

# La Agenda Estratégica de Investigación e Innovación de la Fotónica en España

Santiago Royo  
Secretaría Técnica  
Fotónica21

## Índice

- **La Fotónica en España, hoy: estudio de mercado**
- **La nueva Agenda Estratégica de Investigación e Innovación**
- **WG1: Infraestructura digital**
- **WG2: Fabricación**
- **WG3: Salud**
- **WG4: Clima, movilidad y energía**
- **WG5: Seguridad y espacio**
- **WG6: Agricultura y alimentación**
- **WG7: Plataformas fotónicas**
- **WG8: Investigación, educación y formación**

# La fotónica en España, hoy

## Descripción

- **Estudio de mercado realizado por Tematys para Photonics21**
  - Colaboración Fotónica21-Tematys-Photonics 21
  
- **Extracción de los datos correspondientes a España**
  - Autor Thierry Robin
  - Encuesta realizada en verano de 2020 (en pandemia), con datos económicos de 2019 (prepandemia)
  - Base de datos de 130 empresas españolas, respuesta de 19 (suficiente para promedios pero no para distribuciones)

## Resultados más destacados

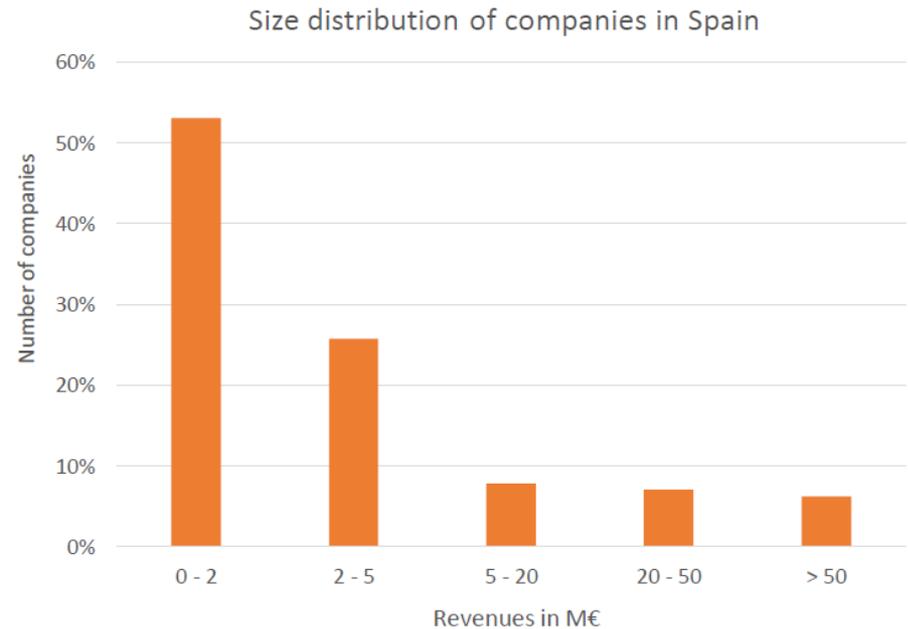


- **Tamaño del sector (2019):** 1300 M€ en ventas
- **Promedio de ventas:** 10M€
  - Promedio en Europa 20M€
- **Número de empleos:** 5400
- **Promedio de trabajadores:** 40
  - Promedio en Europa 80
- **Sectores más relevantes** (entre 15% y 20%)
  - Movilidad (principalmente automoción)
  - Industria 4.0, en particular procesado de imagen y visión por computador
  - Iluminación y energía
  - Salud y bienestar

## Resultados más destacados



- **Sector mayoritariamente de PYMEs y microPymes**
  - Reflejado en los miembros de la plataforma
  
- **Grandes empresas identificadas**
  - Signify Iberia (antes Phillips)
  - Trumpf
  - Olympus Iberia
  - Indra Electro Optics
  - Hella
  - Essilor
  - Hoya Lens Iberia
  - Zeiss Spain



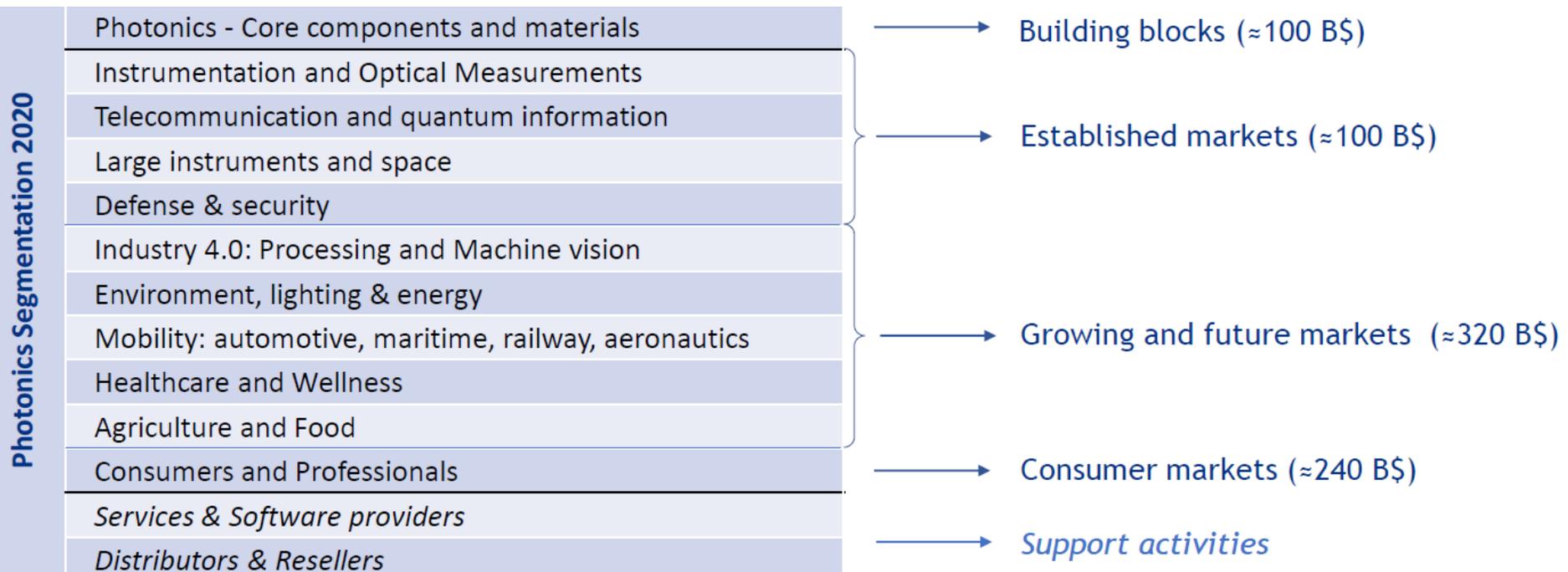
## Resultados más destacados



- **Mayoritariamente dedicadas a desarrollo de sistemas, dispositivos e instrumentación**
- **Las proyecciones de crecimiento (2020) eran del 7%, aproximadamente como en el resto de Europa y muy por encima del crecimiento del PIB**
- **El nivel de inversión en investigación, tecnología e innovación es del 14% de la facturación en las PYMEs, equivalente al europeo**
- **El 50% de las ventas se realiza en Europa y el 50% fuera de Europa**
  - Sector fuertemente exportador

## Segmentación actual del mercado de la Fotónica

- Mayor orientación a usuarios finales y a aplicaciones



# La nueva Agenda Estratégica

## La nueva Agenda Estratégica de Investigación y la Innovación

- **En 2019 la Plataforma se reorganiza para adaptarse a los nuevos Grupos de Trabajo de Photonics21**
- **Desde el Comité de Representantes se consideró que era el momento oportuno para renovar la Agenda Estratégica existente, que necesitaba ser revisada**
- **Partiendo de la Agenda europea, se trabajó en cada Grupo de Trabajo en su adaptación y ampliación al entorno nacional utilizando tres grandes apartados**
  - Retos socioeconómicos que debe solucionar la Fotónica
  - Retos de la investigación e innovación en Fotónica
  - Necesidades de cooperación en otros campos
- **Desde Enero hasta Marzo de 2022 se realizaron reuniones virtuales con 120 expertos nacionales de todos los sectores, y se circularon borradores, primero por grupo de trabajo, después de toda la agenda a los participantes, y después a las restantes plataformas tecnológicas para ampliar contribuciones.**
- **El resultado es un Agenda de consenso, elaborada entre todos, y que perfila las tendencias de futuro de la Fotónica en España.**

# GT1. Infraestructura Digital

### Retos de investigación e innovación

- **Operación de la red sin contacto (Zero-touch networking)**
  - Redes fotónicas aumentadas por IA/aprendizaje automático
- **Respuesta instantánea**
  - Latencia baja y determinista en las conexiones de red óptica
- **Acceso desde cualquier lugar**
  - Fibra hasta el hogar, FttRadio -Antenna, comunicaciones satelitales ópticas 'Fibre -in -the-sky', LiFi
- **Seguridad intrínseca**
  - La resiliencia de la infraestructura de la red óptica, la transmisión segura de datos, complementada con la infraestructura de comunicaciones cuánticas
- **Crecimiento sostenible de la capacidad**
  - En una red 5G/6G y centrada en el centro de datos, la capacidad en las redes de fibra tiene que "mantenerse": hiperescalabilidad, consumo de energía, programabilidad, costo de la red, eficiencia operativa, red verde.

