

D. Javier Alberto Pérez Castán, Secretario del Departamento de Sistemas Aeroespaciales, Transporte Aéreo y Aeropuertos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid,

**CERTIFICA:**

Que, en la 9ª reunión extraordinaria del Consejo de Departamento, celebrada el 25 de febrero de 2020, se adoptaron válidamente los siguientes acuerdos:

- Se aprueba, con 15 votos a favor, ninguno en contra y ninguno en blanco, renovar la plaza de profesor asociado que actualmente ocupa D. Daniel Sánchez Machota.  
Dedicación: Tiempo parcial (6+6)  
Departamento: Sistemas Aeroespaciales, Transporte Aéreo y Aeropuertos  
Área de conocimiento: Ingeniería Aeroespacial  
Perfil: “Navegación Aérea y Cartografía”, “Electrónica y Automática”, “Aviónica”, “Arquitectura de Sistemas de Aviónica” y Sistemas de Navegación Aérea y Aviónica”.
- Se aprueba, con 17 votos a favor, ninguno en contra y ninguna abstención, la solicitud de impartir docencia en los Títulos Propios:
  - “Diploma de Experto en diseño del espacio aéreo y procedimientos de vuelo instrumental”
  - “Formación específica en diseño de procedimientos de vuelo instrumental con navegación convencional”
  - “Formación específica en diseño de procedimientos de vuelo instrumental con navegación de área (PBN)”
  - “Formación específica en diseño de espacio aéreo”a D. Luis Pérez Sanz, D. José Félix Alonso Alarcón, D. Javier Alberto Pérez Castán, D. José María Colás Pulido, D. Fernando Gómez Comendador y D. Eduardo Sánchez Ayra.
- Se aprueba, con 17 votos a favor, ninguno en contra y ninguna abstención, la solicitud de impartir docencia en el “Máster interuniversitario en Gestión de Servicios de Navegación

Aérea” a D. Víctor Fernando Gómez Comendador, D<sup>a</sup>. Rosa M<sup>a</sup> Arnaldo Valdés, D. Luis Pérez Sanz, D. José Félix Alonso Alarcón, D. Javier Crespo Moreno, D. Gustavo Alonso Rodrigo, D. Javier Pérez Castán, D. Eduardo Sánchez Ayra, D. Rafael Alcocer Delicado, D. Jaime Torrecilla Puebla, D. Antonio Peláez Portales, D. Luis Mijares Gordún, D. Daniel Sánchez Machota, D. José M<sup>a</sup> Colás Pulido, D. Alvaro Rodríguez Sanz, D. Victor Gordo Arias.

- Se aprueba, con 17 votos a favor, ninguno en contra y ninguna abstención, la solicitud de renovar docencia en el “Máster en Gestión de Sistemas Aeronáuticos” a D. Álvaro Rodríguez Sanz, D. Ángel París Loreiro, D<sup>a</sup>. Antonia Pacios Álvarez, D. Antonio Peláez Portales, D. Carlos Alfonso Lozano Arribas, D. Daniel Sánchez Machota, D. Eduardo Sánchez Ayra, D. Fernando Gómez Comendador, D. Francisco Fernández Blázquez, D. Gustavo Alonso Rodrigo, D. José Luis Mozo González, D. Luis Mijares Gordún, D. Luis Pérez Sanz, D. Manuel Tarifa Crespo, D. Pedro Blanco Núñez, D<sup>a</sup>. Rosa M<sup>a</sup> Arnaldo Valdés

Madrid, 26 de febrero de 2020

El Director del Departamento



D. José Félix Alonso Alarcón

El Secretario del Departamento



D. Javier Alberto Pérez Castán

## SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE UNA ENSEÑANZA PROPIA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

### I. Memoria Académica

<b>Denominación y tipo</b> ( <i>Máster, Especialización, Experto, Diploma de Extensión Universitaria y F. Específica</i> ) <b>del Título Propio:</b>			
<b>TIPO</b>	<b>NOMBRE DEL TÍTULO PROPIO</b>	<b>CREDITOS ECTS</b>	<b>PRACTICAS CURRICULARES EN EMPRESA</b>
Grado			
Máster	<i>Master Interuniversitario en Gestión de Servicios de Navegación Aérea (SNA)</i>	60	Sí
Especialización			
Experto			
Dip.Ext.Univ.			Sí/ No
F. Específica			

#### Justificación y objetivos de la Titulación:

Se presenta un Programa de formación conjunto entre la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), y promovido por ENAIRE, Ente Público Empresarial dependiente del Ministerio de Transporte, responsable de la prestación de Servicios de Tránsito Aéreo en España.

Se propone un Curso de postgrado (máster de 60 ECTS), orientado a la capacitación profesional de personal de gestión de Proveedores de Navegación Aérea (ANSPs) directamente implicado en:

- Provisión de Servicios de Navegación Aérea, Operaciones y Explotación Técnica
- Sistemas de gestión (Seguridad Operacional y Física, Prevención de Riesgos Laborales, Calidad, Medio Ambiente, Formación, etc.)
- Servicios corporativos (RRHH, planificación, servicios legales, etc.)

A través de la colaboración y patrocinio de ENAIRE, el programa cuenta con el apoyo de organismos internacionales:

- OACI: Organización de Aviación Civil Internacional
- EUROCONTROL: Agencia europea para la Seguridad de la Navegación Aérea.

- CANSO (Civil Air Navigation Service Organization). Organización de proveedores de servicios de Navegación Aérea.

El documento detalla el objetivo y alcance del programa propuesta, la organización académica del mismo y los recursos propuestos para la impartición de la titulación.

La titulación se desarrollará simultáneamente en dos modalidades:

- Presencial, impartida en Madrid, en instalaciones de la UPM, UAM y ENAIRE.
- On-line, accediendo los alumnos a las clases magistrales y acciones formativas a través de las plataformas habilitadas para la titulación.

**JUSTIFICACIÓN**

Se ha realizado un análisis de programas educativos en el ámbito aeronáutico que puedan servir de referencia para el diseño del Master. La principal conclusión de ese análisis es la inexistencia de un producto de estas características a nivel mundial.

**Interés Profesional**

La formación de profesionales de navegación aérea sólo se encuentra armonizada por la OACI a nivel mundial para el caso de los controladores de tráfico aéreo. En otras disciplinas técnicas, tales como el personal de mantenimiento de sistemas (ATSEP) o los operadores de información aeronáutica, algunos Estados requieren de programas de formación para alcanzar las competencias que demandan esos puestos, emitiendo licencias o acreditaciones como evidencia de la formación adquirida para la ejecución de los privilegios asociados.

Fuera del área técnico-operativa, no existen programas formativos especializados en navegación aérea para profesionales. Las universidades imparten formación básica (grado) o especializada (master) para la obtención de titulaciones universitarias de Ingeniería y/o Gestión que, en algunos casos, incluyen el ámbito de la Navegación Aérea, que permite alcanzar unas competencias técnicas y operativas básicas y de especialización.

Por todo lo anterior, se señala que el Master objeto de esta Memoria presenta como principal valor su orientación a profesionales dedicados a la gestión en los proveedores de servicios de navegación aérea.

En este contexto, un instrumento como el Master proporciona los medios para agilizar y mejorar la adquisición de competencias genéricas por parte del personal del proveedor, reduciendo tiempos y facilitando el conocimiento transversal de los proveedores y sus procesos.

**Referentes Externos**

La Tabla 0.1 presenta un listado con programas formativos de interés. El criterio de selección de los mismos ha sido su orientación a profesionales y la inclusión en el temario de aspectos relacionados con la provisión de SNA en proporción relevante. Se han excluido las titulaciones de Grado y los Masters oficiales (Habilitantes o no) de Ingeniería.

CENTRO	TÍTULO	DURACIÓN/ CRÉDITOS	COSTE	HORARIO
Universidad Politécnica de Madrid	<a href="#">Master en Gestión de Sistemas Aeronáuticos</a>	1 Año / 60 ECTS	10.500 €	LMXJV 17:00-21:00
IATA (Canada)	<a href="#">Air Navigation Services Management Diploma</a>	4 cursos de 5 días de duración	3.100 \$ x 4	--
	<a href="#">Air Traffic Services Management Diploma</a>	4 cursos de 5 días de duración	3.100 \$ x 4	--

## ANEXO I

	<a href="#">Quality Management for Civil Aviation Authorities and Air Navigation Service Providers Diploma</a>	4 cursos de 5 días de duración	3.100 \$ x 4	--
Mc Gill University (Canada)	<a href="#">Integrated Aviation Management</a>	10 cursos / 30 créditos	--	--
Singapore Civil Aviation Academy & Cranfield University	<a href="#">Master of Science in Air Transport Management</a>	3 años / 160 Créditos	21.000 £	Módulos presenciales y e-learning

Tabla 0.1. Programas de Formación Similares

### Master en Gestión de Sistemas Aeronáuticos (ETSIAE/UPM)

Se trata de un Título Propio de la UPM que presenta un alto nivel de similitud con las características del Master, pero orientado principalmente a explotadores aeroportuarios..

