

**Máster Universitario en Física Nuclear  
(USE - UCM - UB - UCBN - SDP - SCAT)**

**Máster de 120 créditos**
**Obligatorias**

<u>Curso</u>	<u>Cod.</u>	<u>Asignatura</u>	<u>Créd. ECTS</u>	<u>Dur.</u>
1	52250003	Computación y Métodos Numéricos (USE)	6	C1
1	52250004	Estructura Nuclear (UCM)	6	C1
1	52250005	Física Atómica y del Plasma (USE)	6	C1
1	52250016	Laboratorio Básico Experimental y Aplicado (USE)	6	C1
1	52250018	Mecánica Cuántica (USE)	6	C1
2	52250027	Curso Avanzado Común (UCBN) (Esp1, Esp2, Esp3)	6	C1
2	52250029	Prácticas de Investigación (UCBN) (Esp1, Esp2, Esp3)	12	C1
<b>Elegir TFM según especialidad</b>				
2	52250031	Trabajo Fin de Máster Especialidad en Aplicaciones y Pequeños Aceleradores	30	C2
2	52250032	Trabajo Fin de Máster Especialidad en Física Nuclear Experimental, Instrumentación y Grandes Aceleradores	30	C2
2	52250033	Trabajo Fin de Máster Especialidad en Física Nuclear Teórica	30	C2

**Optativas según Especialización (elegir una de las tres especialidades):**
**Especialidad en Física Nuclear Experimental, Instrumentación y Grandes Aceleradores (EXP) (Elegir 42 créditos según cuadro de distribución del itinerario)**

<u>Curso</u>	<u>Cod.</u>	<u>Asignatura</u>	<u>Créd. ECTS</u>	<u>Dur.</u>
<b>Elegir 3 o 4 asignaturas</b>				
1	52250002	Astrofísica Nuclear (UB) (Esp1, Esp2, Esp3)	6	C2
1	52250007	Física del Acelerador (SDP)	6	C2
1	52250021	Radiactividad y Mediciones Nucleares (SDP)	6	C2
1	52250022	Reacciones de Iones Pesados (SDP)	6	C2
<b>Elegir la asignatura</b>				
2	52250028	Física Nuclear Experimental (UCBN)	12	C1
<b>Elegir 1 o 2 asignaturas</b>				
1	52250006	Física de Astropartículas (SDP)	6	C2
1	52250011	Física Subnuclear (SDP)	6	C2
1	52250014	Introducción a los Detectores de Radiación (SDP)	6	C2
1	52250015	Laboratorio Avanzado (SDP)	6	C2

NOTA: Con carácter general, las asignaturas optativas, para ser impartidas, deben tener al menos seis estudiantes matriculados. De no alcanzarse esta cifra durante dos cursos consecutivos, podría ser de aplicación lo dispuesto en el artículo 8.2.d) del Reglamento General de Actividades Docentes.

**Máster Universitario en Física Nuclear**  
**(USE - UCM - UB - UCBN - SDP - SCAT)**

**Especialidad en Física Nuclear Teórica (TEO) (Elegir 42 créditos según cuadro de distribución del itinerario)**

<u>Curso</u>	<u>Cod.</u>	<u>Asignatura</u>	<u>Créd. ECTS</u>	<u>Dur.</u>
<b>Elegir cinco asignaturas</b>				
1	52250002	Astrofísica Nuclear (UB) (Esp1, Esp2, Esp3)	6	C2
1	52250009	Física Hadrónica (UB)	6	C2
1	52250012	Interacciones Débiles (USE)	6	C2
1	52250013	Introducción a las Reacciones Nucleares (USE)	6	C2
1	52250019	Mecánica Cuántica Relativista (USE)	6	C2
1	52250025	Teoría de Muchos Cuerpos en Física Nuclear (USE)	6	C2
<b>Elegir la asignatura</b>				
2	52250030	Física Teórica de Átomos y Núcleos (UCBN)	12	C1

**Especialidad en Física Nuclear Aplicaciones y Pequeños Aceleradores (APL) (Elegir 42 créditos según cuadro de distribución del itinerario)**

<u>Curso</u>	<u>Cod.</u>	<u>Asignatura</u>	<u>Créd. ECTS</u>	<u>Dur.</u>
<b>Elegir cinco asignaturas</b>				
1	52250001	Arqueometría (SCAT)	6	C2
1	52250002	Astrofísica Nuclear (UB) (Esp1, Esp2, Esp3)	6	C2
1	52250008	Física del Acelerador y Aplicaciones (SCAT)	6	C2
1	52250010	Física Médica (SCAT)	6	C2
1	52250017	Laboratorio de Física Nuclear y Subnuclear (SCAT)	6	C2
1	52250020	Radiactividad Ambiental (SCAT)	6	C2
1	52250023	Tecnología Avanzada Nuclear Aplicada a la Medicina (SCAT)	6	C2
1	52250024	Teoría de la Reacción Nuclear (SCAT)	6	C2
<b>Elegir la asignatura</b>				
2	52250026	Aplicaciones para Terapia (UCBN)	12	C1

## DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Todos los socios del consorcio han establecido el diseño y la estructura del proyecto a fin de producir un Máster de primer nivel desde el punto de vista académico y favorecer, desde el principio, el trabajo en red entre instituciones y estudiantes.

