congresos y estancias en el extranjero. Asimismo, se debe valorar la suficiencia del número de ayudas y contratos de investigación conseguidos para los estudiantes matriculados.**

**B**

#### **Justificación de la valoración:**

Este apartado del criterio se ha autoevaluado con una calificación de B, considerando que se cumple completamente, pero habiendo detectado también ciertas buenas prácticas, según se justifica a continuación.

Según se ha adelantado en el criterio 4, los profesores investigadores del programa han participado en proyecto de I+D+i con una financiación superior a 40M€ en el periodo objeto de evaluación y que se han traducido en una formación doctoral adecuadamente financiada. Todas las líneas de investigación del programa han tenido proyectos activos a lo largo de todo el periodo y la práctica totalidad de los doctorandos, que no han realizado sus doctorados contratados por empresas o por otras universidades, han sido contratados con cargo a proyectos de I+D+i propios del Departamento de Ingeniería Mecánica y de los centros e institutos de I+D participantes en el programa.

La Tabla 4 que recoge una selección de unos 10 proyectos por línea de investigación del programa a lo largo de todo el periodo, muestra la relevancia de los proyectos competitivos obtenidos, que incluyen, al menos: 13 proyectos internacionales (Horizon 2020, ESA, UPM-MIT MISTI, Erasmus Mundus, Erasmus+...), 33 nacionales (Ministerio de Economía y Competitividad, Ministerio de Ciencia e Innovación, Ministerio del Interior, Ministerio de Defensa, CDIT, ...) y 5 regionales (Comunidad Autónoma de Madrid, incluidos doctorados industriales). Se ha colaborado con empresas como Airbus, Repsol, Talgo, Bosch, Nokia, entre otras.

Además, los doctorandos han recibido apoyo a la hora de asistir a congresos y para realizar estancias en el extranjero. Para ello han contado, no solo con la financiación disponible a través de los proyectos de I+D+i propios del programa, sino también con las convocatorias de movilidad de la ETSI Industriales y de la UPM, que han ayudado claramente a los investigadores jóvenes predoctorales en los últimos años. Se ha apostado también por una movilidad, no solo internacional, sino también transectorial, pretendiendo que los doctorandos que lo desearan tuvieran también experiencias formativas en la industria, como posible alternativa o complemento a las movilizaciones a universidades o centros de I+D. Se ha conseguido una media de estancias por egresado cercana a 1 y un total de 20 tesis con mención internacional, de las 43 presentadas en el periodo objeto de evaluación. La figura siguiente resume gráficamente las movilizaciones internacionales y transectoriales realizadas por los egresados durante su formación.



Figura 5.1. Resumen de movilidades realizadas por doctores egresados del programa.

## VALORACIÓN GLOBAL DEL CRITERIO 5. PERSONAL DE APOYO, RECURSOS Y SERVICIOS:

**B**

### Justificación de la valoración global del criterio 5. Personal de apoyo, recursos y servicios:

El personal técnico de apoyo, los recursos materiales y los servicios específicos y centrales puestos a disposición del desarrollo del programa de doctorado de Ingeniería Mecánica de la UPM cumplen los compromisos establecidos en la memoria de verificación y son los adecuados en función de su naturaleza y características. Además, los esfuerzos realizados por el profesorado del programa y por la ETSI Industriales y la UPM para obtener la financiación necesaria, que permita realizar una investigación de excelencia y apoyar a los doctorandos en su formación pluridisciplinar, en su movilidad y en sus actuaciones de difusión y comunicación, son destacables. Todo ello ha permitido alcanzar una media de estancias internacionales por tesis doctoral presentada cercana a 1 (35 estancias internacionales por parte de 43 doctorandos que han defendido tesis doctorales), y un total de 20 tesis con mención internacional (un 47% del total), según se analiza adicionalmente en la dimensión siguiente al tratar sobre el criterio 6 de resultados.

Los recursos descritos hacen que absolutamente todos los doctorandos del programa vivan un proceso formativo singular y evidencian un compromiso del programa con la personalización de las enseñanzas y con la creación de entornos de formación atractivos, competitivos, con ambición internacional y espíritu interdisciplinario, como corresponde a los criterios de EURAXESS para una formación doctoral de excelencia.