Está constituido por 14 Cursos de Formación Continua (CFC) de 9 días de duración (36 h) y que pueden realizarse de manera independiente.

### Diplomas IATA en Servicios de Navegación Aérea

IATA ofrece en su catálogo de formación tres diplomas que incluyen los Servicios de Navegación Aérea en su alcance. Como requisito para obtener el certificado se exige realizar 4 cursos, algunos de ellos obligatorios y otros a escoger de una lista.

### Master en Gestión de Transporte Aéreo (Academia de Aviación de Singapur y Universidad de Cranfield)

El Master en Gestión de Transporte Aéreo se imparte conjuntamente por la Academia de Aviación Civil de Singapur y la Universidad de Cranfield. El programa consta de módulos teóricos, un proyecto en equipo y un trabajo de investigación individual.

Este Master no incluye los Servicios de Navegación Aérea en su temario. A pesar de esa carencia, se ha considerado oportuno señalarlo como referencia debido a que es el resultado de la colaboración entre dos entidades de reconocido prestigio internacional.

### OBJETIVOS Y MÉTODOS DE FORMACIÓN

Partiendo de las orientaciones sobre las características de un programa Master y del conjunto de procesos que se desarrollan en el Proveedor de Servicios de Tránsito Aéreo, se han identificado los resultados de aprendizaje a adquirir y las competencias que se pretenden adquirir y evaluar.

En documento aparte se aportan los Resultados de Aprendizaje y Competencias identificadas para la titulación.

### **Modalidad del Título (presencial, semi-presencial, on-line):**

Presencial y on-line, desarrollado de forma paralela

### **Duración:**

Meses: 10 meses (36 semanas)

Horas:420



## ANEXO I

Inicio: Septiembre

Fin: Julio. Plazo adicional de 6 meses para la preparación y defensa del TFM

### Centro y Departamento solicitantes:

Centro: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio.  
Departamento: Sistemas Aeroespaciales, Transporte Aéreo y Aeropuertos.

### Documento acreditativo del compromiso con entidades públicas y/o privadas, y la distribución de horas docentes teóricas y prácticas en dichas entidades :

Convenio firmado con la Universidad Autónoma de Madrid, para el desarrollo conjunto de la titulación, y con ENAIRE, como entidad de colaboración,

### Entidad Gestora:

Fundación General de la UPM

### Nº de plazas ofrecidas:

Número máximo: 25 (presencial) y 25 (on-line)

Número mínimo ( para que el curso sea viable): 5 presenciales y 5 online

### Precio de la matrícula:

Coste del crédito ( aprobado por el Consejo de Gobierno de la UPM): 166

Precio de la matrícula: 10.000 (presencial) / 7.250€ (online)

Reducción de la matrícula por convenio con entidades ajenas a la UPM ( en el caso que exista). Según se refleja en el Convenio, ENAIRE podrá tener plazas en el Máster al portar la cantidad máxima de 106.525 € por curso académico..

### Nº de becas y criterios de asignación:

Becas ofrecidas por entidad ajena a la UPM:

Una vez alcanzado el número mínimo de alumnos necesarios para ser viable el curso, los alumnos que proporciona Enaire están exentos de pago, según se recoge en el Acuerdo firmado

Becas para personal UPM:

Becas ofrecidas con remanentes de ediciones anteriores:

Hasta 3 becas, dependiendo de presupuesto

## ANEXO I

### Criterios de asignación de las becas:

Para la asignación de las becas ofrecidas por ENAIRE , será la entidad pública la que establezca los criterios de asignación.

En las becas ofrecidas por la UPM, con cargo a remanentes de ediciones anteriores, los criterios de aplicación será:

- Formación previa relacionada con los objetivos de la titulación.
- Expediente académico previo en las titulaciones de origen.
- Experiencia profesional relacionada con los objetivos de la titulación.

### Requisitos de acceso y admisión (titulación requerida, otros requisitos)

Para acceder al Máster será necesario estar en posesión de un Título Universitario que permita el acceso a enseñanzas de postgrado.

Los estudiantes que tengan un Título Propio de Grado impartido por la UPM podrán acceder a la titulación

### Criterios de selección:

Con carácter general, para la selección de los candidatos se tendrá en cuenta:

- Formación previa relacionada con los objetivos de la titulación.
- Expediente académico previo en las titulaciones de origen.
- Experiencia profesional relacionada con los objetivos de la titulación.

### Responsables

#### Director(es):

Nombre y apellidos: Victor Fernando Gómez Comendador  
Categoría docente: Profesor Titular de Universidad  
Teléfono: 910675941  
E-mail: fernando.gcomendador@upm.es

#### Secretario:

Nombre y apellidos: Rosa M<sup>a</sup> Arnaldo Valdés  
Categoría docente: Profesor Titular de Universidad

#### Secretaría administrativa:

Contacto (teléfono, e-mail, etc...):  
Nombre Rafael Gutierrez Olivar  
Teléfono  
E-mail rafael.gutierrez@upm.es

#### Comisión Académica:

La comisión académica estará formada por:

- 2 profesores de la UPM.

Victor Fernando Gómez Comendador

Antonio Peláez Portales

- 2 profesores de la UAM

Luis Rubio Andrada

José Luis Ucieda Blanco

- 4 representantes de Enaire

Milagros Gutiérrez Román

Antonio Guerrero Compás

Amalia López Martínez

Pablo Torrejón Plaza

### Plan de Estudios y Planificación docente (se puede adjuntar un pdf con toda la documentación):

#### PLANIFICACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS

##### Estructura

El Master propuesto se denomina “Master en Gestión de Servicios de Navegación Aérea” y se compone de tres módulos, y prácticas curriculares con Trabajo Fin de Máster:

- Módulo I: Fundamentos en Gestión y Planificación de los Servicios de Navegación Aérea
- Módulo II: Gestión de Servicios Corporativos de Navegación Aérea
- Módulo III: Gestión de Servicios Técnico-Operativos de Navegación Aérea
- Prácticas curriculares: Complemento a los módulos previos.
- Módulo IV: Trabajo Fin de Máster

##### Desarrollo del Programa Formativo

Se propone distribuir la carga lectiva según lo expuesto en la Tabla 0.1. De este modo, suponiendo un valor de 10 horas para la actividad docente, el Master contaría con un promedio de 420 horas de clase, a distribuir en las 36 semanas que duraría el curso académico (octubre a junio). Se establecen 12 créditos para prácticas en empresa, correspondientes a unas 300 horas (8 semanas de trabajo).

TAREA	Nº ECTS
Docencia	42
Prácticas Empresa	12
Trabajo de Fin de Master	6
Total	60



Tabla 0.1. Distribución de Créditos ECTS

**Módulo I: Fundamentos de Gestión y Planificación de los SNA**

El primer módulo del Master está formado por una serie de materias de carácter generalista que tienen como propósito establecer un entendimiento común de los SNA, de los usuarios y clientes y de los principales procesos asociados a la planificación y gestión (18 ECTS). El módulo se completa con una unidad didáctica destinada al desarrollo de las habilidades gerenciales. La Tabla 0.2 presenta la organización del módulo, relacionando las unidades didácticas y el número de créditos.

La participación de profesionales experimentados como alumnos al Master implica que algunos de los contenidos pueden ser sobradamente conocidos. Este hecho invitaría a diseñar, desde el principio, unos mecanismos de convalidación basados en la experiencia acreditada y sin que estos mecanismos de convalidación pudieran, en ningún caso, superar más de un porcentaje establecido de las horas totales del Master.