## GT2. Fabricación

### Retos de investigación e innovación

- **Fuentes láser**
  - Nuevas fuentes de alta eficiencia y con parámetros de haz adaptables.
  
- **“Luz a medida”: Guiado y conformado de haces láser de alta potencia**
  - Nuevas fibras ópticas de materiales innovadores y sistemas de guiado en sistemas de alta potencia.  
Nuevos rangos de longitudes de onda.
  
- **Industria 4.0**
  - Inclusión perfecta y eficiente de los nuevos sistemas láser en condiciones de capacidad óptima en las cadenas productivas.
  
- **De bits a fotones**
  - Adaptación de técnicas de *machine learning* capaces de realizar procesos de fabricación basados en datos, como los gemelos digitales.

### Retos de investigación e innovación

- **Control de calidad y NDT**
  - Combinación de procesos láser de alto rendimiento con sistemas avanzados de control de calidad no destructivos, en línea, fiables y a tiempo real. Uso de big data.
  
- **Materiales específicos para aplicaciones fotónicas**
  - Nuevos materiales y aleaciones optimizados para procesamiento láser ultrarápido.
  - Desarrollo de tintas conductoras para la funcionalización de materiales.
  - Uso de materiales no estándar en procesos CMOS para PICs
  
- **Gente con habilidades e infraestructura flexible**
  - Acceso a personal cualificado a todos los niveles, incluyendo programas de formación continua
  - Desarrollo de *hubs* de innovación con infraestructura adaptable y conexión a los centros de investigación

## GT3. Salud

## **Retos de investigación e innovación**

- **1. Herramientas fotónicas avanzadas para las ciencias de la vida enfocadas a los usuarios finales: industria, médicos, investigadores:**
  - Proteómica, genómica y metabolómica
  - Alto rendimiento y cribado: industria farmacéutica, la medicina regenerativa y personalizada
  - Vías de diagnóstico y/o tratamiento alternativo:
    - Monitorización del control del crecimiento de tejidos para el reemplazo de órganos
    - Creación de estrategias para la detección temprana, y comprensión de enfermedades no desarrolladas
    - Técnicas de imagen 3D, que combinan resolución subcelular con un campo de visión sistémico

## Retos de investigación e innovación

- **2. Diagnósticos en tiempo real basados en tecnologías y dispositivos fotónicos** para estratificar y clasificar, monitorizar y evaluar la respuesta al tratamiento para medicina de precisión:
  - Imágenes en 3D con visión amplia (órganos), profunda (> 1 cm) y alta resolución -> histopatología en 3D sin etiquetas + inteligencia artificial
  - Fuentes láser y componentes ópticos para tratamiento e imágenes ("cirugía con láser")
    - Compactos para carros portátiles, datos abiertos e integración en quirófano
  - Hemogramas para conteo e identificación in vivo de células inmunitarias o cancerosas, y evaluación de parámetros funcionales
  - Análisis de la composición de tejidos o detección de biomarcadores
    - Sin necesidad de utilizar marcadores o etiquetas
  - Métodos optogenéticos para tratamiento del cerebro o corazón (recableado neural):
    - Pacientes sordos o ciegos, prótesis, recuperación funcional de células u oxigenación cerebral de precisión

## Retos de investigación e innovación

- **3. Dispositivos fotónicos móviles (portables) y biosensores avanzados** para detección/ diagnóstico y tratamiento instantáneo, invasivo o no-invasivo, en el punto de atención, condición médica y parámetros ambientales:
  - Azúcar en sangre, los signos vitales (pulso, presión arterial, oxigenación de la sangre y flujo sanguíneo)
  - Nuevos biomarcadores, control de farmacocinética y progresión de patologías
  - Llevables o implantables (volumen  $< 1 \text{ cm}^3$ , pocos gramos, bajo consumo, autocarga, pérdida de calor manejable, materiales biocompatibles)
  - Identificación de patógenos y biomarcadores para diagnóstico y medicación rápida
  - Implantables: reprogramables y conectividad inalámbrica
  - Identificación de biomarcadores rápida y sin etiquetas (mayor integración de fotónica, la electrónica, microelectrónica y microfluídica)
  - Capaz de encajar en el flujo de trabajo de un médico y obtener su aceptación

## GT4. Clima, movilidad y energía

### Retos de investigación e innovación

- **Detección fotónica avanzada para movilidad autónoma:**
  - Nuevos detectores para movilidad en el camino al vehículo autónomo, robustos, precisos y de bajo coste.
- **Supervisión del estado de la batería**
  - Sensores para determinar el estado de carga, la salud interna y la temperatura interior de una batería, que permitirán optimizar su uso y eventualmente generar un mercado de segunda mano.
- **Integración fotónica de sensores:**
  - Nuevos sensores integrados basados en PICs para IoT, sensado de contaminantes, biorreactores, reacciones químicas, aplicaciones industriales...
- **Comunicación con luz (LiFi):**
  - Nuevos componentes fiables, pequeños y de bajo coste para comunicaciones LiFi en aplicaciones V2V y V2I, integrados en el vehículo.

### Retos de investigación e innovación

- **Interacción inmersiva y monitorización de ocupantes:**
  - Nuevos sistemas de interacción con el conductor, seguros y que extiendan las funcionalidades de las pantallas táctiles, así como dispositivos para monitorizar el estado (salud, atención, actitud) de los ocupantes.
- **Micropantallas:**
  - Desarrollo de micropantallas en gafas y lentes de contacto, incluyendo realidad aumentada y realidad virtual.
- **Mejorar un 10% la eficiencia de los sistemas de iluminación:**
  - Para cumplir con los objetivos del clima, hay que plantear objetivos progresivos de reducción del consumo, integrando la iluminación en los edificios, mediante nuevos materiales y arquitecturas.
- **Economía verdaderamente circular:**
  - Fuentes de iluminación que permite optimizar los procesos de crecimiento de cultivos y huertos urbanos, y reducir el consumo en áreas productivas e industriales.

## GT5. Seguridad y espacio

### Retos de investigación e innovación

#### Intereses actuales:

- Potenciación AI con comunicaciones más rápidas (tecnología cuántica)
- Sistemas de enfoque para aplicaciones 5G
- Nanofotónica en procesos de fabricación
- Nuevos materiales
- Fotovoltaica
- Desarrollo de sensores de fibra óptica distribuidos y puntuales
- Desarrollo de Láser de fibra óptica para comunicaciones, apuntamientos.
- Desarrollo de láser en contramedidas para drones
- Sistemas de observación, espectroscopía de superalta resolución
- Sensores fotónicos para biomarcadores en uso en amenazas biológicas, protección o monitorización.
- Diseño de criostatos para la caracterización de distintos dispositivos de muy bajo ruido en rangos de temperatura ampliados para aplicaciones en el campo de la radioastronomía y defensa.
- Desarrollo optomecánico de soluciones IoT NIR/MIR/FIR
- Nanofabricación
- Codificación cuántica, encriptación con láser
- Comunicaciones fotónicas
- Codificación cuántica
- Sensores fotónicos
- Sistemas opto-fotónicos para uso en fotovoltaica de espacio y de uso dual.
- Sistemas fotónicos de optimización y generación de energía.



### Retos tecnológicos

Sistemas	Fomento de industria de elementos lentes, filtros, espejos, redes de difracción, electrónica, fuentes láser, chips, materiales, superconductores.  Localización industria española.
Miniaturización	Nanofotónica y nanooptoelectrónica en procesos de fabricación
Rentabilidad	Procesos de fabricación
Plataformas para producción rentable	Inversiones en investigación, diseño, desarrollo y testeo de nuevo producto, reutilizable y reversible en nuevos sistemas
Potenciación de IA/ML	Comunicaciones, codificación cuántica, encriptación con láser, Comunicaciones fotónicas, Codificación cuántica con mayor volumen de procesado y datos.
Detección multiparamétrica	Adquisición multicanal y simultánea de datos. Desarrollos de LIDAR en uso dual
Mantenimiento mínimo	Auto calibración de sistemas desde fábrica o en remoto
Resiliencia/robustez	Nuevos materiales menos degradables y mayor inmunidad a EMI
Consumo	Mínimo consumo, materiales con alta señal/ruido y poca absorción óptica que no disminuya rendimiento.
Sostenible	Componentes y materiales, y que se respeten las normas RoHS y REACH.
Focalización de mercado	Para que Europa se concentre en líder de los sensores avanzados, de alto rendimiento autónomos y resilientes duales ha de apostar por la industria y fabricación

## GT6. Agricultura y alimentación

### Retos de investigación e innovación (I)

- Sistemas de imagen que incorporen capacidades de análisis avanzadas y que sean robustos en un entorno de gran variabilidad biológica.
- Lograr costes finales de los productos y servicios basados en tecnologías fotónicas asumibles para el sector primario.
- Lograr que reglamentaciones y estándares ayuden a la adopción de nuevas tecnologías.
- Promover la adopción de tecnologías (no sólo TIC) por parte de la industria.-
- Desarrollar sensores de mayor resolución espacial 2D y 3D y espectral que mejore la caracterización de alimentos y la eficiencia de procesos
- Desarrollar técnicas láser que permitan mejorar la calidad y seguridad de los alimentos identificando propiedades y características de toda la producción.
- Desarrollar sistemas de iluminación LED que permitan recortar los ciclos de producción vegetal en invernaderos verticales con un ahorro en insumos y energía.
- Mejorar la detección de cuerpos extraños de baja densidad que se puedan incorporar accidentalmente en los alimentos.

### Retos de investigación e innovación (II)

- Detectar patógenos en alimentos de manera rápida y sin necesidad de preparar las muestras.
- Obtener nuevas técnicas de desinfección de productos alimentarios y superficies en contacto con los alimentos mediante la excitación fotónica en longitudes de onda y potencias que reduzcan o eliminen los microorganismos patógenos presentes.
- Desarrollar nuevos dispositivos fotónicos como biosensores ópticos que permitan detectar la presencia de contaminantes en alimentos en trazas muy bajas.
- Investigar en el desarrollo de sistemas de detección de fraudes por mezclas de otros alimentos de menor valor o de otra procedencia u origen.

## GT7. Plataformas fotónicas

### Retos de investigación e innovación

- **PICs para sistemas de monitorización/detección**
  - Desarrollo de sistemas de monitorización sin imágenes y plataformas de integración fotónica para todas las longitudes de onda.
  - Integración multitecnología y encapsulado de elementos fotónicos.
  
- **Desarrollo de líneas piloto de fabricación**
  - Requeridas para la integración con tecnologías electrónicas, heterogéneas y *chiplet* (modulares), y para el desarrollo de un back-end fotónico.
  - y Desarrollo de sistemas de monitorización sin imágenes y plataformas de integración fotónica para todas las longitudes de onda.
  
- **PICs para sistemas de monitorización/detección**
  - Desarrollo de sistemas de monitorización sin imágenes y plataformas de integración fotónica para todas las longitudes de onda.
  
- **Sistemas de computación cuántica**
  - Integración de componentes múltiples para construir el computador cuántico basado en técnicas ópticas

### Retos de investigación e innovación

- **Fábrica de innovación fotónica**
  - Creación de una institución virtual que ofrece soluciones para la cadena de valor completa de la fotónica, desde chips hasta paquetes y sistemas.
  - Debería cerrar las brechas en las cadenas de valor fotónicas europeas y establecer mecanismos de acceso fáciles y efectivos para todos los mercados, cerrando la brecha entre investigación, innovación y mercado
  
- **Desarrollo de una hoja de ruta internacional de la fotónica**
  - Creación de una hoja de ruta conjunta internacional para optimizar esfuerzos, integrando los desarrollos en diferentes aplicaciones.
  - Coordinación de la investigación y la estrategia para la investigación fotónica europea y internacional.

# GT8. Investigación, educación y formación

### Retos de investigación e innovación

#### ▪ En investigación

- Nuevas funcionalidades y capacidades de personalización de los componentes.
- Características de la luz extendidas y estudio de la interacción luz-materia en condiciones extremas
- Nuevos enfoques transformando procesos convencionales en procesos
- Traducir el nuevo conocimiento generado en riqueza mediante la innovación
- Generación de redes de centros versátiles que cubran toda la cadena de valor y de TRL

#### ▪ En educación y formación

- Prioridad de una formación profesional en fotónica para capacitar vocaciones STEM no universitarias.
- Visibilizar el impacto de la tecnología y las aplicaciones fotónicas entre los estudiantes más jóvenes.
- Anticipar la generación de nuevas profesiones generadas por el cambio tecnológico.
- Estimular la movilidad de estudiantes y trabajadores, así como la mentalidad emprendedora
- Trabajar la interdisciplinariedad en las KETs, visibilizando la Fotónica en las ingenierías
- Finalmente, potenciar el uso de la fotónica en la digitalización de las PYMEs

**Gracias por vuestra atención!**