

RESPUESTA A LA EVALUACIÓN DE LA SOLICITUD DE VERIFICACIÓN DE PLAN DE ESTUDIOS OFICIAL

Denominación del Título	Máster Universitario en Ciencia e Ingeniería de la Luz por la Universidad de Cantabria
Universidad solicitante	Universidad de Cantabria
Universidad/es participante/s	Universidad de Cantabria
Centro/s	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación
Rama de Conocimiento	Ciencias

En respuesta al informe provisional recibido en relación a la verificación del Máster Universitario en Ciencia e Ingeniería de la Luz por la Universidad de Cantabria, se detalla a continuación la respuesta de la Universidad de Cantabria a cada uno de los aspectos que a petición de ANECA deben ser necesariamente modificados a fin de obtener un informe favorable.

CRITERIO 1. DESCRIPCIÓN DEL TÍTULO

Se señala que la modalidad de impartición del máster es presencial y, a tal fin, en la descripción de las diferentes materias en el criterio 5 de la solicitud, se señala de manera adecuada la presencialidad de las diferentes materias. Sin embargo, en la descripción general del plan de estudios, cuando se señala que el título se podrá cursar a tiempo parcial, aparentemente se alude a una modalidad de impartición diferente para este tipo de estudiantes (pues se indica que las actividades “en las que la presencia física del alumno es obligatoria” –se ejemplifica con las actividades en laboratorios- se concentrarán temporalmente, y se alude a la realización de otras actividades de forma no presencial). Por el contrario, en la descripción de las diferentes materias se alude a diferentes actividades

(adicionales a las prácticas de laboratorio (AF8), como por ejemplo, clases de teoría en aula (AF1), prácticas en aula (AF2)), que se desarrollarán con una presencialidad de 100%. Se debe resolver esta aparente incongruencia.

En la descripción general del plan de estudios, se ha modificado el anexo 1 (Apartado 5), sobre los alumnos a tiempo parcial y cómo se facilitará su asistencia a las actividades formativas, remarcando que la modalidad de impartición del Máster es presencial para todos los alumnos, de forma que se eviten malentendidos.

Alumnos a tiempo parcial (Pagina 4. Apartado 5. Anexo 1)

El máster se podrá cursar a tiempo parcial, de acuerdo con la normativa de la UC. Si bien la enseñanza se impartirá en modalidad presencial para todos los alumnos, atendiendo al artículo 7.2 de Real Decreto 1791/2010 de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Estatuto del Estudiante Universitario, se emplearán actividades de aprendizajes flexibles para los estudiantes a tiempo parcial adaptando el calendario para facilitar su asistencia a las prácticas de laboratorio.

CRITERIO 3. COMPETENCIAS

Se deben revisar las competencias específicas que se indican a continuación para que se ponga de manifiesto el nivel avanzado de formación propio de los estudios de Máster, pues en su actual formulación son indiferenciables de otras equivalentes de estudios de grado.

- CE5 Capacidad para comprender los fundamentos del guiado de la luz. Capacidad de analizar y especificar los parámetros fundamentales de propagación de la luz en fibra óptica.
- CE8 Conocer los fundamentos de la interacción materia-radiación, de la polarimetría, de la colorimetría y de la espectroscopia clásica.
- CE9 Conocer el funcionamiento de un polarímetro.
- CE10 Conocer y manejar las técnicas colorimétricas.
- CE11 Conocer y manejar alguna de las técnicas espectroscópicas clásicas.

Se ha revisado la formulación de las competencias requeridas (apartado 3.3. competencias específicas, página 6) quedando redactadas de la siguiente forma:

- *CE5. Comprender, modelar y simular el guiado y la propagación de la luz en la fibra óptica*
- *CE8. Profundizar en los procesos de interacción materia-radiación, polarimetría, colorimetría y espectroscopia clásica.*
- *CE9. Dominio en el manejo de instrumentación avanzada: polarímetro*
- *CE10. Dominio en el manejo de técnicas avanzadas : técnicas colorimétricas*
- *CE11. Dominio en el manejo de instrumentación y técnicas avanzadas: técnicas espectroscópicas clásicas.*

CRITERIO 4. ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES

Entre los criterios de admisión se contempla un dominio del inglés a un nivel B1, lo que es aceptable. Sin embargo, el mismo conocimiento de inglés (al mismo nivel) se valora como criterio de selección, lo que impide que pueda ser utilizado con dicha finalidad. Se debe resolver esta incoherencia.

Se elimina el nivel B1 como criterio de acceso, de forma que se tendrá en cuenta únicamente como criterio de selección.

Página 7. Acceso y admisión al Máster: *Se ha eliminado el párrafo “Los estudiantes deberán acreditar que tienen un dominio del inglés equivalente al B1. En ausencia de una acreditación oficial, ésta capacidad podrá ser verificada, con una prueba propia, por la UC.”*

CRITERIO 5. PLANIFICACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS

Las competencias específicas propias de las materias optativas, adicionales a la CE20, que es común para todas ellas y que, por tanto, adquirirán todos los estudiantes, deben describirse en el apartado de observaciones de las correspondientes materias (si bien, se recuerda que no deben incluirse en el apartado 3 de la memoria pues no serán adquiridas por todos los estudiantes)..

En el apartado “Observaciones” de cada una de las asignaturas optativas (se indica página de la memoria), se han añadido las competencias específicas propias de estas materias.