### DIMENSIÓN 3. Resultados

#### Criterio 6. RESULTADOS

##### Estándar de Evaluación:

Los resultados del programa de doctorado valorados a través de las tesis defendidas, los valores de los indicadores de la calidad del programa, así como el grado de internacionalización del mismo son adecuados, en coherencia con el ámbito temático del título.

6.1. Los resultados obtenidos tras la implantación del programa y su grado de internacionalización han sido adecuados. Se debe valorar el número de tesis defendidas anualmente y la calidad de las contribuciones derivadas de las mismas, la evolución de los indicadores sobre el rendimiento académico (tasa de abandono, éxito y duración media), el grado de adecuación de las tesis al ámbito científico del programa así como los datos de inserción laboral de los egresados del programa de doctorado en los tres años posteriores a la defensa de la tesis doctoral. El grado de internacionalización del programa se debe valorar a través de la participación de profesores y estudiantes internacionales y de las actuaciones de movilidad y otras actividades internacionales, siempre en coherencia con el ámbito disciplinar del programa.

A

#### Justificación de la valoración:

Este apartado del criterio se ha autoevaluado con una calificación de A, considerando que se progresa hacia la excelencia, superando indicadores propuestos en la memoria de verificación y habiendo recogido ejemplos de buenas prácticas, según se justifica a continuación.

Los resultados obtenidos tras la implantación del programa son conforme a la memoria de verificación y muestran importantes mejoras, en distintos ámbitos, con respecto a los resultados que se venían alcanzando en los programas de doctorado cuya fusión dio origen al actual Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica de la UPM. Las mejoras, detalladas a continuación, son consecuencia de la implicación del profesorado y de la exigencia del programa.

A modo de ejemplo, la UPM, como criterio de calidad científica general, exige a los doctorandos una publicación en revista previa a la admisión a defensa de tesis doctoral. En el programa se exige que la publicación sea de primer cuartil en revistas internacionales indexadas o, alternativamente, que se realicen 2 publicaciones en revistas internacionales indexadas de segundo cuartil (Acta CAPD de 4 de marzo de 2020).

Recientemente la UPM ha incorporado la admisión a defensa en base a actuaciones de transferencia, considerando una patente como mérito equivalente al de la publicación. En el programa, se ha decidido que la patente que eventual sustituya a una publicación en revista internacional Q1 deba ser una patente concedida con examen previo y en explotación (Acta CAPD de 1 de febrero de 2021).

Por otro lado, aunque la UPM considera la opción de admisión a defensa mediante trámite de prelectura y la elaboración de tesis por compendio de artículos, son opciones que el programa objeto de evaluación prefiere no contemplar porque pueden afectar a la calidad de resultados de investigación, a la difusión de los mismos y a la concepción de una tesis doctoral como un resultado integral (e integrador) que trasciende las propias publicaciones que haya podido generar.

Aunque son opciones permitidas por la Universidad, el PD no las potencia, y solamente se consideran en casos excepcionales. Hasta la fecha solamente se ha aceptado un trámite con prelectura porque aún no se había recibido la aceptación de la publicación requerida en el momento de la defensa. Y hasta la fecha no se ha tenido ninguna solicitud de tesis por compendio de publicaciones.

En los años objeto de evaluación, se han presentado 43 tesis doctorales en el programa. Todas han realizado defensa pública salvo 2, para las que se ha optado por defensa confidencial por tratarse de investigaciones en proceso de patente (y que posteriormente han dado lugar a 2 patentes en explotación), según permite la UPM y tras autorización por la CAPD. Además, todas las líneas de investigación del programa han participado activamente y la defensa de tesis por línea es muy equilibrada.