Nuestra propuesta es un Máster de 120 ECTS de 24 meses de duración. El Máster está estructurado para todos los estudiantes en 5 módulos y divididos en 4 periodos de estudio (semestres). Durante el primer semestre se imparte a todos los estudiantes una base común de conocimientos fundamentales. A continuación, se adquiere una especialización progresiva a través de la elección de uno de los tres Itinerarios diferentes. El contenido académico de los diferentes cursos y la progresividad de la especialización se optimizan aún más con esta propuesta renovada, por el hecho de que la universidad de ingreso es ahora la misma para todos los estudiantes, y por lo tanto los cursos básicos ahora son comunes a todos. Esto asegura una base completamente uniforme y aumenta aún más los vínculos entre los estudiantes de una promoción determinada. Además, se ha incluido una nueva asignatura de Computación Avanzada, asegurando así a todos los estudiantes la formación obligatoria para completar con éxito sus Prácticas en el S3 y la empleabilidad después de la

NOTA: Con carácter general, las asignaturas optativas, para ser impartidas, deben tener al menos seis estudiantes matriculados. De no alcanzarse esta cifra durante dos cursos consecutivos, podría ser de aplicación lo dispuesto en el artículo 8.2.d) del Reglamento General de Actividades Docentes.

**Máster Universitario en Física Nuclear  
(USE - UCM - UB - UCBN - SDP - SCAT)**

graduación.

El programa de Máster de NucPhys comenzará con una **semana de orientación** en la universidad de ingreso, Sevilla. Durante esta semana se organizará una **ceremonia de bienvenida** que reunirá a estudiantes de nuevo ingreso, profesores de todos los socios del consorcio, antiguos alumnos y algunos representantes de los miembros asociados. Además de que los coordinadores de cada universidad del Consorcio darán la bienvenida a los estudiantes y presentarán el programa NucPhys, **se invitará a los miembros asociados y a los antiguos alumnos a hacer una presentación de su situación profesional actual** para motivar a nuestros estudiantes sobre sus posibles carreras profesionales, una vez hayan finalizado el Máster e identificar con mayor claridad cómo se desarrolla el sector de Física Nuclear. Algunos exalumnos serán invitados a participar en persona y otros participarán en línea contando su experiencia a los nuevos estudiantes. Este primer paso de la creación de redes entre los estudiantes brinda la oportunidad de intercambiar puntos de vista, experiencias y planes entre sí en una etapa muy temprana.

Los conocimientos iniciales de los estudiantes se verificarán durante la semana de orientación a través de una "Prueba Piloto" y se dispondrá de recursos dedicados en línea para superar posibles brechas con el fin de asegurar el mismo punto de partida a todos los estudiantes. Nuestros estudiantes provienen de entornos académicos muy diferentes centrados en diferentes orígenes y habilidades, lo que genera serias dificultades a los estudiantes extranjeros tanto en el abordaje de los diferentes contenidos como en la comprensión del sistema de evaluación de cada Universidad. Este ha sido nuestro principal riesgo y fuente de fracaso entre los estudiantes. En esta nueva edición esperamos superar este problema estableciendo una red de tutorías. A los alumnos que encuentren dificultades se les asignará un tutor (alumnos de segundo curso del Máster o profesores). Se alentará a los posibles tutores a que se inscriban y a que mantengan conversaciones periódicas con los estudiantes sobre las competencias pueden ser evaluadas y cómo, los sistemas de evaluación, los procedimientos burocráticos, etc. Con esto esperamos ayudar especialmente a los estudiantes extranjeros a superar la desventaja inicial de comenzar un programa en un entorno académico diferente.

El Máster está estructurado en 4 semestres y tres Itinerarios o especializaciones diferentes. Además de un primer semestre común, todos los estudiantes siguen una asignatura común sobre técnicas avanzadas de análisis de datos y aprendizaje automático, herramientas que son de suma importancia para todos los físicos nucleares. La especialización en las diferentes subdisciplinas de Física Nuclear se obtiene a través de asignaturas especializadas de S2 y S3, las Prácticas a tiempo parcial en laboratorios de investigación, y en el trabajo de fin de Máster en una de las universidades de nuestro consorcio o centros asociados durante el S4.