Especialidad de sensores y comunicaciones.

Sensores fotónicos (pag. 30)

- Conocer los sistemas sensores que basan su funcionamiento en ciencia y tecnologías de la luz.
- Analizar y diferenciar los diferentes tipos de sensores, diseñar sistemas sensores avanzados y, seleccionar la tecnología óptima para cada aplicación específica, prestando especial atención a las correspondientes a los sectores de las comunicaciones, seguridad, biomédico e industrial.

Comunicaciones ópticas (pag. 33)

- Conocer ventajas e inconvenientes de la tecnología óptica de transmisión frente a otras tecnologías
- Comprender el esquema general de un sistema de comunicaciones ópticas.
- Conocer los diferentes dispositivos fotoemisores: el diodo emisor de luz y el láser, y fotorreceptores: el diodo PIN y el diodo de avalancha.
- Conocer las principales arquitecturas empleadas en los transmisores y receptores ópticos así como sus figuras de mérito.
- Conocer la arquitectura y prestaciones de sistemas de comunicaciones ópticas analógicos y digitales avanzados.

Redes ópticas (pag. 35)

- Valorar el papel de la fotónica como tecnología en las telecomunicaciones e identifica la aportación de esta tecnología en diferentes tipos de redes, sistemas o dispositivos.
- Reconocer ventajas e inconvenientes de diferentes tecnologías avanzadas para la capa física de las telecomunicaciones.
- Conocer, aplicar y seleccionar modelos de componentes y sub-sistemas fotónicos y optoelectrónicos para redes de comunicaciones y de sensores.
- Realizar cálculos y simulaciones para diseñar y estimar las prestaciones de componentes fotónicos y optoelectrónicos, de redes de comunicaciones y de sensores, en particular redes con tecnología WDM en la capa física, redes PON para servicios FTTH, redes Ethernet con transmisión óptica, redes ópticas inalámbricas (LiFi).
- Utilizar de forma avanzada software de simulación de redes fotónicas a nivel de capa física, y de sensores ópticos y de fibra óptica.
- Manejar con soltura información técnica en inglés relacionada con la fotónica y las redes de comunicaciones y sensores a nivel de capa física.

Sensores ópticos basados en plataformas smartphone (pag. 38)

- Conocer los fundamentos y utilidad de los diversos dispositivos y sensores que incorporan los smartphones, especialmente la cámara.
- Conocer y comparar técnicamente diferentes formas de conectar nuevos elementos optoelectrónicos a un Smartphone (Bluetooth, wifi, USB, I2C, NFC...)
- Aplicar los conocimientos de diseño óptico, guiado y procesado de luz, interacción luz-materia, optoelectrónica, e imagen, para analizar el comportamiento y prestaciones de elementos ópticos y optoelectrónicos que complementen estas plataformas y habiliten diferentes aplicaciones de sensado.

Especialidad de Ciencias de la Vida y la Salud

Biofotónica (pag. 41)

- Valorar el papel de las técnicas y métodos fotónicos en el campo de la Salud y de las Ciencias de la Vida.
- Comprender los mecanismos de interacción de la radiación con los tejidos biológicos siendo capaz de extraer propiedades ópticas significativas de estos últimos.
- Conocer las diferentes técnicas fotónicas para el diagnóstico de enfermedades, terapia y cirugía.
- Comprender y conocer los principios de la endoscopia seleccionando los diseños más adecuados en función de la aplicación clínica.
- Identificar áreas clínicas para la aplicación de técnicas de imagen óptica.

Biosensores (pag. 43)

- Conocer las principales señales biofísicas de los sistemas biológicos susceptibles de ser medidas mediante biosensores.
- Conocer la fundamentación del proceso de transducción y medida de señales biofísicas.
- Conocer y diseñar los sistemas de instrumentación necesarios para el funcionamiento de biosensores según su aplicación específica.
- Conocer y aplicar las principales técnicas de análisis y procesado de las señales provenientes de biosensores.

- Conocer los principales tipos de biosensores, fundamentalmente eléctricos, químicos u ópticos.
- Ser capaz de diseñar y/o seleccionar biosensores ópticos en función de los requerimientos de una aplicación médica.
- Conocer los sistemas de empleo de plataformas TIC en biosensores, fundamentalmente para conformar redes de sensores y sensado remoto
- Ser capaz de elegir el sistema de transmisión de información de la señal de biosensores en una aplicación específica.

Imagen médica y óptica fisiológica (pag. 46)

- Valorar el papel de la fotónica como tecnología para realizar imagen médica clínica y pre-clínica e identificar las ventajas e inconvenientes de las técnicas de imagen óptica con respecto a las técnicas de imagen médica convencionales.
- Identificar áreas clínicas para la aplicación de técnicas de imagen óptica.
- Conocer y diseñar las técnicas de imagen espectral (multi-hiperespectral, reflectancia, difusión, fluorescencia, Raman, FTIR) aplicadas al análisis de sistemas biológicos identificando la relación entre ellas y la composición química y molecular del tejido.
- Conocer las técnicas de imagen foto-acústica aplicadas al análisis de sistemas biológicos.
- Configurar los montajes de medida mediante la técnica de tomografía de coherencia óptica para el análisis de sistemas biológicos relacionando la imagen de retro-esparcimiento con la composición morfológica y estructural del tejido.
- Conocer los modelos básicos que permiten caracterizar el funcionamiento del sistema óptico ocular y comprender el mecanismo de acomodación que permite enfocar a diferentes distancias
- Conocer las diferentes aberraciones ópticas oculares y su efecto en la calidad de la imagen retiniana.