UNIDAD	CONTENIDOS ORIENTATIVOS
Fundamentos de Transporte Aéreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción al Transporte Aéreo</li> <li>• Usuarios del Espacio Aéreo:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aviación Comercial (Operadores Aéreos)</li> <li>○ Aviación General (Operadores de TTAA, Aviación Deportiva, Aviación de Negocios, etc.)</li> <li>○ RPAs</li> <li>○ Otros Usuarios (ej: Elevada Altitud y Espacio)</li> </ul> </li> <li>• Usuarios Terrestres:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aeropuertos</li> <li>○ Aeródromos</li> <li>○ Helipuertos y helisuperficies</li> <li>○ Otros Usuarios</li> </ul> </li> </ul>
Introducción a los SNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización de los SNA</li> <li>• El Sistema de Navegación Aérea</li> <li>• Servicios ATM:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ATFM</li> <li>○ ASM</li> <li>○ ATS</li> </ul> </li> <li>• Servicios CNS</li> <li>• AIS</li> <li>• Servicios de Meteorología Aeronáutica</li> <li>• Servicios de Búsqueda y Salvamento</li> </ul>
Marco Legal e Institucional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marco Institucional de los SNA. Organizaciones y asociaciones internacionales y nacionales</li> <li>• Marco Regulatorio (OACI, UE y nacional)</li> </ul>
Planes y Programas de N.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan Mundial de Navegación Aérea (GANP)</li> <li>• Programa de Cielo Único Europeo</li> <li>• Otras iniciativas</li> </ul>
Planificación de Servicios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentos de la Planificación</li> <li>• Planificación Estratégica y Plan de Vuelo 2020</li> <li>• Planificación de Operaciones ATM</li> <li>• Planificación del Espacio Aéreo</li> <li>• Previsión de la Demanda</li> <li>• Gestión de Proyectos</li> </ul>
Sistemas de Gestión de los SNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principios de Gestión en un ANSP</li> <li>• Sistemas Integrados de Gestión</li> <li>• Calidad en los SNA</li> <li>• Evaluación del Rendimiento</li> <li>• Herramientas de Gestión y Sistemas de Información</li> </ul>
Habilidades Gerenciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicación y liderazgo.</li> <li>• Comunicación intercultural.</li> <li>• Gestión de equipos de trabajo.</li> <li>• Evaluación de potencial y rendimiento de colaboradores.</li> </ul>

- Técnicas de negociación.

Tabla 0.2. Módulo I: Fundamentos para la Gestión de los SNA

**Módulo II: Gestión de Servicios Corporativos de NA**

La especialización en servicios corporativos consta de 5 unidades didácticas (12 ECTS).

UNIDAD DIDÁCTICA	CONTENIDOS ORIENTATIVOS
Gestión Organizativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultura organizativa</li> <li>• Planificación Estratégica. Metodologías y Factores de Éxito</li> <li>• Modelos Organizativos de los SNA</li> <li>• Conceptos CSF y KPI: Gestión por procesos.</li> <li>• Gestión de proyectos.</li> <li>• Estructuras organizativas y sus modelos.</li> <li>• Gestión de procesos de cambio organizativo</li> <li>• Sistemas de Control de Gestión</li> <li>• Auditorías de Gestión</li> <li>• Tendencias: Liberalización, Competencia, Integración, Globalización, Internacionalización, etc.</li> <li>• Transparencia y Buen Gobierno</li> <li>• Responsabilidad Social Corporativa. Agenda 2030. Objetivos de Desarrollo Sostenible</li> <li>• Gestión de la Innovación (Start ups)</li> <li>• Imagen Corporativa</li> <li>• Comunicación Externa y Redes Sociales</li> </ul>
Economía del Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principios de Economía del Transporte</li> <li>• Producción de las Actividades de Transporte</li> <li>• El Mercado de Transporte Aéreo</li> <li>• Efectos Externos del Transporte Aéreo</li> </ul>
Gestión Económica de los SNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulación económica de los SNA</li> <li>• Tasas de ruta y aproximación</li> <li>• Oficina de Tasas de Ruta de Eurocontrol (CRCO).</li> </ul>
Principios de Contabilidad, Inversiones y Financiación de los SNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentos de contabilidad.</li> <li>• Cuentas de resultados.</li> <li>• Lectura e interpretación de balances.</li> <li>• Evaluación financiera de proyectos de inversión.</li> <li>• Preparación de presupuestos y balances previsionales.</li> <li>• Instrumentos financieros y operaciones de cobertura</li> <li>• Fuentes de Financiación</li> </ul>
Planificación y Gestión de RRHH	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamentación aplicable al personal de los SNA</li> <li>• Procesos de instrucción para el personal de los SNA</li> <li>• Criterios para la definición de perfiles y puestos de trabajo.</li> <li>• Gestión del reclutamiento y selección.</li> <li>• Carga de trabajo y planificación de recursos.</li> <li>• Definición de carreras profesionales.</li> <li>• Planificación de formación en situaciones de cambio.</li> <li>• Employer Branding y Relaciones Laborales</li> <li>• Prevención de Riesgos Laborales</li> </ul>

Tabla 0.3. Módulo II: Gestión de Servicios Corporativos de NA

**Módulo III: Gestión de Servicios Técnico-Operativos**

La especialización en servicios técnico-operativos consta de 7 unidades didácticas (12 ECTS)

UNIDAD DIDÁCTICA	CONTENIDOS ORIENTATIVOS
Gestión de Operaciones y Espacio Aéreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma de Decisiones en Colaboración Avanzada (A-CDM)</li> <li>• Vehículos Tripulados Sin Piloto y Espacio Aereo Tipo U</li> <li>• Gestión de Capacidad ATC (espacio aéreo y tierra)</li> <li>• Navegación Basada en Rendimiento (PBN)</li> </ul>

Gestión Técnica de los Sistemas de Navegación Aérea	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas de Vigilancia</li> <li>● Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas</li> <li>● Sistema de Comunicaciones Voz (VCS)</li> <li>● Sistemas de Comunicaciones Voz sobre Protocolo IP</li> <li>● Sistemas de Mensajería Electrónica Aeronáutica (AMHS)</li> <li>● Sistema de Gestión de Información Amplia (SWIM)</li> <li>● Sistema de Comunicación mediante Enlace de Datos (VDL)</li> <li>● Sistemas Automatizados ATM</li> </ul>	2
Gestión de la Información Aeronáutica	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Del AIS al AIM</li> <li>● Reglamentación Aplicable</li> <li>● Calidad de Datos Aeronáuticos</li> </ul>	2
Seguridad Operacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fundamentos de Seguridad</li> <li>● Cultura de Seguridad</li> <li>● Gestión de Cambios</li> <li>● Sistemas de Reporte</li> <li>● Investigaciones de Seguridad</li> </ul>	1,5
Factores Humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fundamentos de Factores Humanos</li> <li>● Aplicación Holística a un Proveedor de Servicios de Navegación Aérea</li> <li>● Métodos Aplicables</li> <li>● Estándar de Excelencia de CANSO</li> </ul>	1,5
Seguridad Física	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fundamentos de la Seguridad Física</li> <li>● Ciberseguridad</li> <li>● Sistema de Gestión de la Seguridad Física</li> </ul>	1
Medio Ambiente en los SNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fundamentos del Medio Ambiente</li> <li>● Sostenibilidad Ambiental</li> <li>● Procedimientos de Atenuación de Ruidos</li> <li>● Control de Emisiones</li> <li>● Procedimientos de Vuelo</li> </ul>	1,5

Tabla 0.4. Módulo III: Gestión de Servicios Técnico-Operativos de N.A.

### Prácticas Profesionales

Una vez finalizados los módulos avanzados, el alumno realizará prácticas profesionales en Departamentos de ENAIRE relacionados con el contenido de los módulos. El trabajo del alumno tendrá como tutor académico un profesor del Máster, además de contar con un tutor profesional de la unidad de ENAIRE. Las prácticas requieren la aprobación previa por parte del tutor.

Previamente al inicio, el alumno habrá realizado una solicitud justificando sus intereses particulares, y sobre la cual se propondrá una práctica profesional adecuada a los intereses y expectativas del alumno. Al finalizar las prácticas, el alumno presentará una memoria donde expondrá las responsabilidades asumidas y los resultados conseguidos. La memoria incluirá conclusiones y comentarios valorando la utilidad de la actividad y el trabajo de los profesionales con los que ha realizado las prácticas.

En el caso que el alumno tenga una experiencia profesional previa, que pueda adecuarse a los objetivos del Máster, obtendrá un reconocimiento del periodo de prácticas, realizando un informe profesional relacionado con su actividad profesional.

### Módulo IV: Trabajo Fin de Master

El Trabajo Fin de Master es el último módulo del programa y tiene un valor de 6 ECTS. Consistirá en el desarrollo de un caso que podrá ser de tipo investigación aplicada o tecnológico operativo, siempre relacionado con la provisión de servicios de navegación aérea. En este trabajo los alumnos desarrollarán una solución integral como respuesta a los requerimientos de los usuarios y clientes, el estado del arte de los SNA y la necesidad de optimizar los procesos, etc.