En cuanto a las calificaciones y duración de las 43 tesis doctorales presentadas, 20 han sido calificadas con sobresaliente cum laude y mención internacional, 18 con sobresaliente cum laude, 4 con sobresaliente y 1 con notable. La duración media de los estudios de doctorado considerando los egresados es de 3,8 años, con un 14% de estudiantes a tiempo parcial, lo que está en línea con la propuesta verificada (se esperaba una tasa de éxito a 3 años del 20% para estudiantes a tiempo completo). Los indicadores de calidad superan con creces las exigencias del programa con unas medias por tesis doctoral de: 3,8 artículos, 3 participaciones en congresos internacionales, 1,3 participaciones en congresos nacionales, 0,8 estancias internacionales y 2,1 proyectos de investigación asociados. La mejora es muy destacable con respecto a los programas cuya fusión dio lugar al presente programa, pues se venían publicando 2,1 artículos por tesis en el periodo 2008-2012 y dicha tasa prácticamente se ha duplicado, además del impacto que ha tenido el programa en la internacionalización de los investigadores. Todas las aportaciones son en áreas íntimamente ligadas a la ingeniería mecánica.

En relación a tasas de eficacia y abandono, se detallan a continuación los principales resultados evaluando de forma independiente los estudiantes a tiempo completo y a tiempo parcial. Para los estudiantes que participan en el programa a tiempo completo, la evaluación realizada muestra unas tasas de éxito del 32% a 3 años, del 52% a 4 años y del 65% a 5 años. Según se ha comentado, la duración media de las tesis finalizadas es de 3,8 años. La tasa de abandono es del 28%. En cuanto a los estudiantes a tiempo parcial, la tasa de éxito evaluada es del 35%, si bien un 24% de los estudiantes se encuentra aún con sus tesis doctorales en curso y en disposición de completarlas dentro del plazo establecido, mientras que la tasa de abandono es el 41%. Si bien la evolución de los estudiantes a tiempo completo se considera adecuada, el progreso de los estudiantes a tiempo parcial, según lo esperable, muestra un menor compromiso con estos estudios. Como actuación de mejora, se propone tratar con la CGCPD, en próxima sesión monográfica, acerca del proceso de admisión de estudiantes y de la articulación de mecanismos que permitan evaluar dicho compromiso esperable, en especial para solicitudes de admisión con dedicación a tiempo parcial.

Los resultados se muestran esquemáticamente en las Figuras 6.1 a 6.4 a modo de resumen.

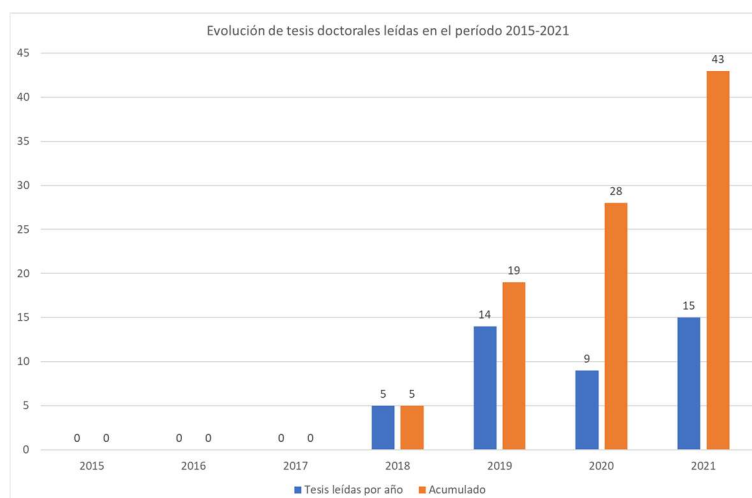


Figura 6.1. Tesis leídas por año y evolución.