Fuentes ópticas para aplicaciones médicas (pag. 49)

- Conocer los sistemas y tejidos biológicos fundamentales y los efectos y características de la interacción luz-tejido biológico.
- Conocer los mecanismos de la bioestimulación óptica, de la interacción opto-térmica y de la fotoablación y la ablación inducida por plasma y ser capaz de estimar los parámetros fundamentales necesarios para que aparezcan los efectos deseados sobre los tejidos biológicos, dada una fuente óptica.
- Conocer los tipos y características de las principales de fuentes de requeridas por una aplicación médica.
- Conocer y tener en cuenta los aspectos de seguridad en el manejo de fuentes de luz.
- Conocer las sondas y sistemas endoscópicos idóneos para cada fuente de luz con aplicación médica.
- Conocer y seleccionar las fuentes ópticas empleadas en diagnóstico, tratamiento y cirugía de patologías mediante técnicas habituales en la práctica clínica y en fase de investigación.

Especialidad de fabricación avanzada.

Técnicas fotónicas para el monitorizado y control de procesos industriales (pag. 51)

- Adquirir una visión completa de la importancia del monitorizado y del control de procesos en el entorno de la industria del futuro que le permitirá responder a las preguntas de qué se pretende y que se precisa en dicho sector.
- Conocer técnicas mecánicas, químicas o electrónicas que se aplican en el control de procesos e identificar sus limitaciones en contraposición a las técnicas fotónicas de control de procesos.
- Conocer técnicas fotónicas de control de procesos describiendo sus ventajas, diseños básicos, limitaciones y aplicación de sistemas basados en láseres, como LIDAR, LIBS, LUT, Raman, Speckle, etc., así como los sistemas basados en imagen 3D, IR (infrarrojo), térmica, hiperespectral, multiespectral, de iluminación estructural, etc.
- Aplicar algoritmos, controles o esquemas para el análisis y la toma de decisiones a partir de los datos obtenidos con técnicas fotónicas.

Mecanizado con Láser (pag. 54)

- Conocer técnicas y tecnologías avanzadas de los futuros sistemas de mecanizado láser para diseñar, analizar y seleccionar el sistema óptimo de sistemas de mecanizado con láser para una determinada aplicación lo que facilitará su futura incorporación al tejido industrial así como a centros de investigación aplicada.
- Conocer diferentes técnicas de mecanizado láser y la tecnología subyacente en la que se basan.
- Analizar, diseñar y seleccionar dispositivos y subsistemas para formar sistemas avanzados de mecanizado láser de diferentes escalas y prestaciones.
- Analizar las prestaciones y limitaciones esperadas de las diferentes tecnologías disponibles en la actualidad y en un futuro para el mecanizado láser.
- Seleccionar la tecnología de mecanizado laser óptima para cada aplicación específica.

Fabricación aditiva con Láser (pag. 56)

- Conocer técnicas y tecnologías avanzadas de los presentes y futuros sistemas de impresión tridimensional mediante láser para su futura incorporación al tejido industrial, así como a centros de investigación aplicada.
- Conocer técnicas y características de los productos, materiales y sistemas de fabricación aditiva mediante láser en comparación con otros sistemas de producción, permitiendo la futura traslación de estas técnicas al tejido industrial.
- Discutir las limitaciones de cada uno de los procesos descritos, así como sus posibles campos de aplicación, llegando a plantear estudios de viabilidad técnico-económica para la implantación de estas tecnologías en diferentes sectores.

Fuentes de luz para fabricación avanzada (pag. 59)

- Conocer fuentes de luz específicas para su utilización en fabricación avanzada, centrándose en la fuente láser.
- Identificar los tipos de fuentes de luz existentes, así como las tendencias o nuevos desarrollos, especificando los problemas que resuelven o los nuevos nichos que pretenden cubrir.
- Reconocer componentes y accesorios del láser definiendo su utilidad, así como las circunstancias de uso.
- Conocer y desarrollar técnicas de control de la fuente de luz tales como el conformado de haz de salida, guiado, et...

- Conocer láseres centrados en tres aplicaciones de fabricación avanzada: soldadura, tratamiento superficial y retirada de material. Reconocer sus diferencias y seleccionar y/o diseñar el láser óptimo para aplicaciones concretas.
- Conocer y aplicar fuentes de luz incoherentes a diferentes procesos de fabricación.

CRITERIO 7. RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS

Se debe indicar la relación de convenios que garanticen la realización de las prácticas externas o prácticas en empresa.