## ANEXO I

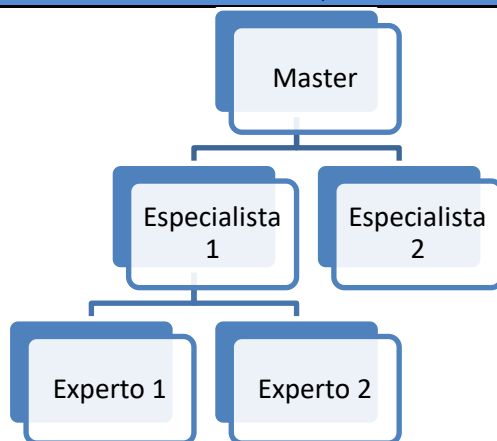
Todos los TFM se realizan de forma individual, no permitiéndose la formación de grupos, talleres o equipos. En los que casos en los que varios proyectos versen sobre temas estrechamente relacionados, cada estudiante deberá presentar un proyecto completo, de forma que su viabilidad sea independiente de que el resto de proyectos relacionados se completen o no.

La matriculación en el TFM presupone la aceptación del proyecto, y da derecho al alumno a ser asignado a un tutor.

El TFM se defenderá ante un tribunal compuesto por tres profesores del Máster. El alumno presentará el trabajo y el tribunal realizará las preguntas necesarias para aclarar posibles dudas.

Se adjunta documento aparte con la planificación docente, Competencias y Resultados de Aprendizaje

**Para las enseñanzas propias con estructura modular, incluir el esquema que constituye la enseñanza, indicando expresamente el nombre y tipologías de cada curso que constituye la enseñanza superior. (Estos aspectos deben estar claramente expuestos en la memoria del Plan de Estudios).**

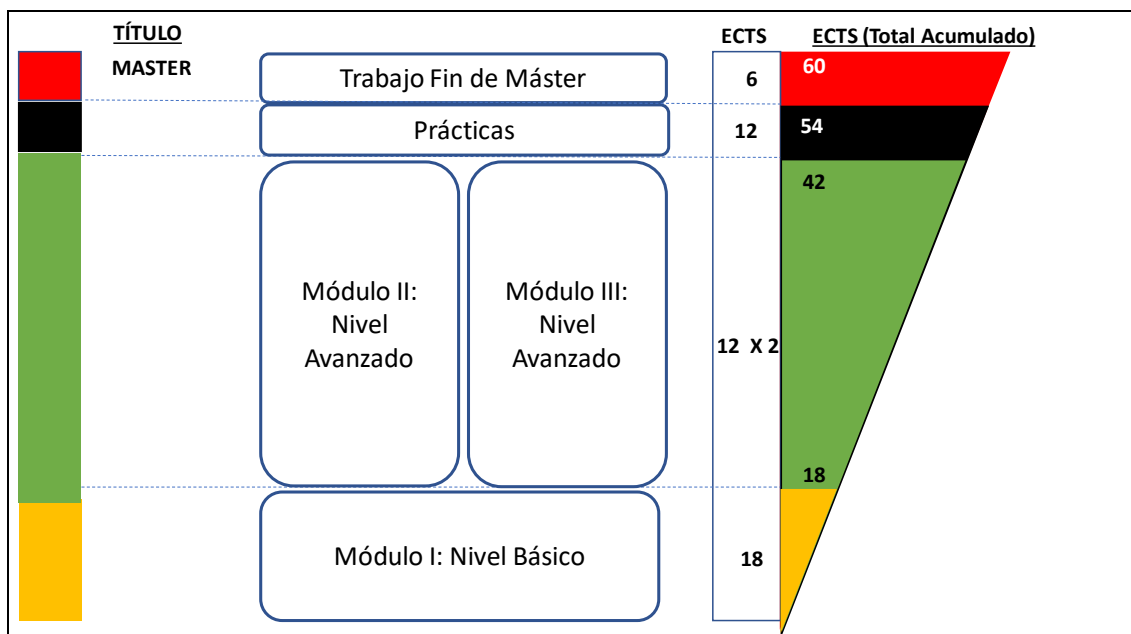


Se adjunta en documento aparte el detalle de los módulos de la titulación:

Se compone de los siguientes módulos:

- Módulo I: Fundamentos en Gestión y Planificación de los Servicios de Navegación Aérea
- Módulo II: Gestión de Servicios Corporativos de Navegación Aérea
- Módulo III: Gestión de Servicios Técnico-Operativos de Navegación Aérea
- Prácticas curriculares: Complemento a los módulos previos.
- Módulo IV: Trabajo Fin de Máster

## ANEXO I



### Seguimiento y evaluación, indicando como se realiza cuando el curso no es presencial (exámenes escritos, orales, ejercicios, trabajos, proyecto final...).

Sistema y Criterios de Evaluación:

Se establece un proceso de evaluación basado en el desarrollo de proyectos específicos de cada una de las materias impartidas, con la aplicación en casos y escenarios concretos que reflejen la consecución de los objetivos de cada una de las materias.

Asistencia mínima exigida:

Se establece una asistencia mínima del 90% de las horas planificadas en la titulación

### Profesorado. Indicar créditos impartidos por profesor. Adjuntar breve Currículum Vitae de todos los profesores propuestos no pertenecientes a la UPM, con la firma de su aceptación. Para los profesores de la UPM indicar su categoría docente y adjuntar la autorización del Departamento(s) a los que pertenezcan:

Se adjunta documento aparte con el profesorado de la titulación, distinguiendo:

- Profesores UPM: imparten 22 ECTS de la titulación,
- Profesores UAM: imparten 20 ECTS de la titulación
- Profesionales externos a ambas universidades: imparten 18 ECTS de la titulación

### RECURSOS MATERIALES

El director académico se hace responsable de la reserva del uso de medios propios de la Escuela, Facultad, Centro o Instituto.

#### Lugar de impartición previsto para las sesiones presenciales

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio y Oficinas de ENAIRE

### Descripción de recursos online:

Acceso a la plataforma de enseñanza moodle para títulos propios.

- Laboratorios virtuales*
- 
- 

### RECURSOS TECNOLÓGICOS

La dirección académica del curso tendrá a su disposición los siguientes recursos tecnológicos de la UPM:

#### Cuentas de email

Alta de cuentas administrativas de email necesarias para la gestión del título propio			
<b>Cuentas de email necesarias</b>	Cuentas de email	necesarias en formato	
	master.xxxxxx@upm.es,	especialista.xxxxxx@upm.es	o
	<a href="mailto:experto.xxxxxx@upm.es">experto.xxxxxx@upm.es</a>		

master.gсна@upm.es

#### Servicio de Redirección Web

Redirección desde <a href="http://www.upm.es">www.upm.es</a> a la página web del Título Propio. Se establecerá la redirección cuando la página web del programa esté activa.
--

#### Páginas

<b>Web del Título</b>	Dirección Web del Título de Propio (URL) y fecha de puesta en marcha de la página
<b>Dirección de la redirección</b>	Especifique la dirección desde la cual quiere hacer la redirección a su Página Web en formato http://www.upm.es/master/xxxxxx , http://www.upm.es/especialista/xxxxxx o http://www.upm.es/experto/xxxxxx

#### APOLO – Títulos Propios

<b>APOLO – Títulos Propios</b> es el sistema informático que le permite:
--

- Especificar la información necesaria del título propio para la Web de la UPM
- Sistema de Admisión de alumnos

Desde el Vicerrectorado responsable de los asuntos académicos se solicitará al Director o Secretario Académico del título propio la información necesaria para la configuración de <b>APOLO – Títulos Propios</b> .
---



## ANEXO I

---

### Universitas XXI - Académico

**Universitas XXI – Académico (AGORA)** es el Sistema de Matriculación de la UPM. Desde el Vicerrectorado de Servicios Tecnológicos se solicitará al Director o Secretario Académico del título propio la información necesaria para la configuración del Sistema de Matriculación.

Firma del Director del Curso:

Fecha:

Firma del Director/Decano del Centro:

Fecha:

***SE DEBEN ADJUNTAR TODOS LOS ACUERDOS QUE SE INDICAN EN LA NORMATIVA***

## 1.1 Universidad Politécnica de Madrid.

Los profesores de la UPM que participan en la titulación son:

PROFESOR	CATEGORIA DOCENTE	DEPARTAMENTO	ECTS
Victor Fernando Gómez Comendador	PTU	SATAA (*)	3
Rosa Mª Arnaldo Valdés	PTU	SATAA (*)	3
Luis Pérez Sanz	PTU	SATAA (*)	1,5
Jose Félix Alonso Alarcón	PTU	SATAA (*)	2
Javier Crespo Moreno	PTU	SATAA (*)	2
Gustavo Alonso Rodrigo	PTU	SATAA (*)	1,5
Javier Pérez Castán	P Ayudante Doctor	SATAA (*)	1,5
Eduardo Sánchez Ayra	P Asociado	SATAA (*)	1
Rafael Alcocer Delicado	P Asociado	SATAA (*)	0,5
Jaime Torrecilla Puebla	P Asociado	SATAA (*)	1
Antonio Peláez Portales	P Asociado	SATAA (*)	1
Luis Mijares Gordún	P Asociado	SATAA (*)	1
Daniel Sánchez Machota	P Asociado	SATAA (*)	1
Jose Mª Colás Pulido	P Asociado	SATAA (*)	0,5
Alvaro Rodríguez Sanz	P Asociado	SATAA (*)	1
Victor Gordo Arias	P Asociado	SATAA (*)	0,5
TOTAL ECTS personal UPM			22

(\*) SATAA: Departamento de Sistemas Aeroespaciales, Transporte Aéreo y Aeropuertos

Tabla 6.1. Profesorado UPM.