A continuación, se explican brevemente las características de cada Itinerario:

**ITINERARIO 1 – Experimentos e Instrumentación en Aceleradores de Gran Tamaño**

El objetivo de este Itinerario es la enseñanza avanzada en Física Nuclear Experimental utilizando Pequeños Aceleradores. La mayoría de los aceleradores más grandes del mundo son miembros asociados de este Máster y los estudiantes podrían tener la oportunidad de visitar estas instalaciones.

El Itinerario incluye cursos de Máster en Mecánica Cuántica, Estructura y Reacciones en Física Nuclear, Técnicas Experimentales como la producción de haces de iones y los diferentes sistemas de detección a nivel básico y avanzado, y diferentes aplicaciones de Física Nuclear, etc.

Gracias a una formación de alto nivel sobre los aspectos generales de la Física subatómica y a las competencias experimentales y técnicas específicas adquiridas, los estudiantes pueden orientarse hacia diferentes oportunidades profesionales tanto en el sector académico (investigación

NOTA: Con carácter general, las asignaturas optativas, para ser impartidas, deben tener al menos seis estudiantes matriculados. De no alcanzarse esta cifra durante dos cursos consecutivos, podría ser de aplicación lo dispuesto en el artículo 8.2.d) del Reglamento General de Actividades Docentes.

**Máster Universitario en Física Nuclear  
(USE - UCM - UB - UCBN - SDP - SCAT)**

fundamental en física) como en el departamento de investigación y desarrollo de las industrias de todos los sectores tecnológicos relacionados con los haces de iones, la adquisición de datos y la instrumentación. También se prevé la ampliación de este Itinerario por medio de un doctorado.

**ITINERARIO 2 - FÍSICA NUCLEAR TEÓRICA**

Los objetivos específicos de la carrera teórica pueden identificarse con proporcionar a los estudiantes una preparación sólida en varias características de la estructura nuclear, la dinámica nuclear, la Astrofísica Nuclear y en varios otros aspectos de la teoría de las interacciones fundamentales.

Los estudiantes tendrán la oportunidad de interactuar con grandes expertos en los diversos campos a nivel internacional. Además de esto, este Itinerario tiene como objetivo la capacitación en el uso de detectores de partículas, y de otra instrumentación experimental para el estudio de la Física de las Interacciones Fundamentales, la Materia y la Astrofísica. Los estudiantes también aprenderán técnicas recientes para la toma y el análisis de datos.

El Itinerario teórica tiene como desarrollo natural una carrera académica y/o una actividad de investigación en Física Nuclear y de partículas fundamentales y Astrofísica. Además, las competencias adquiridas y el alto nivel de preparación científica podrán ofrecer a estos estudiantes oportunidades de empleo en todos los campos que requieren modelización, almacenamiento y análisis de datos, desarrollo de paquetes de software y áreas afines. También se prevé la ampliación de este Itinerario por medio de un doctorado.

**ITINERARIO 3 - APLICACIONES Y PEQUEÑOS ACELERADORES**

El objetivo de este Itinerario es la formación avanzada de jóvenes estudiantes en diferentes aplicaciones (medicina, medio ambiente, arqueometría, aceleradores, etc.) en el campo de Física Nuclear.

El Itinerario incluye asignaturas de Máster en Mecánica Cuántica, Mecánica Estadística, Física Nuclear y Astrofísica Nuclear. Además, se impartirán cursos avanzados en aplicaciones de Física Nuclear con la participación de expertos externos. Tanto en los cursos regulares como en las actividades extras, los estudiantes se acercarán a técnicas experimentales, detectores, aceleradores y procedimientos de análisis. Se programan diferentes actividades, entre ellas una visita al Laboratori Nazionali del Sud, incluyendo los dos aceleradores, las salas experimentales y el Laboratorio de Radioactividad.

La formación de alto nivel sobre aspectos generales de la Física subatómica y las competencias experimentales y técnicas específicas adquiridas en este Itinerario en relación con las diferentes aplicaciones de Física Nuclear de interés social permitirán al alumnado acceder a puestos directivos en empresas o laboratorios de protección radiológica, gestión de residuos, protónterapia y hadronterapia, radioisótopos para medicina, arqueometría, aceleradores, etc. También se prevé la ampliación de este Itinerario por medio de un doctorado.