Para la realización de prácticas en empresas, se han firmado compromisos de colaboración con diversas entidades que se frecen para acoger a estudiantes en prácticas para trabajar en temáticas relacionadas con los contenidos del máster (se adjuntan cartas de apoyo). El número de colaboraciones ya acordadas parece suficiente para el número de alumnos previstos, y se prevé trabajar para ampliar el número y tipo de entidades colaboradoras. Se detallan a continuación las entidades con las que ya se ha firmado un compromiso de colaboración para la realización de prácticas en empresa:

1. Instituto de Investigación Sanitaria Valdecilla (IDIVAL) (www.idival.org) , que promueve la investigación e innovación en el entorno biosanitario de Cantabria, ha considerado como transversal y estratégica la fotónica en el ámbito sanitario, ofreciendo sus instalaciones y recursos para la realización de prácticas.
2. Real Academia de Medicina de Cantabria (www.acimecan.com), que tiene entre sus objetivos la formación de los profesionales médicos y su integración con ramas afines a la medicina, ha ofrecido sus instalaciones para la realización de prácticas.
3. ENSA (Equipos Nucleares, S.A.). www.ensa.es Es una gran empresa que ofrece productos y servicios en el sector de la energía, y tiene en Cantabria un centro de fabricación avanzado que cuenta con la fotónica como una tecnología clave para asegurar su competitividad (soldadura láser, marcado láser, seguimiento con láser de soldadura, sistemas de visión avanzados, metrología láser, ...).
4. Hospital Virtual Valdecilla (www.hrvaldecilla.es) , centrado en la formación y la innovación en el ámbito sanitario, se ha ofrecido para el desarrollo de prácticas en sus instalaciones.
5. TTI (www.ttinorte.es) es una empresa de ingeniería que desarrolla equipos de comunicaciones para los sectores de defensa, aeroespacial, seguridad y ciencia, con un gran peso de la I+D+i en sus actividades. La empresa está sumamente interesada en la incorporación de la tecnología fotónica y de fibra óptica en sus productos.
6. Ambar Telecomunicaciones (www.ambar.es) diseña, instala e integra sistemas de telecomunicaciones de telefonía, datos, videoconferencia, seguridad, etc. Está especializada en grandes instalaciones que emplean rutinariamente sistemas de transmisión por fibra óptica.
7. Prysmian (www.prysmian.com) es una multinacional de las comunicaciones y la energía, con una sede en Cantabria que cuenta con una planta avanzada para la fabricación de cables de fibra óptica, tanto para grandes redes de transporte como para el acceso con fibra óptica al hogar (FTTH).
8. Fundación Tecnalia Research&Innovation (www.tecnalia.es) es uno de los mayores centros de investigación del estado con numerosas divisiones que emplean como

herramienta y realizan investigación en fotónica. A través de su director de tecnología, se ha ofrecido para realizar acciones formativas y acoger a estudiantes en prácticas, actividad que realizan habitualmente con esta y otras instituciones

9. Hisbalit (www.hisbalit.es) es una empresa que fabrica mosaico de vidrio desde hace más de 50 años y hoy día tiene una enorme variedad de productos con presencia en 70 países, siendo un referente de diseño, investigación e innovación en este campo. Produce íntegramente en España, trabaja con vidrio reciclado, pigmentos de origen natural, no emplea agua y usa hornos eléctricos de última generación que no generan residuos, por lo que es un referente en gestión medioambiental.
10. IK4-Tekniker (<http://www.tekniker.es/es>) es un consorcio para investigación, de más de 25 años de experiencia, formado por empresas, participado por el Gobierno Vasco y localizado en Eibar, Vizcaya. Se dedica a la innovación tecnológica para el sector industrial. Tiene 24 entidades colaboradoras para coordinar estrategias de I+D y actualmente, con 300 empleados desarrolla más de 200 proyectos de investigación en diversos campos.
11. CellBiocan (www.cellbiocan.com) es una empresa fundada en 2011 por el coordinador de la Unidad de Genética Molecular del Hospital Marqués de Valdecilla, Jose Luis Fernández Luna. Cellbiocan, perteneciente al Grupo Tirso y participada por el Iguatorio Médico de Cantabria desde el año 2015, es la primera empresa biotecnológica del sector sanitario en Cantabria, y se especializa en biología celular y molecular del cáncer
12. Textil Santanderina S.L. (<https://textilsantanderina.com>) es un grupo de empresas ligadas a los distintos sectores del mundo textil desde hace 60 años. Trabaja para compañías de moda como Inditex, Mango, Cortefiel, Pepe Jeans, Esprit, C&A, Marks&Spencer, Abercrombie&Fitch o el grupo VF Corporation, entre otras. Es una empresa comprometida con la innovación y el crecimiento, y tiene varios departamentos dedicados a investigación e innovación en tejidos y productos desarrollados a partir de ellos.
13. Grupo Tirso (www.tirso.org) es un grupo industrial con más de 60 años de experiencia en los sectores de la recuperación y el reciclaje, la gestión medioambiental y el sector siderúrgico. En la actualidad está formado por tres sociedades, Hierros y Metales Tirso, Tirso CSA y Hierros Tirso Canarias. Cuenta con una clara vocación hacia la diversificación, que ha hecho que esté presente en otras actividades tales como la gestión y promoción de suelo industrial, las telecomunicaciones vía satélite, la industria aeroespacial, y la biotecnología.

RECOMENDACIONES

CRITERIO 2. JUSTIFICACIÓN.

Se recomienda valorar tanto los referentes nacionales como los internacionales incluidos en la Memoria en relación con la propuesta de título presentada.

Apartado 2. Anexo 1 (subapartado 2.2): se ha añadido la valoración del referente europeo con contenido similar al Título de Máster que se propone.

“A nivel internacional, es una referencia el “EUROPHOTONICS Erasmus Mundus Joint Master Degree (EMJMD)” que se imparte desde el año 2010 e involucra a 7 universidades y 3 institutos de investigación de 4 países europeos. Está estructurado en 3 semestres más la Tesis de Master, dos de los semestres son de fundamentación en fotónica y el tercero es de especialización en fotónica biomédica, comunicaciones, materiales fotónicos, espectroscopía... (<http://www.europhtonics.org/wordpress/master/program-overview>). Hay numerosas ofertas de másteres en Europa con un perfil similar al propuesto: European Master of Science in Photonics (Universidades de Vrije y Gent <http://masterphotonics.be/>) , MSc in Photonics (Universidad de Eindhoven <https://www.masterstudies.com/MSc-in-Photonics/Netherlands/Eindhoven-University-of-Technology/>) , MSc Photonics (Universidad Tecnológica de Varsovia <https://www.masterstudies.com/M.Sc.-Photonics/Poland/WUT/>), MSc in Physics, Photonics (Universidad de Lund, <https://www.lunduniversity.lu.se/lubas/i-uoh-lu-NAFYK-FOTO>), etc.”

2. JUSTIFICACIÓN

2.1. Justificación del título propuesto, argumentando el interés académico, científico o profesional del mismo

Las Ciencias y Tecnologías basadas en la Luz son clave para el desarrollo de Europa y están consideradas “esenciales para la Nación” en los Estados Unidos de América, así como también en otros países que son actores relevantes en este tipo de ciencia y técnicas. Se considera que aproximadamente el 10% del PIB europeo está relacionado con productos y servicios basados en tecnologías usando luz. El mercado Europeo relacionado con estas tecnologías ha representado en 2015 aproximadamente el 20% del mercado mundial contando, además, con tasas de crecimiento anuales medias para los próximos años entre el 8% y el 10%, y hasta el 20% en áreas específicas. Tal como el Comisario Europeo Günther Oettinger declaró en la Reunión anual de la Plataforma Tecnológica Europea Photonics21 (Bruselas, 2016): "La Fotónica proporciona una gran ventaja competitiva para abordar retos sociales e industriales (incluyendo la vida y la salud) y es clave para su digitalización, lo que es esencial en las organizaciones 4.0 del Siglo XXI". Estos retos van desde la salud a la seguridad, pasando por el ahorro de la energía hasta su producción eficiente y limpia, así como la generación de nuevos productos industriales, la protección del medio ambiente y el logro de comunicaciones más eficientes y eficaces. Para hacer frente a los citados retos en Europa y en particular en nuestro país se necesitan profesionales e investigadores altamente formados y cualificados. Esto permitirá el establecimiento de procesos continuos de innovación basados o relacionados con la Ciencia y la Tecnología de la Luz (CTL), garantizando crecimientos económicos sostenidos así como el mantenimiento de elevadas tasas de empleo altamente cualificado en las organizaciones que afronten los desafíos en Europa.

En España, los másteres existentes relacionados con CTL, y en concreto con Fotónica, se imparten en Cataluña (Máster en Fotónica, ICFO, UPC, UB, UAB); en la Comunidad Valenciana (Máster en Ingeniería Óptica para Aplicaciones Biomédicas, UMH); en Madrid (Máster en Nuevas Tecnologías Electrónicas y Fotónicas, UCM) y en Galicia (Máster en Fotónica y Tecnologías del láser, UDC, USC y UVI). Sin embargo, no hay ningún máster similar en la zona norte de España (Asturias, Cantabria, País Vasco y Castilla-León) ni con el enfoque como el que la Universidad de Cantabria propone.

El máster “Ciencia e Ingeniería de la Luz” (CILuz) pretende ser un Máster Oficial en la Universidad de Cantabria (UC) y se propone para formar profesionales e investigadores capaces de afrontar los retos planteados por la sociedad y la industria del siglo XXI. Concretamente se focalizará en la formación para afrontar tres retos socio-económicos e industriales:

a) Sensores y comunicaciones

La Unión Europea, asistida por la plataforma Tecnológica Photonics 21, ha resaltado el papel que las tecnologías ópticas de comunicación de banda ancha desempeñarán para resolver un número considerable de problemas socio-económicos. En concreto, pueden contribuir a la reducción de las emisiones de carbono y posibilitar la mayoría de los servicios utilizados dentro de nuestras casas, así como en la educación, en el trabajo, en el entretenimiento y en la seguridad, entre otros. A día de hoy, en la mayoría de los países avanzados, la educación y el teletrabajo se posibilitan gracias a los servicios de comunicación de banda ancha por medios ópticos. Las tecnologías con luz para comunicaciones posibilitarán nuevas infraestructuras de telecomunicación que actuarán como elemento multiplicador y/o

catalizador que en Europa produzcan un mercado de más de 350 billones de euros y posibilitarán más de 700.000 puestos de trabajo.

Por otro lado, este desarrollo tecnológico puede tener como contrapartida una mayor vulnerabilidad y ha sido reconocido en los Retos de la sociedad que la Unión Europea ha establecido en su Plan Horizonte 2020 y en el Plan Nacional de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2012-2016. Ambos planes incluyen como objetivos prioritarios alcanzar la búsqueda de protección y seguridad en infraestructuras críticas de la sociedad, en las cadenas de suministro de energía, información y comunicación, transporte, alimentos, medio ambiente, infraestructuras de ingeniería civil, etc... Como herramientas claves de la Protección para alcanzar la Seguridad (P&S) se encuentran los sistemas de detección y medida (sistemas sensores) y, dentro de estos y con papeles cada vez más "estelares", los basados en conceptos ciencias y tecnologías de la luz (sensores fotónicos). El mercado global de equipos para P&S se cifra en aproximadamente 76 billones de euros. Según el informe "*Towards 2020-Photonics Driving Economic Growth in Europe*", los impactos sobre sectores claves como el del procesamiento de alimentos será de más de 2,6 trillones de euros., en el de la supervisión o monitorizado del medio ambiente de alrededor de 10 billones de euros, en la instrumentación para el análisis de agua de 1,5 billones de euros, en la lucha contra la falsificación que representa un 5-7% del comercio mundial cada año, corresponde a casi 500 billones de euros. Por otra parte, y circunscribiéndose solo a las nuevas tecnologías de sensores fibra óptica (puntuales, integrales y distribuidos) el mercado se espera que crezca en una "impresionante" tasa promedio anual de 20,3% hasta 3,98 billones de Dólares en 2017 (fuente: ElectroniCast Consultants, CA, USA, junio de 2013).

b) Ciencias de la vida y la salud

Los avances en el entendimiento de la naturaleza de la luz, de sus propiedades, cómo interacciona con la materia, su generación precisa, su detección y su procesado, tienen un gran impacto en las Ciencias de la Vida y de la Salud. Hoy día es reconocido que la Fotónica contribuye de manera muy relevante en la búsqueda de soluciones eficientes y eficaces para afrontar los retos planteados tanto en el diagnóstico como en la operativa, en la terapia y en el desarrollo de dispositivos y componentes para la mejora, sostenimiento y, en última instancia, de la salud humana. Tal como se define en la Declaración de Lund de julio de 2009, las ciencias y tecnologías de la luz y su ingeniería contribuirán muy significativamente a la solución de varios de los grandes retos de nuestro tiempo, ofreciendo "soluciones sostenibles en áreas tales como el agua y los alimentos, las sociedades que envejecen, la salud pública, las pandemias ...".

Para la mayoría de los países europeos y de acuerdo a la proyección demográfica efectuada por la Plataforma Tecnológica Europea Photonics 21, los enormes cambios demográficos tendrán consecuencias drásticas para los ciudadanos europeos y sus sistemas de salud (*Towards 2020-Photonics driving economic growth in Europe*). De hecho, el número de personas mayores de 65 años se duplicará para el año 2030, lo que conduce a un dramático crecimiento de las enfermedades relacionadas con la edad entre las que destacan el Alzheimer y el Cáncer, así como las enfermedades cardio y cerebrovasculares, la degeneración macular relacionada con la edad, la diabetes, etc. por citar las más significativas. Además, debido a los conflictos bélicos actuales en varias partes del globo terráqueo, Europa recibe unos enormes flujos migratorios de una gran diversidad de ciudadanos. Ello, sin duda, impactará en los sistemas de salud, así como en la aparición de más y más diversas enfermedades lo que conducirá a enormes esfuerzos para mantener el nivel de calidad de la atención médica. Como muestra del inmenso mercado en el que impactarán las nuevas tecnologías, mencionar que según el informe de Frost & Sullivan, San Antonio, USA, 2010 (*Strategic Analysis of the Global In Vitro Diagnostic Market*), sólo el mercado mundial de diagnóstico in vitro superará los 45 billones de euros. Asimismo, se constata que según proyecciones de mercado efectuadas por consultores internacionales

reconocidos (<http://www.researchandmarkets.com>) se estima que solo el mercado de sensores biomédicos en USA será de 6,07 billones de dólares para 2020 mercado y que experimentará una tasa de crecimiento anual media de 6,97% durante el período 2015-2020.

c) Fabricación avanzada

Las tecnologías, herramientas, procesos de producción y sistemas de medida y de calidad basados en conocimientos y técnicas fotónicas para la fabricación industrial avanzada tiene unas expectativas de mercado global mundial multi-billonarias que se espera esté dominado por empresas europeas. Además, esto ejercerá un efecto impulsor muy importante sobre otras industrias y negocios y, sin duda, tendrá una incidencia muy significativa en el empleo de recursos humanos altamente cualificados. Uno de los objetivos fundamentales de esta especialidad es formar técnicos especialistas que aborden y sean capaces de aportar soluciones a esta problemática. En base a apropiados haces láser convenientemente acondicionados, dirigidos y focalizados de forma automatizada se logran procesos productivos de gran precisión, eficientes, eficaces y muy flexibles mediante los que se fabricarán componentes y productos de extraordinaria calidad, y lo que no es menos importante, siendo amables con el medio ambiente.

La extrema precisión con la que la energía láser puede ser aplicada redundando en una reducción sustancial en el consumo total de energía, en comparación a los procesos de producción estándar. Esto hace que el procesamiento láser sea una tecnología cada vez más relevante para una futura economía sostenible en Europa. La habilidad del láser para procesar materiales que son muy difíciles de procesar con herramientas convencionales lo convierte en una herramienta ideal para la fabricación de componentes inicialmente ligeros, de alta resistencia y de cualquier configuración geométrica.

El máster propuesto se plantea con una duración de un año tras el cual se habilitará a profesionales y/o estudiantes para que inicien sus carreras profesionales o científicas en este ámbito. En este último caso para que puedan iniciar un doctorado. Se afronta fundamentalmente con profesores e investigadores del Grupo de Ingeniería Fotónica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación y los del grupo de Óptica de la Facultad de Ciencias. Además, contará con el apoyo de otras instituciones u organizaciones, de empresas, de sociedades científicas, de plataformas tecnológicas, etc. En este sentido es de remarcar la colaboración con la UIMP, facilitando que los alumnos de este máster participen en cada edición anual del *International School of Light Sciences and Technologies ISLIST* que en la cuarta semana del mes de junio se desarrollará anualmente en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo en Santander. Gracias a ello, los alumnos del máster disfrutarán de las enseñanzas y experiencias de profesionales e investigadores de reconocido prestigio internacional en áreas de trabajo donde el uso de la luz como herramienta es pieza clave.

2.2. Referentes externos a la universidad proponente que avalen la adecuación de la propuesta a criterios nacionales o internacionales para títulos de similares características académicas

Consultando las bases de datos del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, podemos encontrar los siguientes títulos de Máster con contenidos similares al que se propone:

- a) Nacionales
 - Máster en Fotónica y Tecnologías del Láser (Galicia, interuniversitario UVI, USC, UDC)

- Máster en Fotónica (Cataluña, interuniversitario ICFO, UPC, UB, UAB)
- Máster en Fotónica (Madrid, UAM)
- Máster en Ingeniería Óptica para Aplicaciones Biomédicas (Comunidad Valenciana, UMH)
- Máster en Nuevas Tecnologías Electrónicas y Fotónicas (Madrid, UCM)
- Máster Universitario en Tecnologías Ópticas y de la Imagen (Madrid, UCM)
- Máster Universitario en Nano y Biofotónica Molecular para Telecomunicaciones y Biotecnologías (Madrid, UCM)

b) Internacionales

- Máster Universitario Erasmus Mundus en Ingeniería Fotónica, Nanofotónica y Biofotónica / European Master in Photonics Engineering, Nanophotonics and Biophotonics por la Universidad Autónoma de Barcelona; la Universidad de Barcelona; la Universidad Politécnica de Catalunya; Universität Karlsruhe (TH)(Alemania) y Université Paul Cézanne Aix-Marseille III(Francia)
- Máster Universitario Erasmus Mundus en Nano- y Bio-fotónica Molecular/Molecular Nano- and Bio-photonics por la Universidad Complutense de Madrid; Politechnika Wroclawska-Wroclaw University of Technology(Polonia); Université de Paris V - Descartes(Francia); Uniwersytet Wroclawski(Polonia) y École Normale Supérieure de Cachan(Francia)
- A nivel internacional, es una referencia el "EUROPHOTONICS Erasmus Mundus Joint Master Degree (EMJMD)" que se imparte desde el año 2010 e involucra a 7 universidades y 3 institutos de investigación de 4 países europeos. Está estructurado en 3 semestres más la Tesis de Master, dos de los semestres son de fundamentación en fotónica y el tercero es de especialización en fotónica biomédica, comunicaciones, materiales fotónicos, espectroscopía...
(<http://www.europhotonics.org/wordpress/master/program-overview>).
- Hay numerosas ofertas de másteres en Europa con un perfil similar al propuesto: European Master of Science in Photonics (Universidades de Vrije y Gent <http://masterphotonics.be/>) , MSc in Photonics (Universidad de Eindhoven <https://www.masterstudies.com/MSc-in-Photonics/Netherlands/Eindhoven-University-of-Technology/>) , MSc Photonics (Universidad Tecnológica de Varsovia <https://www.masterstudies.com/M.Sc.-Photonics/Poland/WUT/>), MSc in Physics, Photonics (Universidad de Lund, <https://www.lunduniversity.lu.se/lubas/i-uoh-lu-NAFYK-FOTO>), etc. "

2.3 Descripción de los procedimientos de consulta internos y externos utilizados para la elaboración del plan de estudios

2.3.1 Procedimientos Internos

Con el visto bueno de la Dirección de la Escuela Técnica de Ingenieros de Telecomunicación y de la Facultad de Ciencias se ha constituido una comisión de elaboración de la memoria con representación del Grupo de Óptica (1 persona) de la Facultad de Ciencias y del Grupo de Ingeniería Fotónica (2 personas) de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. Esta comisión se ha reunido con otros miembros de la Universidad con docencia en el ámbito del Máster (Departamento de Física Aplicada, Departamento de Tecnología Electrónica e Ingeniería de Sistemas y Automática (TEISA) y Departamento de Física Moderna) y observado experiencias similares en otras Universidades, nacionales o extranjeras. Con esta información la comisión realizó una propuesta de máster que fue expuesta a los órganos de gobierno tanto de la Facultad como de la Escuela, recabando las sugerencias e implementando aquellas que se consideraron pertinentes.

Finalmente, el proceso de tramitación se resume a continuación:

1. Elaboración de la Memoria de Verificación y aprobación por las Juntas de los Centros.
2. Envío al Vicerrectorado de Ordenación Académica de la Memoria de Verificación provisional para su revisión y exposición pública.
3. Aprobación por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Cantabria.
4. Aprobación por el Consejo Social de la Universidad de Cantabria.
5. Comunicación de la aprobación de la nueva titulación a la Comunidad Autónoma.

2.3.2 Procedimientos Externos

Para la elaboración del plan de estudios se ha considerado la siguiente información:

- Las recomendaciones indicadas por la Comisión Europea para el desarrollo de las tecnologías facilitadoras esenciales (KET) [1], en particular las acciones formativas en la educación superior necesarias para el desarrollo de la fotónica, la nanotecnología y los sistemas de fabricación avanzada [2].

- Las necesidades formativas que los grupos proponentes han detectado a partir de su actividad investigadora y de transferencia de tecnología, su colaboración con empresas relevantes, y de su participación en comités y organizaciones de la óptica y fotónica, las comunicaciones, la biomedicina y la industria. En particular, los grupos proponentes son miembros o participan en órganos de decisión de la Sociedad Española de Óptica, Fotónica XXI, Photonics 21, SECPhO, Asociación Española de Ensayos No Destructivos, ...
- Diversos informes y documentos relacionados con prospectiva y la situación del empleo de profesionales en el ámbito TIC y tecnología avanzada, como el "Informe Infoempleo Adecco: Oferta y demanda de empleo en España" de Adecco (2014), o "Inserción laboral de los egresados universitarios. La perspectiva de la afiliación a la Seguridad Social", del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015); o el informe "REFLEX: El profesional flexible en la sociedad del conocimiento", editado por la ANECA (2007).
- El contenido y orientación de asignaturas de másteres de reconocido prestigio de óptica y fotónica, como el *European Master of Science in Photonics* (Ghent University, Vrije Universiteit Brussel) o el *Master's degree in Photonics* de las universidades catalanas y el ICFO; siempre buscando la adaptación a las características de los titulados que acceden al máster, así como a los objetivos del título y a la estrategia formativa de la Universidad de Cantabria.

[1] https://ec.europa.eu/growth/industry/key-enabling-technologies_es
 [2] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52012DC0341>

2.4 Orientación del Máster

La formación adquirida en el Máster permitirá la incorporación directa del alumno al mundo profesional, sobre la base de la aplicabilidad de muchas de las metodologías y técnicas que en él se desarrollan. Además, el alumno estará capacitado para la incorporación a grupos de investigación y el inicio de un doctorado.

2.5 Objetivos

El objetivo primordial es proporcionar formación en herramientas y conceptos avanzados en el campo de las Ciencias y Tecnologías de la Luz. En función de la especialidad escogida, se ofrecen dos vertientes. Por una parte se dará una formación dirigida a profundizar en temáticas de investigación, que permitirá al alumno acceder a un doctorado. Por otra, se proporcionará al alumno formación y experiencia en instrumentación y computación para aplicaciones tecnológicas.

Al finalizar el Máster, el alumno estará capacitado para su incorporación a grupos de investigación y el inicio de un doctorado. También, con la orientación práctica del Máster, el alumno habrá adquirido capacidades tanto desde el punto de vista metodológico como instrumental, que le permitirán su inserción laboral en el mundo profesional no académico.

2.6 Justificación de las especialidades establecidas

El máster CILuz se centra en formar profesionales y científicos en el conocimiento y las técnicas del manejo de la luz como herramienta que permitan afrontar con éxito tres de los grandes retos socioeconómicos en los que ésta desempeña un papel relevante: sensores y comunicaciones, ciencias de la vida y la salud, y fabricación industrial avanzada.

2.6.1. Especialidad en Sensores y Comunicaciones

En esta especialidad se profundiza en el conocimiento de las nuevas tecnologías con luz para comunicaciones y en los sistemas de detección y medida (sistemas sensores) basados en

conceptos relacionados con las ciencias y tecnologías de la luz (sensores fotónicos) que incluyen una gama muy variada según su fundamento (óptica, fibra óptica, óptica integrada etc.). Dentro de las asignaturas que forman esta mención, se estudian los procesos de generación, detección y transmisión de señales ópticas, y los aspectos generales de los sistemas de comunicaciones ópticas, así como la arquitectura y las técnicas usadas en las redes que utilizan esta tecnología de transmisión.

2.6.2. Especialidad en Ciencias de la vida y la salud

En esta especialidad, los contenidos proporcionados sobre interacción luz-materia en el módulo común del Máster se particularizan al caso de tejidos biológicos. La combinación de conceptos y técnicas surgidas de la Biología y de la Fotónica conduce a la nueva disciplina que se identifica como BioFotónica, término que recoge en general los conocimientos y tecnologías consecuencia de la interacción entre los elementos biológicos y la luz tanto en su aspecto clásico como cuántico con biomoléculas, células, tejidos, etc. (emisión, detección, absorción, reflexión, modificación y generación de radiaciones luminosas) así como la generación y procesado de biomateriales. Además, las asignaturas optativas de esta mención profundizan en las fuentes y técnicas ópticas que se utilizan en las diferentes aplicaciones biomédicas.

2.6.3. Especialidad en fabricación industrial avanzada.

Esta especialidad se centra en los procesos de fabricación avanzada mediante laser (incluida la fabricación aditiva) y en los sistemas de supervisión y control basados en técnicas fotónicas de detección y medida. Estos procesos permiten fabricar una amplia gama de nuevos e innovadores materiales, dispositivos y en general productos tales como estructuras, stents, huesos sintéticos, marcapasos, endoscopios, micro-cámaras, etc. Las asignaturas optativas tratarán temas relacionados con la integración del láser y otras fuentes de luz dentro de la máquina-herramienta, con el fin de conferir inteligencia a los sistemas productivos y controlar la calidad del producto en tiempo real.