## 1.2 Universidad Autónoma de Madrid

Por parte de la UAM, los profesores participantes son:

PROFESOR	CATEGORIA DOCENTE	DEPARTAMENTO	ECTS
Luis Rubio Andrada	PCD	Economía Aplicada	2
José Luis Ucieda Blanco	PTU	Contabilidad	6
María Escat Cortés	P Asociado	Organización de Empresas	6
Abel Jiménez Crisóstomo	P Asociado	Economía Aplicada	6
TOTAL ECTS personal UAM			20

Tabla 6.2. Profesorado UAM.

## 1.3 Profesores externos.

Adicionalmente se cuenta con la participación de profesionales expertos en las diferentes materias, que apoyan para la consecución de los objetivos. La siguiente tabla recoge el conjunto de profesores, con el módulo en el que participan. El anexo 1 recopila un breve Curriculum Vitae de estos profesores.

PROFESOR	MODULO	ECTS
Julio Olavarría Fernandez	Módulo I: Básico	1,5
Manuel García Martín	Módulo I: Básico	0.5
Ángel Crespo Pérez	Módulo I: Básico	1
David Fanego Otero	Módulo I: Básico	1
Estibaliz Salazar Fernández	Módulo I: Básico	1
Javier Martínez Pérez	Módulo I: Básico	0,5
Juan Antonio Lombo Moruno	Módulo I: Básico	1
Óscar Royano Vera	Módulo I: Básico	1
Nuria Segovia Medina	Módulo I: Básico	1
Arturo Benito Ruiz de Villa	Modulo I y II	3
José Sánchez-Alarcos Ballesteros	Módulo II. Avanzado	2
Alejandro Muñiz	Módulo II. Avanzado	1
Eduardo Abia Nuño	Módulo II. Avanzado	0.5
Agustin García	Módulo II. Avanzado	1
Mar Anierte García	Módulo II. Avanzado	1
Jesús Garcia Cano	Módulo II. Avanzado	1
TOTAL ECTS personal externo		18

Tabla 6.3. Profesorado externo a las universidades.

## ANEXO II

## II. Memoria Económica

DENOMINACIÓN DEL TÍTULO PROPIO	AÑO
<b>MASTER EN GESTION DE SERVICIOS DE NAVEGACIÓN AÉREO (SNA)</b>	
Nº de Alumnos sin beca presencial	12
Nº de Alumnos sin beca on line	10
Nº de Alumnos presencial de ENAIRE con reduccion de matrícula recogido en convenio UPM/UAM/ENAIRE	13
Nº de Alumnos on line de ENAIRE con reduccion de matrícula recogido en convenio UPM/UAM/ENAIRE	15
Nº de Alumnos presencial de otras organizaciones con reduccion de matrícula recogido en convenio UPM/UAM/ENAIRE	0
Nº de Alumnos on line de otras organizaciones con reduccion de matrícula recogido en convenio UPM/UAM/ENAIRE	0
Nº de Alumnos con beca parcial	
Nº de Alumnos con beca completa	
Nº de Alumnos con beca parcial o total con remanentes	
Nº de Alumnos con beca completa de UPM ( máximo 2)	
Nº Total de alumnos	50

**GASTOS**

<b>Canon del total de los ingresos a favor de la UPM:</b>	<b>24.255,00 €</b>
Canon 15% desglosado:	
UPM ( 4,5 %)	
Entidad Gestora (4,5%)	
Centro Organizador (4,2 %)	
Departamento Organizador ( 1,8 %)	
<b>Retribuciones del Director, Secretario del curso y de los profesores:</b>	<b>63.750,00 €</b>
Director/es:	0,00 €
Secretario	0,00 €
Profesorado	63.750,00 €
<b>Viajes, alojamientos y mantenimientos:</b>	<b>0,00 €</b>
<b>Gastos de secretaría:</b>	<b>6.000,00 €</b>
<b>Gastos de material fungible:</b>	<b>0,00 €</b>
<b>Gastos de material didáctico:</b>	<b>0,00 €</b>
<b>Gastos de publicidad y propaganda del curso:</b>	<b>0,00 €</b>
<b>Gastos de títulos y seguros</b>	<b>9.018,50 €</b>
<b>Coste de las becas concedidas ( solo las no reflejadas en ingresos, y que no supongan entrada monetaria, excepto las concedidas por la UPM)</b>	
Gastos UAM	30.800,00 €
Canon Enaire	58.231,25 €
<b>TOTAL DE GASTOS:</b>	<b>192.054,75 €</b>

**INGRESOS**

<b>Ingreso total de las matrículas:</b>	<b>192.500,00 €</b>
Importe de la matrícula por Alumno presencial:	10.000,00 €
Importe de la matrícula por Alumno on line	7.250,00 €
Importe de matrícula presencial reducida a alumnos de ENAIRE	0,00 €
Importe de matrícula on line reducida a alumnos de ENAIRE	0,00 €
Importe de matrícula presencial reducida a alumnos de otras organizaciones	9.000,00 €
Importe de matrícula on line reducida a alumnos de otras organizaciones	6.525,00 €
Importe de la beca parcial	
Importe de las becas completas	
Importe de las becas con remanentes	
<b>Subvenciones otorgadas por entidades públicas o privadas:</b>	<b>0,00 €</b>
<b>Otros ingresos:</b>	
<b>TOTAL DE INGRESOS: (por matrícula+subvenciones+ otros ingresos)</b>	<b>192.500,00 €</b>

**RESUMEN DE INGRESOS Y GASTOS**

<b>TOTAL DE INGRESOS:</b>	<b>192.500,00 €</b>
<b>TOTAL DE GASTOS:</b>	<b>192.054,75 €</b>
<b>RESULTADO FINAL:</b>	<b>445,25 €</b>

**OTRA INFORMACIÓN****Número mínimo de alumnos que inicia el curso**Indicar el nº mínimo con el que Ingresos totales- Gastos totales= 0 **50 (25 pres y 25 online)****Posibilidad de aplazamientos en el pago (Marque lo que proceda)**SI  
NO**Firma del Director del Curso:**

Fecha:

**Vº Bº del Director/Decano del Centro y Departamento solicitantes del Curso:**

Fecha:



## **ACUERDOS ADOPTADOS EN LA VIGESIMOCTAVA SESIÓN DE LA JUNTA DE ESCUELA DE LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AERONÁUTICA Y DEL ESPACIO CELEBRADA EL 28 DE FEBRERO DE 2020.**

Doña Rosa María Arnaldo Valdés, Secretaria de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio

### **CERTIFICA:**

Que en la sesión ordinaria de la **JUNTA DE ESCUELA** de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio celebrada, previa convocatoria, el día **28 de febrero de 2020**, se adoptaron válidamente los siguientes acuerdos:

- Aprobar el Acta de la sesión anterior.
- Informar favorablemente las solicitudes de renovación de los contratos siguientes:
  - **Ayudantes:**
    - Chávez Módena, Miguel.
    - Fernández Fraile, José Javier.
    - Sánchez Ramos, Irene.
  - **Profesores Ayudante Doctor:**
    - Rodríguez Álvarez, Daniel.
    - Martínez Ruiz, Daniel.
  - **Profesores Asociados:**
    - Castejón Solanas, Fernando.
    - García Martínez, Juan.
    - Sancho Ponce, Jorge.
    - Sanchez Machota Daniel.
- Informar favorablemente la propuesta de convocatoria a concurso de la siguiente plaza a través del Programa Echegaray, con su respectiva Comisión de Selección:

### **Departamento de Matemática Aplicada a la Ingeniería Aeroespacial**

- Una plaza de Profesor Contratado Doctor I3 en el Área de Conocimiento de Matemática Aplicada y docencia en "Informática", "Matemáticas II", "Calculo Numérico". Actividad investigadora: Ingeniería y Tecnología Aeronáuticas (Código UNESCO 3301). Otras Especialidades Matemáticas: Análisis de estabilidad y modelos de orden reducido en aerodinámica y aeroacústica (Código UNESCO 1299).
- Aprobar el presupuesto 2020 de la ETSIAE.
- Aprobar el Plan Anual de Calidad 2019-2020 y el Manual de Calidad.
- La emisión de informe favorable a la propuesta del Departamento de Materiales y Producción Aeroespacial para el reconocimiento de Profesor "Ad Honorem" de D. José María Badía Pérez.
- La emisión de informe favorable a la propuesta del Departamento de Mecánica de Fluidos y Propulsión aeroespacial para el reconocimiento de Profesor "Ad Honorem" de D. Rafael Gómez Blanco.
- La emisión de informe favorable a la propuesta del Departamento Física Aplicada a las Ingenierías Aeronáutica y Naval de para el reconocimiento de Profesor "Ad Honorem" de D. José Francisco Palacín Soteras.