En el cuadro 4 se presenta la distribución general de los ECT de estos estudios, con el número de créditos asociados a cada módulo (véase más adelante) según el Itinerario de movilidad y especialización:

ITINERARIO 1 - EXP: Grandes aceleradores (~1/3 de los estudiantes)

ITINERARIO 2 - THEO: Física Nuclear Teórica (~1/3 de los estudiantes)

ITINERARIO 3 - APP: Aceleradores pequeños (~1/3 de los estudiantes)

**Máster Universitario en Física Nuclear  
(USE - UCM - UB - UCBN - SDP - SCAT)**

**Tabla 4.** Distribución de ECTS en los diferentes itinerarios y Módulos.

	MOD1	MOD2			MOD3	MOD4	MOD5
		EXP	THEO	APP			
ITINERARIO 1	30	24	12	6	6	12	30
ITINERARIO 2	30	0	42	0	6	12	30
ITINERARIO 3	30	6	12	24	6	12	30
Total	30	42			6	12	30

**En cuanto a los contenidos, el programa académico se estructura en 5 módulos:**

Módulo 1: Fundamentos de Física Nuclear y herramientas (30 ECTS en el S1)

El Módulo 1 (BAS) se dedicará a los conocimientos básicos requeridos en Física general, y a asignaturas completas/interdisciplinarias adaptadas al Itinerario elegida (en particular, métodos numéricos y computación). Estos cursos se concentrarán en el primer año, en el S1, e incluirán temas como Mecánica Cuántica, Física Nuclear Básica: teoría y laboratorio, Computación y Métodos Numéricos, y Física Atómica y de Plasmas

Módulo 2: Física Nuclear avanzada (42 ECTS en el S2 y S3), con tres especialidades (experimental, teoría, aplicaciones)

El módulo 2 permite a los estudiantes seguir 3 Itinerarios: Experimental/aceleradores grandes (Itinerario 1), Teórico (Itinerario 2) o Aceleradores aplicados/pequeños (Itinerario 3). Este módulo dará el enfoque especializado del plan de estudios del Máster hacia la Física Nuclear fundamental o aplicada. La Física fundamental incluye un enfoque experimental o teórico. La Física Aplicada se centra especialmente en las aplicaciones biomédicas, pero también incluye los fundamentos de la tecnología de aceleradores, la arqueometría, la vigilancia de los residuos nucleares y la Física del plasma de fusión nuclear. La especialización es progresiva, comenzando ya en el primer año (S2), luego continúa en el S3 con cursos y Prácticas específicas, para finalizar en el S4 con la Tesis de Máster. Los temas académicos en el S2 y S3 incluyen Estructura y Reacciones Nucleares, Astrofísica Nuclear, Interacciones Débiles y Fuertes, Física de Colisiones, Teoría de Muchos Cuerpos, aplicaciones de Física Nuclear: Arte, Materiales, Protección Radiológica, Radioterapia y la Física de los dispositivos médicos, la metrología y el análisis de datos, la Física Nuclear experimental, el laboratorio nuclear y subnuclear avanzado, y la Física de aceleradores e instrumentos avanzados.

Módulo 3: Curso avanzado común (curso S3, 6 ECT)

El Módulo 3 (ADV) está dedicado a un tema altamente especializado que se seleccionará

NOTA: Con carácter general, las asignaturas optativas, para ser impartidas, deben tener al menos seis estudiantes matriculados. De no alcanzarse esta cifra durante dos cursos consecutivos, podría ser de aplicación lo dispuesto en el artículo 8.2.d) del Reglamento General de Actividades Docentes.

**Máster Universitario en Física Nuclear  
(USE - UCM - UB - UCBN - SDP - SCAT)**

para cada promoción entre los temas candentes de Física Nuclear. Durante dos semanas, al final de S3, este tema especial será presentado por expertos académicos invitados en Caen, Francia. La elección del período y el lugar se realiza para optimizar el esquema de movilidad de los estudiantes (ver más abajo). En la actualidad, hemos decidido continuar con el programa anterior sobre "Análisis de Datos y Aprendizaje Automático".