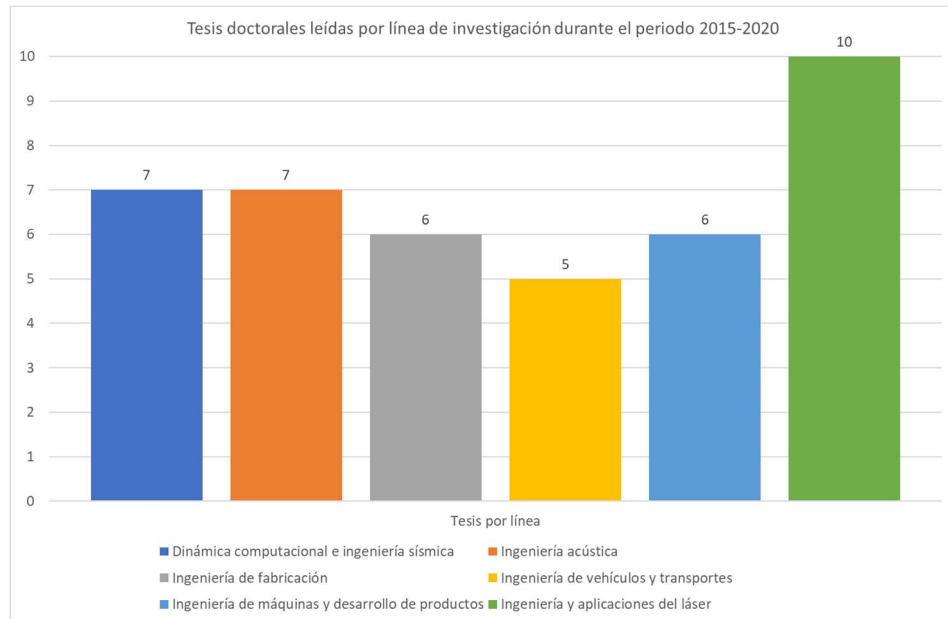


Figura 6.2. Tesis leídas en cada línea de investigación del programa.

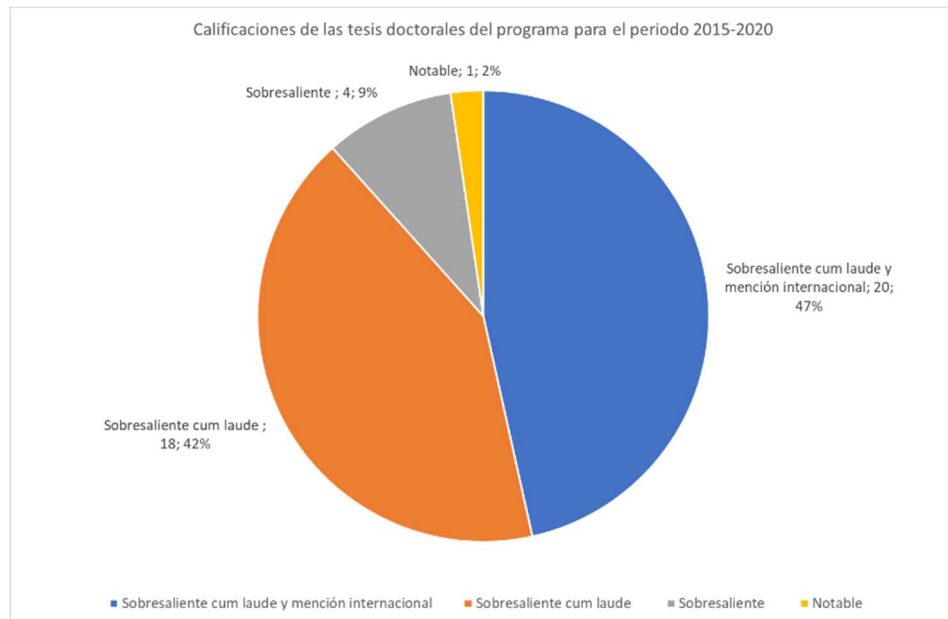


Figura 6.3. Calificación de las tesis doctorales.

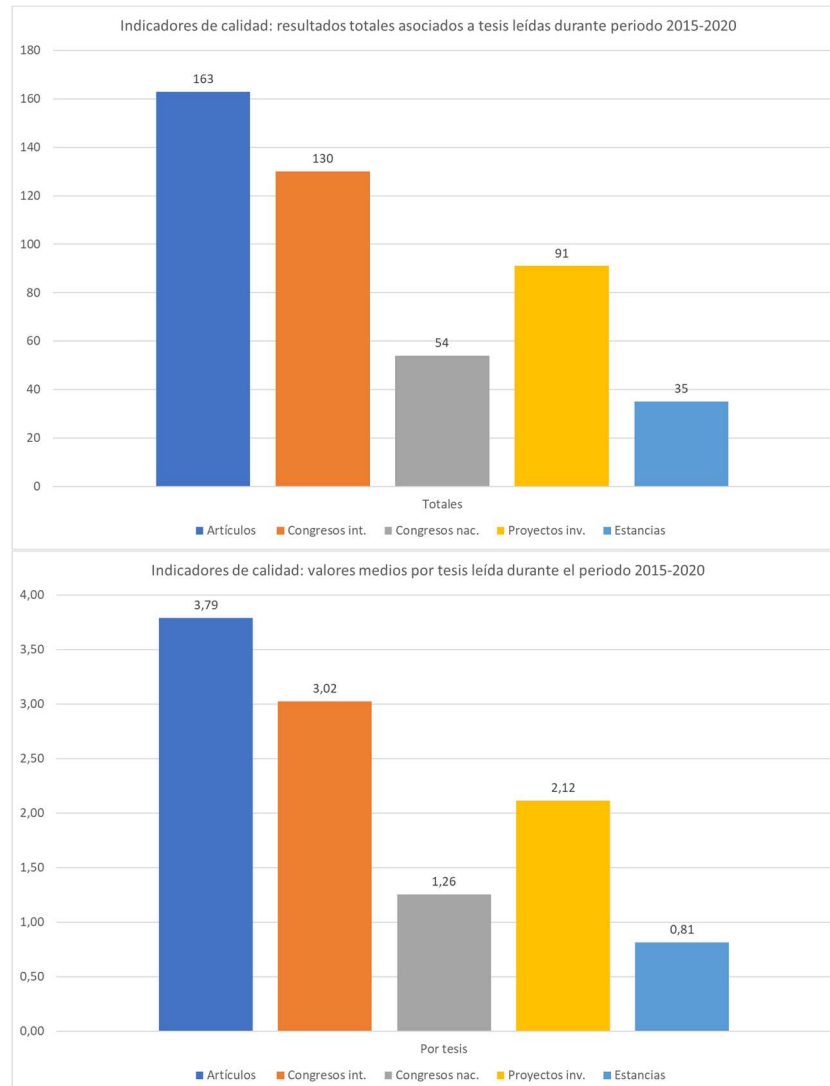


Figura 6.4. Indicadores de calidad de las tesis: totales (arriba) y medios por tesis (abajo).

Todas las tesis defendidas en el programa (salvo las 2 confidenciales, que se mantendrán así durante 2 años) están disponibles públicamente en el archivo digital de UPM y se pueden consultar también en el repositorio de tesis (ver carpeta EOS-12). Es importante destacar que los resultados detallados en las figuras anteriores son a fecha de lectura de las tesis doctorales presentadas, si bien muchas de ellas dan lugar a publicaciones y resultados adicionales posteriores, incluyendo proyectos de investigación competitivos que redundan en la calidad y sostenibilidad del programa doctoral. Como buena práctica, las tesis doctorales suelen incluir un apartado de “aportaciones”, en el que los estudiantes resumen los indicadores de calidad de las mismas, indicadores que en cualquier caso se incorporan también al expediente de los estudiantes en la plataforma “Apolo Tesis” de la UPM.

En lo relativo a la internacionalización del programa, se ha hecho referencia a ella en el criterio 5, al tratar sobre los mecanismos de apoyo a la movilidad de los doctorandos. El grado de internacionalización es excelente, con alrededor de 1 movilidad internacional media por cada tesis defendida por los egresados y 20 tesis calificadas con mención internacional (un 47% del total, ver figura 5.1). Un 49% de los estudiantes realizan al menos 1 estancia internacional, todas ellas financiadas, valor que asciende al 55% si se contemplan también estancias industriales -transectoriales- en empresas nacionales.

Evidentemente dicha internacionalización y su mantenimiento a futuro es posible por los esfuerzos de los propios profesores investigadores en su propia formación a lo largo de la vida y por su vocación por desarrollar proyectos internacionales.

Como consecuencia de la calidad de las tesis doctorales presentadas, cabe citar la concesión a doctorandos del programa de 4 Premios Extraordinarios de Doctorado de la UPM y de otros premios como: el Premio a la Mejor Tesis Doctoral sobre temas relacionados con seguridad y defensa, concedido por la Cátedra Ingeniero General D. Antonio Remón y Zarco de Valle; el Premio Abertis de Investigación sobre Seguridad Vial, concedido por la Cátedra Abertis con UPC-UPM; el Premio Defensa de Investigación, en la Categoría de “Trabajos de Doctorado”, concedido por el Ministerio de Defensa; el Premio Luis de Camoens, concedido por la Universidad Carlos III de Madrid; Premios a Mejores Empresas de Base Tecnológica de Actúa UPM; y Premio a Tecnología Más Innovadora de InnovaTech UPM, además de numerosos premios obtenidos por doctorandos en congresos y simposios nacionales e internacionales y otorgados a sus presentaciones, pósteres y comunicaciones.

De los proyectos seleccionados a modo de muestra (ver Tabla 4) se han desarrollado 14 proyectos internacionales especialmente relevantes por parte de los profesores investigadores del programa (Horizon 2020, ESA, UPM-MIT MISTI, Erasmus Mundus, Erasmus+...). Además, los profesores han participado de forma continuada en convocatorias de movilidad competitivas (becas José Castillejo y Salvador de Madariaga, convocatorias UPM con Asia, UPM-MIT MISTI, programa Atlantis) y realizado estancias de investigación en centros de referencia internacional como el MIT, la Universidad de Tokio, el Instituto de Tecnología de Karlsruhe, la Universidad de Drexel, la Universidad Sapienza de Roma, la Universidad de Pisa, la Universidad de Stanford, la Universidad de Berkeley, el Georgia Tech, la Universidad de Cranfield o la TU de Darmstadt, entre otras instituciones destacadas.

Según se propuso en la memoria de verificación, se emplean herramientas de la web 2.0 (LinkedIn, Researchgate, entre otras) para monitorizar el progreso profesional de los egresados, además de que los directores de tesis mantienen contacto directo con sus doctorandos, siendo habitual que los egresados y los directores continúen su relación a través de nuevos proyectos de investigación relacionados con las tesis. Al menos 4 egresados han trabajado o trabajan en otras 4 spin-offs de UPM, generadas a raíz de investigaciones doctorales o a cuya evolución favorable han contribuido las tesis doctorales del programa (p.e. Bio Optical Detecion S.L., Cedrión: Ingeniería Técnica y Consultoría S.L., AEON-T S.L. y Triboblend S.L.).

Realizado el análisis de empleabilidad de los egresados, es importante destacar un 100% de empleabilidad a 6 meses (con datos recopilados de 37 egresados de un total de 43 ). Está en línea con lo previsto en la memoria de verificación, en la que se proponía alcanzar un 95%, y corresponde en este caso a la evolución esperable, considerando los resultados de los programas de doctorado previos. Además, todos trabajan en actividades de I+D, ingeniería o enseñanza directamente relacionadas con sus estudios doctorales, lo que ayuda a poner de manifiesto el impacto de la formación recibida. 25 egresados (el 78%) trabajan en España y 12 en el extranjero (el 32%). Es importante destacar que el 40% de egresados trabaja en empresas desarrollando actividades de I+D, mientras que un 24% trabaja en centros de I+D, otro 16% en universidades extranjeras, otro 22% en la UPM y el 5% restante en otras universidades españolas. Un 7% compatibiliza actividad en universidad y empresa. Los resultados del análisis de empleabilidad se resumen esquemáticamente en las figuras 6.5 y 6.6.



Figura 6.5. Resumen gráfico de la situación laboral de los egresados.

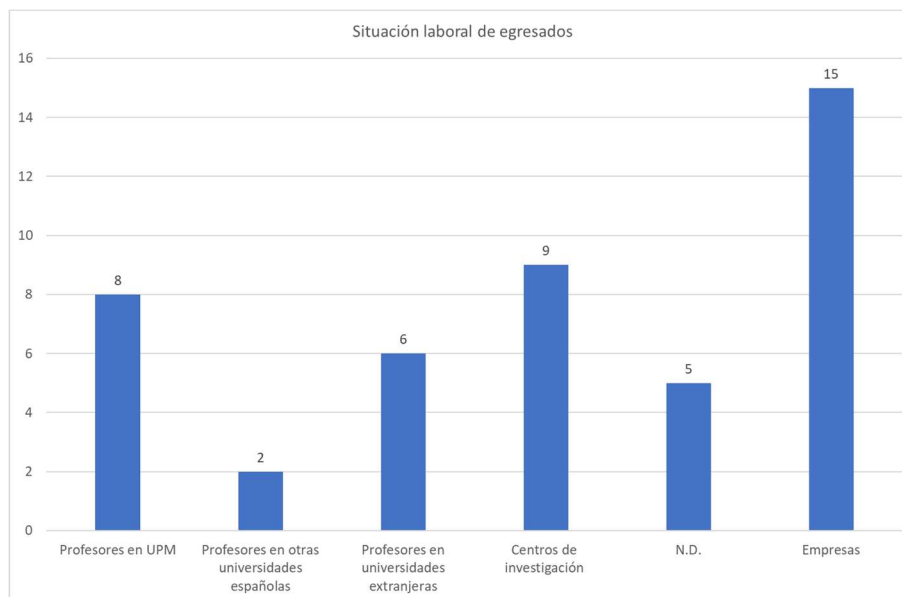


Figura 6.6. Situación laboral de egresados por ámbito laboral.

## VALORACIÓN GLOBAL DEL CRITERIO 6. RESULTADOS:

A

### Justificación de la valoración global del criterio 6. Resultados:

Los resultados obtenidos tras la implantación del Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica de la UPM son destacables, conforme a las previsiones de la memoria de verificación y con mejoras importantes respecto a los programas de doctorado cuya fusión dio origen al programa actual.

La calidad de las tesis doctorales queda acreditada por la exigencia del programa, por el impacto y la cantidad de las publicaciones científico-tecnológicas realizadas en revistas de referencia en las distintas líneas de investigación, por las contribuciones llevadas a cabo en congresos nacionales e internacionales, por haberse desarrollado en proyectos punteros altamente competitivos y por las calificaciones obtenidas en las defensas (47% calificadas como “sobresaliente cum laude con mención internacional” y un 42% adicional calificadas como “sobresaliente cum laude”). Dichas calificaciones se obtienen tras superar unos requisitos previos a la defensa rigurosos, incluso más que los propuestos en las guías de buenas prácticas de la universidad (ver procedimiento de defensa en la carpeta EOS-4 y guías de buenas prácticas en la carpeta EOS-5). Es esperable que los doctorandos empiecen a recibir también menciones industriales en los próximos meses, como consecuencia de los distintos proyectos de doctorados industriales que financian las investigaciones de doctorandos del programa y por la estrecha colaboración entre los profesores investigadores y la realidad industrial.

Todas las líneas de investigación y sus profesores contribuyen al éxito del programa, con tesis doctorales defendidas en las distintas líneas, que están correctamente equilibradas. Dicho equilibrio temático se justifica, no solo por las tesis ya presentadas (Tabla 6 y repositorio en la carpeta EOS-12), sino también por los estudiantes de doctorado activos en las distintas líneas (carpeta EOS-1) y que presentarán tesis a lo largo del presente curso académico.

El esfuerzo realizado por promover la movilidad internacional de los doctorandos ha sido importante: un 49% de los egresados ha realizado estancias en el extranjero, todas ellas financiadas con cargo a proyectos o a convocatorias de la ETSI Industriales o de la UPM. Esta internacionalización ha sido posible, en gran medida, gracias a la participación de los profesores investigadores del programa en múltiples proyectos internacionales y en redes temáticas de apoyo a la I+D+i, en torno a las temáticas de investigación avanzada en ingeniería mecánica.

La empleabilidad de los egresados es absolutamente satisfactoria, con un adecuado balance entre sector público (60%) y privado (40%), entre academia y empresa, pero siempre con dedicación a la I+D en líneas de actuación relacionadas con los estudios doctorales. Consideramos que el Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica proporciona una formación exigente y de calidad, que culmina con doctores capaces de liderar investigaciones al más alto nivel en todos los ámbitos de la ingeniería mecánica, incluso los más emergentes, y que nuestros egresados contribuirán a la reconfigurar la industria actual conforme a las necesidades del futuro.