**POLITÉCNICA**

- Aprobar los Informes Académicos de Titulación del GIA (Grado en Ingeniería Aeroespacial), GYOTA (Grado en Gestión Y Operaciones del Transporte Aéreo), MUIA (Master universitario en Ingeniería Aeronáutica) y MUSTA (Master Universitario en Sistemas del Transporte Aéreo).
- Informar favorablemente la solicitud de impartición de los siguientes Títulos Propios:
  - Curso de Formación Específica en “Diseño de Espacio Aéreo”;
  - Curso de Formación Específica en “Diseño de procedimientos de vuelo instrumental con navegación convencional”;
  - Curso de Formación Específica en “Diseño de procedimientos de vuelo instrumental con navegación de área (PBN)”;
  - Curso de Experto en “Diseño de espacio aéreo y procedimientos de vuelo Instrumental”;
  - Curso de Experto en “Fundamentos de Gestión de los Servicios de Navegación Aérea”;
  - Curso de Especialización en Gestión de Servicios técnicos y corporativos de Navegación Aérea;
  - Master Interuniversitario en Gestión de Servicios de Navegación Aérea (SNA).

Madrid, 5 de marzo de 2020

Vº Bº

LA DIRECTORA

***Firmado***

Cristina Cuerno Rejado

LA SECRETARIA

***Firmado***

Rosa María Arnaldo Valdés



D. Javier Alberto Pérez Castán, Secretario del Departamento de Sistemas Aeroespaciales, Transporte Aéreo y Aeropuertos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid,

**CERTIFICA:**

Que, en la 9ª reunión extraordinaria del Consejo de Departamento, celebrada el 25 de febrero de 2020, se adoptaron válidamente los siguientes acuerdos:

- Se aprueba, con 15 votos a favor, ninguno en contra y ninguno en blanco, renovar la plaza de profesor asociado que actualmente ocupa D. Daniel Sánchez Machota.  
Dedicación: Tiempo parcial (6+6)  
Departamento: Sistemas Aeroespaciales, Transporte Aéreo y Aeropuertos  
Área de conocimiento: Ingeniería Aeroespacial  
Perfil: “Navegación Aérea y Cartografía”, “Electrónica y Automática”, “Aviónica”, “Arquitectura de Sistemas de Aviónica” y Sistemas de Navegación Aérea y Aviónica”.
- Se aprueba, con 17 votos a favor, ninguno en contra y ninguna abstención, la solicitud de impartir docencia en los Títulos Propios:
  - “Diploma de Experto en diseño del espacio aéreo y procedimientos de vuelo instrumental”
  - “Formación específica en diseño de procedimientos de vuelo instrumental con navegación convencional”
  - “Formación específica en diseño de procedimientos de vuelo instrumental con navegación de área (PBN)”
  - “Formación específica en diseño de espacio aéreo”a D. Luis Pérez Sanz, D. José Félix Alonso Alarcón, D. Javier Alberto Pérez Castán, D. José María Colás Pulido, D. Fernando Gómez Comendador y D. Eduardo Sánchez Ayra.
- Se aprueba, con 17 votos a favor, ninguno en contra y ninguna abstención, la solicitud de impartir docencia en el “Máster interuniversitario en Gestión de Servicios de Navegación

Aérea” a D. Víctor Fernando Gómez Comendador, D<sup>a</sup>. Rosa M<sup>a</sup> Arnaldo Valdés, D. Luis Pérez Sanz, D. José Félix Alonso Alarcón, D. Javier Crespo Moreno, D. Gustavo Alonso Rodrigo, D. Javier Pérez Castán, D. Eduardo Sánchez Ayra, D. Rafael Alcocer Delicado, D. Jaime Torrecilla Puebla, D. Antonio Peláez Portales, D. Luis Mijares Gordún, D. Daniel Sánchez Machota, D. José M<sup>a</sup> Colás Pulido, D. Alvaro Rodríguez Sanz, D. Victor Gordo Arias.

- Se aprueba, con 17 votos a favor, ninguno en contra y ninguna abstención, la solicitud de renovar docencia en el “Máster en Gestión de Sistemas Aeronáuticos” a D. Álvaro Rodríguez Sanz, D. Ángel París Loreiro, D<sup>a</sup>. Antonia Pacios Álvarez, D. Antonio Peláez Portales, D. Carlos Alfonso Lozano Arribas, D. Daniel Sánchez Machota, D. Eduardo Sánchez Ayra, D. Fernando Gómez Comendador, D. Francisco Fernández Blázquez, D. Gustavo Alonso Rodrigo, D. José Luis Mozo González, D. Luis Mijares Gordún, D. Luis Pérez Sanz, D. Manuel Tarifa Crespo, D. Pedro Blanco Núñez, D<sup>a</sup>. Rosa M<sup>a</sup> Arnaldo Valdés

Madrid, 26 de febrero de 2020

El Director del Departamento



D. José Félix Alonso Alarcón

El Secretario del Departamento



D. Javier Alberto Pérez Castán



## ANEXO I

---

### **Duración:**

Meses:

Horas:

Inicio:

Fin:

### **Centro y Departamento solicitantes:**

### **Documento acreditativo del compromiso con entidades públicas y/o privadas, y la distribución de horas docentes teóricas y prácticas en dichas entidades :**

### **Entidad Gestora:**

### **Nº de plazas ofrecidas:**

Número máximo:

Número mínimo ( para que el curso sea viable):

### **Precio de la matrícula:**

Coste del crédito ( aprobado por el Consejo de Gobierno de la UPM)

Precio de la matrícula:

Reducción de la matrícula por convenio con entidades ajenas a la UPM ( en el caso que exista) :

## ANEXO I

---

### **Nº de becas y criterios de asignación:**

Becas ofrecidas por entidad ajena a la UPM:

Becas para personal UPM:

Becas ofrecidas con remanentes de ediciones anteriores:

Criterios de asignación de las becas:

### **Requisitos de acceso y admisión (titulación requerida, otros requisitos)**

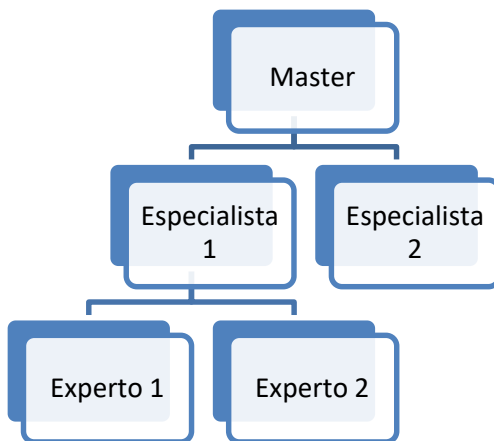
### **Criterios de selección:**





**Plan de Estudios y Planificación docente (se puede adjuntar un pdf con toda la documentación):**

**Para las enseñanzas propias con estructura modular, incluir el esquema que constituye la enseñanza, indicando expresamente el nombre y tipologías de cada curso que constituye la enseñanza superior.(Estos aspectos deben estar claramente expuestos en la memoria del Plan de Estudios).**



**Seguimiento y evaluación, indicando como se realiza cuando el curso no es presencial (exámenes escritos, orales, ejercicios, trabajos, proyecto final....).**

Sistema y Criterios de Evaluación:

Asistencia mínima exigida:

**Profesorado. Indicar créditos impartidos por profesor. Adjuntar breve Currículum Vitae de todos los profesores propuestos no pertenecientes a la UPM, con la firma de su aceptación. Para los profesores de la UPM indicar su categoría docente y adjuntar la autorización del Departamento(s) a los que pertenezcan:**

--

**RECURSOS MATERIALES**

El director académico se hace responsable de la reserva del uso de medios propios de la Escuela, Facultad, Centro o Instituto.

**Lugar de impartición previsto para las sesiones presenciales**

--

**Descripción de recursos online:**

**RECURSOS TECNOLÓGICOS**

La dirección académica del curso tendrá a su disposición los siguientes recursos tecnológicos de la UPM:

**Cuentas de email**

Alta de cuentas administrativas de email necesarias para la gestión del título propio

**Cuentas de email necesarias** Cuentas de email necesarias en formato master.xxxxxx@upm.es, especialista.xxxxxx@upm.es o [experto.xxxxxx@upm.es](mailto:experto.xxxxxx@upm.es)

**Servicio de Redirección Web**

Redirección desde www.upm.es a la página web del Título Propio. Se establecerá la redirección cuando la página web del programa esté activa.