**Módulo 4: Prácticas (12 ECTS)**

El Módulo 4 (PRÁCTICAS) se realizará en el tercer semestre (S3). Está dedicado a la Práctica de estudiantes (se aceptan temas experimentales, teóricos o aplicados), que se llevarán a cabo en diferentes centros de investigación institucionales o industriales en Caen (Francia) de acuerdo con el Itinerario elegida y la especialización deseada. Los estudiantes trabajarán en equipos de dos, contarán con el apoyo de tutorías internas (Consortio) y externas (Miembros Asociados) y se integrarán plenamente en los centros de investigación dentro de los correspondientes convenios firmados durante todo el semestre (de septiembre a diciembre), donde realizarán su proyecto de Prácticas a tiempo parcial. Las Prácticas son programadas por la Universidad con anticipación, con el fin de proporcionar una experiencia laboral real, valiosa para la futura inserción laboral. Al comienzo del tercer periodo de estudio se organiza en Caen un "Día de la Práctica" para presentar los programas de Prácticas, compartir la discusión sobre los temas, objetivos y métodos de trabajo con los estudiantes, y consolidar la red del Consortio. La evaluación de este módulo es totalmente común, con una defensa pública y un jurado compuesto por los representantes académicos de las universidades del Consortio. Esta evaluación común es una característica adicional de nuestro programa. Los estudiantes de primer año también están invitados a la defensa, y aprovechamos la oportunidad del evento para organizar actividades extracurriculares de team building en Caen para los estudiantes de las dos promociones en cuestión. Esto expone a los estudiantes más jóvenes a ejemplos prácticos de las actividades profesionales que pueden emprender para su formación orientada a la Práctica y, además, facilita la creación de una verdadera red de estudiantes de NucPhys que reúne a estudiantes de diferentes promociones.

**Módulo 5: Trabajo Fin de Máster (30 ECTS)**

El Módulo 5 (TESIS) incluirá los pasos iniciales para escribir un breve proyecto de Trabajo Fin de Máster que debe ser aprobado por la Comisión Académica del Máster y la realización de un trabajo de investigación en Física Nuclear Teórica, Experimental o aplicada con la dirección de uno o más asesores de una o más Universidades (se fomentarán los trabajos con tutores coordinados de dos Universidades asociadas, o de una Universidad y una institución industrial/anfitriona asociada). Esta modalidad incluye la redacción de la Tesis de Máster y la defensa pública de los resultados obtenidos. El estudiante presentará y defenderá el Trabajo Fin de Máster en la Universidad de matrícula durante el S4 y seguirá las normas de dicha Universidad en cuanto a formatos, reglamentos, plazos y composición del Comité de Defensa. El presente proyecto recomendará incluir en este comité a expertos académicos de las otras Universidades del Consortio, expertos de los miembros asociados y/u otros expertos externos). En caso de suspenso, se dará una oportunidad adicional al estudiante en su matrícula de S4 de la Universidad siguiendo las normas locales para la defensa de la Tesis de Máster. En este caso, se recomienda encarecidamente la inclusión en el "Comité de Defensa" de un miembro externo de otra institución interna (Consortio) y externa (Miembros Asociados).

**Máster Universitario en Física Nuclear  
(USE - UCM - UB - UCBN - SDP - SCAT)**

**DISTRIBUCIÓN DE LOS CURSOS**

En la siguiente tabla enumeramos los cursos que se ofrecen en cada Universidad para los semestres uno, dos y tres de cada año. Esta lista se realiza utilizando parte de las estructuras y cursos que ya se ofrecen en los Másteres locales con la adecuada selección de materias. En cuanto al 3er semestre, sólo se deben obtener 12 ECTS en los cursos regulares, ya que 12 ECTS corresponden a las Prácticas y 6 ECTS se asignan a un curso común (módulo 3, ver más abajo) que es obligatorio para todos los estudiantes. El semestre 4 se dedica a la preparación de la Tesis de Máster en una universidad, centro de investigación o empresa de destino (MOD 5).

MOD. 1 - Física Básica, Nuclear y Herramientas	MOD. 2 - Física Nuclear Avanzada (EXP)	MOD. 2 - Física Nuclear Avanzada (THEO)	MOD. 2 - Física Nuclear Avanzada (APP)	MOD. 3- Curso Especializado Común	MOD. 4 - Prácticas	MOD. 5- Tesis de Máster
--	--	---	--	--	-----------------------	-------------------------------

**ITINERARIO 1: Experimentos, instrumentación y Grandes Aceleradores (aprox. 1/3 de los alumnos)**

S1: España	Computación y Métodos Numéricos (6)	Mecánica Cuántica (6)	Laboratorio Básico Experimental y Aplicado (6)	Estructura nuclear (6)	Física Atómica y del Plasma(6)
S2: Padua (Italia)	Radiactividad y mediciones nucleares (6)	Astrofísica Nuclear (6)	Reacciones de iones pesados (6)	Física del acelerador (6)	**Entre 1 y 2 asignaturas a elegir entre -Laboratorio Avanzado (6) -Física Sub Nuclear (6)
					- Introducción a los detectores de radiación (6) -Física de Astropartículas (6)
S3: Caen (Francia)	Prácticas de Investigación (12)		Curso Avanzado Común (6)	Física Nuclear Experimental (12) *	
T4: España, Francia o Italia	Trabajo Fin de Máster Especialidad en Física Nuclear experimental, instrumentación de Grandes Aceleradores (30)				

NOTA: Con carácter general, las asignaturas optativas, para ser impartidas, deben tener al menos seis estudiantes matriculados. De no alcanzarse esta cifra durante dos cursos consecutivos, podría ser de aplicación lo dispuesto en el artículo 8.2.d) del Reglamento General de Actividades Docentes.