**Páginas Web del Título** Dirección Web del Título de Propio (URL) y fecha de puesta en marcha de la página

**Dirección de la redirección** Especifique la dirección desde la cual quiere hacer la redirección a su Página Web en formato <http://www.upm.es/master/xxxxxx> , <http://www.upm.es/especialista/xxxxxx> o <http://www.upm.es/experto/xxxxxx>

**APOLO – Títulos Propios**

**APOLO – Títulos Propios** es el sistema informático que le permite:

- Especificar la información necesaria del título propio para la Web de la UPM
- Sistema de Admisión de alumnos

Desde el Vicerrectorado responsable de los asuntos académicos se solicitará al Director o Secretario Académico del título propio la información necesaria para la configuración de **APOLO – Títulos Propios**.

**Universitas XXI - Académico**

**Universitas XXI – Académico (AGORA)** es el Sistema de Matriculación de la UPM. Desde el Vicerrectorado de Servicios Tecnológicos se solicitará al Director o Secretario Académico del título propio la información necesaria para la configuración del Sistema de Matriculación.

Firma del Director del Curso:

Fecha:

Firma del Director/Decano del Centro:

Fecha:

**SE DEBEN ADJUNTAR TODOS LOS ACUERDOS QUE SE INDICAN EN LA NORMATIVA**

# Master en Quantum Computing Technology

## Memoria académica (17 de septiembre de 2020)

### 1. Estructura del Máster

**Título:** Título Propio de Máster por la Universidad Politécnica de Madrid en Quantum Computing Technology



### 2. Características del Máster

- ✚ Máster en inglés
- ✚ Clases online
- ✚ Evaluación online
- ✚ Máster con una marcada orientación práctica: 30 créditos prácticos, asignaturas prácticas (18) + TFM (12), y evaluación mediante trabajos del resto de las asignaturas (peso medio de los trabajos superior al 50%).
- ✚ Perfiles de ingreso:
  - ❖ Perfil 1: Graduados o ingenieros informáticos
  - ❖ Perfil 2: Graduados o licenciados en Matemáticas
  - ❖ Perfil 3: Graduados o licenciados en Física
  - ❖ Perfil 4: Graduados o ingenieros industriales o de telecomunicaciones

- ✚ Módulo de adaptación (previo al inicio del Máster):
  - ❖ Perfil 1: algebra lineal, operadores y postulados de la mecánica cuántica
  - ❖ Perfil 2: programación, algorítmica y fundamentos de ingeniería del software y postulados de la mecánica cuántica
  - ❖ Perfil 3: programación, algorítmica y fundamentos de ingeniería del software
  - ❖ Perfil 4: programación, algorítmica y fundamentos de ingeniería del software, operadores y postulados de la mecánica cuántica
  
- ✚ Objetivos del Master:
  - ❖ Dar una formación básica solvente en los fundamentos de computación y comunicación cuántica
  - ❖ Que los estudiantes conozcan los retos y líneas de investigación actuales de las tecnologías cuánticas
  - ❖ Formar profesionales para las empresas que trabajan con tecnologías de computación y comunicación cuántica
  
- ✚ Perfil de los egresados del Master:
  - ❖ Profesionales cualificados para trabajar con tecnologías de computación y comunicación cuántica
  - ❖ Profesionales preparados para iniciar una carrera investigadora sobre tecnologías de computación y comunicación cuántica
  
- ✚ Servicios a disposición de los alumnos en la plataforma moodle:
  - ❖ Notas de las asignaturas con todos los contenidos y con ejemplos.
  - ❖ Hojas de ejercicios y problemas
  - ❖ Clases online
  - ❖ Grabaciones de las clases
  - ❖ Tutorías online
  - ❖ Calificaciones y expediente
  - ❖ Seminario online
  - ❖ Grabaciones del seminario
  - ❖ Vídeos temáticos (a partir de la segunda edición)
  
- ✚ Calendario y horarios
  - ❖ Módulo de adaptación: 1 semana
  - ❖ Primer trimestre: 12 semanas
  - ❖ Segundo trimestre: 11 semanas
  - ❖ Trabajo Fin de Máster: 2 meses
  - ❖ Horarios: lunes a jueves de 18:00 a 21:00 horas

❖ Horario primer trimestre + módulos de adaptación:

	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>
<b>Sem. 0</b>	M1-M2	M3-M4	M1-M2	M3-M4
<b>Sem. 1</b>		A1	A2	A1
<b>Sem. 2</b>		A1	A2	A1
<b>Sem. 3</b>		A1	<b>Examen A2</b>	A1
<b>Sem. 4</b>		A1	Seminario	A1
<b>Sem. 5</b>	Seminario	Seminario	A6	<b>Examen A1</b>
<b>Sem. 6</b>	A3	A4	A6	A5
<b>Sem. 7</b>	A3	A4	A6	A5
<b>Sem. 8</b>	A3	A4	A6	A5
<b>Sem. 9</b>	A3	A4	A6	A5
<b>Sem. 10</b>	A3	<b>Examen A4</b>	A6	<b>Examen A5</b>
<b>Sem. 11</b>	A3	Seminario	A6	Seminario
<b>Sem. 12</b>	<b>Examen A3</b>		A6	

❖ Horario segundo trimestre:

	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>
<b>Sem. 1</b>		A8	A7	A8
<b>Sem. 2</b>		A8	A7	A8
<b>Sem. 3</b>	Seminario	Seminario	<b>Examen A7</b>	<b>Examen A8</b>
<b>Sem. 4</b>	A9	A11	A10	A12
<b>Sem. 5</b>	A9	A11	A10	A12
<b>Sem. 6</b>	A9	A11	A10	A12
<b>Sem. 7</b>	A9	A11	A10	A12
<b>Sem. 8</b>	A9	A11	<b>Examen A10</b>	A12
<b>Sem. 9</b>	A9	A11	Seminario	A12
<b>Sem. 10</b>	<b>Examen A9</b>	A11	Seminario	A12
<b>Sem. 11</b>	Seminario	A11		A12

### 3. Asignaturas del Máster

✚ **Asignaturas del módulo de adaptación**

M1. Módulo perfil Computer Science	1,5 créditos
M2. Módulo perfil Matemáticas	1,5 créditos
M3. Módulo perfil Física	1,5 créditos
M4. Módulo perfil Ingeniería Industrial-Telecomunicaciones	1,5 créditos



### **Asignaturas del primer trimestre**

A1. Introduction to quantum computing	6 créditos
A2. Current quantum technology	1,5 créditos
A3. Quantum algorithms	4,5 créditos
A4. Quantum communications	3 créditos
A5. Quantum walks and quantum queries	3 créditos
A6. Practices with quantum computer simulators	6 créditos

### **Asignaturas del segundo trimestre**

A7. Quantum simulation	1,5 créditos
A8. Adiabatic quantum computing	3 créditos
A9. Quantum cryptography	4,5 créditos
A10. Quantum computing errors and quantum error correcting codes	3 créditos
A11. Practices with gate-oriented quantum computers	6 créditos
A12. Practices with adiabatic quantum computers	6 créditos

## **4. Profesores del Master**

### Profesores de la UPM:

- ❖ Jesús García: UPM
- ❖ Carlos González: UPM
- ❖ Luis Miguel Pozo: UPM
- ❖ Giannicola Scarpa: UPM

### Profesores externos a la UPM:

- ❖ André Luiz Fonseca de Oliveira (Universidad ORT Uruguay)
- ❖ Ulises Arranz (ex-Accenture)
- ❖ Cuatro profesores de Accenture (ver borrador del Convenio)

## 5. Descriptores de las asignaturas del Máster

### A1. Introduction to quantum computing

Representación de la información: principio de superposición, base de computación, dimensión exponencial, entrelazamiento cuántico.

Transformación de la información: evolución unitaria, puertas cuánticas elementales, paralelismo cuántico, conjuntos universales de puertas cuánticas, computación reversible.

Medida de la información: medida en la base de computación, observables (medida en otras bases), medida de sistemas entrelazados, medidas POVM (teorema de Neumark).

Primeros algoritmos: teleportación, Deutsch-Jozsa y Bernstein-Vazirani.

Circuitos cuánticos: algoritmos de puertas, algoritmos canónicos (bloque de puertas + bloque de medidas).

Errores cuánticos: estados mixtos, matriz de densidad, variables aleatorias.