**Máster Universitario en Física Nuclear  
(USE - UCM - UB - UCBN - SDP - SCAT)**

\* La Física Nuclear experimental incluye: diseño de experimentos nucleares, iones y fuentes, metrología y simulaciones de Monte Carlo.

\*\* Si se eligen dos cursos aquí, uno de los cuatro anteriores debe eliminarse

**ITINERARIO 2: Física Nuclear Teórica (aprox. 1/3 de los alumnos)**

S1: España	Computación y Métodos Numéricos (6)	Mecánica Cuántica (6)	Laboratorio Básico Experimental y Aplicado (6)	Estructura nuclear (6)	Física Atómica y del Plasma(6)
S2: España	Introducción a las reacciones nucleares (6)	Mecánica cuántica relativista (6)	Física Hadrónica (6) o Astrofísica Nuclear (6)	Interacciones débiles (6)	Teorías de muchos cuerpos en Física Nuclear (6)
S3: Caen (Francia)	Prácticas de Investigación (12)		Curso Avanzado Común (6)	Física Teórica de Átomos y Núcleos (12) *	
S4: Italia	Trabajo Fin de Máster Especialidad en Física Nuclear Teórica (30)				

\* La Física Nuclear Teórica y la Física atómica incluyen: la teoría nuclear avanzada, la teoría del funcional de la densidad y sus aplicaciones, y las interacciones fundamentales

\*

**ITINERARIO 3: Aplicaciones y Pequeños Aceleradores (aprox. 1/3 de los alumnos)**

S1: España	Computación y Métodos Numéricos (6)	Mecánica Cuántica (6)	Laboratorio Básico Experimental y Aplicado (6)	Estructura nuclear (6)	Física Atómica y del Plasma(6)
------------	-------------------------------------	-----------------------	--	------------------------	--------------------------------



**Máster Universitario en Física Nuclear  
(USE - UCM - UB - UCBN - SDP - SCAT)**

S2: Catania (Italia)	Teoría de la Reacción Nuclear (6)	Física del acelerador y Aplicaciones (6) / Laboratorio de Física Nuclear y Subnuclear (6)	Física Médica (6) / Arqueometría (6)	Tecnología avanzada Nuclear aplicada a la medicina (6) / radioactividad ambiental (6)	Astrofísica Nuclear (6)
S3: Caen (Francia)	Prácticas de Investigación (12)		Curso Avanzado Común (6)	Aplicaciones para terapia (12)*	
T4: España, Francia o Italia	Trabajo Fin de Máster Especialidad en Física Nuclear aplicaciones y Pequeños Aceleradores (30)				

Las aplicaciones de la terapia incluyen: Física de dispositivos médicos, dosimetría y protección contra la radiación, conceptos básicos de radioterapia.

Aquellos estudiantes que hayan completado 42 ECTS correspondientes al Módulo 2, todos ellos de una determinada trayectoria, junto con la superación del resto de módulos, recibirán el título con la especialidad correspondiente al Itinerario elegido. Si un estudiante ha completado 42 ECTS en el Módulo 2 de diferentes Itinerarios, tras la realización de todos los ECTS correspondientes a cada uno de los demás módulos, el estudiante recibirá el título, pero sin especialización. Todos los cambios de Itinerario deben ser solicitados por los estudiantes con suficiente antelación y deben ser aprobados por la Comisión Académica.

Los cursos se impartirán en inglés. A los estudiantes se les proporcionará el material académico apropiado en inglés.

Es importante tener en cuenta que, **además de las Universidades participantes, los Laboratorios y Empresas asociadas pueden ser los anfitriones para el desarrollo de Prácticas y Tesis de Máster.**

En coordinación con algunos de nuestros miembros asociados, el programa de Máster ofrecerá actividades extracurriculares. Por ejemplo, en el Máster anterior se ofreció una Práctica de dos semanas sobre instrumentación de Física Nuclear en las instalaciones principales de la empresa CAEN Sys y CAEN Lab. en Viaregio (Italia); se ofreció una Práctica de una semana para trabajar en la aplicación a la terapia en el Hospital HVM de Sevilla (España) y se ofreció una Práctica de cuatro semanas para trabajar dentro del grupo de fusión nuclear en el CNA de Sevilla (España), y se ofreció la participación a todos los estudiantes interesados en la Escuela de verano de una semana en Cabourg (Francia), <https://lisa-itn.web.CERN.ch/node/112>. A los estudiantes interesados en el Itinerario 3 también se les ofreció la participación en un evento de tutoría de dos días en Cherburgo para la carrera de mujeres científicas en ciencias nucleares, organizado por la red WiN <https://win-global.org/>. Seguimos trabajando con nuestros miembros asociados para abrir más posibilidades de Prácticas extracurriculares para nuestros estudiantes.

Estas actividades extracurriculares desempeñan un papel importante en el desarrollo de las

NOTA: Con carácter general, las asignaturas optativas, para ser impartidas, deben tener al menos seis estudiantes matriculados. De no alcanzarse esta cifra durante dos cursos consecutivos, podría ser de aplicación lo dispuesto en el artículo 8.2.d) del Reglamento General de Actividades Docentes.

## Máster Universitario en Física Nuclear (USE - UCM - UB - UCBN - SDP - SCAT)

habilidades empresariales y de liderazgo de los estudiantes. Ofreceremos cursos de idiomas nacionales para fomentar la integración de los estudiantes a lo largo de su movilidad. Además, promovemos cada año a nuestros estudiantes para que realicen Prácticas de verano en cualquiera de nuestros miembros asociados.

Por último, cabe mencionar que se programarán **oportunidades periódicas (reuniones del Comité Académico y de la Comisión de Calidad) para identificar de forma crítica y constructiva dónde se puede mejorar el contenido y la coherencia del programa de estudios, los resultados de aprendizaje o cualquier otro aspecto de la NucPhys**. La inclusión de estudiantes y miembros asociados a la industria y la investigación en el Comité de Calidad facilitará la adaptación de la NucPhys a las nuevas necesidades académicas e industriales, si es necesario.

### Movilidad de estudiantes, académicos y personal administrativo

#### Estudiantes

Como se ha dicho anteriormente, el programa conjunto será acreditado en primera instancia por la USE, UCM, UB y UniCaen. Por lo tanto, estas son las cuatro IES en las que los estudiantes se matriculan, mientras que UniCT y UniPD recibirán a los estudiantes de NucPhys sólo en régimen de movilidad. Estas dos Universidades matricularán también a nuestros estudiantes en sus respectivos Másteres y entregarán el Diploma correspondiente a los estudiantes aprobados. USE será la universidad de entrada única en el semestre 1, con un único punto de entrada administrativo en la secretaría de Máster en la Escuela Internacional de Posgrado de USE.

El programa impulsa la movilidad de los estudiantes (véase la **Figura 5** para el esquema de movilidad Física de los estudiantes). Durante el primer año del programa, los estudiantes se matricularán en USE. Cursarán el S1 en la USE con una asignatura también en la UCM. A continuación, los estudiantes se dividirán según el Itinerario elegida (ver más abajo la movilidad en los tres Itinerarios de especialización). El S3 será un segundo punto de encuentro en el que todos los estudiantes se reunirán en UniCaen (Francia) para finalmente dividirse de nuevo en el S4 según las elecciones de cada estudiante.

Con este esquema de movilidad, un estudiante de NucPhys tendrá un mínimo de un período de movilidad Física (6 meses) en cada uno de los países de las instituciones asociadas.

La movilidad en los tres Itinerarios de especialización:

**ITINERARIO1: Experimentos e Instrumentación en Grandes Aceleradores.** Los estudiantes que sigan este Itinerario comenzarán en Sevilla para el S1, luego irán a Padua para el S2, luego a Francia para el S3 y, finalmente, a cualquiera de los tres países para realizar el Trabajo Fin de Máster en el S4.

**ITINERARIO2: Física Nuclear Teórica.** Los alumnos de este Itinerario comenzarán en Sevilla para el S1 y el S2. Durante el S2 también visitarán la UB. Luego, los estudiantes irán a Francia para el S3 y finalmente irán a Italia para la Tesis de Máster en el S4.

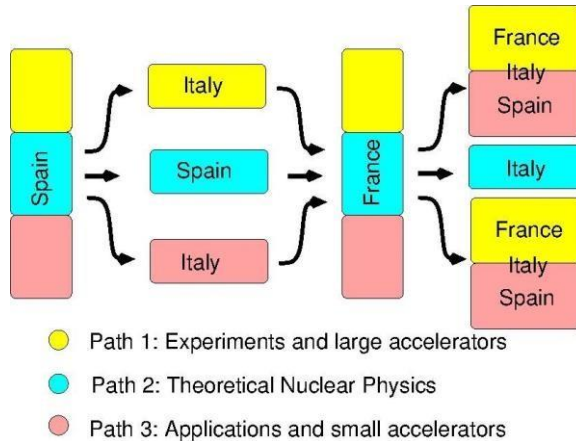
**ITINERARIO3: Aplicaciones y Pequeños Aceleradores.** Los alumnos de este Itinerario comenzarán en Sevilla para el S1, luego irán a Catania para el S2, luego a Francia para el S3 y, finalmente, a cualquiera de los tres países para el Trabajo Fin de Máster en el S4.

**Figura 5.** Esquema de movilidad Física de los estudiantes de NucPhys

S1                      S2                      S3                      T4

NOTA: Con carácter general, las asignaturas optativas, para ser impartidas, deben tener al menos seis estudiantes matriculados. De no alcanzarse esta cifra durante dos cursos consecutivos, podría ser de aplicación lo dispuesto en el artículo 8.2.d) del Reglamento General de Actividades Docentes.

**Máster Universitario en Física Nuclear  
(USE - UCM - UB - UCBN - SDP - SCAT)**



### Profesorado

Las Conclusiones del Consejo sobre la mejora de la movilidad de los profesores y formadores invitan a los Estados miembros a motivar a las instituciones de educación y formación para que integren la movilidad de los profesores y formadores en sus estrategias de aprendizaje, desarrollo e internacionalización.

NucPhys promoverá la movilidad de los profesores para:

- Contribuir al desarrollo de equipos docentes transnacionales y facilitar la Organización conjunta de la docencia del curso.
- Intercambios de puntos de vista y experiencias entre pares y estrecha cooperación entre ellos
- Fomentar la inclusión, la equidad, la educación y la formación de alta calidad, la innovación pedagógica y la mejora del rendimiento de los alumnos
- Convertirlos en profesores altamente competentes y motivados y contribuir a su desarrollo profesional
- Promover la colaboración en la investigación y la elaboración de proyectos conjuntos en la temática del Máster.

El programa de movilidad Erasmus+ para la enseñanza, junto con otras oportunidades de financiación como la «Academia de profesores» se promoverán en el marco de NucPhys. Además, se fomentará la movilidad mixta, por ejemplo, mediante el uso de una metodología de aprendizaje internacional colaborativo en línea (COIL) que conecte a estudiantes y profesores de diferentes países para proyectos colaborativos y discusiones como parte de sus cursos.

### Personal Administrativo

La movilidad del personal no académico también es una prioridad de NucPhys. Ya se ha puesto en marcha un programa específico de intercambio, apoyado por Erasmus +, que apoyará la movilidad de las personas encargadas de la administración de NucPhys. El objetivo es fortalecer el trabajo dentro del equipo administrativo a cargo de NucPhys, y aumentar el impacto y la capacidad de transformación de las actividades e iniciativas de

NOTA: Con carácter general, las asignaturas optativas, para ser impartidas, deben tener al menos seis estudiantes matriculados. De no alcanzarse esta cifra durante dos cursos consecutivos, podría ser de aplicación lo dispuesto en el artículo 8.2.d) del Reglamento General de Actividades Docentes.

**Máster Universitario en Física Nuclear**  
**(USE - UCM - UB - UCBN - SDP - SCAT)**

NuPchys mediante el fomento del aprendizaje entre pares, el intercambio de mejores Prácticas, lecciones aprendidas e ideas innovadoras.

**1.1. Créditos**

NucPhys utiliza ECTS, otorgando créditos en función de los resultados de aprendizaje definidos y su carga de trabajo asociada. La titulación tiene una carga lectiva de 120 ECTS (60 ECTS por año), por lo que un crédito equivale a entre 25 y 30 horas de estudio, en línea con las Prácticas de Bolonia en todo el EEES, sobre la base de la Guía del usuario del ECTS.

El uso del ECTS por parte de todos los socios en Europa y fuera de Europa hace posible crear y documentar itinerarios de aprendizaje, lo que permite una mayor flexibilidad y comparabilidad. La asignación de la carga de trabajo se ha acordado conjuntamente y se ha distribuido de manera efectiva y equitativa para los estudiantes de acuerdo con el ECTS, independientemente de cuáles sean sus itinerarios de movilidad en diferentes módulos de acuerdo con el plan de estudios de NucPhys.

**1.2. Carga de trabajo**

Consulte el punto anterior para conocer la carga de trabajo general. Los sistemas internos de evaluación de la calidad, conjuntos e individuales controlarán la carga de trabajo real y el tiempo medio que los estudiantes necesitan para terminar todo el programa.