Simulación de ordenadores cuánticos: representación de n-qubits, simulación de puertas y medidas cuánticas.

Hardware cuántico: ion traps, superconducting qubits, quantum annealing, topological qubits.

### A2. Current quantum technology

Why are we talking about QC?

QC Basis. QC Challenges.

Who's who? Main players in current market.

Open discussion.

QC European & Spanish momentum.

Industry orientation. Use Cases.

A roadmap for the future. Recommendations.

Recap.

### A3. Quantum algorithms

Algoritmo de Simon: cotas clásicas de complejidad.

Transformada de Fourier: transformada rápida de Fourier, transformada cuántica de Fourier, estimación de fase (autovalor de un operador unitario), transformada de Fourier aproximada.

Algoritmo de Shor: reducción de factorización a cálculo de periodo, fracciones continuas, algoritmo, ruptura de RSA.

Transformada de Fourier sobre grupos abelianos: cálculo de periodos, logaritmos discretos, ruptura de Diffie.Hellman, ruptura de criptografía de curvas elípticas, cálculo de periodos sobre  $Z$  y sobre  $R$ .

Algoritmo de Grover: amplificación de amplitudes, aplicaciones.

Quantum Communication: cálculo distribuido y complejidad de la comunicación, aplicaciones.

Entrelazamiento y no-localidad: quantum non-locality, CHSH, aplicaciones.

#### **A4. Quantum communications**

Distributed Computing & Communication Complexity: classical case.

The quantum model of communication complexity. Examples.

Applications of communication complexity.

Quantum non locality.

Application: certification of quantum hardware.

Examples: the Delft experiment.

Shannon Theorem, statement and detailed proof.

Data compression.

Other communication settings.

#### **A5. Quantum walks and quantum queries**

Continuous-time quantum walks: random and quantum walks on the hypercube and in one dimensión, the glued trees graph quantum algorithm, cota inferior clásica.

Discrete-time quantum walks: classical random walks, Markov chains, espectros, hitting times, Grover, collision problem.

Búsqueda no estructurada; amplificación de amplitudes y conteo cuántico, búsquedas en grafos, element distinctness problema.

Quantum queries: complexity, método polinomial, adversary method, búsqueda no estructurada, learning graphs, aplicaciones.

#### **A6. Practices with quantum computer simulators**

Sistema para realizar simulaciones: introducción, lenguaje, herramientas.

Trabajo práctico: elección del algoritmo a implementar, análisis en detalle del mismo, implementación, resultados.

#### **A7. Quantum simulation**

Hamiltonian dynamics: Lie-Suzuki-Trotter methods, sums, spin systems, sparse hamiltonians, measuring an operator, aplicaciones.

## **A8. Adiabatic quantum computing**

The quantum adiabatic theorem: adiabatic evolution

Adiabatic optimization: algorithm, running time and gap, búsqueda no estructurada, aplicaciones.

Implementación práctica en un adiabatic quantum computers

## **A9. Quantum cryptography**

Introduction to classical Crypto.

Quantum Key Distribution.

Impossibility of quantum Bit Commitment.

Survey of other quantum crypto.

Quantum Random Numbers Generators.

Randomness Amplification.

Physical Implementations of QRNG.

QKD Security proof.

Side Channel Attacks.

Device-Independent quantum crypto.

Position-Based Crypto.

Bounded Quantum Storage Model.

Secure Client-Server delegated quantum computation.

Software Obfuscation.

Quantum Money.

Blockchains.

Post-Quantum Cryptography.

## **A10. Quantum computing errors and quantum error correcting codes**

Modelización de errores en computación cuántica: discretización de errores (grupo de Pauli), errores en puertas y medidas, decoherencia, errores locales y entrelazamiento.

Distribuciones de probabilidad de errores cuánticos: distribuciones isótropas, varianzas, varianzas de la suma de errores independientes, matrices de densidad.

Classical error correcting codes, quantum error correcting codes, subespacio de corrección perfecta, ejemplos, códigos estabilizados.

Computación cuántica tolerante a fallos, concatenación de códigos, teorema del threshold, errores no controlables.

### **A11. Practices with gate-oriented quantum computers**

Sistema para ejecutar algoritmos cuánticos de puertas: introducción, lenguaje, herramientas.

Trabajo práctico: elección del algoritmo a implementar, análisis en detalle del mismo, implementación, resultados.

### **A12. Practices with adiabatic quantum computers**

Sistema para ejecutar algoritmos cuánticos adiabáticos: introducción, lenguaje, herramientas.

Trabajo práctico: elección del algoritmo a implementar, análisis en detalle del mismo, implementación, resultados.

## ANEXO II

### II. Memoria Económica

DENOMINACIÓN DEL TÍTULO PROPIO

AÑO

DENOMINACIÓN DEL TÍTULO PROPIO	AÑO
<b>Título Propio de Máster por la Universidad Politécnica de Madrid en Quantum Computing Technology</b>	<b>2020</b>
Nº de Alumnos sin beca	20
Nº de Alumnos con reducción de matrícula (hacer referencia al convenio)	
Nº de Alumnos con beca parcial	
Nº de Alumnos con beca completa	
Nº de Alumnos con beca parcial o total con remanentes	
Nº de Alumnos con beca completa de UPM ( máximo 2)	2
Nº Total de alumnos	22

### GASTOS

<b>Canon del total de los ingresos a favor de la UPM:</b>	<b>6.300,00 €</b>	Primer año: 10 primeras matrículas sin canon
Canon 15% desglosado:	<b>6.300,00 €</b>	
UPM ( 4,5 %)	<b>1.890,00 €</b>	
Entidad Gestora (4,5%)	<b>1.890,00 €</b>	
Centro Organizador (4,2 %)	<b>1.764,00 €</b>	
Departamento Organizador (1,8 %)	<b>756,00 €</b>	
<b>Retribuciones del Director, Secretario del curso y de los profesores:</b>	<b>68.250,00 €</b>	
Director/es:	5.460,00 €	
Secretario	2.730,00 €	
Profesorado	60.060,00 €	910 € por crédito impartido y 546 € por TFM dirigido
<b>Viajes, alojamientos y manutenciones:</b>		
<b>Gastos de secretaría:</b>	<b>1.365,00 €</b>	
<b>Gastos de material fungible:</b>		
<b>Gastos de material didáctico:</b>	<b>1.045,00 €</b>	
<b>Gastos de publicidad y propaganda del curso:</b>	<b>2.000,00 €</b>	
<b>Coste de las becas concedidas ( solo las no reflejadas en ingresos, y que no supongan entrada monetaria, excepto las concedidas por la UPM)</b>		
<b>TOTAL DE GASTOS:</b>	<b>78.960,00 €</b>	

## INGRESOS

<b>Ingreso total de las matrículas:</b>	<b>84.000,00 €</b>
Importe de la matrícula por Alumno:	4.200,00 €
Importe de matrícula reducida si hay convenio	
Importe de la beca parcial	
Importe de las becas completas	
Importe de las becas con remanentes	
<b>Subvenciones otorgadas por entidades públicas o privadas:</b>	<b>0,00 €</b>
<b>Otros ingresos:</b>	
<b>TOTAL DE INGRESOS: (por matrícula+subvenciones+ otros ingresos)</b>	<b>84.000,00 €</b>

## RESUMEN DE INGRESOS Y GASTOS

<b>TOTAL DE INGRESOS:</b>	<b>84.000,00 €</b>
<b>TOTAL DE GASTOS:</b>	<b>78.960,00 €</b>
<b>RESULTADO FINAL:</b>	<b>5.040,00 €</b>

---

**OTRA INFORMACIÓN**

**Número mínimo de alumnos que inicia el curso**

Indicar el n° mínimo con el que Ingresos totales- Gastos totales= 0

**12**

Si el número de matrículas sin beca es inferior a 19 se reajustarán las partidas de gasto proporcionalmente

**Posibilidad de aplazamientos en el pago (Marque lo que proceda)**

**SI**

**Firma del Director del Curso:**

Fecha: 17 de septiembre de 2020

**V° B° del Director/Decano del Centro y Departamento solicitantes del Curso:**

Fecha:





POLITÉCNICA



Universidad  
Politécnica  
de Madrid

ETSI SISTEMAS  
INFORMÁTICOS

Don Jesús **Martínez Barbero**, Secretario Académico de la ETSI de Sistemas Informáticos,

## CERTIFICA:

Que en la sesión **ordinaria** de la JUNTA DE ESCUELA nº 214 de la ETSI de Sistemas Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid, celebrada el día 16 de julio de 2020, se aprobó la memoria del título propio de "Máster en Quantum Computing Technology.

Madrid, a 16 de julio de 2020

Fdo.: **Jesús Martínez Barbero**  
SECRETARIO  
ETS DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS