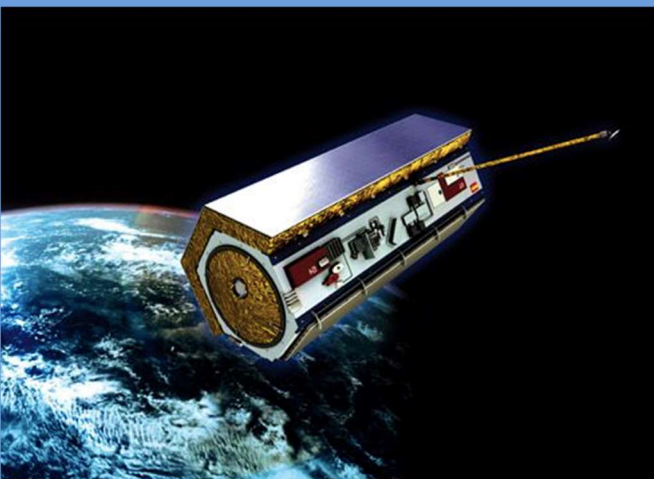




AGENDA ESTRATÉGICA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN EN ESPACIO

2020 - 2030



Imágenes portada y documento:

©COPYRIGHT AIRBUS

©COPYRIGHT ARQUIMEA

©COPYRIGHT ESA

©COPYRIGHT GMV

©COPYRIGHT INDRA

©COPYRIGHT HISDESAT

©COPYRIGHT HISPASAT

©COPYRIGHT NASA

©COPYRIGHT ONU (Naciones Unidas)

INDICE

Pág. 7	PRÓLOGO (Ministerio de Ciencia e Innovación)
Pág. 8	PRÓLOGO (Comisión Espacio TEDAE)
Pág. 9	PRESENTACIÓN
Pág. 10	RESUMEN EJECUTIVO /EXECUTIVE SUMMARY
Pág. 17	RECOMENDACIONES PRINCIPALES
Pág. 18	1. INTRODUCCIÓN
Pág. 21	2. CONTEXTO: PERSPECTIVAS Y ENTORNO
Pág. 25	3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE ESTA AGENDA
Pág. 27	4. RETOS SOCIO-ECONÓMICOS
Pág. 38	5. TECNOLOGÍAS ESPACIALES PARA LOS ODS 2030
Pág. 47	6. LÍNEAS TRONCALES DEL SECTOR EN ESPAÑA
Pág. 53	7. TECNOLOGÍAS EMERGENTES Y DISRUPTIVAS
Pág. 58	8. LÍNEAS DE ACTUACIÓN TECNOLÓGICA
Pág. 59	8.1. Reto 1: El Espacio al servicio del futuro de la sociedad
Pág. 66	8.2. Reto 2: Tecnologías para aumentar la competitividad del sector espacial español
Pág. 74	8.3. Reto 3: Tecnologías y aplicaciones críticas para la no dependencia
Pág. 81	8.4. Reto 4: Aplicaciones y servicios basados en el Espacio
Pág. 85	8.5. Reto 5: Apoyo decidido a la I+D+I y la Formación
Pág. 89	9. HOJA DE RUTA
Pág. 93	10. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA TAXONOMÍA AERONÁUTICA
Pág. 96	11. DEFINICIONES Y ACRÓNIMOS
Pág. 98	12. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Nota sobre los vínculos que aparecen en este documento:

Hay una serie de vínculos que redirigen a otra parte del documento: en ese caso, para volver al lugar en donde se estaba hay que pulsar simultáneamente las teclas **alt** y 

Los códigos QR que aparecen a partir de la página 58 dan acceso a páginas web con una descripción más detallada de las LATs definidas en esta Agenda. Cada QR contiene un vínculo para acceder desde el fichero pdf a esas páginas web también.

Como Ministro de Ciencia e Innovación, es para mí un placer prologar esta Agenda Estratégica de Investigación, Desarrollo e Innovación en Espacio de la Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española (PAE).

La PAE se ha convertido, a lo largo de sus ya casi quince años de existencia, en un actor de gran relevancia en el ecosistema aeroespacial nacional. Aunando bajo un mismo paraguas a grandes empresas, PYME, centros de investigación, universidades y Administración Pública (la Agencia Estatal de Investigación y el CDTI son miembros de la Plataforma), la PAE ha devenido en un foro de cooperación, discusión y generación de propuestas relativas al I+D+i de un altísimo nivel.

La presente Agenda Estratégica 2020-2030 llega además en un momento clave para el sector. Tras unas largas y complejas negociaciones estamos entrando en el nuevo marco financiero plurianual de la Unión Europea, que cubrirá el periodo 2021-2027. La Agencia Espacial Europea afronta asimismo un proceso de cambio tras el Consejo Ministerial más exitoso de la historia celebrado en Sevilla en 2019. La nueva Agencia de la Unión Europea para el Programa de Espacio (EUSPA), heredera de la Agencia Europea de GNSS, iniciará próximamente su andadura con responsabilidad sobre los casi 15.000 millones de euros con los que los estados miembros han dotado al programa de espacio de la UE. Y a todo ello se unen las iniciativas como la constelación de comunicaciones, promovidas por la Comisión y generadas desde la nueva Dirección de Industria de la Defensa y el Espacio, que acercarán aún más el espacio a otras áreas industriales, del conocimiento y a la ciudadanía en general.

De hecho, hoy por hoy ya no es posible dudar del rol del espacio en el día a día, ni de su alto grado de integración en otras áreas industriales y del conocimiento. La dura pandemia que asola el mundo en estos meses, no ha hecho sino confirmar la dependencia y necesidad de los activos espaciales (telemedicina, comunicaciones satelitales, enseñanza remota, seguimiento y control de focos de contagio, ...)

Del mismo modo, es cada vez más evidente y más relevante el carácter estratégico del espacio, lo que requiere aunar iniciativas europeas con unas altas capacidades y autonomía nacionales. Con este último objetivo, desde el gobierno se ha realizado en los últimos años un muy destacado esfuerzo inversor, cuyo mejor reflejo es el aumento en cerca de un 50% de la cuota anual de contribución a la Agencia Espacial Europea. Soy además plenamente consciente de que desde la industria y los centros tecnológicos y de investigación se está contribuyendo también fuertemente para asentar a España como una de las cinco grandes potencias espaciales europeas.

No obstante, el espacio ha sido siempre una carrera de larga distancia y así se reconoce desde la Administración. Es éste uno de los motivos por los que una agenda como la presente, que mira hacia adelante con un ambicioso marco temporal de un decenio y que basa su esencia en la promoción de las actividades de I+D+i, puede y debe convertirse en una valiosa contribución a un futuro nuevo plan estratégico de espacio.

D. Pedro Duque Duque

Ministro de Ciencia e Innovación



Es para mí un gran placer escribir estas líneas para introducir la primera Agenda Estratégica de Investigación, Desarrollo e Innovación en Espacio, preparada bajo los auspicios de la Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española (PAE). Esta Agenda representa el acuerdo de todos los agentes del sector, comprometidos en su preparación mediante un proceso totalmente participativo y colaborativo.

El ecosistema sectorial que aglutina la PAE integra una masa crítica de centros e infraestructuras de investigación, centros tecnológicos, empresas innovadoras e impulsores públicos del tejido de I+D+I nacional. Esta cooperación permite movilizar la excelencia científico-técnica hacia desarrollos nacionales que sirvan de fuerza motriz para encontrar nuevas soluciones a los retos de nuestra sociedad. Dichos desarrollos e iniciativas darán acceso a explorar el Espacio y obtener de él productos y servicios de gran utilidad para nuestra sociedad digital.

La importancia estratégica del sector Espacio es evidente por cuanto nuestra sociedad sería impensable sin la existencia de los satélites y servicios derivados de ellos, tales como las telecomunicaciones, el posicionamiento, las previsiones meteorológicas o la observación de nuestro planeta y la constatación de la fragilidad de sus ecosistemas naturales. El apoyo sostenido en el tiempo a los avances en ciencia y tecnología que lo sustentan es imprescindible. La revolución que vivimos de nuevos actores privados, junto con la madurez del sector en España, nos permite afrontar retos más ambiciosos y posicionar a nuestro país en los primeros puestos de las listas europeas e internacionales. Sólo la

competitividad de nuestro sector nos permitirá continuar en ellas, seguir escalando posiciones y alcanzar nuevas e inspiradoras fronteras de conocimiento especializado. Y, justamente, dicho conocimiento es lo que nos facilita proveer productos y servicios de alto valor añadido a los ciudadanos.

Además, no hace falta recordar que el sector Espacio está en el punto de mira estratégico de todas las naciones desarrolladas y en desarrollo. España debe ser capaz de seguir mejorando sus capacidades y autonomía en líneas esenciales con actividades complementarias a las impulsadas desde la Agencia Espacial Europea o la Comisión Europea, y que también nos habiliten como interlocutor de primer orden en el panorama de cooperación espacial internacional.

Este volumen es ya la fuente de referencia y de valiosas recomendaciones para fomentar las próximas prioridades de I+D+I. Estoy convencido de que será en breve un instrumento clave para los programas de implementación de todas las partes interesadas, públicas y privadas, en la carrera espacial, y en el papel que España tiene en dicho progreso internacional.

Sin duda, las líneas que describen esta Agenda serán, asimismo, inspiradoras para todos aquellos con capacidad de influir en nuestras nuevas generaciones de jóvenes científicos, licenciados e ingenieros.

Por último, no quisiera terminar sin agradecer a todos los autores sus contribuciones y el esfuerzo colectivo que ha requerido realizar esta Agenda.

D. Jorge Potti
Vicepresidente de Espacio
TEDAE



PRESENTACIÓN

El sector espacial es uno de los principales motores tecnológicos y económicos que afianzan nuestro presente y constituirán nuestro futuro y supone una fuente de competitividad e innovación con gran capacidad de catalizar talento, desarrollo tecnológico y un enorme poder de transformación y generación de nuevas aplicaciones y servicios para el bienestar y progreso de nuestra sociedad.

Esta Agenda Estratégica Española de Investigación, Desarrollo e Innovación en Espacio 2020-2030 es el fruto de un trabajo coral realizado desde mediados de 2017 hasta 2020 dentro de la Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española (PAE) por un conjunto de industrias, universidades y centros tecnológicos que representan al sector espacial español.

Como no podía ser de otro modo, esta Agenda se basa en la Agenda Sectorial de la Industria Espacial Española publicada en 2019 ([ref.01](#)) y tiene en cuenta tanto la SRIA en elaboración a nivel europeo ([ref.08](#)), como la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación EECTI 2021-2027 ([ref.11](#)), sin perder de vista el gran objetivo de contrinuir a cumplir, a través de las tecnologías espaciales con los ODS de la Agenda 2030 de la ONU ([ref.10](#)).

Desde los cinco grandes retos que, al igual que en la Agenda Estratégica de I+D+I en

Aeronáutica de la PAE ([ref.14](#)), se definen para el sector espacial en España, se trata de concretar lo más posible cómo deben desarrollarse esos retos a través de un conjunto de líneas de actuación tecnológica que permitan el crecimiento de nuestro sector al servicio de las necesidades de nuestra sociedad. Esta Agenda Estratégica no solo detalla esas líneas sino una hoja de ruta que se debe seguir para desarrollarlas.

El objetivo principal de la Agenda es, por tanto, el de reflejar, de una forma organizada y lo más detallada posible, esas líneas de actuación tecnológica y su hoja de ruta y nace con un doble objetivo:

- Servir de guía a cualquier Administración Pública interesada en apoyar la I+D+I en espacio: ésta es la opinión de nuestro sector acerca de qué líneas debe seguir la innovación espacial en España. En particular, aspiramos a que esta Agenda pueda ser utilizada para la puesta al día de un Plan Estatal de I+D+I Espacial y sirva de referencia de cara a la participación en actividades tecnológicas a nivel europeo promovidas tanto por la ESA como por la UE.
- Servir a las propias entidades del sector para organizar sus esfuerzos en I+D+I de una forma coordinada y sinérgica para obtener los resultados más eficaces.

Éste es un documento de trabajo vivo y la PAE adquiere el compromiso de revisarlo al menos cada dos años y de publicar una nueva versión en 2026.

*D. Vicente Gómez Molinero
Secretario General de la Plataforma
Tecnológica Aeroespacial Española (PAE)*

RESUMEN EJECUTIVO

EXECUTIVE SUMMARY

RESUMEN EJECUTIVO

Esta Agenda Estratégica de I+D+I en Espacio (AEIE) nace con el objetivo de servir como la referencia para cualquier esfuerzo de investigación, desarrollo e innovación del sector espacial español.

Sus destinatarios son:

- Agentes de I+D+i del sector
- Administración General del Estado
- Administraciones de CCAA
- Otras organizaciones interesadas

Se ha elaborado en un proceso colaborativo por parte de industrias, universidades y centros tecnológicos.

La siguiente figura resume ese proceso:

EXECUTIVE SUMMARY

This Space Strategic Research and Innovation Agenda (S-SRIA) was created with the objective of serving as the reference for any research and innovation effort of the Spanish space sector.

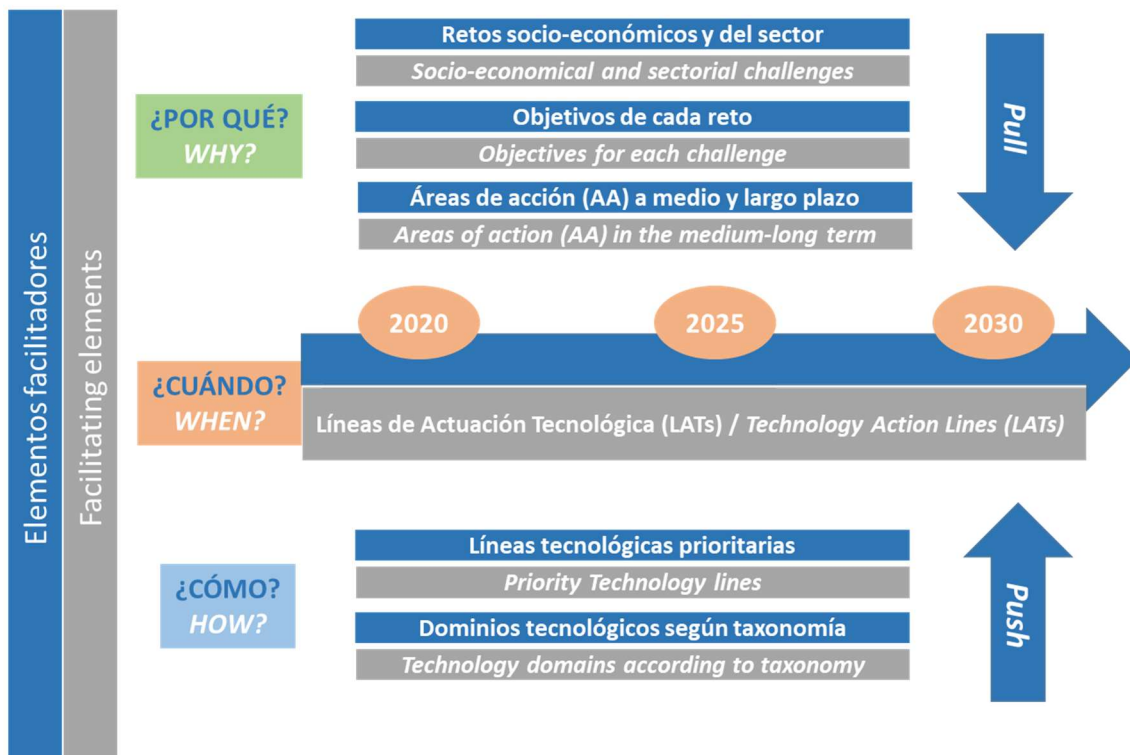
Its recipients are:

- R&D&I agents in the sector
- General State Administration
- Regional Administrations
- Other interested organizations

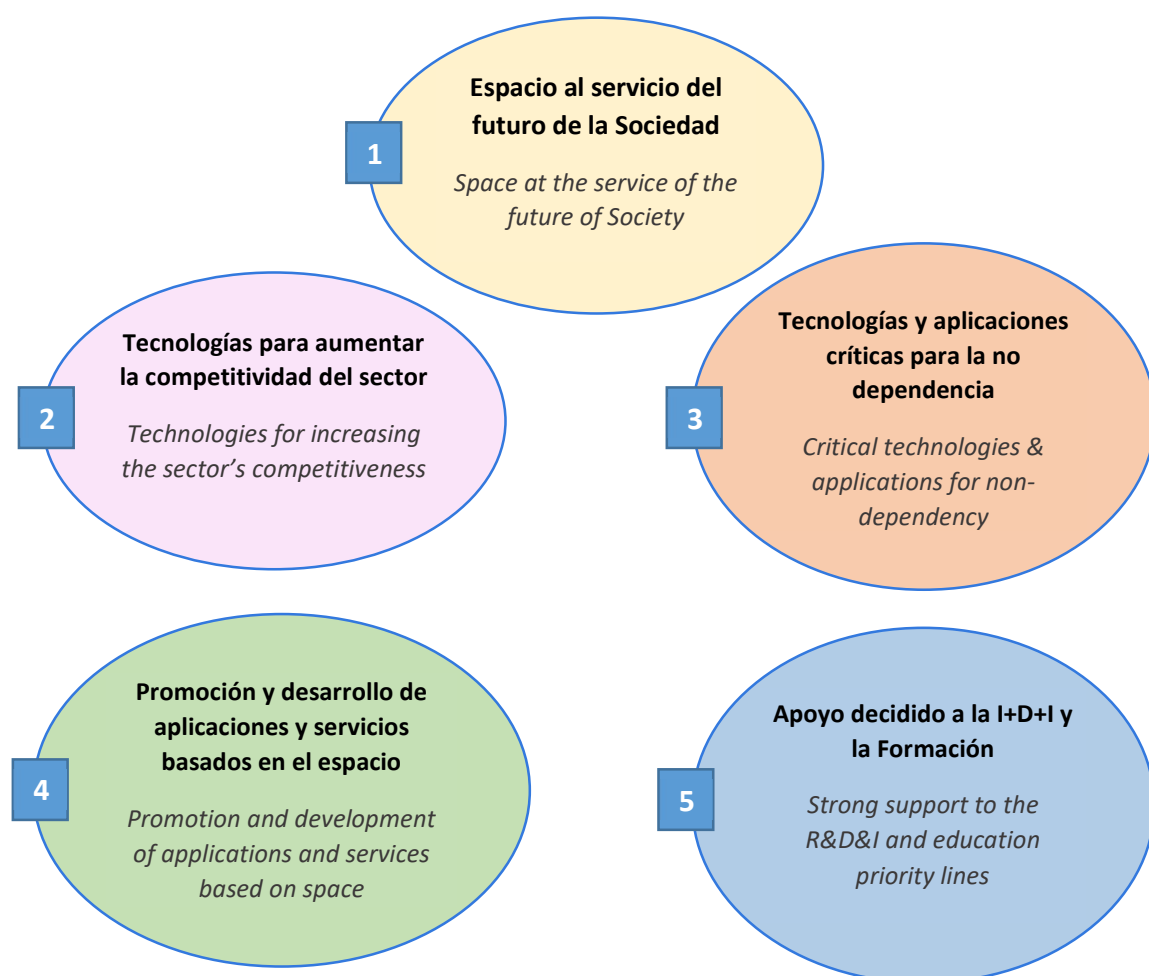
The S-SRIA has been developed as a collaborative process by industries, universities and technology centres.

The following figure summarizes that process:

Hoja de ruta / Roadmap



Los retos inmediatos a los que el desarrollo espacial debe dar respuesta en el mundo, en Europa y en España han servido para definir cinco grandes retos socio-económicos a los que esta Agenda da respuesta. Para definir esos retos se han tenido en cuenta tanto la Agenda Sectorial de la Industria Espacial Española como diversos documentos de la ESA y la UE.	<i>The immediate challenges that space development must respond to in the World, in Europe and in Spain, have served to define five major socio-economic challenges to which this Agenda responds. In order to define these five challenges, both the Sectorial Agenda of the Spanish Space Industry and some documents from ESA and EU have been taken into account.</i>
--	--

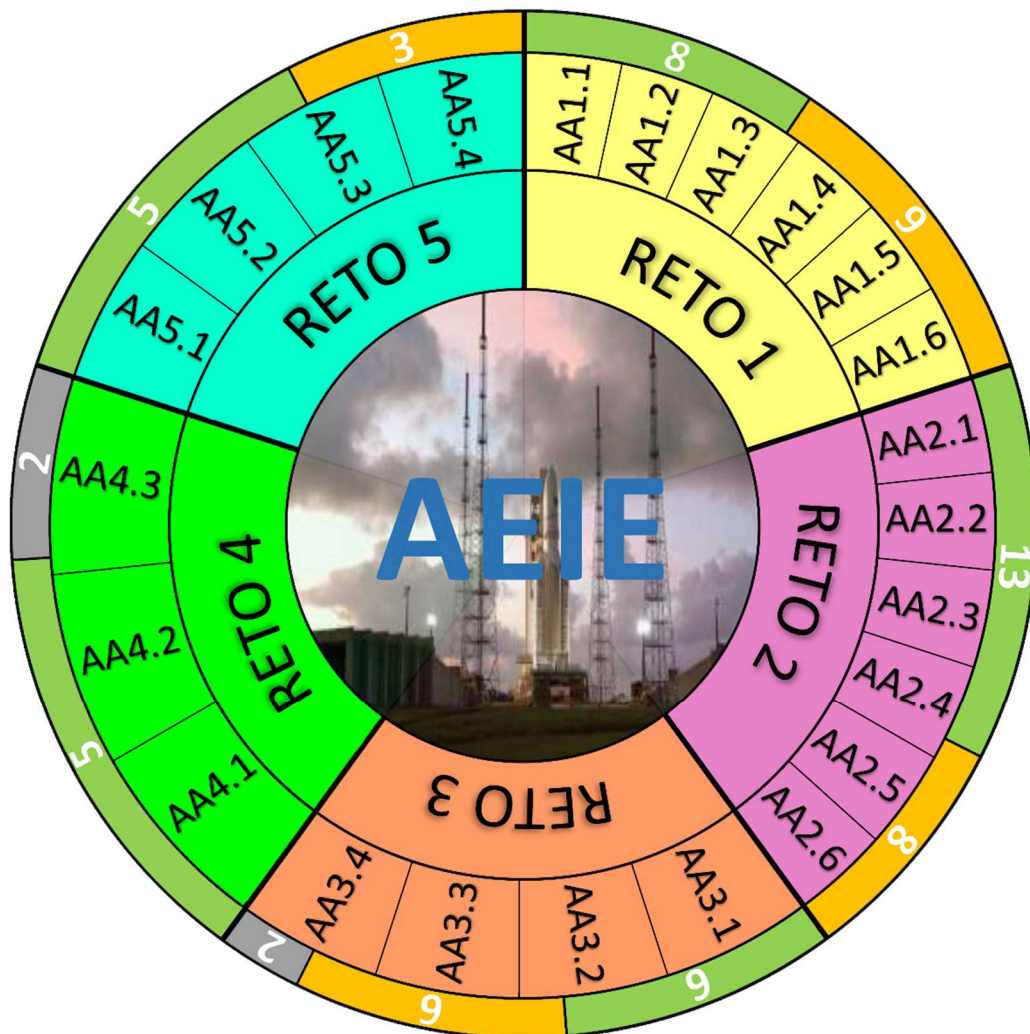


Cada Reto se divide en Áreas de Acción (AA) y cada Área de Acción se divide, a su vez, en una serie de Líneas de Actuación Tecnológicas (LAT) que concretan cómo se debe desarrollar ese reto.

Las LATs tienen unas prioridades que permiten definir una hoja de ruta. Los colores del círculo externo indican el % y número de LATs según la prioridad (alta:verde, media:naranja, baja:gris).

Each Challenge is divided into Areas of Action (AA) and each Area of Action is divided, in turn, into a series of Technological Lines of Action (LAT) that specify how this challenge should be developed.

The LATs have priorities allowing the definition of a roadmap. The colors of the outer circle indicate the % and number of LATs according to priority (high:green, medium:orange, low:grey).

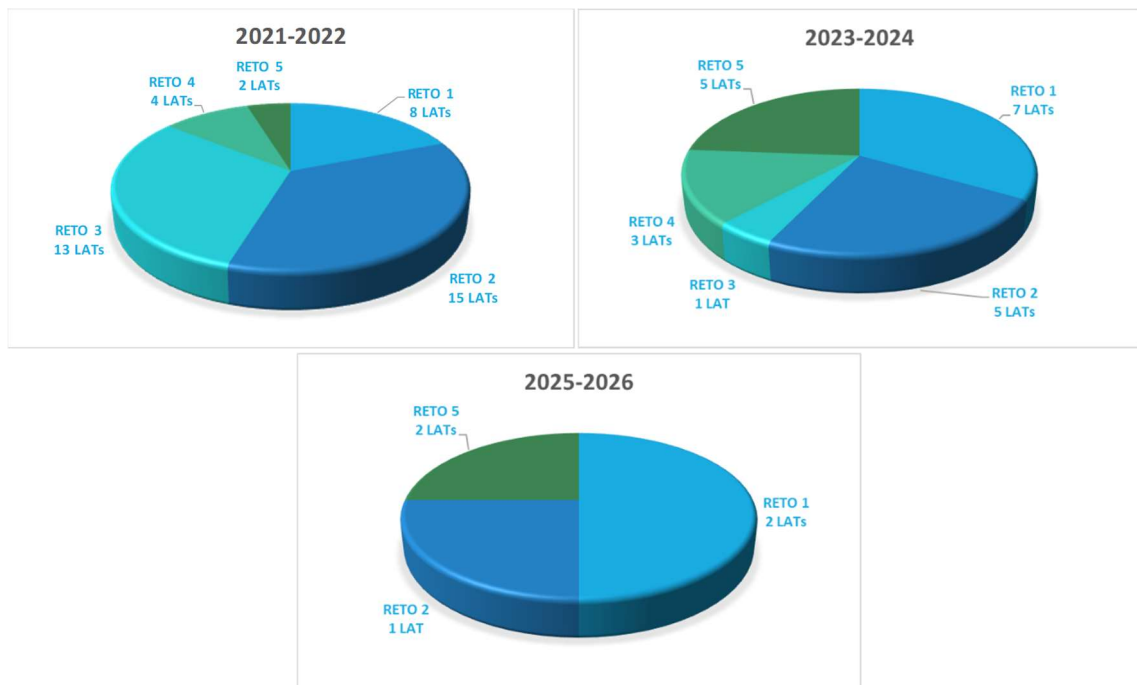


<u>RETO 1: El Espacio al servicio del futuro de la Sociedad</u> AA1.1: Fomentar el desarrollo de Tecnologías Avanzadas orientadas al beneficio social y económico y el avance del conocimiento humano (6 LATs). AA1.2: Colaboración entre empresas grandes y pequeñas en proyectos de I+D+I (2 LATs). AA1.3: Transmitir a la sociedad los beneficios del esfuerzo de I+D+I del sector espacial (1 LAT). AA1.4: Colaboración entre desarrolladores de aplicaciones y usuarios de los datos provenientes del sector espacial (2 LATs). AA1.5: Industrialización y digitalización de procesos e implantación de la Industria 4.0 en el sector espacial español para aumentar la competitividad (3 LATs). AA1.6: Desarrollo de una estrategia de I+D+I espacial en España (3 LATs).	<u>CHALLENGE 1: Space at the service of the future of Society</u> AA1.1: <i>Promote the development of Advanced Technologies aimed at social and economic benefit and the advancement of human knowledge (6 LATs).</i> AA1.2: <i>Collaboration between large and small companies in R&D&I projects (2 LATs).</i> AA1.3: <i>Transmit to society the benefits of the R&D&I effort in the space sector (1 LAT).</i> AA1.4: <i>Collaboration between application developers and users of data from the space sector (2 LATs).</i> AA1.5: <i>Industrialization and digitization of processes and implementation of Industry 4.0 in the Spanish space sector to increase its competitiveness (3 LATs).</i> AA1.6: <i>Development of a R&D&I space strategy in Spain (3 LATs).</i>
<u>RETO 2: Tecnologías para aumentar la competitividad del sector</u> AA2.1: Desarrollo de tecnologías de acceso al espacio (3 LATs). AA2.2: Desarrollo de tecnologías para observación de la Tierra (2 LATs). AA2.3: Desarrollo de tecnologías para telecomunicaciones y navegación (2 LATs). AA2.4: Desarrollo de tecnologías para ciencia y exploración espacial (1 LAT). AA2.5: Desarrollo de tecnologías para el segmento terreno (3 LATs). AA2.6: Desarrollo de tecnologías transversales entre aplicaciones (10 LATs)	<u>CHALLENGE 2: Technologies to increase the competitiveness of the sector</u> AA2.1: <i>Development of technologies for access to space (3 LATs).</i> AA2.2: <i>Development of technologies for Earth observation (2 LATs).</i> AA2.3: <i>Development of technologies for telecommunications and navigation (2 LATs).</i> AA2.4: <i>Development of technologies for science and space exploration (1 LAT).</i> AA2.5: <i>Development of technologies for the ground segment (3 LATs).</i> AA2.6: <i>Development of transversal technologies (10 LATs)</i>
<u>RETO 3: Tecnologías y aplicaciones críticas para la no dependencia</u> AA3.1: Desarrollo de tecnologías relacionadas con la seguridad espacial, vigilancia y seguimiento espacial (4 LATs). AA3.2: Ciberseguridad de sistemas espaciales (1 LAT). AA3.3: Componentes para la no dependencia (3 LATs). AA3.4: Desarrollo de iniciativas de I+D+I que ayuden a la industria española a mejorar sus capacidades a nivel sistema y subsistema (6 LATs).	<u>CHALLENGE 3: Critical technologies and applications for non-dependence</u> AA3.1: <i>Development of technologies related to space security, surveillance and tracking (4 LATs).</i> AA3.2: <i>Cybersecurity of space systems (1 LAT).</i> AA3.3: <i>Components for non-dependence (3 LATs).</i> AA3.4: <i>Development of R&D&I initiatives that help Spanish industry to improve its capabilities at system and subsystem level (6 LATs).</i>

RETO 4: Promoción y desarrollo de las aplicaciones y servicios basados en el Espacio AA4.1: Mejorar acceso y explotación de “space data” (2 LATs). AA4.2: Desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios de telecomunicaciones, navegación y observación de la Tierra (3 LATs). AA4.3: Datos científicos (2 LATs).	CHALLENGE 2: Promotion and development of Space based applications and services AA4.1: Improve access and exploitation of “space data” (2 LATs). AA4.2: Development of new telecommunications, navigation and Earth observation applications and services (3 LATs). AA4.3: Scientific data (2 LATs).
--	---

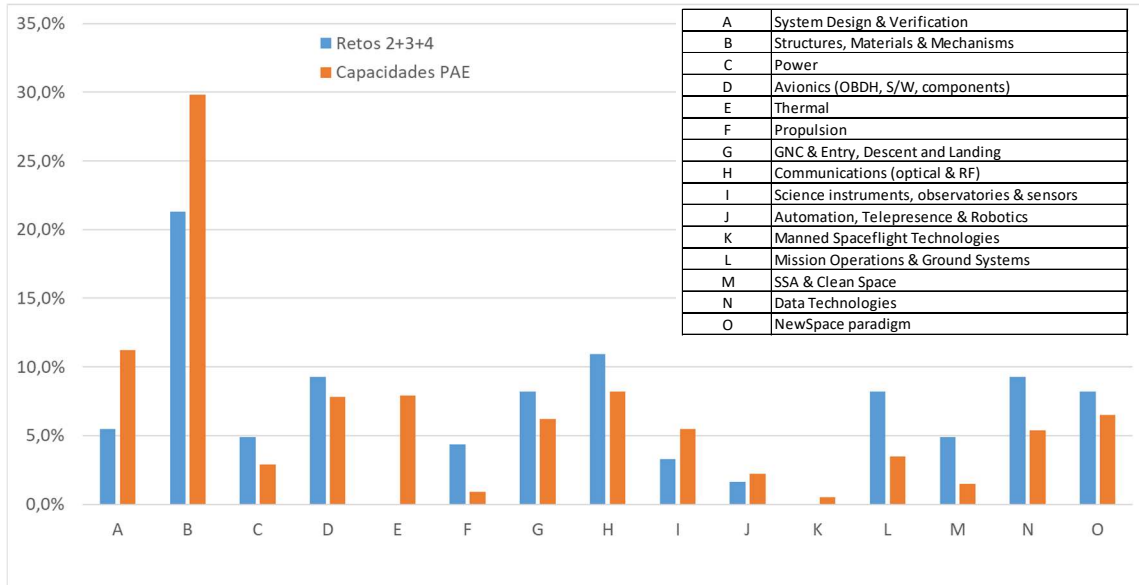
RETO 5: Apoyo decidido a la I+D+I y la Formación AA5.1: Elaboración y continua actualización de la Agenda Estratégica de I+D+I en espacio (AEIE) (2 LATs). AA5.2: Refuerzo de la PAE (2 LATs). AA5.3: Formación actualizada y continua (2 LATs) AA5.4: Desarrollo, mantenimiento e internacionalización de las infraestructuras necesarias para los desarrollos espaciales (2 LATs).	CHALLENGE 5: Strong support for R&D&I and Training activities AA5.1: Preparation and continuous updating of the Space Strategic Research and Innovation Agenda (S-SRIA) (2 LATs). AA5.2: Reinforcement of PAE (2 LATs). AA5.3: Updated and continuous training (2 LATs). AA5.4: Development, maintenance and internationalization of the infrastructures necessary for space developments (2 LATs).
---	--

Teniendo en cuenta la prioridad y el impacto de cada LAT, se define una hoja de ruta que incluye tres periodos en los que una LAT debe haber comenzado a desarrollarse.	Taking into account the priority and impact of each LAT, a roadmap is defined that includes three periods in which a LAT development should have started.
---	---



Si comparamos las clasificación según la taxonomía espacial de la PAE de las capacidades de las entidades de la misma con las LATs de los retos 2, 3 y 4, obtenemos el siguiente gráfico.

If we compare the classification according to the space taxonomy of the capacities for the entities of PAE, with the LATs of challenges 2, 3 and 4, we obtain the following graph.



RECOMENDACIONES PRINCIPALES

1. Las pautas que se definen aquí, permiten continuar el desarrollo tecnológico en aquellos ámbitos en los que España ya es excelente, creciendo desde nuestras fortalezas para mejorar la competitividad en el mercado comercial global y, a la vez, introducen las tecnologías en las que se debe invertir para generar nuevos nichos de excelencia y competitividad en nuestro país.

2. Si queremos continuar siendo competitivos a nivel internacional es necesario mantener un programa nacional de Espacio estable, incluyendo las colaboraciones bilaterales con otros países que contemple, al menos, los siguientes aspectos:

- el refuerzo de las actividades vinculadas al *New Space*;
- los desarrollos iniciales de tecnologías emergentes y disruptivas y de las consideradas críticas desde el punto de vista de la competitividad internacional, la independencia tecnológica y la seguridad nacional;
- un esfuerzo de innovación permanente para continuar las iniciativas nacionales en observación de la Tierra, posicionamiento, telecomunicaciones y vigilancia espacial;
- el fomento del trabajo colaborativo entre científicos e industria de cara a futuras misiones y;
- el desarrollo del sector *dowstream* en España.

3. De cara a ese necesario Plan Estatal de I+D+I en Espacio, no sólo marcamos las líneas principales del mismo, sino que prevemos hacer una propuesta concreta de funcionamiento del Plan basada en un estudio previo comparativo con los países de nuestro entorno.

4. La Agenda Estratégica de I+D+I en Espacio 2020-2030 se ofrece tanto a la Administración Estatal como a las de las diferentes Comunidades Autónomas para guiar sus propios planes de desarrollo tecnológico espacial y defender los intereses españoles a nivel europeo.

5. Hacen falta líneas presupuestarias adecuadas que fomenten la colaboración flexible entre las industrias (de todo tamaño) y el sector científico y tecnológico a lo largo de todo el ciclo de desarrollo tecnológico y de toda la cadena de valor para conseguir llevar las innovaciones al mercado.

6. Las universidades y centros tecnológicos tienen en esta Agenda una guía para definir sus propias estrategias de I+D+I y sus planes docentes.

MAIN RECOMMENDATIONS:

1. The guidelines given in this Agenda allow us to continue technological development in those areas in which Spain is already excellent growing from our strengths to improve our global commercial market competitiveness and, at the same time, introducing the technologies in which we must invest to generate new niches of excellence and competitiveness in our country.

2. If we want to continue being competitive at the international level, it is necessary to maintain a stable national Space program, including bilateral collaborations with other countries that contemplate, at least, the following aspects:

- the reinforcement of activities related to the *New Space*;
- the initial developments of emerging and disruptive technologies and those considered critical from the point of view of international competitiveness, technological independence and national security;
- an ongoing innovation effort to continue national initiatives in Earth observation, positioning, telecommunications and space surveillance;
- promoting collaborative work between scientists and industry for future missions and;
- the development of the *dowstream* sector in Spain.

3. In view of that demanded R&D&I State Plan in Space, we not only depict its main lines, but we also foresee making a concrete proposal for the operation of the Plan based on a prior comparative study with neighboring countries.

4. The Strategic R&D&I Space Agenda 2020-2030 is offered to both the State Administration and those of the different Autonomous Communities to guide their own Space technological development plans and defend Spanish interests at a European level.

5. Adequate budget lines are needed to encourage flexible collaboration between industries (of all sizes) and the science and technology sector throughout the entire technology development cycle and the entire value chain in order to bring innovations to market.

6. Universities and technology centres have in this Agenda a guide to define their own R&D&I strategies and their teaching plans.

RECOMENDACIONES PRINCIPALES

Esta Agenda nace con vocación de ser el vehículo que define las líneas tecnológicas del ámbito espacial en España y aspira a alinear las estrategias de todo el sector espacial de nuestro país en su I+D+I: juntos, desde nuestro conocimiento de productos y capacidades, hemos definido cómo vemos el futuro y qué hay que hacer para seguir siendo competitivos y crecer en nuestras ambiciones.

Hay áreas y prioridades tecnológicas transversales, como el avance en digitalización y comunicaciones, la ciberseguridad, la inteligencia artificial, la computación cuántica, la lucha contra el cambio climático y otras, en las que el Espacio no sólo aporta infraestructuras imprescindibles, sino que contribuye a su desarrollo desde un nivel de requisitos o exigencias superior al de otros sectores a los que se pueden transferir los resultados obtenidos.

Como recomendaciones principales y resumen de esta Agenda de I+D+I se pueden citar:

1. Las pautas que se definen aquí permiten continuar el desarrollo tecnológico en aquellos ámbitos en los que España ya es excelente, creciendo desde nuestras fortalezas para mejorar la competitividad en el mercado comercial global y, a la vez, introducen las tecnologías en las que se debe invertir para generar nuevos nichos de excelencia y competitividad en nuestro país.
2. Si queremos continuar siendo competitivos a nivel internacional es necesario mantener un programa nacional de Espacio estable, incluyendo las colaboraciones bilaterales con otros países que contemple, al menos, los siguientes aspectos:
 - el refuerzo de las actividades vinculadas al *New Space*;
 - los desarrollos iniciales de tecnologías emergentes y disruptivas y de las consideradas críticas desde el punto de vista de la competitividad internacional, la independencia tecnológica y la seguridad nacional;
 - un esfuerzo de innovación permanente para continuar las iniciativas nacionales en observación de la Tierra, posicionamiento, telecomunicaciones y vigilancia espacial;
 - el fomento del trabajo colaborativo entre científicos e industria de cara a futuras misiones y;
 - el desarrollo del sector [*downstream*](#) en España.
3. De cara a ese necesario Plan Estatal de I+D+I en Espacio, no sólo marcamos las líneas principales del mismo, sino que prevemos hacer una propuesta concreta de funcionamiento del Plan basada en un estudio previo comparativo con los países de nuestro entorno.
4. La Agenda Estratégica de I+D+I en Espacio 2020-2030 se ofrece tanto a la Administración Estatal como a las de las diferentes Comunidades Autónomas para guiar sus propios planes de desarrollo tecnológico espacial y defender los intereses españoles a nivel europeo.
5. Hacen falta líneas presupuestarias adecuadas que fomenten la colaboración flexible entre las industrias (de todo tamaño) y el sector científico y tecnológico a lo largo de todo el ciclo de desarrollo tecnológico y de toda la cadena de valor para conseguir llevar las innovaciones al mercado.
6. Las universidades y centros tecnológicos tienen en esta Agenda una guía para definir sus propias estrategias de I+D+I y sus planes docentes.



1. INTRODUCCIÓN

El apoyo público a la investigación, el desarrollo y la innovación en espacio en España se ha ido articulando a lo largo de las últimas décadas a través de diferentes iniciativas, desde el capítulo principal de participación en los programas de la Agencia Espacial Europea ESA, hasta la participación creciente en iniciativas de desarrollo y tecnología espacial promovidas por la Unión Europea, sin olvidar los esfuerzos a nivel de programas de desarrollo de sistemas espaciales – bien puramente nacionales, como los últimos satélites del Plan Nacional de Observación de la Tierra PNOT, Ingenio y Paz, bien en colaboraciones bilaterales, como las que han permitido embarcar equipos españoles en los *rovers* y plataformas marcianas de la NASA– así como el llamado Plan Nacional del Espacio que, con una orientación básica hacia el mundo científico, también ha tenido un cierto grado de participación industrial.

En octubre de 2008 se publicó la primera edición de la Agenda Estratégica de Investigación Aeroespacial que cubría el periodo 2008-2020 y que fue elaborada por la PAE: Plataforma Aeroespacial Española. En esa Agenda se preveía una revisión a mitad del periodo global. El presente documento se puede considerar como parte de esa revisión, aunque, debido a la fecha actual, a su amplitud y a los cambios que se han producido en el entorno –y que se siguen produciendo– es también una Agenda nueva que contempla un periodo de desarrollo hasta el año 2030.

Casi simultáneamente con la presentación de la Agenda Estratégica de Investigación Aeroespacial 2008-2020, el CDTI, en colaboración con la industria nacional, presentó el Plan Estratégico para el Sector Espacial 2007-2011, que fijaba unos objetivos de desarrollo del sector en España que se pueden considerar claramente alcanzados a lo largo de la última década.

Ante el momento crucial de la industria en España, la Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española (PAE) en su nueva etapa, comenzada en 2016, se planteó como su objetivo más importante la elaboración de una Agenda Estratégica de Investigación, Desarrollo e Innovación del sector aeroespacial español.

Por razones de eficacia y debido a las diferencias entre los dos sectores –aeronáutico y espacial– la Agenda se ha desarrollado de forma paralela, con una metodología común, a través de dos grupos de trabajo que han liderado su elaboración: uno de ellos ha elaborado la AEIA (Agenda Estratégica de I+D+i en Aeronáutica) y el otro la AEIE (Agenda Estratégica de I+D+i en Espacio).

Un primer fruto del trabajo llevado a cabo en 2017 fueron los Resúmenes Ejecutivos de la AEIA y de la AEIE, presentados en la Asamblea General de la PAE de abril de 2018 y publicados desde entonces en la página web desde donde se pueden descargar ambos. La última versión publicada del Resumen Ejecutivo de la AEIE data de octubre de 2018: esta edición completa de la Agenda ha supuesto una revisión a fondo de ese Resumen Ejecutivo.

En el momento de elaborar esta Agenda hay tres hechos que no nos pueden pasar inadvertidos:

1. La adopción por parte de la Asamblea General de la ONU de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible concebida como un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. A través de 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS), la Agenda 2030 configura cómo debería ser nuestro mundo a finales de la presente década. La Estrategia Española de Ciencia y Tecnología 2021-2027 está alineada con los ODS de la Agenda 2030.



2. La pandemia de la COVID-19 en la que nos hallamos inmersos en este año 2020, está suponiendo un gran impacto en nuestra sociedad, al que la investigación, desarrollo e innovación espacial no son ajenas. No obstante, también ha servido para demostrar con claridad la función esencial de las telecomunicaciones: han permitido teletrabajar, mantener el contacto con los seres queridos, seguir ofreciendo servicios básicos administrativos, educativos y sanitarios y mantener ofertas de suministro y ocio. En la fase de recuperación social y económica en la que se desarrollará la primera etapa de implementación de esta Agenda, los esfuerzos que desde la I+D+I espacial se hagan para contribuir a cumplir los ODS'2030 y, dentro de ellos, los que se consideren más prioritarios, cobran una importancia especial.
3. El reciente anuncio por parte del gobierno español del Plan España Digital 2025 busca abordar urgentemente los retos pendientes para reforzar la vertebración social, territorial y ecológica de nuestro país, garantizando la accesibilidad del conjunto de la sociedad a las oportunidades que proporciona la nueva economía digital. Las dos primeras acciones de este Plan, en el que las telecomunicaciones por satélite están llamadas a jugar un papel relevante, son garantizar una conectividad digital adecuada para el 100% de la población, promoviendo la desaparición de la brecha digital entre zonas rurales y urbanas, y continuar liderando en Europa el despliegue de la tecnología

5G, incentivando su contribución al aumento de la productividad económica, al progreso social y a la vertebración territorial.

Este documento define las líneas de actuación tecnológica (LAT) clasificadas según su impacto previsto en el sector espacial español y según sus plazos de ejecución necesarios. Eso permite definir una hoja de ruta que oriente las investigaciones, desarrollos e innovaciones de nuestra cadena de valor en la próxima década.

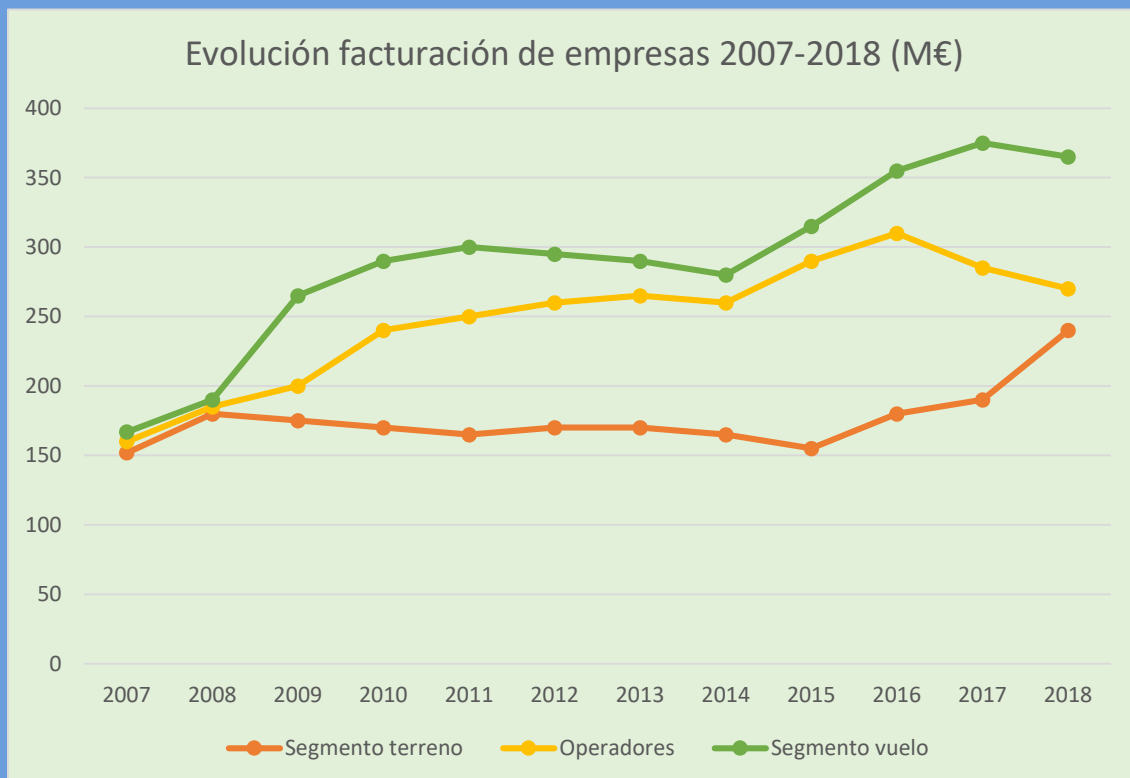
La estructura de esta Agenda es la siguiente:

- Primero se explica cómo ha sido el proceso de elaboración de la Agenda.
- Luego se hace una revisión del contexto en el que nos encontramos, con especial énfasis en la situación europea, aunque sin olvidar el panorama global.
- El capítulo 4 explica cómo las tecnologías espaciales pueden contribuir al cumplimiento de los ODS de la Agenda 2030.
- Los capítulos 5, 6 y 7 definen los cinco grandes retos socio-económicos, las líneas troncales en las que se debe desarrollar la cadena de valor espacial en España y las tecnologías emergentes y disruptivas que, junto a las ya asentadas, permitirán ese desarrollo.
- El capítulo 8 enumera, para cada reto y cada área de acción el conjunto de líneas de actuación tecnológica que deben guiar la investigación, el desarrollo y la innovación en espacio en la próxima década. En él aparecen someramente definidas, en orden de prioridad, las líneas de actuación tecnológica de cada área de acción.
- El capítulo 9 establece, clasificando las líneas de actuación tecnológica según su prioridad, una hoja de ruta: qué se debe desarrollar primero y qué después.
- El capítulo 10 clasifica las LAT según la taxonomía espacial de la PAE y las compara con la auto-clasificación de las capacidades de I+D de las entidades realizada en 2018.
- Finalmente se añaden la lista de acrónimos y los documentos de referencia utilizados en la elaboración de esta Agenda.
- Hay un anexo que contiene la descripción detallada de todas las LAT de esta Agenda Estratégica y se presenta como un documento separado.

2. CONTEXTO GLOBAL, EUROPEO Y ESPAÑOL

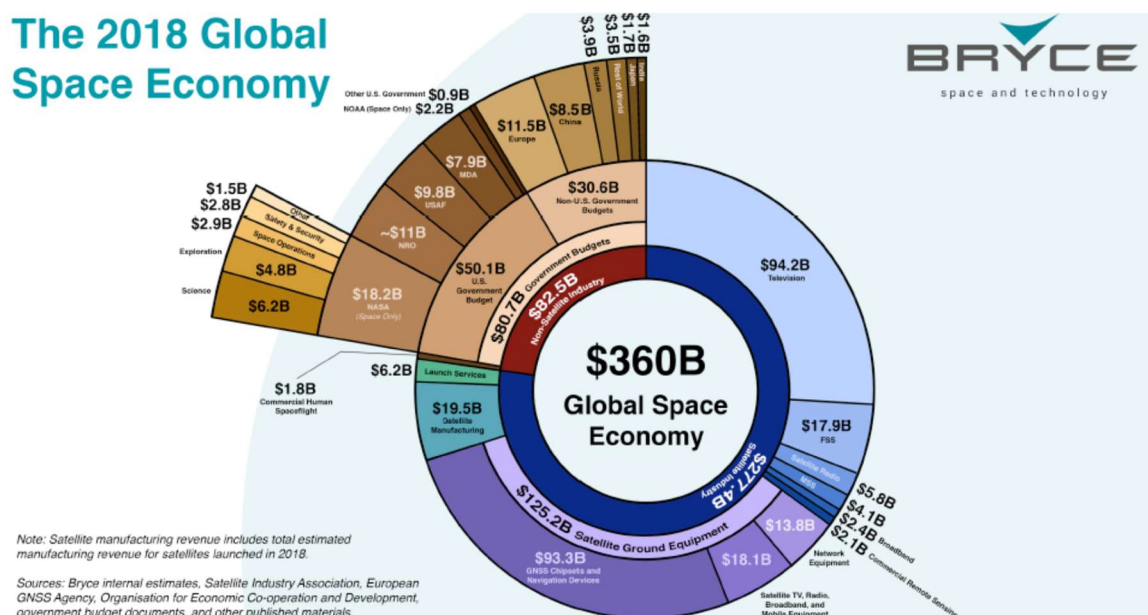
Como se refleja en la (ref.01), el sector espacial es uno de los principales motores tecnológicos y económicos que afianzan nuestro presente y constituirán nuestro futuro y supone una fuente de competitividad e innovación con gran capacidad de catalizar talento, desarrollo tecnológico y un enorme poder de transformación y generación de nuevas aplicaciones y servicios para el bienestar y progreso de nuestra sociedad.

Desde que el CDTI, en colaboración con la industria, publicó el Plan Estratégico para el Sector Espacial 2007-2011 (ref.03), la progresión de nuestro sector en todos esos años hasta la actualidad ha sido constante y los grandes objetivos trazados en esa estrategia se pueden considerar cumplidos hoy en día, desde la facturación en línea con el peso económico de nuestro país en los proyectos europeos de cooperación (aunque aún quede un poco para acabar de cumplirlo), hasta la integración de sistemas complejos o el mantenimiento y desarrollo de liderazgos tecnológicos en algunas áreas.



Fuente: TEDAE

Lo que ha ocurrido en la última década con el espacio a nivel mundial es que ha pasado de ser una actividad fuertemente vinculada al soporte gubernamental a que haya aparecido toda una ola de desarrollos con un soporte ya no único desde los gobiernos sino con participación de capital privado y que se han orientado a la satisfacción de necesidades de la sociedad, algunas a nivel principalmente económico –es el caso de las constelaciones que proporcionan servicios globales de Internet o las más modernas que tratan de desarrollar el 5G desde satélites como soporte básico del llamado Internet de las Cosas IoT– y otras que se justifican en principio con el cumplimiento de grandes ideales (llegada de humanos a Marte, colonización del espacio, etc.) aunque, en su desarrollo no olviden objetivos económicos más cercanos.



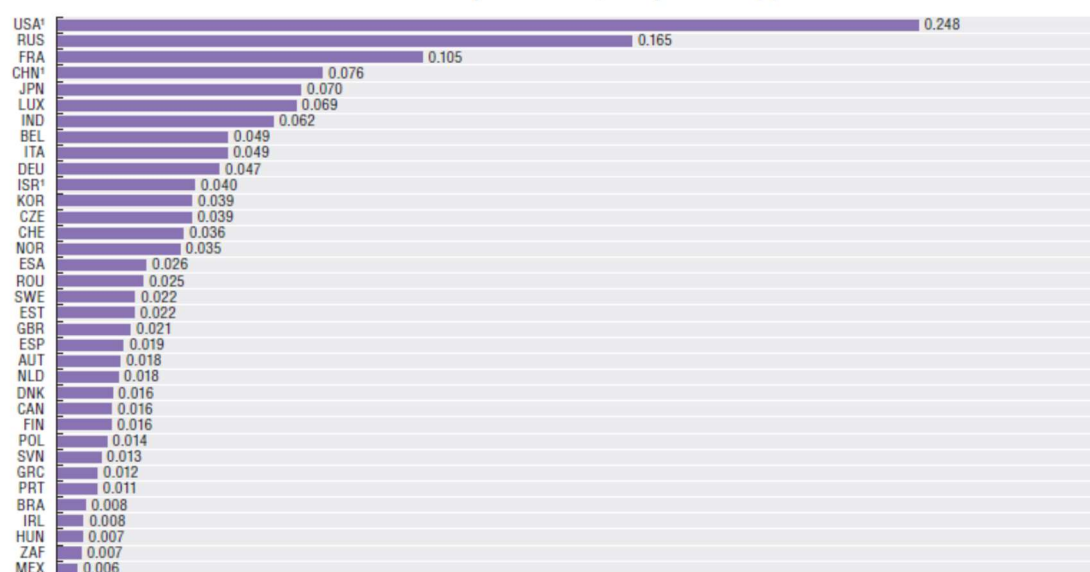
De esas cifras globales, como vemos en este gráfico, solamente el 22,5% corresponde a inversiones gubernamentales, ya que el resto se divide entre los servicios basados en el espacio (35%), los equipos de tierra (35%) y la construcción privada de satélites y sus servicios de lanzamiento (7%) con un 0,5% para el vuelo espacial comercial.

Según estimaciones del Bank of America ([ref.04](#)), el tamaño de la economía global del espacio en 2045 se aproximará a US\$2,7trillions, es decir, se multiplicará por 7,5 la cifra de 2018. De ahí que algunos hablen del espacio como la última frontera de inversión.

En cuanto al tamaño de las inversiones gubernamentales en espacio es interesante ver la posición de nuestro país (0,019% del PNB invertido en espacio que supone un 5% del total de inversión gubernamental en I+D) según el informe *"The Space Economy in Figures"* de la OCDE ([ref.05](#)) en cifras de 2017, donde vemos que estamos por debajo de la media de la ESA y muy por debajo de países como Italia (con un 0,05% invertido en espacio civil que supone el 9,3% de su inversión total en I+D) o Bélgica (también con un 0,05% de inversión en espacio que supone el 8,4% del total de I+D).

Figure 1.7. Selected government space budget estimates

OECD countries and partner economies, share of GDP in 2017 (%)



Note: 1. Conservative estimates.

Sources: Government budget sources and OECD databases (see Box 1.4).

Aunque en este momento no es posible saber el impacto a corto y largo plazo que pueda tener la crisis económica derivada de la pandemia de la COVID-19, probablemente las cifras de crecimiento sufrirán un cierto retraso, pero los ritmos no se verán fuertemente impactados y el espacio seguirá siendo una de las últimas fronteras en inversión.

La fotografía de nuestro país nos hace ver un crecimiento sostenido de la industria *upstream* y de los operadores de satélites y el surgimiento de unas cuantas iniciativas inscritas en el llamado *New Space* que, después de unos cuantos años de algunas de ellas, ya están alcanzando calificaciones en vuelo de sus desarrollos, aunque el tamaño de las inversiones en esas *startups* españolas sea todavía muy bajo en comparación con otros países de nuestro entorno.

Aunque un estudio exhaustivo del sector *downstream* en España no se ha hecho aún, sí existe la intuición de que esa es un área con un gran potencial de desarrollo en nuestro país.

Hasta ahora las inversiones públicas en espacio en España han tenido un capítulo predominante que ha sido la inversión en los programas tanto obligatorios como opcionales de la ESA -que en la última Conferencia Interministerial de 2019 han recuperado el nivel de inversión para los próximos años acercándose al que nos correspondería por nuestro tamaño, aunque sin llegar todavía a alcanzarlo- y se han venido complementando con otras inversiones más irregulares en el tiempo como las vinculadas al *PNOT* (Plan Nacional de Observación de la Tierra) o ciertos programas bilaterales con algunos países y un Plan Nacional de Investigación Espacial que, bajo los auspicios de la Agencia Estatal de Investigación, se ha dedicado, sobre todo, a desarrollos de I+D por parte de organismos públicos de investigación.

Está prevista la puesta en marcha de una iniciativa público-privada en torno al espacio en el siguiente programa marco *Horizon Europe: European Partnership for Globally competitive Space System* que tiene como objetivos fundamentales: capturar el 50% del mercado mundial accesible de satélites de telecomunicaciones, convertirse en líderes de sistemas de observación de la Tierra, reducir el coste/precio de los servicios de lanzamiento un 50% en 2030, alcanzar un *TRL* 6 en los campos del ecosistema para operaciones orbitales y duplicar los nuevos servicios accesibles del mercado de transporte espacial para la industria europea (*ref.06*).

Si queremos continuar siendo competitivos en los programas de la ESA y en los desarrollos espaciales que se acometan en el marco de *Horizon Europe*, debemos mantener un programa nacional estable, incluyendo cooperaciones bilaterales con otros países, que ayude a:

- El progreso y afianzamiento de las actividades vinculadas al *New Space* en España.
- Los desarrollos iniciales en tecnologías disruptivas y emergentes que permitan competir en los programas de tecnología europeos y adquirir y asentar las tecnologías consideradas críticas desde el punto de vista de la independencia tecnológica y de la soberanía nacional.
- Fomentar el trabajo en común entre la industria y los científicos de cara a futuras misiones en las que podamos tener roles de mayor responsabilidad.
- El desarrollo del sector [*downstream*](#) en España.
- Mantener y mejorar el ecosistema de I+D+I espacial en España incluyendo la formación de las futuras generaciones y la racionalización y apoyo decidido a las infraestructuras necesarias para poder llevar a cabo esa I+D+I.

Esta Agenda Estratégica nace con el objetivo de aportar ideas concretas y contenido a ese necesario Plan Estatal de I+D+I en Espacio.

3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE ESTA AGENDA

Como ya se ha explicado previamente, esta Agenda Estratégica de Investigación, Desarrollo e Innovación en Espacio (AEIE o Agenda en adelante) nace de la necesidad de tener un documento completo y manejable que permita transmitir a las Administraciones la necesidad de aplicar medidas concretas –las que figuran en esta Agenda– nacidas de un análisis de las necesidades, tendencias y prioridades de I+D+i en espacio en España en la coyuntura actual y que sirvan para impulsar el posicionamiento del ecosistema nacional de I+D+i, que puede tener en la AEIE un espacio de trabajo común.

La AEIE se ha elaborado teniendo en cuenta, por un lado, unos retos socio-económicos del sector en España y, por otro, las líneas tecnológicas prioritarias que las entidades que operan en el sector han identificado para dar respuesta adecuada a esos retos.

Los cinco retos socio-económicos nacen de una visión global acerca de los retos inmediatos a los que el desarrollo espacial debe dar respuesta en el mundo, en Europa y en España. Para definir esos retos se han tenido en cuenta diversos documentos de la ESA y la UE ([ref.02](#)), ([ref.06](#)) y ([ref.07](#)).

El conjunto de todas las ***líneas de actuación tecnológica (LATs)*** ubicadas en su marco temporal –distinguiendo aquellas de las que se esperan resultados a corto y las que son a más largo plazo– permite definir una hoja de ruta para identificar y priorizar objetivos y resultados esperados.

Además, en esta Agenda, se identifican cuáles son las líneas troncales en las que nuestro sector considera que hay que trabajar prioritariamente en España y que son verticales/sectoriales y las tecnologías emergentes con bajo nivel de madurez o disruptivas con capacidad para transformar nuestro sector y que supongan una aportación significativa del sector espacial con capacidad de llegar a ser trans-sectoriales.

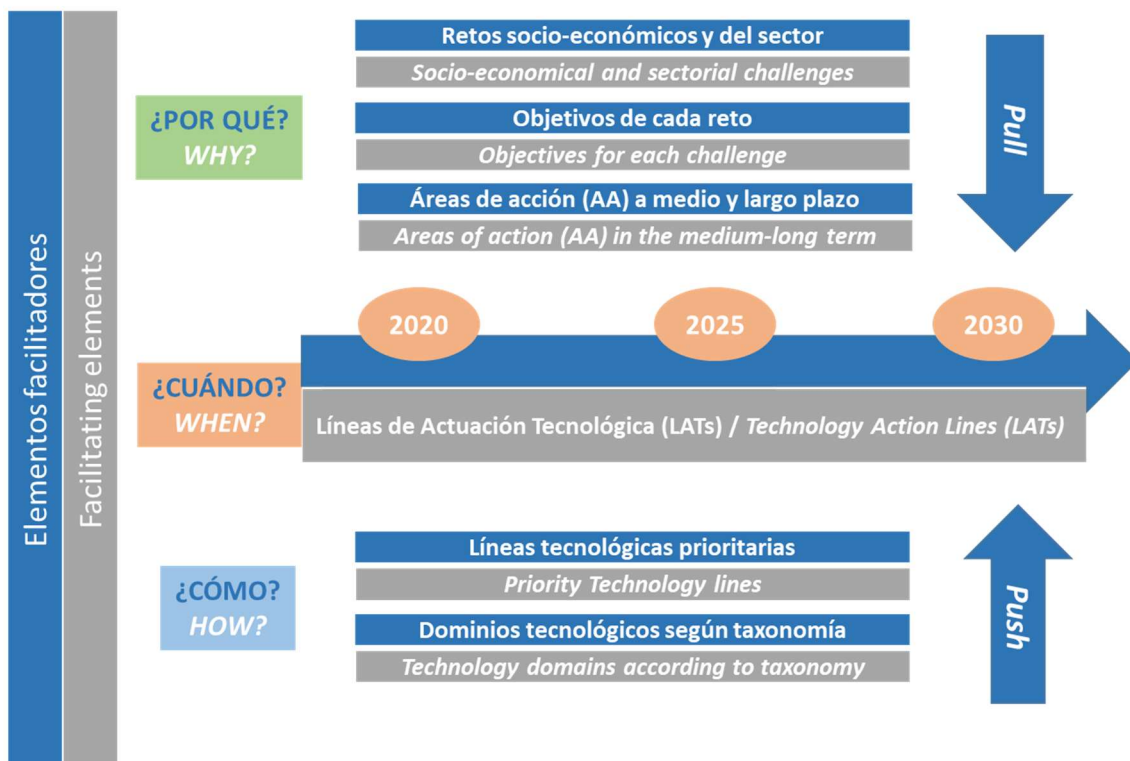
En los siguientes párrafos se detallan cuáles son los cinco grandes retos socio-económicos y cómo se concretan en áreas de acción, se describen las líneas troncales y las tecnologías emergentes y disruptivas y se listan y definen las líneas de actuación tecnológica que permiten definir una hoja de ruta de un programa nacional de I+D+i en espacio para el periodo 2020-2030.

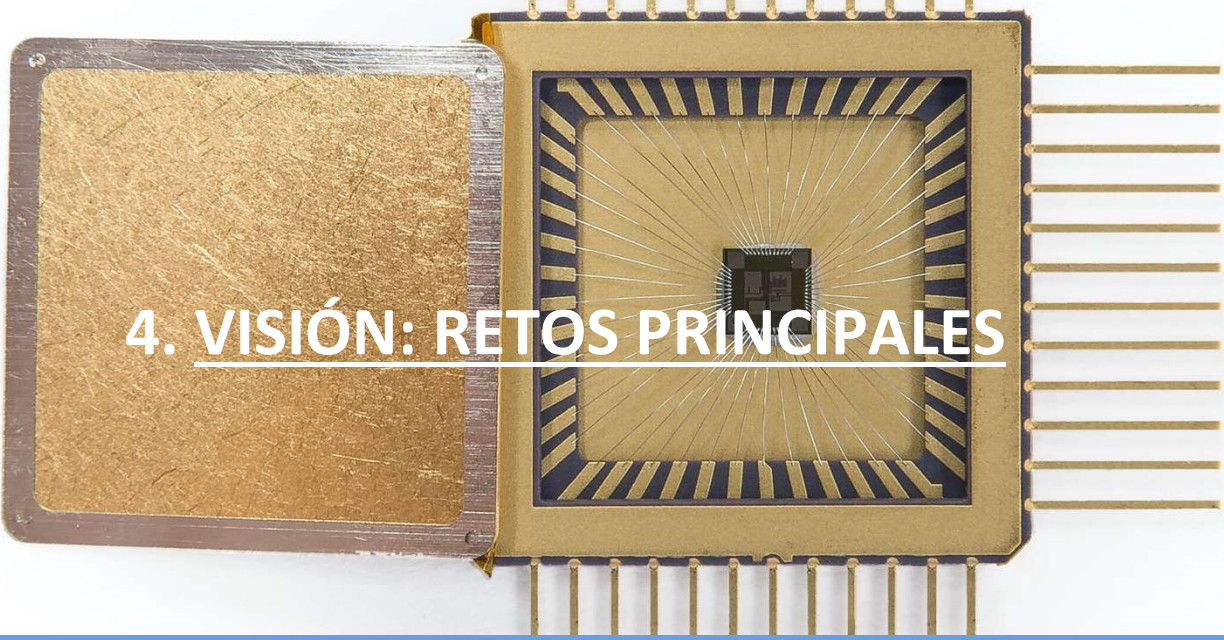
El trabajo de elaboración de la Agenda se ha hecho en dos fases: en la primera se definieron los cinco retos y sus áreas de acción a través de un grupo de trabajo reducido de cinco entidades que elaboró el Resumen Ejecutivo y lo sometió a la opinión de un conjunto más amplio de entidades de la PAE. Para la elaboración de este texto completo, se ha ampliado el grupo de

trabajo hasta 15 entidades (empresas grandes y pequeñas, centros tecnológicos y universidades) y, de nuevo se ha revisado por un conjunto más amplio representativo de toda la PAE.

Por tanto, en la elaboración de esta edición de la AEIE han participado, bien elaborando el texto, bien dando su opinión, más de 25 entidades de la PAE entre todas las que han expresado interés en la I+D+i espacial en España: es todo el sector representado en la PAE, bajo el liderazgo de la industria, quien soporta esta Agenda.

Hoja de ruta / Roadmap





4. VISIÓN: RETOS PRINCIPALES

La investigación, desarrollo e innovación en cualquier sector de la economía debe organizarse para responder a los retos que nuestra sociedad tiene. El espacio no está al margen de ese planteamiento y de una forma u otra tanto la [ESA](#) como la [UE](#) y el informe recientemente publicado por [ASD-Eurospace](#) con una propuesta para una futura [SRIA](#) (*Strategic Research and Innovation Agenda*) de tecnologías espaciales en el marco del programa *Horizon Europe* pueden servir de guía para identificar esos retos.

En las resoluciones de la última conferencia de ministros de la ESA celebrada en noviembre de 2019 en Sevilla ([ref.02](#)), se declaraba: *“el espacio es un factor integrador de la sociedad, indispensable para servir a una multitud de necesidades de la misma, respondiendo a los retos europeos y globales y ofreciendo herramientas y oportunidades que benefician a gobiernos y ciudadanos por igual, especialmente aquellos relacionados con la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la Salud Global, la Gestión de Recursos, la Mitigación del Cambio Climático y el Crecimiento Socioeconómico”*

En la declaración conjunta entre la [CE](#) y la ESA de octubre de 2016 sobre una “Visión y Objetivos compartidos sobre el futuro de Europa en el espacio” ([ref.07](#)), se fijan como grandes objetivos:

- *maximizar la integración del espacio en la sociedad y economía europeas, incrementando el uso de las tecnologías y aplicaciones espaciales en soporte de las políticas públicas, proporcionando soluciones efectivas a los grandes retos sociales de Europa y el mundo;*
- *fomentar un sector espacial europeo globalmente competitivo, apoyando la investigación, la innovación y el emprendimiento;*
- *asegurar la autonomía europea en el acceso y uso del espacio en un ambiente seguro y, en particular, consolidar y proteger sus infraestructuras incluyendo las ciber amenazas.*

Por último, el informe de [ASD-Eurospace](#) sobre la futura [SRIA](#) ([ref.08](#)) organiza sus propuestas en respuesta a dos grandes retos:

- *fomentar la competitividad del sector espacial europeo y*
- *reforzar el acceso europeo al espacio*

Con dos grandes conjuntos de medidas de apoyo: la promoción de las sinergias, tanto de tecnologías (civil-defensa-seguridad o espacio-no espacio) como organizativas (procesos comunes de planificación tecnológica entre estados miembros, UE y ESA) y el refuerzo de las

oportunidades ofrecidas tanto por los dos retos como por las sinergias a través de esquemas de implementación

Esta Agenda nace del convencimiento de que debemos investigar en espacio para ser capaces de avanzar continuamente en la resolución de los retos que la sociedad y el propio desarrollo de la economía nos ponen por delante. A partir de la visión expresada en los documentos a nivel europeo y su particularización para España y nuestro sector nacional, pensando en cubrir las necesidades del sector en España, identificamos los siguientes cinco retos socio-económicos:

Reto 1: El Espacio al servicio del futuro de la sociedad.

La I+D+I espacial debe llevarse a cabo para cumplir con lo que la sociedad espera de ella. Para conseguirlo el sector espacial español está atento a las necesidades y expectativas de la sociedad en su conjunto, de los clientes y de los usuarios de los servicios proporcionados por los sistemas espaciales.

Hoy en día está fuera de toda duda que el progreso económico y social de cualquier país necesita de los servicios prestados por los sistemas espaciales. Nunca antes el espacio había suscitado el interés de tantos países ni el ritmo de crecimiento de las inversiones en sistemas espaciales y sus aplicaciones había crecido con más velocidad.

El reto 1, al igual que el reto 5, es un reto menos tecnológico y más organizativo y en él se contemplan una serie de líneas de actuación tecnológica que tratan de mejorar el posicionamiento del sector espacial español con respecto a lo que la sociedad y los clientes esperan de él.

En él se busca cumplir con los siguientes objetivos:

- aumentar la cohesión del sector en torno a los desarrollos tecnológicos incluyendo el spin-in y el spin-off de tecnologías con otros sectores industriales;
- mejorar la comunicación de los beneficios de la investigación espacial a toda la sociedad;
- incrementar la colaboración entre desarrolladores de aplicaciones de datos procedentes del espacio y los usuarios finales de dichas aplicaciones;
- acelerar la industrialización y la digitalización de procesos para aumentar la competitividad y
- colaborar para desarrollar una estrategia nacional de I+D+I en espacio a partir de las propuestas contenidas en esta Agenda y que se pueda plasmar en un Plan Estatal de I+D+I en Espacio.

Mención especial merece el fomento del llamado *New Space*, la corriente de desarrollos espaciales que pretende facilitar el acceso al espacio disminuyendo drásticamente los costes de los desarrollos y operaciones espaciales empleando tanto la innovación tecnológica (miniaturización, pequeños satélites en constelaciones, reusabilidad, etc.) como la de procesos (uso de componentes y equipos comerciales, simplificación de procesos de calificación, digitalización y automatización de la producción, etc.).

Para conseguir los objetivos de este reto se han definido las siguientes áreas de acción:

AA1.1: Fomentar el desarrollo de Tecnologías Avanzadas orientadas al beneficio social y económico y el avance del conocimiento humano

Hay que poner al servicio del desarrollo económico y social y del avance del conocimiento humano las tecnologías espaciales y, para ello es necesario:

- Estar atentos a cuáles son los grandes retos sociales a los que puede contribuir la investigación, desarrollo e innovación espacial en nuestro país. Los ODS'2030 son un buen punto de partida: un análisis crítico en función de las circunstancias cambiantes de cada momento, puede ayudar a priorizarlos.
- Fomentar la colaboración de todos los agentes del ecosistema innovador espacial español impulsando proyectos comunes y creando foros de cooperación científico-tecnológica que optimicen los recursos y las capacidades.
- Colaborar con otros sectores para identificar tanto tecnologías que se puedan transferir desde el espacio a ellos como posibles aplicaciones de tecnologías terrestres en el espacio.

AA1.2: Colaboración entre empresas grandes y pequeñas en proyectos de I+D+i

En los últimos años, y vinculadas tanto a la aparición del *New Space*, como a desarrollos de aplicaciones para diversos usuarios finales, sin olvidar los diferentes programas de incubación de empresas de base tecnológica que hay en nuestro país, singularmente los ESA BIC (*Business Incubation Centers*), el número y variedad de PYMES espaciales se ha multiplicado. Sin embargo, la conexión y el trabajo en equipo con las empresas más grandes constituyendo entre ambas una cadena de valor sólida, es algo que hay que mejorar en beneficio de nuestra sociedad y para fortalecer el sector espacial en España.

Esta área de acción se plantea tanto la creación de puntos de encuentro entre empresas grandes y PYMES de todo tipo para discutir sobre colaboraciones en temas concretos de I+D+I, como el fomento de las actividades de I+D+I en PYMES y no solo desde el punto de vista tecnológico, sino tratando de desarrollar la visión de futuro negocio que debe sustentar toda innovación (*"innovate to invoice"*) tanto a nivel de la propia PYME (producto estratégico) como a nivel de impacto en el sector.

AA1.3: Transmitir a la sociedad los beneficios del esfuerzo de I+D+i del sector espacial

Aunque tanto la industria como los agentes del [SECYT](#) desarrollan actividades de divulgación y concienciación de los beneficios que la I+D+I espacial produce para nuestra sociedad, la mayoría de las veces lo hacen de manera no coordinada. La PAE puede trabajar para coordinar esos esfuerzos e ir de la mano en ellos y eso es lo que se trata de desarrollar en esta área de acción.

Tanto el público en general como los jóvenes estudiantes de primaria y enseñanzas medias deben ser los destinatarios de esa labor de comunicación que no es solo unidireccional ya que en la interacción se aprende cuáles son las necesidades y expectativas de la sociedad respecto al espacio.

AA1.4: Colaboración entre desarrolladores de aplicaciones y usuarios de los datos provenientes del sector espacial

Como ya se ha indicado el sector llamado [downstream](#) que desarrolla aplicaciones y servicios basados en el espacio tiene un tamaño mucho más importante que el *upstream* que desarrolla

y opera la infraestructura espacial. En España hay mucho por hacer para desarrollar un sector industrial de aplicaciones y servicios basados en datos proporcionados por los satélites.

Esta área de acción se plantea dos objetivos iniciales básicos:

- Proponer medidas concretas de apoyo a las empresas –muchas de ellas PYMES– dedicadas al desarrollo de servicios y aplicaciones tratando de reforzarlas y diversificar los servicios ofrecidos por ellas.
- Crear foros de intercambio de información y trabajo conjunto entre usuarios finales (muchas veces institucionales), desarrolladores de aplicaciones e incluso la rama del *upstream* que desarrolla los satélites y su operación en órbita.

AA1.5: Industrialización y digitalización de procesos e implantación de la Industria 4.0 en el sector espacial español para aumentar la competitividad

La industria espacial se encuentra actualmente en un proceso de desarrollo acelerado sometido a requisitos muy fuertes de reducción de costes y flexibilidad y, a la vez, ha surgido el paradigma del llamado *New Space* que aboga por introducir cambios sustanciales en la forma de hacer las cosas: desde el uso de componentes comerciales en los satélites hasta la introducción de cambios disruptivos como la reusabilidad de los lanzadores.

Esta área de acción cubre ambos aspectos: la reducción de costes y flexibilización avanzando en la industrialización y digitalización de todos los procesos de desarrollo espaciales, y los cambios vinculados al *New Space*.

AA1.6: Desarrollo de una estrategia de I+D+i espacial en España

Esta Agenda Estratégica de I+D+I en espacio nace con la vocación de servir como guía tanto a las administraciones públicas como a las entidades que conforman el sector espacial español para, entre todos, definir una estrategia de país acerca de dónde se debe poner el énfasis en la I+D+I en los próximos años de cara a seguir asentando las actividades espaciales en España.

No aspiramos a definir esa estrategia, pero sí a colaborar en su definición. Esta área de acción propone llevar a cambio esa colaboración:

- Realizando un estudio comparativo con los países de nuestro entorno acerca de cómo organizan ellos sus planes de I+D+I nacionales en coordinación con los europeos (ESA y UE).
- Proponiendo un modelo de implementación y gestión de un Plan Estatal de I+D+I espacial estable en el tiempo y revisable periódicamente.

Reto 2: Tecnologías para aumentar la competitividad del sector aeroespacial español

Este segundo reto analiza, de forma detallada y por sectores de aplicación, qué tecnologías se deben desarrollar por parte de las entidades del sector espacial en España para mantener y aumentar la competitividad a nivel internacional.

Mientras que el reto 1 es de carácter más organizativo, este segundo reto es eminentemente tecnológico y, junto a los retos 3 y 4, desarrolla un conjunto de propuestas concretas de las

tecnologías prioritarias que se deben desarrollar en la próxima década por parte del sector espacial español.

Esa lista de tecnologías debe servir de guía tanto a las Administraciones públicas que lancen iniciativas de I+D+I espacial, como a todas las entidades del ecosistema innovador en nuestro país para priorizar sus propias líneas de I+D+I.

Las seis áreas de acción en este reto particularizan esas prioridades en cinco sectores de aplicación y uno más de carácter transversal. Son las siguientes:

AA2.1: Desarrollo de tecnologías de acceso al espacio

La industria española ha consolidado durante las últimas décadas una sólida posición como proveedora de diversos elementos para los lanzadores europeos Ariane y Vega: su nivel de responsabilidad ha ido aumentando con el tiempo y aunque aún no se ha llegado a poder desarrollar alguna etapa completa, sí se ha avanzado en tareas de integración tanto para Vega como para Ariane 6. En algunos casos, la experiencia adquirida en los lanzadores europeos ha permitido ofrecer ciertos elementos de alta responsabilidad (como los sistemas de lanzamiento simple o múltiple) a lanzadores internacionales.

Al mismo tiempo, y debido a la fuerte competencia internacional, la presión para bajar el precio de los lanzadores ha sido y continúa siendo muy fuerte, lo cual se traduce, a su vez, en la necesidad de bajar los costes si se quiere seguir siendo competitivos.

Ligado a la aparición de los pequeños satélites y su uso creciente previsto para las próximas décadas, la necesidad de proporcionar servicios de lanzamiento competitivos y flexibles a esos nuevos clientes ha motivado diversos desarrollos.

Esta área de acción se ocupa de todos estos aspectos: desde la industrialización de los desarrollos de elementos de lanzadores y la introducción de la reusabilidad de componentes, subsistemas y sistemas para bajar los costes, hasta los desarrollos específicos para lanzamiento de pequeños satélites, bien mediante lanzamientos múltiples, bien mediante sistemas de lanzamiento dedicados (pequeños lanzadores).

AA2.2: Desarrollo de tecnologías para observación de la Tierra

Los desarrollos de los satélites del Plan Nacional de Observación de la Tierra ([PNOT](#)) y algunas iniciativas privadas desarrolladas en los últimos años han supuesto el posicionamiento de la industria espacial española en este campo y ese posicionamiento hay que mantenerlo y reforzarlo aspirando a liderar cargas de pago completas cada vez más complejas desde España.

Si hablamos de desarrollos de instrumentos para observación tenemos dos grandes campos en los que hay que seguir avanzando:

- Los instrumentos ópticos, tanto los compactos de prestaciones moderadas como los de más altas prestaciones.
- Los instrumentos de radiofrecuencia, tanto los radiómetros como los radares de apertura sintética.

AA2.3: Desarrollo de tecnologías para telecomunicaciones y navegación

El sector espacial español se ha ido posicionando como suministrador de diversos elementos para satélites de telecomunicaciones en las últimas décadas y hay que seguir asentando esa

posición con desarrollos de las tecnologías asociadas a las cargas útiles reconfigurables en órbita, de muy alta capacidad y de bajo peso y coste para constelaciones en órbita baja.

Esta área de acción incluye tecnologías para antenas activas, procesadores embarcados reconfigurables, transpondedores de alta capacidad, filtros reconfigurables o tecnologías para comunicaciones basadas en optoelectrónica, entre otras.

En cuanto a navegación, después del desarrollo del sistema europeo Galileo con prestaciones iguales o superiores a sus competidores, ya se vislumbra la necesidad de una nueva generación de sistemas de navegación con mejores prestaciones: es el momento de lanzar desarrollos tecnológicos a nivel nacional que posicionen a nuestra industria de cara al futuro Galileo y eso incluye, no solo los elementos de a bordo de los satélites, sino por ejemplo, también los receptores [PRS](#) de Galileo (tanto los de la actual primera generación como los futuros).

AA2.4: Desarrollo de tecnologías para ciencia y exploración espacial

Esta Agenda no cubre la parte científica de los programas de ciencia y exploración espacial: los programas de propuesta de desarrollo de misiones y, sobre todo, de instrumentos concretos suelen nacer de instituciones científicas que, en algunos casos desarrollan completamente el instrumento en cuestión hasta su entrega para vuelo una vez calificado, aunque en la mayoría de ellos suelen recurrir a la industria en mayor o menor medida para completar esos desarrollos.

España también ha ido avanzando en los programas de ciencia y exploración durante las últimas décadas y esta área de acción plantea seguir desarrollando aquellas tecnologías que permitan consolidar ese avance y aspirar a mayores grados de responsabilidad en futuras misiones.

AA2.5: Desarrollo de tecnologías para el segmento terreno

La industria española ha alcanzado un nivel de excelencia técnica en el desarrollo de sistemas de operación de misiones y estaciones de tierra y ese nivel hay que asentarlo a través de un aumento continuo de la competitividad.

Hay una serie de tecnologías que, aplicadas a los sistemas de segmento terreno, pueden contribuir a esa competitividad, como, por ejemplo:

- Las que permitan incrementar el nivel de automatización de las tareas de control de misiones.
- Las que permitan una planificación integrada de tareas y recursos.
- Las que introduzcan el proceso distribuido y en la nube en los segmentos terrenos.
- Las tecnologías de realidad virtual y aumentada y otras que mejoren la interfaz hombre-máquina en estaciones de tierra.

AA2.6: Desarrollo de tecnologías transversales entre aplicaciones

Si las cinco áreas de acción precedentes agrupan tecnologías específicas de cada tipo de sector de aplicaciones espaciales, en esta última se agrupan las tecnologías que son transversales a todos ellos (o a la mayoría de ellos) y que también podríamos llamar tecnologías de plataformas.

En esta área de acción se mencionan algunas tecnologías en las que ya se tiene un nivel de excelencia que hay que conservar e incrementar (materiales, estructuras, mecanismos, [GNC](#) o propulsión eléctrica) junto a otras en las que se detecta una oportunidad de expandir las

capacidades actuales del sector en España (constelaciones y pequeños satélites, *clean space*, inteligencia artificial, *big data* o el concepto de los satélites fraccionados).

Reto 3: Tecnologías y aplicaciones críticas para la no dependencia

Los países avanzados consideran estratégicas las actividades relacionadas con el Espacio. Entre otras razones porque proporcionan capacidades únicas en áreas críticas como comunicaciones, seguridad, defensa o protección de infraestructuras. El desarrollo de tecnologías y capacidades relacionadas con el Espacio que garanticen la no dependencia nacional en dichas áreas críticas es un objetivo fundamental.

Este tercer reto se ocupa de aquellas tecnologías que:

- Contribuyan a la seguridad espacial, es decir, a la protección de las infraestructuras espaciales frente a cualquier riesgo que las amenace, incluyendo la ciberseguridad.
- Garanticen un suministro europeo de componentes considerados críticos: los llamados componentes para la no dependencia.
- Desarrollen las capacidades a nivel sistema y subsistema de las industrias españolas.

Las cuatro áreas de acción de este reto son:

AA3.1: Desarrollo de tecnologías relacionadas con *Space Safety* y *Space Surveillance and Tracking*

España ha alcanzado una posición de notable relevancia en los campos de *Space Safety* y [SST](#) (*Space Surveillance and Tracking*) que es necesario mantener y reforzar participando tanto en desarrollos de la ESA como de la UE y en el mercado comercial a nivel mundial.

Esto incluye el desarrollo de tecnologías de:

- Tanto sensores y elementos clave como procesamiento de datos y soporte a operadores de SST que permitan desarrollar la capacidad de Gestión del Tráfico Espacial ([STM](#)) y participar a primer nivel en los desarrollos europeos en este tema.
- Detección, integración de datos y simulación para meteorología espacial (*Space Weather*) incluyendo el desarrollo de sistemas de observación y detección de los posibles eventos espaciales (a través incluso de sensores y cargas de pago específicas en satélites de todo tipo) y de transmisión de posibles alertas. Aunque la ESA está poniendo en marcha un programa de *Space Safety*, es muy importante desarrollar capacidades nacionales para posicionarse internacionalmente en ese tema.

AA3.2: Ciberseguridad de sistemas espaciales

Es evidente que la ciberseguridad de los componentes y sistemas que forman parte de las aplicaciones espaciales (segmento vuelo, segmento terreno, servicios y aplicaciones) es un requisito presente y futuro que, cada vez con más énfasis, hay que tener en cuenta durante todo el ciclo de vida.

Este es un campo muy amplio en cuanto a las posibles tecnologías a aplicar y de un carácter muy horizontal que permite compartir esfuerzos con otros sectores industriales empezando por el aeronáutico, pero, a la vez, es muy importante tener capacidades a nivel nacional para garantizar la independencia y posicionar a nuestro sector competitivamente a nivel internacional.

AA3.3: Componentes para la no dependencia

Tal y como se define en ([ref.09](#)), documento guía de las tecnologías para la no dependencia y competitividad elaborado conjuntamente por la [EDA](#), la [ESA](#) y la [EC](#), se entiende por independencia que todas las tecnologías espaciales estén desarrolladas en Europa y por no dependencia la posibilidad de que Europa tenga acceso libre y no restringido a cualquier tecnología espacial que necesite.

Esta área de acción incluye los desarrollos en los que el sector espacial español debería prepararse para competir a nivel europeo en mejores condiciones en desarrollos de: componentes y tecnología electrónica, mecanismos y actuadores y estructuras y materiales.

AA3.4: Iniciativas de I+D+I para desarrollar las capacidades a nivel sistema y subsistema de la industria española

Como consecuencia de la puesta en marcha del Plan Estratégico espacial 2007-2011 publicado por el [CDTI](#), se puso en marcha el Plan Nacional de Observación de la Tierra que ha permitido a la industria española acceder a la capacidad de desarrollo de sistemas espaciales completos. A la vez, en otras áreas de aplicación, desde lanzadores a telecomunicaciones sin olvidar el segmento terreno, se han asentado las capacidades industriales a nivel de sistemas complejos.

Para no perder lo alcanzado en las últimas décadas y seguir siendo competitivos, hay una serie de tecnologías que habría que desarrollar a nivel nacional y que son las que se incluyen en esta área de acción. Entre ellas se pueden citar:

- Las tecnologías electrónicas que permitan desarrollos de aviónica modular (IMA: *integrated modular avionics*) y computadores de a bordo de altas prestaciones.
- Las tecnologías de integración de sistemas de potencia.
- Los desarrollos de subsistemas de propulsión eléctrica completos.
- Las tecnologías de integración de subsistemas de antenas activas.
- Los desarrollos de antenas activas para segmento terreno.

Reto 4: Promoción y desarrollo de las aplicaciones y servicios basados en el espacio

En términos económicos y de empleo el mayor efecto multiplicador de las inversiones en espacio se produce a través del desarrollo de numerosas aplicaciones y servicios basados en Datos Espaciales.

Por esta razón es recomendable coordinar el desarrollo de las infraestructuras con las necesidades de los futuros usuarios y fomentar un sector fuerte, competitivo y sostenible (en el que las PYMES y el mundo académico tienen un papel muy importante) que proporcione nuevos servicios y aplicaciones.

En este reto la colaboración con los organismos públicos, como uno de los principales usuarios de las aplicaciones y servicios basados en Datos Espaciales, es clave.

Se han identificado tres áreas de acción en este reto:

AA4.1: Mejorar el acceso y la explotación de los *space data*

Los datos suministrados por los satélites de observación de la Tierra se están convirtiendo en una de las mayores fuentes de información disponible para diferentes usos científicos, comerciales y relacionados con la seguridad y la defensa.

Cada vez hay un mayor número de misiones institucionales que aportan un gran volumen de datos, como los provenientes de los satélites europeos *Sentinel*. El acceso abierto y gratuito a dichos datos facilita el desarrollo de aplicaciones de valor añadido ("[downstream applications](#)"). Según la mayoría de las estimaciones, las aplicaciones de valor añadido basadas en datos de satélite serán una gran fuente de creación de empleo y riqueza en los próximos años.

Por tanto, es necesario facilitar tanto a los usuarios finales como a los proveedores de servicios la disponibilidad y el acceso a los datos de observación de la Tierra desde el espacio mediante la creación de plataformas regionales que alojen dichos datos y mediante la aplicación de las tecnologías informáticas más avanzadas (*cloud computing*, *big data*, [IoT](#), [AI](#)) al tratamiento de datos espaciales.

AA4.2: Desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios de telecomunicaciones, navegación y observación de la Tierra

Esta área de acción agrupa las tecnologías que hay que desarrollar en cada uno de los campos de aplicación para aumentar el segmento [downstream](#) en el sector espacial español. Aunque se citan los tres tipos de aplicaciones en LATs separadas, es evidente que hay muchos servicios que requieren de una combinación de esos tres tipos básicos:

- En servicios de telecomunicaciones, y en el contexto de miniaturización y bajada de costes que supone el *New Space*, hay un campo muy amplio en IoT, comunicaciones 5G y todo lo relacionado con las mega-constelaciones.
- En navegación, una vez completada la fase de desarrollo de infraestructura GNSS europea ([EGNOS](#) y GALILEO) las oportunidades de desarrollo de servicios son inmensas en múltiples campos desde el sector transporte, las infraestructuras críticas, agricultura, etc. También aparece la posibilidad de desarrollo de terminales de usuario mejorados. Además las futuras evoluciones EGNOS v3 y Galileo 2nd generation ([G2G](#)) abrirán nuevas oportunidades de prestación de servicios.
- En observación de la Tierra está habiendo un gran desarrollo de las tecnologías de *big data* geoespaciales que deben ser uno de los puntales en los que se apoye el *Green Deal* europeo: las técnicas de extracción, análisis y fusión de datos y el procesamiento inteligente de los mismos ofrecen muchas oportunidades.

AA4.3: Mejora en el uso y acceso a datos de programas científicos

Los datos procedentes de los programas científicos son utilizados en muchos estudios que luego se presentan en publicaciones que hacen referencia a dichos datos, pero no suele haber repositorios o catálogos bien organizados que permitan acceder a esas conexiones entre datos y publicaciones. Un buen catálogo de esas publicaciones permitiría mejorar la colaboración entre científicos y compartir lecciones aprendidas.

Por otro lado, los datos de los programas científicos de la [ESA](#) llevan acumulándose durante más de 30 años y tienen un gran valor, pero el acceso a los mismos no es todo lo ágil que debiera y muchas veces están en *hubs* en diversas universidades o entidades españolas que no son conocidas por todos los investigadores.

Esta área de acción se plantea desarrollos tecnológicos que mejoren el acceso a los datos de programas científicos y la colaboración entre los investigadores que los usan.

Reto 5: Apoyo decidido a la I+D+I y la Formación

El reto 5, al igual que el 1, es un reto menos tecnológico y más organizativo y en él se contemplan una serie de áreas de acción y líneas de actuación tecnológica en apoyo de la I+D+I espacial en España y de la educación y formación en temas relacionados con el espacio que nuestro sector necesita.

Los países punteros en la tecnología espacial tienen cada uno su estrategia de I+D+I espacial que combina desarrollos a nivel nacional, en colaboraciones bilaterales con otros países y otros realizados en el contexto de los programas de organizaciones internacionales. Para apoyar el desarrollo de una estrategia de I+D+I espacial española que combine esas dos áreas de actuación, surge esta Agenda que no solo debe publicarse, sino que su aplicación debe monitorizarse y se debe mantener al día en función de las circunstancias y necesidades que vayan surgiendo.

La sostenibilidad a largo plazo de la industria espacial española depende críticamente de la educación y de una formación técnica adaptada a las necesidades industriales: los programas de formación, concebidos como una formación continua, deben surgir del diálogo entre las universidades y las industrias y centros tecnológicos y ser capaces de adaptarse flexiblemente a las necesidades de cada momento.

La potenciación y actualización continua de infraestructuras cercanas y adaptadas a las necesidades industriales es también clave para la competitividad.

Este reto se divide en cuatro áreas de acción:

AA5.1: Elaboración y continua actualización de la Agenda Estratégica de I+D+I en Espacio

La Agenda Estratégica de I+D+I en Espacio de la PAE (AEIE) es la aportación, desde el mundo de la investigación, desarrollo e innovación, que la Plataforma hace a la Estrategia Nacional Espacial y en particular, al necesario Plan Estatal de I+D+I en Espacio como parte integrante del Plan Estatal de I+D+I que explicita cómo desarrollar la Estrategia Estatal de Ciencia y Tecnología 2021-2027.

La AEIE, una vez publicada deberá ser presentada tanto a las diferentes entidades que forman parte de la PAE, como a las que aún no están en ella y son parte del sector espacial en España, como a las diferentes Administraciones (General del Estado, Autonómicas y Locales) que puedan ayudar a desarrollar las líneas de actuación que se definen en ella.

Para que la AEIE no se quede en esfuerzo de un momento en el tiempo y permanezca actualizada según las necesidades del sector y las particulares circunstancias de cada momento, hay que definir una metodología de monitorización de su cumplimiento, revisión y puesta al día de la misma.

AA5.2: Refuerzo de la PAE

En línea con lo ya expresado en un área de acción similar en la Agenda Estratégica de I+D+I en Aeronáutica, esta área de acción trata de:

- Reforzar las relaciones a nivel nacional de la PAE tanto con cualquier otro agente del ecosistema nacional relacionado con el espacio y aún no involucrado en las actividades de la Plataforma, como con las administraciones públicas.
- Desarrollar las relaciones internacionales de la PAE con entidades que apoyen la I+D+I espacial a nivel europeo en colaboración, bien con los organismos de la administración estatal que ejercen la representación ante esas entidades (como [ESA/UE-CDTI](#)), bien con los socios nacionales de entidades europeas como [ASD/Eurospace](#), [SME4SPACE](#), [ESRE](#) o [PEGASUS](#).

AA5.3: Formación actualizada y continua

La relación entre el mundo industrial y el académico es fundamental para garantizar que las actividades formativas –tanto las que se lleven a cabo para obtener las titulaciones necesarias para acceder al mercado laboral, como las que se desarrollen para mantener actualizado el nivel formativo de los profesionales– se adecúen en cada momento a lo que se necesita.

Esta área de acción propone unas líneas de colaboración para garantizar esa continua adecuación de los programas de formación inicial y el desarrollo más ambicioso de la formación continua y las prácticas profesionales como parte de cualquier ciclo formativo.

Pero, además, se proponen actividades concretas que fomenten la contratación y movilidad de doctores, personal investigador y tecnólogos entre el mundo industrial y el académico en sentido amplio (universidades, centros de I+D, centros tecnológicos, etc.)

AA5.4: Desarrollo, mantenimiento e internacionalización de las infraestructuras necesarias para los desarrollos espaciales

Al igual que se propone en la Agenda Estratégica de I+D+I en Aeronáutica, esta área de acción propone:

- Elaborar y mantener actualizado un catálogo de capacidades de los centros tecnológicos, universidades e industrias de todo tamaño que conforman el ecosistema de I+D+I espacial para fomentar la colaboración entre ellos y su proyección internacional.
- Elaborar y mantener actualizado un mapa-catálogo de las infraestructuras de investigación, desarrollo y ensayos disponibles en el territorio nacional para promover su racionalización, actualización y uso tanto por parte de las entidades españolas como internacionalmente.

5. TECNOLOGÍAS ESPACIALES PARA LOS ODS 2030



En el año 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó una resolución titulada: Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible ([ref.10](#)). Esa Agenda definía 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y 169 metas que los concretaban más. Era un plan a 15 años vista y ya ha pasado el primer tercio de ese tiempo.

Desde todas las organizaciones y gobiernos que apoyan esa Agenda 2030 se están desarrollando esfuerzos concretos para avanzar hacia su consecución. Hay muchos planes estratégicos que reconocen basarse en los ODS 2030 desde el *European Green Deal* hasta nuestra Estrategia Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027 ([ref.11](#)). Hay muchas empresas y universidades que están referenciando sus planes de futuro a la consecución de los ODS 2030.

La propia ONU, a través de [UNOOSA](#) (La Oficina de la ONU para asuntos del espacio exterior), ha publicado documentos en donde se explica cómo las actividades espaciales están contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de la Agenda 2030.

Esta Agenda Estratégica de I+D+I en Espacio, no puede pasar por alto este importante impulso y se propone definir cómo las actividades que se pretenden desarrollar en ella pueden contribuir al cumplimiento de cada uno de los objetivos de desarrollo sostenible, bien entendido que igualmente que hay una fuerte relación entre unos objetivos y otros, también hay contribuciones de tecnologías espaciales que se repiten de unos objetivos a otros. De cara a simplificar y agrupar las tecnologías se han definido unas categorías que son: EO: observación de la Tierra y dentro de ella METEO: satélites meteorológicos, COM: comunicaciones, GNSS: sistema de posicionamiento global, HSF: vuelo espacial tripulado y GM: tecnologías genéricas vinculadas al espacio.

En las páginas siguientes detallaremos algunas de las principales contribuciones de esos grupos de tecnologías a cada uno de los ODS 2030.

Siguiendo a UNOOSA ([ref.12](#)), la relación de cada uno de los ODS con las actividades espaciales es la siguiente:

ODS-01: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo



Erradicar la pobreza en todas sus formas sigue siendo uno de los principales desafíos que enfrenta la humanidad. La cantidad de personas que viven en la extrema pobreza ha disminuido en más de la mitad entre 1990 y 2015, pero aún queda mucho por hacer y entre esas cosas están el garantizar a los pobres y más vulnerables la protección social y el acceso a los servicios básicos, así como la ayuda en situaciones extremas climáticas, sociales o ambientales. ¿Qué tecnologías espaciales pueden contribuir a este objetivo? Todas

aquellas que permiten:

- Pronosticar los desastres naturales y coordinar mejor la posterior ayuda (**EO, GNSS, COM**).
- Optimizar la utilización sostenible de los recursos naturales (**EO**).
- Brindar apoyo eficiente a poblaciones vulnerables (**COM**).
- Mapear las áreas pobladas y su acceso a los servicios básicos (**EO, GNSS**).

En general, las tecnologías espaciales pueden contribuir a prevenir que las personas caigan por debajo del límite de pobreza y ayudar a dirigir el apoyo específico a los necesitados.

ODS-02: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible



El objetivo es acabar con el hambre y todas las formas de malnutrición. También se compromete con el acceso universal a alimentos seguros, nutritivos y suficientes durante todo el año. Esto requiere sistemas sostenibles de producción de alimentos y prácticas agrícolas resilientes, acceso equitativo a la tierra, la tecnología y los mercados, y cooperación internacional en inversiones en infraestructura y tecnología para impulsar la productividad agrícola. ¿Qué tecnologías espaciales pueden contribuir a este objetivo? Todas aquellas que permiten:

- La optimización de la productividad de los cultivos mediante un proceso de gestión basado en información y una mayor eficiencia en el uso de los recursos existentes, incluyendo la tierra, las semillas, los fertilizantes y los agentes de protección de plantas y agua (**EO, COM, GNSS**).
- Mejorar la gestión del ganado a través de una monitorización optimizada y la identificación del pastoreo más idóneo (**EO, COM**).

ODS-03: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades



La humanidad ha logrado grandes avances en la lucha contra varias de las principales causas de muerte y enfermedad. La esperanza de vida ha aumentado drásticamente, las tasas de mortalidad infantil y materna han disminuido, hemos cambiado el curso del VIH y la mortalidad debida a la malaria se ha reducido a la mitad. Y, cuando todos los índices reflejaban una mejora sustancial global, ha aparecido una pandemia global como no se conocía desde hace un siglo. Durante el desarrollo de esta pandemia de la COVID-19 hemos visto que las tecnologías espaciales pueden ayudar a conocer los efectos de las enfermedades a

nivel global y local de diversas formas. Desde un punto de vista de salud general, las tecnologías espaciales pueden ayudar al cumplimiento de este ODS#03 a través de:

- El estudio de la epidemiología de las enfermedades, permitiendo un mayor uso del análisis espacial para identificar los factores ecológicos, ambientales y de otro tipo que contribuyen a la propagación de enfermedades transmitidas por vectores, monitoreando los patrones de enfermedades y definiendo áreas que requieren planificación de control de enfermedades (EO, GNSS).
- La monitorización de factores que afectan a la salud humana como la calidad del aire o el tráfico (EO, GNSS).
- El soporte allí donde haga falta a la tele-medicina incluyendo el uso de dispositivos de monitorización portátiles (COM).
- La transferencia de tecnologías espaciales desarrolladas para los vuelos tripulados a aplicaciones médicas en temas de visión, cognición y soporte a discapacidades en general (HSF).
- La monitorización de aumento o disminución de actividades en diversas áreas del planeta que puedan indicar cambios de comportamiento en la actividad humana o animal y avisar de forma temprana de una posible enfermedad (p.e. monitorización de actividad en torno a los hospitales como ha ocurrido recientemente examinando el caso de hospitales en Wuhan en meses previos a la propagación de la COVID- 19) (EO).

ODS-04: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos



El objetivo de lograr una educación inclusiva y de calidad para todos se basa en la firme convicción de que la educación es uno de los motores más poderosos y probados para garantizar el desarrollo sostenible. Con este fin, el objetivo busca asegurar que todas las niñas y niños que nazcan a partir de 2030 completen su educación primaria y secundaria gratuita. También aspira a proporcionar acceso igualitario a formación técnica asequible y eliminar las disparidades de género e ingresos, además de lograr el acceso universal a educación superior de calidad. Las tecnologías espaciales ya están –y lo pueden hacer mucho más:

queda mucho por hacer– ayudando a conseguir este objetivo, sobre todo a través de:

- La conectividad de Internet de alta velocidad que permita el uso de contenidos on-line específicamente desarrollados (COM).
- El aprendizaje en remoto a lo largo de toda la vida para comunidades aisladas de un acceso presencial a esos recursos (COM).

- La monitorización electrónica de la asistencia a clase unida a incentivos para los padres que disminuyan el abandono escolar (**COM, GNSS**).

ODS-05: Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas



Poner fin a todas las formas de discriminación contra las mujeres y niñas no es solo un derecho humano básico, sino que además es crucial para el desarrollo sostenible. Se ha demostrado una y otra vez que empoderar a las mujeres y niñas tiene un efecto multiplicador y ayuda a promover el crecimiento económico y el desarrollo a nivel mundial. La igualdad de género sigue siendo un desafío persistente para los países de todo el mundo y la falta de igualdad es un obstáculo importante para el desarrollo sostenible, ya que las disparidades de género y riqueza persisten y obstaculizan el acceso universal a una educación superior de

calidad. Las tecnologías espaciales pueden apoyar el empoderamiento de las mujeres a través de:

- El acceso a educación de calidad incluso en comunidades remotas y aisladas (**COM**)
- El apoyo al emprendimiento femenino, a través del acceso a capacitación, infraestructura flexible, información y seguridad en el entorno laboral (**COM**)
- El espacio tiene un gran atractivo para promover que las niñas de todo el mundo orienten su formación hacia tecnologías [STEM](#) (**GM**).

ODS-06: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos



Su objetivo es garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. El agua limpia y accesible para todos es una parte esencial del mundo en el que queremos vivir. Hay suficiente agua dulce en el planeta para lograrlo. Sin embargo, cada año, millones de personas, la mayoría niños, mueren a causa de enfermedades asociadas con el suministro inadecuado de agua, saneamiento e higiene. El agua limpia, los baños básicos y las buenas prácticas de higiene son esenciales para la supervivencia y el desarrollo de los niños. Las tecnologías espaciales permiten, entre otros:

- La monitorización de la calidad del agua (**EO, GNSS**).
- Las predicciones meteorológicas (**EO, METEO**) incluyendo inundaciones y sequías.
- El acceso a conocimientos técnicos e infraestructuras: [UNOOSA](#) junto al gobierno de Arabia Saudí ha desarrollado un portal dedicado a la mejor gestión de los recursos hídricos a través de las tecnologías espaciales: [Space4Water](#) (**GM**).
- El procesamiento de las imágenes de EO para predicción de yacimientos acuíferos en determinadas zonas del planeta (**EO**).

ODS-07: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos



La energía es fundamental para casi todos los desafíos y oportunidades importantes que el mundo enfrenta hoy. La energía sostenible es una oportunidad para transformar vidas, economías y el planeta. Aun así, una de cada cinco personas carece de acceso a la electricidad y, a medida que la demanda continúa aumentando, debe haber un aumento sustancial en la producción de energía renovable en todo el mundo. Las tecnologías espaciales son centrales en:

- La monitorización de las infraestructuras, particularmente las redes de energía (**EO, GNSS**)
- La sincronización de la red eléctrica (**EO, GNSS, COM**)
- Las alertas sísmicas (**EO, GNSS**)
- La identificación de sitios óptimos para la producción de energías renovables (**EO, GNSS**)
- El cálculo y previsión de producción de energía solar y eólica para estimar la cantidad de energía que se necesita de otras fuentes (**EO, GNSS, METEO**).
- Sin olvidar que la energía solar fotovoltaica nació en el espacio y muchos desarrollos se han hecho primero allí y luego se han transferido a aplicaciones terrestres (**GM**).

ODS-08: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos



El progreso lento y desigual en esta área requiere que repensemos y modifiquemos nuestras políticas económicas y sociales destinadas a erradicar la pobreza. La continua falta de oportunidades de trabajo decente, las inversiones insuficientes y el consumo insuficiente conducen a una erosión del contrato social básico que subyace a las sociedades democráticas: que todos deben compartir el progreso. El crecimiento económico sostenible requerirá que las sociedades creen las condiciones que permitan a las personas tener trabajos de calidad que estimulen la economía sin dañar el medio ambiente. Aquí el soporte

de tecnologías espaciales viene del apoyo a:

- El crecimiento de las actividades espaciales y su contribución a la economía global y crecimiento del PIB (tasa > 6% anual) y la contribución a una amplia gama de sectores, particularmente prestación de servicios, servicios públicos, banca y finanzas, agricultura y comunicaciones (**EO, COM, GNSS**).
- La simplificación del acceso a tecnologías espaciales de países en vías de desarrollo a través de las colaboraciones con la ONU ([programa KiboCUBE: casos de Kenia o Mauritania](#)) (**GM**)
- La monitorización de trabajadores solitarios, permitiendo establecer entornos de trabajo seguros y protegidos (**COM, GNSS**).

ODS-09: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación



La inversión en infraestructura y la innovación son motores fundamentales del crecimiento y el desarrollo económico. Los avances tecnológicos también son esenciales para encontrar soluciones permanentes a los desafíos económicos y ambientales, al igual que la oferta de nuevos empleos y la promoción de la eficiencia energética. Otras formas importantes para facilitar el desarrollo sostenible son la promoción de industrias sostenibles y la inversión en investigación e innovación científicas. Más de 4.000 millones de personas aún no tienen acceso a Internet y el 90 por ciento proviene del mundo en desarrollo.

Reducir esta brecha digital es crucial para garantizar el acceso igualitario a la información y el conocimiento, y promover la innovación y el emprendimiento. Las tecnologías espaciales juegan un papel clave en el desarrollo tecnológico, la diversificación industrial y el valor añadido de empresas de los distintos sectores económicos del país que son la base para indicadores de desarrollo a nivel internacional. Algunos ejemplos son::

- Mapeo y monitorización de infraestructuras, incluido el mantenimiento de la infraestructura vial en entornos rurales, donde la tecnología más fiable se basa en satélites (**EO, GNSS, COM**)
- Automatización de labores en construcción de infraestructuras, en tareas agrícolas o en monitorización del medioambiente con ayuda de satélites (**EO, GNSS**)
- Movilidad inteligente: por ejemplo, a través de la reducción del consumo de combustible mediante una planificación y supervisión más inteligentes del comportamiento de conducción (**GNSS, EO**).
- Extensión de la cobertura de Internet de alta velocidad a zonas del planeta sin infraestructura de comunicación terrestre (**COM**).

ODS-10: Reducir la desigualdad en y entre los países



La desigualdad de ingresos ha aumentado en casi todas partes en las últimas décadas, pero a diferentes velocidades. La más baja es en Europa y la más alta es en el Medio Oriente. La desigualdad de ingresos es un problema mundial que requiere soluciones globales. Estas incluyen mejorar la regulación y el control de los mercados y las instituciones financieras y fomentar la asistencia para el desarrollo y la inversión extranjera directa para las regiones que más lo necesiten. Otro factor clave para salvar esta distancia es facilitar la migración y la movilidad segura de las personas. Las tecnologías espaciales pueden

ayudar en esa lucha proporcionando:

- Conectividad en áreas remotas y aisladas (**COM**), mejorando, por ejemplo, el acceso a la educación.
- Participación remota en procesos democráticos (**COM**).
- Acceso fiable a la información (**COM**) a través de un Internet globalmente accesible.
- Igualdad entre países facilitando el acceso de los menos desarrollados a las tecnologías espaciales (**GM**) para que sirvan de motor de desarrollo (programa KiboCUBE ya mencionado).

ODS-11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles



El mundo cada vez está más urbanizado. Desde 2007, más de la mitad de la población mundial ha estado viviendo en ciudades, y se espera que dicha cantidad aumente hasta el 60 % para 2030. La rápida urbanización está dando como resultado un número creciente de habitantes en barrios pobres, infraestructuras y servicios inadecuados y sobrecargados (como la recogida de residuos y los sistemas de agua y saneamiento, carreteras y transporte), lo cual está empeorando la contaminación del aire y el crecimiento urbano incontrolado. El impacto de la COVID-19 está siendo más devastador en las zonas urbanas pobres y densamente pobladas, especialmente para los casi 900 millones de personas que viven en asentamientos informales y en barrios marginales en todo el mundo, donde el hacinamiento también dificulta cumplir con las medidas recomendadas, como el distanciamiento social y el autoaislamiento. ¿Qué pueden aportar las tecnologías espaciales en la consecución de este objetivo? Actualmente y en el futuro inmediato se pueden usar para:

- Planificación urbanística (**EO, GNSS**).
- Monitorización de infraestructuras y de calidad del aire (**EO, GNSS**).
- Mejora de servicios como los sistemas inteligentes de gestión de residuos (**EO, GNSS**).
- Gestión de desastres y operaciones de búsqueda y rescate (**EO, COM, GNSS**).
- Soporte al desarrollo de las *Smart Cities* (**EO, COM, GNSS**).

ODS-12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles



El consumo y la producción sostenibles consisten en hacer más y mejor con menos. También se trata de desvincular el crecimiento económico de la degradación medioambiental, aumentar la eficiencia de recursos y promover estilos de vida sostenibles. La pandemia de la COVID-19 ofrece a los países la oportunidad de elaborar planes de recuperación que reviertan las tendencias actuales y cambien nuestros patrones de consumo y producción hacia un futuro más sostenible. El consumo y la producción sostenibles también pueden contribuir de manera sustancial a la mitigación de la pobreza y a la transición hacia economías verdes y con bajas emisiones de carbono, como promueve el *European Green Deal* propuesto por la Comisión Europea. Las tecnologías espaciales pueden ayudar en:

- La gestión de los desastres naturales (**EO, GNSS**).
- La trazabilidad de mercancías y alimentos peligrosos (**EO, GNSS**).
- La monitorización del tráfico de especies en peligro y de productos fruto de la esclavitud humana (**EO, GNSS**).
- La transferencia de determinadas tecnologías desarrolladas para vuelos tripulados a resolver eficientemente problemas en Tierra, como las tecnologías de fabricación 3D para construcción de hábitats con elementos disponibles sobre el terreno (**HSF**).
- El desarrollo de la agricultura inteligente combinando datos de observación, comunicaciones y posicionamiento (**EO, COM, GNSS**).

ODS-13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos



Si en 2015, cuando se adoptaron los ODS 2030, la lucha contra el cambio climático era una necesidad, cada año que ha pasado desde entonces esa necesidad ha aumentado. Aunque, como consecuencia de los efectos paralizadores de la economía mundial de la COVID-19, se estima que las emisiones de gases de efecto invernadero caigan un 6% en 2020, esa es una mejora solo temporal. Hace falta una acción decidida como la que ha anunciado la UE en el llamado *European Green Deal* que pretende que Europa sea el primer continente neutro en emisiones en 2050. Las tecnologías espaciales pueden ser de gran ayuda para

conseguir ese reto:

- Monitorizando el cambio climático en todos sus aspectos (**EO, GNSS**).
- A través de la previsión meteorológica basada en los satélites para tratar de mitigar los efectos catastróficos del cambio climático (**METEO**).
- Ayudando en la gestión de desastres y crisis de origen climático (**EO, COM, GNSS**).
- Colaborando en operaciones de búsqueda y rescate (**EO, COM, GNSS**).

ODS-14: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos



El océano impulsa los sistemas mundiales que hacen de la Tierra un lugar habitable para el ser humano. Nuestra lluvia, el agua potable, el tiempo, el clima, los litorales, gran parte de nuestra comida e incluso el oxígeno del aire que respiramos los proporciona y regula el mar. Una gestión cuidadosa de este recurso mundial esencial es una característica clave de un futuro sostenible. No obstante, en la actualidad, existe un deterioro continuo de las aguas costeras debido a la contaminación y a la acidificación de los océanos que está teniendo un efecto adverso sobre el funcionamiento de los ecosistemas y la biodiversidad. Las

tecnologías espaciales dan soporte a:

- La monitorización y mapeo de áreas protegidas (**EO, GNSS**).
- El seguimiento de barcos pesqueros y sus actividades (**EO, GNSS, COM**).
- La trazabilidad de los productos de la pesca (**EO, GNSS**): especies en extinción, explotación de recursos pesqueros, etc.
- La evaluación y seguimiento de los recursos marinos y costeros (**EO, GNSS**).
- La monitorización del cambio climático, en particular de la temperatura del agua y las floraciones de algas (**EO, GNSS**).

ODS-15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad



En 2016, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente ([PNUMA](#)) alertó de que un aumento mundial de las epidemias zoonóticas era motivo de preocupación. En concreto, señaló que del orden del 75 % de todas las enfermedades infecciosas nuevas en humanos son zoonóticas y que dichas enfermedades están estrechamente relacionadas con la salud de los ecosistemas: la COVID-19 es un ejemplo. Este es solamente un aspecto de los que contempla

este objetivo que pide luchar por una gestión mucho más sostenible del medio natural. Las tecnologías espaciales pueden ser utilizadas para:

- La monitorización bio-geo-física de la superficie terrestre (**EO, GNSS**).
- La monitorización de la biodiversidad en la Tierra (**EO, GNSS**).
- La monitorización de la caza furtiva y las rutas de contrabando (**EO, GNSS**).

ODS-16: Promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas



Los conflictos, la inseguridad, las instituciones débiles y el acceso limitado a la justicia continúan suponiendo una grave amenaza para el desarrollo sostenible. El número de personas que huyen de las guerras, las persecuciones y los conflictos superó los 70 millones en 2018, la cifra más alta registrada por la Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados ([ACNUR](#)) en casi 70 años. A través de las tecnologías espaciales se puede contribuir a:

- Monitorizar los conflictos (**EO, GNSS**).
- Permitir la participación en procesos democráticos de comunidades aisladas y remotas (**COM**).
- Un acceso universal a la información fiable (**COM**).

ODS-17: Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible



Los ODS solo se pueden conseguir con asociaciones mundiales sólidas y cooperación. Para que un programa de desarrollo se cumpla satisfactoriamente, es necesario establecer asociaciones inclusivas (a nivel mundial, regional, nacional y local) sobre principios y valores, así como sobre una visión y unos objetivos compartidos que se centren primero en las personas y el planeta, ayudando a quienes más lo necesitan.

Las tecnologías espaciales pueden contribuir a esas alianzas:

- A través de sus propias iniciativas de cooperación internacional (**GM**).
- Con el intercambio de datos e información (**COM, GM**), incluyendo las bases de datos espaciales abiertas (**EO**).
- Compartiendo las infraestructuras espaciales e intercambiando el *know-how* (**GM**).

Un buen conjunto de ejemplos de cómo tecnologías espaciales se pueden aplicar para la consecución de los ODS se puede encontrar en la ([ref.13](#)), una web creada por la ESA para ese fin. Ahí se describen un total de 196 proyectos desde construcción de campos de refugiados con tecnología desarrollada para hábitats lunares o de Marte, hasta trazabilidad de alimentos por medio de *blockchain* combinado con observación de la Tierra y GNSS: merece la pena echar un vistazo a esos proyectos.



6. LÍNEAS TRONCALES DEL SECTOR EN ESPAÑA

Si nos planteamos resumir en unas cuantas líneas principales por donde se debe desarrollar el sector espacial español y, por tanto, en qué líneas se deberían concentrar los esfuerzos de desarrollo de la cadena de valor al completo, esas serían las que hemos llamado líneas troncales de desarrollo, que serían las siguientes:

Lanzadores

**Instrumentos
para Ciencia y
Exploración**

**Sistemas de
Telecomunicaciones
Avanzadas**

**Instrumentos para
Observación de la
Tierra**

**Sistemas y
Elementos clave
de SSA**

**Ciberseguridad y
Comunicaciones
Seguras**

**Materiales
Avanzados**

**Fabricación Avanzada
incluyendo la aditiva
de altas prestaciones**

**Control de
Misiones**

Mecanismos

**Componentes
para la no
dependencia**

**Desarrollo del
sector
*downstream***

LANZADORES

De los desarrollos de vehículos lanzadores de satélites, el sector espacial español concentra sus esfuerzos en los siguientes aspectos principales:



- Industrialización y reducción de costes de estructuras, elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, software de control y sistemas de almacenamiento y distribución de potencia incluyendo las baterías.
- Desarrollos orientados a la reutilización de componentes, subsistemas y sistemas para Lanzadores Reutilizables (aviónica, [GNC](#), trust vector control, cadena de telemetría de seguridad, propulsión, software embarcado, actividades de certificación). Desarrollo de una base de datos abierta de fiabilidad de elementos reutilizables y [COTS](#).
- Desarrollo de Pequeños Lanzadores y Sistemas de Lanzamiento para pequeñas cargas de pago.

INSTRUMENTOS PARA CIENCIA Y OBSERVACIÓN

A lo largo de las últimas décadas, en España, se ha ido avanzando en el campo del desarrollo de instrumentos científicos embarcados en satélites científicos y de exploración de nuestro sistema solar. Es necesario continuar el desarrollo para la mejora continua y validación de instrumentos científicos embarcables en satélites con complejidades crecientes (incluyendo además de los sensores, computadoras de a bordo, electrónica de proximidad y control de los sensores, unidades de memoria, buses y protocolos de comunicación y desarrollo de software) para exploración planetaria y para conocimiento del universo: en particular, la relación Sol-Tierra y sus efectos, nubes magnéticas y meteorología espacial.



SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES AVANZADAS



Desarrollo de cargas útiles reconfigurables tanto en procesado como en cobertura y plan de frecuencias y de muy alta capacidad adaptadas a las nuevas necesidades del mercado en dos líneas:

- Cargas útiles para satélites geoestacionarios de alta y muy alta capacidad ([VHTS](#) y [UHTS](#)).
- Cargas útiles de bajo peso y coste para constelaciones de órbita baja.

Esta línea cubrirá tanto el desarrollo de la carga útil completa como el de sus diferentes componentes: antenas activas y procesadores embarcados reconfigurables, transpondedores de alta capacidad, filtros reconfigurables, cargas útiles fotónicas, etc.

Mención especial merece el mantenimiento de la capacidad de integración ([AIV](#)) de cargas útiles completas para satélites de comunicaciones en proceso actual de desarrollo para el satélite Spainsat-NG.

También comprendería el desarrollo de infraestructuras y servicios asociados al 5G, como constelaciones, cubesats y HAPS.

INSTRUMENTOS PARA OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

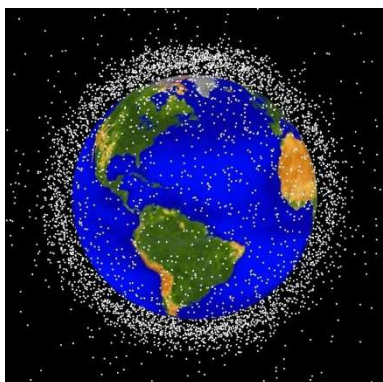
Hay que continuar el desarrollo de instrumentos para la observación de la Tierra (radares, radiómetros, instrumentos ópticos incluyendo infrarrojos) con dos vertientes:

- Instrumentos de altas prestaciones (alta resolución, bajo nivel de ruido) para aplicaciones de alta gama.
- Instrumentos compactos y de prestaciones reducidas para aplicaciones de constelaciones o de bajo coste.



En ambos casos hay experiencia en vuelo que hay que mantener y mejorar en desarrollos futuros sin perder de vista las necesidades de los usuarios finales en cuanto a la relación entre precio y prestaciones obtenidas, ni los desarrollos tecnológicos que permitan mejorar la respuesta de los instrumentos con impactos moderados en coste,

SISTEMAS Y ELEMENTOS CLAVE DE SSA (*Space Situational Awareness*)



España ha alcanzado un papel importante en los programas de [SSA](#) y [SST](#) de la [ESA](#) y la [UE](#). Para mantenerlo y mejorarlo en el futuro –con crecientes demandas en el ámbito de la vigilancia espacial y con el programa SSA como uno de los principales del futuro programa espacial europeo en *Horizon Europe*– se deben seguir y mejorar los desarrollos de:

- Radares apuntables electrónicamente.
- Estandarización de sensores (telescopios) basados en [COTS](#) para la implantación de redes de observación del entorno espacial con diversidad geográfica sin olvidar el posible uso de telescopios ya instalados que puedan contribuir a esta misión.
- Optimización de estrategias de preparación y planificación de las observaciones en vigilancia en todos los regímenes orbitales.
- Control avanzado de los telescopios y tratamiento de las imágenes obtenidas en tiempo real.
- Sistemas de catalogación con alta capacidad de procesamiento de múltiples fuentes de datos y discriminación de eventos.

CIBERSEGURIDAD Y COMUNICACIONES SEGURAS

Una de las amenazas de seguridad operacional más importantes a la que deben dar respuesta los sistemas espaciales es la de la violación de su ciberseguridad. Tanto en sistemas de vuelo como de tierra, es necesario desarrollar e implementar procesos de:

- Identificación, detección, traza, mitigación y respuesta al origen de ciberataques.
- Intensificación de capacidades nacionales en coordinación con cooperación internacional.
- Certificación de personas, entidades, procesos, productos y sistemas según normativa europea.
- Impulso del desarrollo de las comunicaciones cuánticas, [QKD](#) y de las tecnologías avanzadas de comunicaciones ópticas.

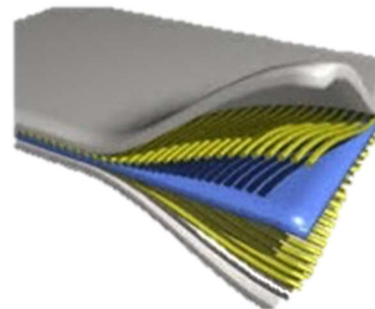


MATERIALES AVANZADOS

Los desarrollos espaciales siempre han sido punta de lanza en cuanto a desarrollo y utilización de materiales avanzados. De entre los muchos campos en los que se debe seguir insistiendo en su desarrollo a nivel nacional, se pueden destacar los siguientes:

Materiales compuestos orgánicos:

- Desarrollo de sistemas de unión.
- Industrialización de laminados ultra finos.
- Aplicación de matrices termoplásticas en estructuras espaciales.
- Introducción de nano materiales para mejorar propiedades.
- Materiales para fabricación aditiva.



Metales:

- Desarrollo de aleaciones de altas prestaciones para fabricación aditiva, p.e similares al INVAR.
- Desarrollo de aleaciones con memoria de forma para aplicaciones espaciales.

Otros: Aerogeles, materiales de control térmico, materiales para propulsión iónica, vidrios orgánicos para sistemas ópticos.

FABRICACIÓN AVANZADA, INCLUYENDO LA FABRICACIÓN ADITIVA DE ALTAS PRESTACIONES

Los avances en la digitalización creciente de los sistemas productivos y la presión continua por bajar los costes de producción para seguir siendo competitivos requieren, entre otras, trabajar en las líneas siguientes:

- Automatización de series medias y grandes orientadas a lanzadores y mega constelaciones usando cadenas de producción limpias y seguras ([RoHS/REACH](#), etc.), incluyendo los sistemas de pruebas de tarjetas electrónicas.

- Desarrollo de procesos utilizando tecnologías de digitalización y simulación para obtener diseños optimizados para fabricación en las fábricas del futuro.
- Automatización de tareas de producción, ajuste y pruebas en productos singulares mediante el uso de *Cobots* y realidad aumentada. Utilización de la visión por ordenador como tecnología habilitadora para verificación / metrología / control de calidad



Por otra parte las tecnologías de fabricación aditiva han visto una rápida implantación en el espacio –España es uno de los países pioneros en volar piezas desarrolladas por [FA](#) en satélites– tanto en aplicaciones diversas en plástico como en metales, aprovechando sus posibilidades de optimización de los diseños. Es necesario continuar con los esfuerzos ya realizados para calificar estas tecnologías aplicadas a:

- Estructuras con optimización de masa y rigidez.
- Sistemas de Gestión Térmica (*Heat Pipes*).
- Componentes de alta estabilidad dimensional.

CONTROL DE MISIONES

La industria española ha alcanzado una buena cuota de mercado en estaciones de tierra y sistemas de control de misiones espaciales. Para asentar esas capacidades hay que seguir desarrollando aplicaciones en:



- Automatización (inteligencia artificial, fusión de datos, análisis de datos, toma de decisiones y conciencia situacional).
- Interfaces hombre-máquina (realidad aumentada, interfaces voz / cinética, asistencia cognitiva).
- Sistemas de tierra para la planificación integrada de tareas y recursos.
- Tecnologías para operaciones multi-misión, mega constelaciones, nano satélites / mini satélites, misiones en el espacio profundo, comunicación óptica.

MECANISMOS

Hay determinados tipos de mecanismo de satélites y lanzadores espaciales en los que la industria española tiene una buena experiencia en órbita. Para seguirla asentando es fundamental continuar trabajando en campos como: la aplicación de nuevos materiales a mecanismos, la tribología, el desarrollo de actuadores o resortes, las técnicas de modelado, simulación, fabricación, validación, cálculos de fiabilidad y los procedimientos de calificación.



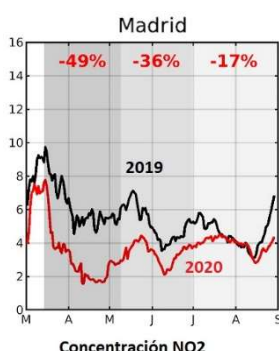
COMPONENTES PARA LA NO DEPENDENCIA

La lista de este tipo de componentes (aquellos en los que se deben tener capacidades a nivel europeo para evitar la dependencia externa en casos críticos) editada por la [ESA](#) y la [EDA](#) ([ref.09](#)) es bastante amplia. De todos los componentes cubiertos en esa lista, hay algunos en los que a nivel nacional ya tenemos experiencia y hay que conservarla y mejorarla en el futuro:

- Nuevos componentes electrónicos tanto estándar como de aplicación específica para plataformas y para cargas útiles digitales incluyendo procesadores, memorias, interfaces de alta velocidad, sensores, etc.
- Componentes [COTS](#) para plataformas y cargas útiles digitales incluyendo procesadores, memorias, interfaces de alta velocidad, etc., así como componentes de alta potencia (transistores y sistemas de tecnología [GaN](#)) y de potencia.
- Materiales o mecanismos incluyendo la implementación de capacidades locales de ensayo y calificación de todos ellos.
- Componentes software, en particular, aquellos que permiten la creación de sistemas embarcados modulares (arquitecturas [IMA](#)) que resultan esenciales para alcanzar los objetivos de tamaño, peso y consumo de las plataformas de *New Space*.
- Microelectrónica y tecnologías de montaje de componentes e interconexión de dispositivos de alto número (> 1500) de interconexiones incluyendo nuevas tecnologías de [PCB](#).



DESARROLLO DEL SECTOR DOWNSTREAM



Como ya se ha indicado anteriormente, el llamado sector [downstream](#), que se concentra en el desarrollo de aplicaciones y servicios basados en el Espacio, tiene un gran potencial de crecimiento en nuestro país. Aunque no haya estudios detallados del tamaño actual de dicho sector en España, si miramos las cifras a nivel mundial vemos que significa un 35 % del total de la cifra de negocio en Espacio que, si tenemos en cuenta los equipos y sistemas de manejo en tierra asociados a esos servicios, se incrementaría en otro 35%, frente al 30% de inversiones gubernamentales y privadas en construir, lanzar y operar satélites.

Tanto el desarrollo de aplicaciones y servicios de telecomunicaciones, navegación y teledetección, como aquellos que combinen esas tres tecnologías, es una línea de negocio que hay que apoyar debido al retorno inmediato en beneficios para la sociedad que reporta.

También queda incluida en este capítulo la mejora del acceso a los datos de misiones científicas especialmente de cara a estudios que requieren largas series temporales.



7. TECNOLOGÍAS EMERGENTES Y DISRUPTIVAS

Para ser competitivos internacionalmente en las líneas troncales definidas en el capítulo anterior, se deben apoyar los desarrollos en aquellas tecnologías ya asentadas en nuestro sector (la mayoría de las cuales ya aparecen identificadas en la descripción de las líneas troncales) y también es necesario promover la aplicación de diversas tecnologías emergentes en las que el sector espacio pueda servir de ejemplo a otros muchos sectores de nuestra economía, como ya ha ocurrido en el pasado. También hay que apoyar aquellas tecnologías disruptivas en las que España pueda tener un papel importante en el futuro ya que servirán para abrir nuevas áreas de negocio en nuestro país.

Entre estas tecnologías emergentes y disruptivas podemos citar las siguientes:

**Materiales multi-
funcionales e
inteligentes**

**Tecnologías de *Clean
Space***

**GNC para vehículos
autónomos y robótica**

**Tecnologías de la
información avanzadas
para segmento terreno**

Satélites fraccionados

**Tecnologías de
industrialización para
constelaciones**

**Inteligencia artificial
aplicada a la gestión
de sistemas
complejos**

**Propulsión eléctrica
avanzada**

**Tecnologías
avanzadas de SST y
STM**

**Ciberseguridad para
segmentos vuelo y
terreno**

**Tecnologías
avanzadas de ciencia
y exploración**

MATERIALES MULTI-FUNCIONALES E INTELIGENTES

Este es un amplio campo en el que se pueden incluir, entre otros, los siguientes:

- Materiales inteligentes, ligeros y resistentes para estructuras y mecanismos.
- Materiales superconductores.
- Materiales para atenuación y absorción de vibraciones mecánicas, acústicas y las generadas por impactos de alta energía.
- Nuevos materiales para mejora de prestaciones [RF](#).
- Tecnologías / estrategias para mejorar la conductividad eléctrica y térmica y el comportamiento frente a radiación de materiales compuestos.
- Tecnologías para la integración de funciones (térmicas, eléctricas -datos y potencia, almacenamiento y generación de energía, etc.) en elementos estructurales.

TECNOLOGÍAS DE CLEAN SPACE

Tecnologías relacionadas con la eliminación de basura espacial por medios activos y pasivos, incluyendo las siguientes:

- Avance en el conocimiento del proceso de re-entrada en la atmósfera (mejora de modelos).
- Estudios y diseños que aseguren el desorbitado seguro y la no proliferación de basura espacial al final de la vida operacional de los vehículos espaciales (*design for demise*).
- Diseño, análisis, simulación, procesos y tecnologías para eliminar basura en órbita sin interferir con elementos operacionales en el espacio.
- Desarrollo de equipos y tecnologías para el desorbitado autónomo al final de la vida útil de los satélites en órbita [LEO](#).

También se incluyen en este capítulo todas las tecnologías [REACH](#) como los desarrollos de recubrimientos libres de Cr/Cd.

GNC PARA VEHÍCULOS AUTÓNOMOS Y ROBÓTICA

Tecnologías para la autonomía avanzada incluyendo los aspectos de:

- Localización autónoma, navegación y recuperación ante situaciones imprevistas, reconocimiento del entorno, identificación de objetos y detección de características, planificación autónoma de tareas.
- Simulación, pruebas, operaciones remotas, interacción con el entorno espacial.
- Desarrollo de sistemas robóticos cognitivos modulares y reconfigurables.
- Diseños y prototipos mecánicos y de sensores y actuadores compatibles con vehículos autónomos espaciales.

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN AVANZADAS PARA SEGMENTO TERRENO

Se incluirían, entre otras, las siguientes:

- Desarrollo de segmentos terrenos en la nube.
- Desarrollo de tecnologías de procesamiento distribuido en los bordes de la red (*Fog Computing*) para su implementación en redes de satélites empleando los terminales como elementos activos en la gestión y predicción del comportamiento de la red.
- Desarrollos orientados a la planificación integrada de tareas y recursos.
- Desarrollos orientados a la automatización (inteligencia artificial, fusión de datos, análisis de datos, soporte a la decisión, modelos de situación, etc.).
- Desarrollos orientados a la virtualización que soporten la escalabilidad y eficiencia de las operaciones.
- Aplicación del Big data a la gestión predictiva del tráfico en redes satelitales de muy alto número de usuarios incluyendo terminales fijos y móviles.
- Aprendizaje automático en cadenas de procesamiento.

SATÉLITES FRACCIONADOS

Este es un claro ejemplo de tecnología disruptiva en el que España se podría posicionar a través del desarrollo de arquitecturas y tecnologías aplicadas a ese concepto totalmente novedoso, como por ejemplo las siguientes:

- Plataformas y cargas de pago fraccionadas, modulares y escalables.
- Subsistemas y componentes para arquitecturas de satélites fraccionados.
- Redes inter-satelitales.
- Vuelo en Formación.
- Distribución de energía.
- Gestión y operación de plataformas fraccionadas.

También hay que trabajar en la definición de casos de uso y modelos de negocio basados en el concepto de satélite fraccionado con el objetivo de desplegar una primera misión de demostración antes de 2025.

TECNOLOGÍAS DE INDUSTRIALIZACIÓN PARA CONSTELACIONES

Dentro del capítulo de procesos de industrialización desde el diseño hasta el [AIV](#) se deberían contemplar, al menos los siguientes:

- Diseño, producción y pruebas de equipos de alta fiabilidad y muy bajo coste.
- Empleo de Big Data para la predicción de prestaciones y fiabilidad.
- Calificación reducida de líneas de producción automática y no contaminantes ([REACH/RoHS](#)) para mega-constelaciones.

Pero hay muchas otras tecnologías que pueden aplicarse en este campo, como por ejemplo las siguientes:

- Miniaturización de componentes y sistemas.
- Adaptación de criterios de verificación a nivel de componentes, equipos y sistemas.
- Certificación y calificación de sistemas o subsistemas integrando inteligencia artificial.

- Definición y desarrollo de sistemas modulares estandarizados que permitan economías de escala para plataformas y elementos “recurrentes” (transmisores, amplificadores, procesadores...)
- Tecnologías de CubeSats y pequeños satélites.
- Tecnologías S/W para criticidad mixta.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LA GESTIÓN DE SISTEMAS COMPLEJOS

De entre las muchas aplicaciones de la IA en sistemas espaciales complejos, se pueden mencionar los siguientes ejemplos:

- IA aplicada a multi-constelaciones.
- IA aplicada a autonomía.
- IA aplicada a misiones de exploración espacial.
- IA aplicada a control de basura espacial.
- IA aplicada a procesos de calificación.
- IA aplicada a monitorización de satélites.
- IA aplicada a fabricación de satélites.

PROPULSIÓN ELÉCTRICA AVANZADA

La propulsión eléctrica espacial es una de las tecnologías con más futuro en determinados casos de aplicación que se van ampliando conforme la tecnología avanza. Las siguientes líneas tecnológicas son de interés para nuestro sector:

- Tecnologías para motores de plasma de [RF](#).
- Tecnologías para propulsores electromagnéticos.
- Tecnologías para motores y electrónicas de alto empuje (> 5 kW)
- Desarrollos de unidades de potencia de última generación para sistemas de propulsión de 5 kW con alto impulso específico (incorporando nuevas tecnologías para optimizar el coste y mejorar las características: densidad de potencia, eficiencia y punto doble de operación).
- Sistemas de micro propulsión de bajo coste para constelaciones.
- Desarrollos de unidad de potencia “New Space” para sistemas de propulsión con alto impulso específico y una potencia de hasta 1 kW
- Materiales y componentes críticos para propulsión eléctrica.
- Técnicas y equipamiento de ensayo y diagnóstico de motores de plasma.
- Capacidades de simulación y análisis de motores de plasma.

TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE SST

Incluye las tecnologías avanzadas para vigilancia espacial y seguimiento de basura espacial, incluyendo las relacionadas con:

- Control avanzado de telescopios.
- Desarrollo de nuevas tecnologías de radar para vigilancia espacial.
- Procesamiento a bordo para identificación de basura espacial.

- Desarrollo de sensores y sistemas de observación aplicada a diferentes regímenes orbitales.
- Técnicas de fusión de datos de sensores.
- Desarrollo de sistemas predictivos de colisiones y re-entrada.
- Explotación de sinergias de datos de [SST](#) y [SWE](#).
- Sistemas de gestión de tráfico espacial para evitar colisiones en el espacio.

CIBERSEGURIDAD PARA SEGMENTOS DE VUELO Y TERRENO

Desarrollo de tecnologías digitales de nueva generación incluyendo inteligencia artificial, computación cuántica, blockchain e identidades digitales seguras para aplicar a sistemas de misiones espaciales resilientes a ataques cibernéticos, incluyendo instalaciones de pruebas y simulación.

TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE CIENCIA Y EXPLORACIÓN ESPACIAL

Se incluyen todas las tecnologías que permitan el desarrollo de misiones autónomas que optimicen la calidad y cantidad de ciencia entregada con respecto a la inversión. En particular, el desarrollo de instrumentos y misiones multifuncionales que satisfagan múltiples objetivos científicos trabajando sobre la misma plataforma/órbita/misión, principalmente:

- Plataformas de procesamiento de datos de alta capacidad y bajo consumo con capacidad de reconfiguración en vuelo y soporte a algoritmos de IA.
- Sensores e instrumentos multifuncionales, reconfigurables y modularizables.
- Algoritmos que permitan la obtención a bordo de los datos científicos: identificación de patrones, selección de objetos y zonas de interés, ...
- Algoritmos y tecnologías que permitan la operación autónoma de sensores, satélites, rovers, ...
- Desarrollo de nuevas plataformas de exploración planetaria (drones, submarinos...) y sus tecnologías asociadas.

También se incluyen aquí las siguientes tecnologías:

- Sistemas de monitorización ambiental para misiones de exploración planetaria y de soporte a misiones tripuladas.
- Tecnologías de servicio en órbita.
- Tecnologías para mejorar la autonomía de decisión.

8. LÍNEAS DE ACTUACIÓN TECNOLÓGICA

En las páginas que siguen se describen de forma somera las líneas de actuación tecnológica (LAT) asociadas a cada reto y área de acción.

En las descripciones detalladas de las LAT aparece una doble clasificación:

- El plazo en el que esa línea debe dar frutos (entendido como que los resultados deberían estar antes de esa fecha): si se necesitan resultados a corto/medio (antes de 2025) plazo o solamente a largo (2030 o 2030+). Cuando se indican ambos plazos es únicamente porque se esperan un tipo de resultados a corto y otros a largo plazo.
- El impacto que la realización de esa actividad se espera que tenga en el sector espacial español en su conjunto. Aquí hay tres categorías (bajo, medio y alto) y se ha tratado, en general, de elegir solamente una. Cuando se hayan elegido dos, de cara a las prioridades de la hoja de ruta, se considerará la de menor impacto entre ambas.

Las LAT de cada área de acción se pueden catalogar en base a su plazo e impacto en tres prioridades principales: alta, media y baja prioridad, con arreglo al siguiente criterio: se considera que la prioridad es alta si el plazo es corto y el impacto alto; la prioridad es media si el impacto es alto y el plazo largo o el impacto es medio sea cual sea el plazo y la prioridad es baja si el impacto es bajo sea cual sea el plazo. En el título de cada LAT hay un código de color en el que el verde corresponde a alta prioridad, el naranja a prioridad media y el gris a prioridad baja.

Prioridad		Plazo	
		Corto/Medio	Largo
Impacto	Alto	Alta	Media
	Medio	Media	Media
	Bajo	Baja	Baja

En las páginas siguientes de este documento aparecen, junto a cada área de acción, unos códigos QR que, al pulsarlos, conectan con una página web en la que se detallan mucho más los contenidos de las líneas de acción tecnológica de esa área de acción.

8.1. Reto 1: El Espacio al servicio del futuro de la sociedad

El reto 1, al igual que el 5, es un reto menos tecnológico y más organizativo y en él se contemplan una serie de líneas de actuación tecnológica que tratan de mejorar el posicionamiento del sector espacial español con respecto a lo que la sociedad y los clientes esperan de él.

En este reto hay áreas de acción que buscan:

- la cohesión del sector (áreas 1.1 y 1.2) en torno a los desarrollos tecnológicos incluyendo el *spin-in* y el *spin-off* de tecnologías con otros sectores industriales;
- la comunicación de los beneficios de la investigación espacial a toda la sociedad (área 1.3);
- la colaboración entre desarrolladores de aplicaciones de datos procedentes del espacio y los usuarios finales de dichas aplicaciones (área 1.4);
- la necesaria industrialización y digitalización de procesos para aumentar la competitividad incluyendo el apoyo decidido al desarrollo del llamado *New Space* en España (área 1.5) y
- la colaboración para desarrollar una estrategia nacional de I+D+I en espacio a partir de las propuestas contenidas en esta Agenda y que se pueda plasmar en un Plan Estatal de I+D+I en Espacio (área 1.6).

AA1.1: Fomentar el desarrollo de Tecnologías Avanzadas orientadas al beneficio social, económico y al avance del conocimiento humano



En esta área de acción se contemplan 6 líneas de actuación tecnológica (LAT) de las cuales tres tienen prioridad alta y tres prioridad media.

LAT 1.1.1	Definición de los grandes objetivos sociales a los que puede contribuir el sector espacial
Descripción	Uno de los grandes problemas del sector es el cortoplacismo tanto en las decisiones de las empresas como de las administraciones. Para transformarlo en planes a largo plazo, es necesario definir en colaboración con los agentes del SECTI (Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación) del sector espacial, los grandes retos sociales en los que puede ayudar este sector, teniendo en cuenta los ODS y las necesidades específicas de la sociedad española. Se trata de proponer razonadamente los objetivos del sector que contribuyan a mejorar la sociedad del futuro. Estos retos estarán alineados con los retos europeos definidos por las entidades europeas correspondientes.
LAT 1.1.2	Fomento de la participación tri-partita (industria-universidad-CTs) en proyectos de alto contenido de I+D+I en el sector espacial
Descripción	Se trata de, en colaboración con las administraciones públicas, mantener o fomentar nuevos programas ambiciosos, con alta carga de I+D+I en el sector espacial. Dichos programas podrán ser de carácter local, autonómico, estatal o europeo. Los instrumentos de financiación pueden estar basados en la experiencia pasada con modificaciones fruto de las lecciones aprendidas, aunque también habrá que desarrollar instrumentos nuevos en algunos casos (como, los desarrollos de aplicaciones basadas en la utilización de datos provenientes de satélites). Como caso singular, en el Programa de Ciencia de la ESA, las cargas útiles de las misiones son aportadas por la comunidad científica contando con programas nacionales que deben facilitar el desarrollo de los instrumentos para el cumplimiento de los objetivos de ciencia de cada misión.

LAT 1.1.6	El Espacio al servicio de la España Digital
Descripción	El Gobierno español ha definido en su Plan España Digital 2025 una serie de medidas encaminadas a abordar de forma urgente los retos pendientes para reforzar la vertebración social, territorial y ecológica de nuestro país, garantizando la accesibilidad del conjunto de la sociedad a las oportunidades que proporciona la nueva economía digital por medio de todas las infraestructuras y tecnologías disponibles, “incluyendo sistemas de satélites”. Entre ellas destacan: • Garantizar una conectividad digital adecuada para el 100% de la población, promoviendo la desaparición de la brecha digital entre zonas rurales y urbanas (meta 2025: 100% de la población con cobertura 100 Mbps). • Continuar liderando en Europa el despliegue de la tecnología 5G, incentivando su contribución al aumento de la productividad económica, al progreso social y a la vertebración territorial. • Reforzar las competencias digitales de los trabajadores y del conjunto de la ciudadanía. • Acelerar la digitalización de las empresas, con especial atención a las microPYMEs y las start-ups. Acelerar la digitalización del modelo productivo mediante proyectos tractores de transformación sectorial que generen efectos estructurales.

LAT 1.1.3	Foros de cooperación científico-tecnológica
Descripción	Constituir dentro de la PAE un foro de discusión entre los agentes del SECTI y las empresas del sector que trabaje al menos en: • La identificación de las necesidades de infraestructuras y laboratorios accesibles, integrados y de nivel internacional de acuerdo a las prioridades de la I+D+I del sector. • La provisión y puesta al día continua del conjunto de competencias profesionales necesarias para desarrollar las prioridades industriales nacionales, con especial énfasis en la mejora de la competitividad y la innovación, la incorporación a los planes de estudio de ingeniería de tecnologías digitales avanzadas como <i>big data</i>, Inteligencia artificial o programación en tiempo real y de las tecnologías vinculadas al “New Space”. • Coordinación de las capacidades en I+D+I de los agentes del SECTI para evitar multiplicidades y fomentar la cobertura de áreas de investigación no existentes por ser específicas de espacio.

LAT 1.1.4	Fomento a nivel nacional de la transferencia de tecnología de otros sectores al espacio (<i>spin-in</i>)
Descripción	La aproximación tradicional ha sido la de pensar que muchas tecnologías desarrolladas en el espacio tienen aplicaciones a otros sectores industriales, pero existe otro punto de vista complementario: hay muchas tecnologías desarrolladas en otros sectores que, bajo ciertas condiciones, se pueden aplicar en el espacio. Se trata de trabajar con otros sectores para identificar esas posibles tecnologías y acelerar su “especialización”. A nivel nacional se puede articular esa colaboración a través de: • Plataformas tecnológicas horizontales como MATERPLAT para el <i>spin-in</i> de tecnologías de materiales avanzados y nano-materiales. • Plataformas y otras entidades sectoriales como PLANETIC o AMETIC en el caso de tecnologías TIC. • Colaboración especial con el sector aeronáutico y de aviación en temas como la industrialización de procesos o el control de tráfico aéreo. • Las universidades y centros tecnológicos que, por su propia naturaleza interdisciplinar pueden ser de gran ayuda para identificar esas tecnologías.

LAT 1.1.5	Fomento a nivel nacional de la transferencia de tecnología espacial a otros sectores (<i>spin-off</i>)
Descripción	Además de la utilización de los servicios proporcionados por la infraestructura espacial, esta es una de las formas en que la sociedad se beneficia de los resultados de la I+D+I de espacio: tecnologías desarrolladas en el sector espacial que se aplican a otros sectores. Hay muchos ejemplos desde los materiales hasta la robótica espacial, algunos de los cuales se han experimentado en España por parte de empresas concretas en casos diversos. Se trata de fomentar que eso ocurra en cuantos más casos mejor a través de iniciativas como: • Promover demostradores de transferencia tecnológica del espacio a otros sectores. • Organizar encuentros en los que se repasen lecciones aprendidas de casos reales de <i>spin-off</i> y se traten de identificar otros casos posibles de aplicación. • Apoyar a las incubadoras de <i>start-ups</i> espaciales dedicadas al <i>spin-off</i> de tecnologías del espacio como los ESA-BIC. Y de difundir dichos usos para que la sociedad sea consciente de dicho beneficio.

AA1.2: Colaboración entre empresas grandes y pequeñas en proyectos de I+D+I



En esta área de acción se contemplan 2 líneas de actuación tecnológica (LAT) de las cuales una tiene prioridad alta y la otra prioridad media.

LAT 1.2.1	Foros de encuentro y discusión sobre prioridades de I+D+I
Descripción	Aparte del gran foro para discutir prioridades de I+D+I que es la PAE y la elaboración de esta Agenda Estratégica de I+D+I en Espacio, la propia PAE en solitario o colaborando con otras entidades puede y debe promover la celebración de foros específicos en los que se discutan las prioridades de investigación e innovación para el ecosistema espacial español. Esos foros deben reunir como mínimo a representantes cualificados (expertos) del sector industrial (grandes y PYMEs) y del sector académico e investigador (universidades y centros tecnológicos). La PAE puede desarrollar una metodología de organización y celebración de esos foros con un formato similar a la Jornada de PYMEs dedicadas a desarrollar materiales avanzados celebrada en 2018 y organizada conjuntamente con MATERPLAT o las Jornadas sobre necesidades de I+D+I en <i>New Space</i> o en Observación de la Tierra previstas durante 2020

LAT 1.2.2	Fomento de la especialización de las PYMES en I+D+I
Descripción	Aunque las PYMES de la PAE tienen introducida la I+D+I en la mayoría de sus procesos, todo lo que se haga para contribuir a que todas las PYMES que trabajen en el sector Espacio en España puedan mejorar sus resultados a través de la I+D+I redundará en beneficio del sector. En particular, muchas PYMES tienen una visión de la I+D+I “muy tecnológica” y algo desvinculada del negocio y les cuesta plantear los modelos de negocio vinculados a la I+D+I, lo cual puede repercutir en peores calificaciones de cara a obtener financiación externa y supone riesgos demasiado elevados para la propia supervivencia futura de la PYME. Las empresas más grandes que tienen más introducida la I+D+I en sus procesos de negocio, pueden y deben exigir a su cadena de suministro que haga lo mismo como parte de la política de calidad con los suministradores, promoviendo la mejora continua y distinguiendo a quienes la vayan alcanzando. Las universidades y centros tecnológicos tienen un gran reto por delante para contribuir a esa especialización poniendo a disposición de las PYMES sus recursos materiales (laboratorios) y humanos (investigadores).

AA1.3: Transmitir a la sociedad los beneficios del esfuerzo de I+D+I del sector espacial



En esta área de acción se contempla 1 única línea de actuación tecnológica (LAT) con prioridad alta.

LAT 1.3.1	Iniciativas de divulgación de los beneficios de la I+D+I del sector espacial
Descripción	Aunque la labor de divulgación de los beneficios del sector espacial ya la realiza de una forma muy eficiente TEDAE a través de diversos canales y casi todos los organismos públicos de I+D (universidades y centros tecnológicos) lo tienen claramente definido entre sus tareas, la PAE puede servir para apoyar esa labor e involucrar en ella a centros tecnológicos, universidades y empresas que no pertenezcan a TEDAE. Impulsar el conocimiento del espacio en los colegios e institutos que es donde se crean las vocaciones con acciones hacia alumnos y hacia profesores. Fomentar la figura de los Embajadores Espaciales y crear herramientas y material a disposición de los voluntarios.

AA1.4: Colaboración entre desarrolladores de aplicaciones y usuarios de los datos provenientes del sector espacial



En esta área de acción se contemplan 2 líneas de actuación tecnológica (LAT), una con prioridad alta y la otra con prioridad media

LAT 1.4.1	Apoyo específico a empresas innovadoras en aplicaciones basadas en datos provenientes del sector espacial
Descripción	El apoyo a las empresas innovadoras –muchas de las cuales son PYMES– es fundamental para sostener el ecosistema de la innovación en espacio. Pero, además, el sector de aplicaciones y servicios basados en el espacio es, con mucho, el menos desarrollado en España, con lo cual debe haber iniciativas concretas para potenciarlo y desarrollarlo. Se debería promover: • El apoyo explícito a empresas innovadoras desarrollando servicios y aplicaciones basadas en el espacio con programas de innovación dedicados en los que el tener un sello internacional sea un plus para obtener ayudas nacionales.

	• La coordinación de iniciativas múltiples como las incubadoras, evitando duplicidades y desarrollos no competitivos a nivel global, fomentando la colaboración y coordinación de las distintas incubadoras existentes en España. • La existencia de ayudas a la comercialización de las aplicaciones desarrolladas. • Actividades de visibilización nacional e internacional de los desarrollos.
--	---

LAT 1.4.2	Desarrollo de redes de usuarios y foros (usuarios-desarrolladores) de recogida de necesidades
Descripción	Colaboración entre usuarios (públicos y privados) de las aplicaciones (incluyendo a los proveedores de servicios) basadas en el espacio y los desarrolladores de tecnologías, aplicaciones y servicios espaciales mediante redes de usuarios y de foros que plasmen sus conclusiones en prioridades de I+D+I para sus inversiones. • Estimular el desarrollo de aplicaciones basadas en datos de satélite mediante la involucración de nuevos actores provenientes de otros sectores y mediante el apoyo a operadores nacionales y empresas líderes en desarrollo de estos productos. • Facilitar el uso de los datos provenientes de satélites para aplicaciones científicas. • Promover desarrollos de aplicaciones basadas en datos procedentes de satélites para: seguridad, vigilancia de fronteras, transporte, energía, seguros, agricultura, etc.

AA1.5: Industrialización y digitalización de procesos e implantación de la Industria 4.0 en el sector espacial español para aumentar la competitividad



En esta área de acción se contemplan 3 líneas de actuación tecnológica (LAT), una con prioridad alta y las otras dos con prioridad media

LAT 1.5.1	Adaptación de procesos aeronáuticos al desarrollo de lanzadores y satélites
Descripción	Una de las estrategias que se pueden seguir para disminuir los costes de desarrollo, fabricación y montaje de la industria espacial (sobre todo en el caso de las constelaciones, aunque no sólo en él: también sería aplicable a la fabricación de elementos de lanzadores que tienen recurrencia) es el de mirar a la industria aeronáutica y sus procesos y tratar de adaptarlos al desarrollo de satélites: es la estrategia seguida por Airbus para el caso <i>OneWeb</i> que, tanto el integrador (Airbus en este caso) como los suministradores (de los que hay unos cuantos ejemplos en la industria espacial española), podrían ayudar a difundir y generalizar en todo aquello que no sean aspectos sometidos a la propiedad industrial o intelectual. Los destinatarios de ese proceso de difusión podrían ser las universidades para que introdujeran esas “buenas prácticas” y “lecciones aprendidas” en futuros programas de estudio.

LAT 1.5.2	Aplicación de nuevas tecnologías para su uso en factorías del sector espacial incluyendo el desarrollo de sensores y conectividad
Descripción	Las nuevas tecnologías, como la realidad aumentada, la robótica, la identificación y localización de piezas mediante RFID y otras tecnologías desarrolladas en los últimos años, necesitan ser aplicadas en la actividad industrial del sector espacial. Este sector es ideal para la implantación de estas nuevas tecnologías ya que sus series son muy cortas y precisan adaptaciones constantes, pero por otro lado el sector es muy conservador y exige que los procedimientos estén calificados, por lo que es necesario disponer de las herramientas y métodos de validación de estas nuevas tecnologías. Todas las implantaciones realizadas en el sector espacial, se pueden transmitir a otros sectores industriales.

LAT 1.5.3	Iniciativas para el desarrollo del <i>New Space</i> en España
Descripción	Fomentar el desarrollo de nuevos conceptos de sistemas espaciales donde distintas ideas de negocio por parte de este nuevo ecosistema puedan complementarse para que España alcance un liderazgo en la materia a nivel internacional. <i>New Space</i> abarca diferentes conceptos que involucran actividades de fabricación, tecnología, operaciones y fin de vida útil, todas ellas exigiendo nuevos enfoques para generar valor en este nuevo mercado. Para que la industria española pueda competir en este campo, será necesario desarrollar nuevas capacidades en todos estos ámbitos, en particular: • Adaptación de conceptos de fabricación de industria 4.0 a la producción en serie de pequeños satélites. • Replicación de un sistema complejo como es un satélite aplicando conceptos como “satélites genéricos particularizados por software” • Desarrollo de tecnologías habilitantes específicas para reducir el tamaño, peso y consumo de los sistemas embarcados. • Aplicación de nuevas tecnologías al control de la misión de constelaciones de satélites. • Desarrollo de tecnología para el final de la vida de los pequeños satélites.



AA1.6: Desarrollo de una estrategia de I+D+I espacial en España

En esta área de acción se contemplan 3 líneas de actuación tecnológica (LAT), una con prioridad alta y las otras dos con prioridad media

LAT 1.6.2	Propuesta de modelo de implementación y gestión de un Plan Estatal de I+D+I Espacial
Descripción	Basándose en: • La experiencia de hace años en el Programa Nacional del Espacio (clave para las fases iniciales de proyectos) y en la actual área de Espacio dentro del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020. • El estudio comparado de qué hacen los países de nuestro entorno propuesto en la LAT 1.6.1. • La actualización del Plan estratégico para el sector espacial español que en su día elaboró el CDTI. • Las grandes líneas de I+D+I espacial definidas en esta Agenda. Es necesario proponer un Plan Estatal de I+D+I Espacial dotado de una financiación mínima y estable que fomente la colaboración entre todas las entidades del ecosistema innovador espacial en España y sirva para mejorar la posición tanto de los investigadores como de las industrias de cara a programas internacionales de cooperación. Ese Plan Estatal de I+D+I Espacial deberá estar coordinado con posibles planes de I+D+I a nivel autonómico e incluso local que se puedan desarrollar por CCAA y ayuntamientos. El Plan Estatal de I+D+I Espacial deberá basarse en la Estrategia Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027 y formar parte de los Planes de I+D+I que se deriven de la misma.

LAT 1.6.1	Análisis comparado de programas nacionales espaciales de I+D+I con países de nuestro entorno
Descripción	De cara a un nuevo Programa Estatal de I+D+I Espacial –que es una de las demandas de la industria y de todo el ecosistema espacial español– que complemente los programas de la ESA y de la CE, así como otras iniciativas internacionales accesibles a las entidades españolas, un estudio comparado de cómo se implementan programas similares en los países de nuestro entorno, puede ser un buen punto de partida. Ese estudio debe recoger cómo se desarrollan esos programas nacionales de I+D+I y cómo participan en ellos las industrias de todos los tamaños y las universidades y centros tecnológicos. El estudio debería recoger los retos o misiones sociales que abordan de forma prioritaria y su posible trasposición en el ámbito español.

LAT 1.6.3	Organización de jornadas periódicas de revisión de los avances realizados en las actividades cubiertas por el Plan Estatal de I+D+I Espacial
Descripción	Una práctica muy útil e integradora del ecosistema nacional de I+D+I que se lleva a cabo en países de nuestro entorno, como Francia, es la de organizar una Jornada a comienzos de cada año, en la que se presentan resultados de iniciativas de I+D+I desarrolladas en el último ejercicio, así como estrategias y planes para los años sucesivos. Se podría organizar un evento similar, sin perjuicio de otros más particulares centrados en aspectos concretos del Plan (como los desarrollos de instrumentos científicos, las fases preliminares de programas futuros o eventos centrados en tecnologías particulares) en el que se repasasen: • Los resultados alcanzados en los programas de I+D+I nacionales en el último año. • El grado de ejecución de lo previsto en el Plan Estatal. • La contribución de la I+D+I espacial nacional a los ODS de la Agenda 2030.

8.2. Reto 2: Tecnologías para aumentar la competitividad del sector espacial español

Este segundo reto es el más detallado de toda la Agenda porque trata de definir de una manera lo más precisa posible qué desarrollos tecnológicos concretos hay que acometer a nivel nacional para mantener la competitividad del sector espacial español en los próximos años a un nivel igual o superior al alcanzado en la última década.

Esos desarrollos se han clasificado en seis grandes áreas de acción:

AA2.1: DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE ACCESO AL ESPACIO

AA2.2: DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

AA2.3: DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA TELECOMUNICACIONES Y NAVEGACIÓN

AA2.4: DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA CIENCIA Y EXPLORACIÓN ESPACIAL

AA2.5: DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA EL SEGMENTO TERRENO

AA2.6: DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS TRANSVERSALES ENTRE APLICACIONES



AA2.1: Desarrollo de tecnologías de acceso al espacio

En esta área de acción se contemplan 3 líneas de actuación tecnológica (LAT), dos con prioridad alta y la otra con prioridad media.

LAT 2.1.1	Industrialización de procesos de desarrollo de elementos de lanzadores
Descripción	Dentro de los desarrollos previsibles en los próximos años en lanzadores y sistemas de lanzamiento se deben incluir los orientados a la industrialización de los procesos de desarrollo de, al menos: • Estructuras y elementos mecánicos • Equipos y elementos eléctricos • Sistemas de navegación y control • Sistemas de comunicaciones • Software de control • Sistemas de almacenamiento y distribución de potencia incluyendo las baterías Esa industrialización debe ser aplicable tanto a grandes como a pequeños lanzadores.

LAT 2.1.3	Desarrollos de lanzadores y sistemas de lanzamiento para pequeñas cargas de pago
Descripción	El incremento previsto de pequeños satélites durante los próximos años (desde las macro-constelaciones hasta los pequeños satélites individuales que cubren diferentes misiones) hace necesario disponer de sistemas de lanzamiento competitivos acordes con los plazos y costes de desarrollo de esas cargas de pago. Desde las diferentes iniciativas industriales se dan dos tipos de aproximaciones a este tema: bien la utilización de lanzadores ya existentes en modo de lanzamientos múltiples, bien el desarrollo de pequeños lanzadores pensados para ese tipo de cargas de pago. En ambos tipos de aproximación hay experiencias más o menos sólidas en España que hay que procurar apoyar de cara al futuro con desarrollos que les permitan seguir siendo competitivas.

LAT 2.1.2	Reutilización de componentes, subsistemas y sistemas: lanzadores reutilizables
Descripción	La reutilización de partes de lanzadores es una de las tendencias de futuro que se está asentando como una de las estrategias para reducir los costes de acceso al espacio tanto para grandes como para pequeños vehículos de lanzamiento. • Es necesario desarrollar tecnologías para la reutilización de componentes, subsistemas y sistemas para su aplicación en lanzadores reutilizables • También se debe contemplar el desarrollo de bases de datos de fiabilidad y de radiación y adaptación de normativas de partes reutilizables y componentes COTS así como analizar criterios de utilización de componentes de automoción o aviónica para aplicaciones espaciales. • Definir procesos de acondicionamiento (<i>refurbishment</i>) y recertificación de las unidades recuperadas para poder ser utilizadas de nuevo. • Hacer viable la monitorización robótica de las etapas recuperadas en caso de escenario de recuperación propulsada hasta la base de lanzamiento.



AA2.2: Desarrollo de tecnologías para observación de la Tierra

En esta área de acción se contemplan 2 líneas de actuación tecnológica (LAT), ambas con prioridad alta.

LAT 2.2.1	Desarrollos de instrumentos ópticos
Descripción	Dentro de los desarrollos previsibles en los próximos años en instrumentos ópticos para satélites de observación de la Tierra hay que potenciar al menos las tecnologías (de hardware y software e integración a nivel instrumento) para el desarrollo de: • Instrumentos compactos y de prestaciones moderadas para aplicaciones de constelaciones o de bajo coste. • Instrumentos de más altas prestaciones (alta resolución, bajo nivel de ruido) para aplicaciones de alta gama. Además se deben mantener las instalaciones de ensayos para este tipo de instrumentos que ya existen y desarrollar las que aún no se tengan y sean necesarias.

LAT 2.2.2	Desarrollos de instrumentos de radiofrecuencia (radares y radiómetros)
Descripción	Dentro de los desarrollos previsibles en los próximos años en instrumentos de radiofrecuencia para satélites de observación de la Tierra hay que potenciar las tecnologías de hardware, software e integración a nivel instrumento para el desarrollo de: • Radiómetros de más altas y sofisticadas prestaciones como alta resolución y bajo nivel de ruido para aplicaciones de alta gama, siguiendo la estela del MIRAS para SMOS o el ICI para METOP-SG. • Radares de apertura sintética para futuras aplicaciones en satélites nacionales y europeos, para consolidar la experiencia adquirida en el desarrollo del radar del satélite PAZ. • Desarrollo de los nuevos reflectores de gran tamaño (LDR's) para las misiones que requieran grandes aperturas. Además se deben mantener y mejorar las instalaciones de ensayos para este tipo de instrumentos que ya existen.

AA2.3: Desarrollo de tecnologías para telecomunicaciones y navegación



En esta área de acción se contemplan 2 líneas de actuación tecnológica (LAT), una con prioridad alta y la otra con prioridad media.

LAT 2.3.1	Desarrollos de cargas útiles avanzadas de telecomunicaciones
Descripción	Dentro de los desarrollos previsibles en los próximos años en cargas útiles para satélites de telecomunicaciones se debería incluir el desarrollo de cargas útiles reconfigurables tanto en procesado como en cobertura y plan de frecuencias y que permitan sistemas de muy alta capacidad adaptados a las nuevas necesidades del mercado: • Cargas útiles para satélites geoestacionarios de alta y muy alta capacidad (VHTS y UHTS). • Cargas útiles de bajo peso y coste para constelaciones de órbita baja. • Antenas activas de nueva generación con principal enfoque a la reducción de coste, masa y consumo. • Desarrollo de los nuevos reflectores de gran tamaño (LDR's) para las misiones que requieran grandes aperturas (en coordinación con LAT 2.2.2) • Estudio de los sistemas que incluyan encriptación cuántica. Esta línea cubrirá tanto el desarrollo de la carga útil completa como el de sus diferentes componentes.

LAT 2.3.2	Desarrollos de tecnologías para satélites de navegación
Descripción	Europa ha conseguido desarrollar el sistema de navegación Galileo cuyas prestaciones igualan o mejoran las capacidades de los sistemas existentes de otros países, pero ya se está viendo que va a aparecer una nueva generación de sistemas de navegación con mejores prestaciones. Por tanto, se considera muy importante mantener, y si es posible incrementar la participación de la industria española en la siguiente generación del sistema de navegación europeo. Desarrollo de receptores PRS para Galileo.



AA2.4: Desarrollo de tecnologías para ciencia y exploración espacial

En esta área de acción se contempla una única línea de actuación tecnológica (LAT) con prioridad media.

LAT 2.4.1	Desarrollos de instrumentos para misiones científicas y de exploración
Descripción	Dentro de los desarrollos previsibles en los próximos años en instrumentos para exploración planetaria, astrofísica y conocimiento del universo, se deberían incluir al menos: • Desarrollo, mejora continua y validación de instrumentos científicos embarcables en satélites, incluyendo: los propios sensores, computadoras de a bordo, electrónica de proximidad y control de los sensores, unidades de memoria, buses y protocolos de comunicación y desarrollo de software. • Desarrollo de instrumentos de mejores prestaciones que los existentes, para futuras misiones de exploración con la vista puesta en las misiones FAST de la ESA. • Incorporación de una nueva generación de instrumentos miniaturizados con menor coste y masa y que incluyan reconfiguración e inteligencia artificial.



AA2.5: Desarrollo de tecnologías para el segmento terreno

En esta área de acción se contemplan 3 líneas de actuación tecnológica (LAT) dos de ellas con prioridad alta y una con prioridad media.

LAT 2.5.1	Desarrollos orientados a la automatización de misiones
Descripción	El segmento de tierra es parte integral de la infraestructura de misiones espaciales. Durante las operaciones, los sistemas terrestres proporcionan la capacidad de operar el segmento de vuelo para el control de la misión y para las operaciones de su carga útil. Uno de los retos de cara al futuro en los sistemas de control de misiones espaciales es el de la automatización de tareas que permitan una reducción de costes y aumento de la eficiencia de las operaciones. Para conseguirlo habrá que aplicar tecnologías modernas de: • inteligencia artificial, en general, y técnicas de <i>machine learning</i> en particular • fusión de datos, • análisis de datos, • modelos estadísticos, etc.
LAT 2.5.2	Desarrollos orientados a la escalabilidad, flexibilidad y mantenibilidad de los segmentos terrenos para despliegue y operaciones
Descripción	La virtualización es clave para lograr la escalabilidad, flexibilidad y mantenibilidad que demandan al segmento terreno los requisitos operacionales de las misiones actuales. Dentro de las tendencias tecnológicas que lo permiten, hay que reforzar: • Soluciones avanzadas de segmentos terrenos en la nube para su escalabilidad y resiliencia. Soluciones de infraestructuras y procesamiento escalable sobre datos masivos. • El procesamiento distribuido en los bordes de la red (<i>Fog Computing</i>) para su implementación en redes de satélites empleando los terminales como elementos activos en la gestión y predicción del comportamiento de la red. • El diseño escalable y despliegue de sistemas complejos como micro-servicios sobre contenedores
LAT 2.5.3	Desarrollos orientados a la eficiencia de los equipos humanos de operaciones
Descripción	Hay una serie de tecnologías de interfaz hombre-máquina que, aplicadas al desarrollo de sistemas del segmento terreno, sirven para aumentar su eficiencia, como, por ejemplo: • Realidad aumentada, • interfaces por voz o cinéticas o • asistencia cognitiva

AA2.6: Desarrollo de tecnologías transversales entre aplicaciones



En esta área de acción se contemplan 10 líneas de actuación tecnológica (LAT) de las cuales seis tienen prioridad alta y cuatro la tienen media.

LAT 2.6.1	Tecnologías de materiales avanzados
Descripción	Hay una serie de tecnologías vinculadas con diversos tipos de materiales que hay que seguir desarrollando. Entre ellas se pueden mencionar las siguientes: MATERIALES COMPUESTOS: desarrollo de sistemas de unión, industrialización de laminados ultra finos, aplicación de matrices termoplásticas en estructuras espaciales, introducción de nano-materiales para mejorar propiedades, CMC para cámaras de combustión y protecciones térmicas, TMC para componentes de alta rigidez y resistencia específica (alta estabilidad dimensional), MMC para sistemas de gestión térmica y materiales compuestos de alta resistencia para fabricación aditiva. MATERIALES METÁLICOS: desarrollo de aleaciones de altas prestaciones para fabricación aditiva (similares al INVAR y aluminios) y desarrollo de aleaciones con memoria de forma para aplicaciones espaciales. OTROS MATERIALES: Aerogeles, materiales de control térmico, materiales para propulsión iónica, materiales para mitigación de cargas acústicas durante el lanzamiento y materiales con baja función de trabajo (estos materiales pueden ser de aplicación a motores de plasma, amarras espaciales y sistemas de generación de potencia eléctrica en órbita)
LAT 2.6.2	Materiales multifuncionales e inteligentes
Descripción	Los materiales multifuncionales (a los que se les “añaden” funcionalidades diferentes a las suyas básicas), así como los llamados materiales inteligentes que pueden adaptar sus propiedades, son un campo de desarrollo que puede producir impacto en aplicaciones críticas en las que la industria española tiene experiencia, como: • Materiales inteligentes, ligeros y resistentes para estructuras y mecanismos. • Materiales superconductores para aplicaciones de propulsión iónica. • Materiales para atenuación y absorción de vibraciones mecánicas, acústicas y las generadas por impactos de alta energía. • Nuevos materiales para mejora de prestaciones RE. • Tecnologías / estrategias para mejorar la conductividad eléctrica y térmica y el comportamiento frente a radiación de materiales compuestos. • Tecnologías para la integración de funciones (térmicas, eléctricas -datos y potencia, almacenamiento y generación de energía, etc.) en elementos estructurales. • Tecnologías de superficie para conferir nuevas funcionalidades.
LAT 2.6.3	Fabricación avanzada incluyendo FA de altas prestaciones
Descripción	Los procesos de fabricación y ensamblaje de elementos de vehículos espaciales deben evolucionar bajo la presión de disminuir los costes sin impactar la seguridad ni la fiabilidad. Hay varias líneas de trabajo incluidas en esta LAT: • Automatización de series medias y grandes orientadas a lanzadores y mega constelaciones usando cadenas de producción limpias y seguras (RoS/REACH, etc.), incluyendo los sistemas de pruebas de tarjetas electrónicas. • Desarrollo de procesos utilizando tecnologías de digitalización y simulación para optimizar diseños en las fábricas del futuro. • Automatización de tareas de producción, ajuste y pruebas en productos singulares mediante el uso de Cobots y realidad aumentada. • Calificación de la tecnología de fabricación aditiva en aplicaciones diversas en plástico y metales aprovechando sus posibilidades de optimización de los diseños:

	○ Estructuras con optimización de masa y rigidez ○ Sistemas de Gestión Térmica (Heat Pipes) ○ Componentes de alta estabilidad dimensional ○ Apantallamiento frente a radiación y mejora de comportamiento en EMC. ● Inteligencia artificial como habilitadora en verificación y control de calidad.
--	---

LAT 2.6.4	Tecnologías para constelaciones, HAPS y pequeños satélites
Descripción	Las macro-constelaciones y el llamado <i>New Space</i> han introducido requisitos de bajada de costes y plazos sin comprometer la fiabilidad, que pueden dejar fuera del mercado a quienes no sean capaces de cumplirlos. Pensando en ello, hay varias líneas de trabajo incluidas en esta LAT: ● Procesos de industrialización desde el diseño hasta el AIV: calificación reducida de líneas de producción automáticas y no contaminantes, miniaturización de componentes y sistemas, definición y desarrollo de sistemas modulares estandarizados, adaptación de criterios de verificación a las exigencias de pequeños satélites y macro constelaciones. ● Empleo de <i>Big Data</i> e IA para la predicción de prestaciones y fiabilidad y las mejoras en certificación y calificación. ● Tecnologías de CubeSats y pequeños satélites. ● Tecnologías de S/W para criticidad mixta. ● Tecnologías de segmento terreno que den soporte a servicios multi-resolución persistentes o de alta frecuencia de revisita y al manejo de datos masivos.

LAT 2.6.7	Tecnologías GNC para vehículos autónomos y robótica
Descripción	Desarrollo de autonomía avanzada incluyendo los aspectos de: ● Localización autónoma, navegación y recuperación ante situaciones imprevistas, reconocimiento del entorno, identificación de objetos y detección de características, planificación autónoma de tareas. ● Tecnologías de simulación, pruebas, operaciones remotas, interacción con el entorno espacial. ● Sistemas robóticos cognitivos modulares y reconfigurables. Diseños y prototipos mecánicos y de sensores, actuadores y procesadores (ordenadores de a bordo) compatibles con vehículos autónomos espaciales.

LAT 2.6.8	Tecnologías de inteligencia artificial (IA) y <i>big data</i>
Descripción	La IA tiene muchas aplicaciones posibles tanto en sistemas de vuelo como de tierra; y requiere grandes volúmenes de datos que permitan entrenar los algoritmos para un comportamiento robusto y sin sesgo. En el caso del espacio, se puede hablar de IA aplicada a las fases de desarrollo, operaciones y explotación. En desarrollo aplicaría a: diseño de misiones (i.e. para que provean información no prevista a priori), métodos de verificación (i.e. análisis de rendimiento y de registros de ejecución), análisis de conceptos operacionales (i.e. <i>trade-offs</i> en escenarios complejos), fiabilidad, ciber-seguridad y seguridad de funcionamiento (i.e. proyecciones de vida extendida). En operaciones aplicaría a: soporte a la planificación de misión y optimización (i.e. mantenimiento preventivo), automatización de las operaciones (i.e. de multi-constelaciones), autonomía de los sistemas (i.e. para misiones de exploración espacial). En explotación aplicaría a datos de: observación de la Tierra (i.e. aprendizaje automático en cadenas de procesamiento, fusión de datos, almacenamiento/gestión/recuperación masiva de datos), misiones científicas (i.e. sofisticados métodos para extraer conocimiento de datos masivos, complejos y/o heterogéneos), ciencia de navegación (i.e. interacción de la señal GNSS con la atmósfera), telecom (i.e. gestión predictiva del tráfico en redes satelitales de muy alto número de usuarios incluyendo terminales fijos y móviles), modelos y simulaciones (i.e. modelos basados en agentes).

LAT 2.6.5	Tecnologías aplicables a mecanismos
Descripción	Hay una experiencia acumulada en la industria española en diversos desarrollos de mecanismos espaciales que hay que mantener y potenciar. Para ello habrá que trabajar en: • Aplicación de nuevos materiales a mecanismos, mejora de la tribología, actuadores y resortes. • Utilización de los mecanismos tipo <i>Compliant</i> sin bisagras. • Técnicas avanzadas de modelado, simulación, fabricación, validación, cálculos de fiabilidad y procesos optimizados de calificación. • Técnicas para reducción / amortiguación de microvibraciones • Control de apunte: precisión, corrección ante distorsiones

LAT 2.6.6	Tecnologías de <i>Clean Space</i>
Descripción	Bajo la denominación <i>Clean Space</i> se recogen tanto las adaptaciones tecnológicas de los procesos de desarrollo en tierra de los sistemas espaciales para cumplir con los requisitos medioambientales, como las medidas necesarias para minimizar y eliminar la llamada “basura” espacial. Se incluyen aquí tecnologías como: • Avance en el conocimiento del proceso de re-entrada en la atmósfera (mejora de modelos). • Estudios y diseños que aseguren desorbitado seguro y la no proliferación de basura espacial al final de la vida operacional de los vehículos espaciales (<i>design for demise</i>). • Desarrollo de equipos y tecnologías para el desorbitado autónomo al final de la vida útil de los satélites en órbita LEO. • Diseño, análisis, simulación, procesos y tecnologías para eliminar basura en órbita sin interferir con elementos operacionales en el espacio. • Recubrimientos libres de Cr/Cd (REACH). • Minimización de residuos de fabricación. • Optimización del consumo de energía durante todo el proceso de desarrollo de sistemas espaciales y la operación de estaciones de tierra.

LAT 2.6.9	Satélites fraccionados
Descripción	El concepto de satélite fraccionado ha empezado a estudiarse a nivel preliminar y, si se resolviesen satisfactoriamente todos los retos tecnológicos que implica, podría constituir un cambio disruptivo. Dados ciertos trabajos preliminares ya realizados a nivel nacional, si se apoyan los desarrollos necesarios, España podría tener un papel de liderazgo en esa disrupción. Esos desarrollos deberían incluir: • Desarrollo de arquitecturas y tecnologías aplicadas al concepto del satélite fraccionado: ○ Plataformas y cargas de pago fraccionadas, modulares y escalables. ○ Redes inter-satelitales. ○ Vuelo en Formación. ○ Distribución de energía. ○ Gestión y operación de plataformas fraccionadas. • Definición de casos de uso y modelos de negocio basados en el concepto de satélite fraccionado con el objetivo de desplegar una primera misión de demostración antes de 2025. • Desarrollo de subsistemas y componentes para arquitecturas de satélites fraccionados.

LAT 2.6.10	Tecnologías de propulsión eléctrica avanzada
Descripción	La propulsión eléctrica espacial es un campo en el que hay experiencia en el ecosistema espacial español y esa experiencia cubre subsistemas –como las unidades de potencia– y sistemas completos. Las siguientes líneas de I+D+I se consideran prioritarias en función de esa experiencia y del futuro previsible de la propulsión eléctrica espacial: • Tecnologías para motores de plasma de RF. • Tecnologías para propulsores electromagnéticos. • Tecnologías para motores y electrónicas de alto empuje (> 5 kW). • Desarrollos de unidades de potencia de última generación para sistemas de propulsión de 5 kW con alto impulso específico. • Sistemas de micro propulsión de bajo coste para constelaciones. • Desarrollos de unidad de potencia “New Space” para sistemas de propulsión con alto impulso específico y una potencia de hasta 1 kW. • Materiales y componentes críticos para propulsión eléctrica. • Capacidades de simulación y análisis de motores de plasma. • Técnicas y equipamiento de ensayo y diagnóstico de motores de plasma.

8.3. Reto 3: Tecnologías y aplicaciones críticas para la no dependencia

Los países avanzados consideran estratégicas las actividades relacionadas con el Espacio. Entre otras razones porque proporcionan capacidades únicas en áreas críticas como comunicaciones, seguridad, defensa o protección de infraestructuras.

El desarrollo de tecnologías y capacidades relacionadas con el Espacio que garanticen la no dependencia nacional en dichas áreas críticas es un objetivo fundamental.

Este reto se ha dividido en las siguientes áreas de acción:

- DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD ESPACIAL, VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO ESPACIAL (*)
- CIBERSEGURIDAD DE SISTEMAS ESPACIALES
- COMPONENTES PARA LA NO DEPENDENCIA
- DESARROLLO DE INICIATIVAS DE I+D+I QUE AYUDEN A LA INDUSTRIA ESPAÑOLA A DESARROLLAR SUS CAPACIDADES A NIVEL SISTEMA Y SUBSISTEMA

AA3.1: Desarrollo de tecnologías relacionadas con la seguridad espacial, vigilancia y seguimiento espacial



En esta área de acción se contemplan 4 líneas de actuación tecnológica (LAT) todas ellas con prioridad media.

LAT 3.1.1	Desarrollos para la Gestión del Tráfico Espacial o STM (<i>Space Traffic Management</i>) para la operación segura ante el creciente tráfico espacial incluidas las futuras mega-constelaciones
Descripción	La creciente congestión de las órbitas (satélites, mini satélites, cubesat, etc., y posibles desechos) hace que la gestión de los objetos orbitando en ellas, con los medios actuales, resulte complicada y costosa. Se hacen imprescindibles nuevos métodos, conceptos y herramientas para mejorar la operación haciendo de la seguridad y la eficiencia los pilares esenciales. El objetivo es evitar las colisiones mediante la ordenación y la operación del tráfico de los objetos espaciales. Resulta esencial el desarrollo de tecnologías y herramientas en tierra que realicen una gestión automática e inteligente que ordene el tráfico espacial minimizando la carga del operador. De especial interés es el desarrollo de todo lo relacionado con la legislación y doctrina espacial, regulación, cooperación internacional, etc.

LAT 3.1.2	Desarrollos de sistemas, tecnologías y elementos clave de SST: sensores
Descripción	España ha alcanzado una posición de notable relevancia en el campo de SST y SSA que es necesario mantener y reforzar participando tanto en desarrollos de la ESA como de la UE y en el mercado comercial a nivel mundial. Es necesario dar continuidad y diversificación a los desarrollos ya hechos, en el caso de los sensores, en aspectos como: • Afianzar y mejorar la posición de España en el marco del consorcio EU-SST. • Aumento de la capacidad de radares de vigilancia en términos de potencia y cobertura del espacio y desarrollo de radares de seguimiento. • Radares apuntables electrónicamente: optimización de coste, mejora de resolución, portabilidad. • Desarrollo de sensores y sistemas de observación aplicados a diferentes regímenes orbitales (i.e., utilización de telescopios con mejora en sus sistemas de control y procesamiento de imágenes para órbitas MEO y LEO).

	• Estandarización de sensores (telescopios) basados en COTS para aumentar diversidad geográfica. • Desarrollo de la tecnología láser para el seguimiento de basura espacial. • Desarrollo de la tecnología de <i>passive ranging</i> para el seguimiento de satélites activos de cara al desarrollo de una capacidad de Gestión del Tráfico Espacial (<i>Space Traffic Management</i>).
--	---

LAT 3.1.3	Desarrollos de sistemas, tecnologías y elementos clave de SST: procesamiento de datos y soporte a operadores
Descripción	La industria española tiene un reconocimiento internacional en el desarrollo de software de simulación y análisis, planificación de sensores, catalogación de objetos y provisión de servicios para la detección de conjunciones y evitación de colisiones, detección y análisis de fragmentaciones y seguimiento de re-entradas. Es necesario dar continuidad a lo ya hecho con mejoras de los siguientes elementos clave: • Afianzar y mejorar la posición de España en el marco del consorcio EU-SST • Posibilidad de procesamiento a bordo para una mejor identificación de la basura espacial. • Técnicas de fusión de datos de sensores. • Automatización de los procesos de manejo de datos. • Mejoras de los sistemas de detección de conjunciones en órbita y de los modelos de análisis de riesgos de colisión y mejoras de los sistemas de predicción de re-entradas y de los modelos de análisis de riesgos en el suelo. • Desarrollo de los llamados sistemas de gestión de tráfico espacial (STM) para evitar colisiones en el espacio, automatizando en parte las tareas actuales. • Optimización de estrategias de observación en vigilancia en todos los regímenes orbitales. • Sistemas de catalogación de alta capacidad de procesamiento aplicando nuevas tecnologías de <i>big data</i> e IA. • Automatización de las operaciones mediante tecnologías de IA. • Desarrollo de centros de procesado de datos y operaciones profesionales capaces de proporcionar servicios tanto en el ámbito institucional (principalmente en el marco del sistema EU-SST) como en el comercial.

LAT 3.1.4	Desarrollos de sistemas, tecnologías y elementos clave para Space Weather y vigilancia de NEOs
Descripción	El entorno espacial que rodea a la Tierra es determinante para la operatividad tanto de la infraestructura espacial como de algunos elementos críticos de la terrestre. La infraestructura espacial española está creciendo en los últimos años y su mantenimiento depende de operadores nacionales. Por otro lado, de las redes de comunicaciones en tierra o de distribución eléctrica depende gran parte de la actividad del país. Los NEOs (<i>Near Earth Objects</i>, <i>NEOs</i>) suponen una amenaza para la Tierra. La ESA está poniendo en marcha un programa de <i>Space Safety</i> incluyendo servicios de <i>space weather</i> y vigilancia de <i>NEOs</i>. Es muy conveniente que España esté dotada de capacidades propias en estos temas a través de las siguientes actividades: • Sistemas propios de detección (observadores espaciales a través de mini satélites o a través de cargas de pago en futuros satélites nacionales o redes de sistemas de detección en tierra, i.e. detectores de muones). • Capacidad de integración de datos propios y de observadores no nacionales. • Capacidad de simulación para mejorar las predicciones (similar meteorología). En el ámbito de los <i>NEOs</i> hay que mejorar los sensores y los sistemas de identificación y alerta.



AA3.2: Ciberseguridad de sistemas espaciales

En esta área de acción se contempla una única línea de actuación tecnológica (LAT) con prioridad alta.

LAT 3.2.1	Ciberseguridad de los sistemas espaciales
Descripción	Garantizar la seguridad de las comunicaciones es requisito indispensable presente y futuro y, especialmente, en muchos servicios donde garantizar la integridad de la comunicación es crítico. Dicha ciberseguridad se debe trasladar a los componentes y sistemas que forman parte de las aplicaciones espaciales (segmento vuelo, segmento terreno, servicios y aplicaciones) siendo un requisito presente y futuro que, cada vez con más énfasis, hay que tener en cuenta durante todo el ciclo de vida. Tareas que están vinculadas a él son, por ejemplo: • Ciberseguridad en el diseño y desarrollo de los componentes y sistemas. • Identificación, detección, traza, mitigación y respuesta al origen de ciberataques. • Cumplimiento y certificación. • Desarrollo y calificación de tecnologías digitales de nueva generación incluyendo inteligencia artificial, computación cuántica, tecnologías de registros distribuidos (DLT), blockchain e identidades digitales seguras. • Control y protección: Técnicas, tecnologías y contramedidas para evitar y detectar ciberataques o mejorar la seguridad utilizando IA, confianza y privacidad, honeypots y honeynets. • Sistemas de misiones espaciales resilientes a ataques cibernéticos, incluyendo instalaciones de pruebas y simulación. • Desarrollo de componentes electrónicos para criptografía y sistemas electrónicos relacionados En ese contexto es necesaria la intensificación de las capacidades nacionales en coordinación con la necesaria cooperación internacional.



AA3.3: Componentes para la no dependencia

En esta área de acción se contemplan 3 líneas de actuación tecnológica (LAT) con prioridad alta.

LAT 3.3.1	Desarrollo y calificación de componentes y tecnología electrónica para la no-dependencia
Descripción	El desarrollo de componentes electrónicos y de tecnologías asociadas es una línea de trabajo fundamental para garantizar la independencia tecnológica de los elementos necesarios para construir subsistemas y sistemas. Entre las tecnologías para la no dependencia enumeradas a nivel europeo se debe apoyar el siguiente subconjunto para facilitar la competitividad de las industrias españolas: • Desarrollo de nuevos componentes electrónicos estándar y bloques reutilizables (IPs) tanto digitales como analógicos como de señal mixta. • Desarrollo de nuevos circuitos integrados de aplicación específica para plataformas y cargas útiles para disminuir tamaño y consumo e incrementar su complejidad. • Desarrollo y calificación ECSS de componentes electrónicos (incluyendo ASICs), de RF, opto-electrónicos y de potencia, incluyendo tecnologías de encapsulado para mayores disipaciones y menor volumen.

	• Baterías que trabajen a bajas temperaturas y desarrollo de nuevas tecnologías de células solares para maximizar su eficiencia. • Desarrollo y calificación de componentes <i>rad-hard</i> con encapsulado plástico para aplicaciones de bajo coste. • Ensayos, validación y aceptación de componentes COTS para su uso en plataformas y cargas útiles. • Tecnologías de montaje de componentes encapsulados e interconexión de dispositivos de alto número (> 1500) de interconexiones incluyendo nuevas tecnologías de PCB y tecnologías de montaje de híbridos.
--	---

LAT 3.3.2	Desarrollo de mecanismos, actuadores y materiales para la no-dependencia
Descripción	El desarrollo de mecanismos, actuadores y materiales avanzados es una línea de trabajo fundamental para garantizar la independencia tecnológica de los elementos necesarios para construir subsistemas, sistemas y satélites. Entre las áreas potenciadas a nivel europeo se deben apoyar las siguientes para facilitar la competitividad de las industrias españolas: • Desarrollo y calificación de mecanismos de mantenimiento y liberación (<i>Hold Down and Release</i> en inglés) • Desarrollo y calificación de mecanismos de despliegue (<i>Deployment Mechanisms</i> en inglés) • Lubricantes sólidos para mecanismos espaciales. • Desarrollo de válvulas de un solo uso para sistemas de propulsión incluyendo electroactuadores. • Desarrollo de mecanismos y actuadores específicos para instrumentos. • Desarrollo de aleaciones de memoria de forma (SMA) que trabajen con rangos extendidos de temperatura. • Desarrollo de materiales con características especiales y mejoradas para su empleo en fabricación aditiva de mecanismos, con objeto de aumentar el valor añadido de dicha tecnología y de los componentes fabricados. • Empleo de la fabricación aditiva en sus diversas modalidades para fabricar componentes multimaterial, multifuncional y con prestaciones mejoradas, así como avanzar en la calificación de componentes hechos por FA.

LAT 3.3.3	Desarrollo de materiales y componentes estructurales
Descripción	El despliegue de constelaciones de pequeños satélites en orbitas más bajas de las tradicionales está planteando una serie de cambios disruptivos en la cadena de suministro de materiales y componentes estructurales para dichos satélites. El hecho de que sus requerimientos térmicos y mecánicos, así como su enfoque al tratamiento de la calidad de producto sean diferentes de los tradicionales, está dejando obsoletos los materiales y componentes de fabricación europea y nacional, en pro de los nuevos desarrollos llevados a cabo en este sentido básicamente en Estados Unidos. Hay una serie de materiales y componentes de vehículos espaciales que se deben desarrollar a nivel europeo y/o nacional para garantizar la independencia tecnológica. Para apoyar a las industrias españolas se deben desarrollar: • Materiales y/o componentes estructurales (p.e: composites) incluyendo la implementación de capacidades locales de ensayo y calificación a todos los niveles (p.e: grandes estructuras) y composites de fibras de carbono alternativas. • Adhesivos de alta conductividad térmica y eléctrica. • Empaquetados de alta disipación térmica para dispositivos de potencia. • Membranas de producción de hidrógeno. • Materiales metálicos para temperaturas superiores a 2000°C. • Componentes estructurales para constelaciones de satélites y satélites de pequeño tamaño (Smallsat, CubeSat....)

AA3.4: Desarrollo de iniciativas de I+D+I que ayuden a la industria española a mejorar sus capacidades a nivel sistema y subsistema



En esta área de acción se contemplan 6 líneas de actuación tecnológica (LAT) de las cuales dos tienen prioridad alta, dos la tienen media y dos la tienen baja.

LAT 3.4.2	Estandarización de empaquetado avanzado de aviónica modular basado en estándares industriales
Descripción	La estandarización de los factores de forma para la aviónica (o la definición de un estándar para interfaces eléctricas, mecánicas y térmicas de módulos de OBC y unidades de aviónica genéricas) es un tema recurrente que se discute regularmente en los talleres especializados y conferencias del sector (ADCSS, DASIA, etc.) y cada vez más a menudo en el inicio de nuevos proyectos espaciales y de lanzadores. En los Estados Unidos, la asociación VITA está trabajando en una versión para espacio del estándar VPX mientras que en Europa, la especificación CPCI Serial Space se lanzó en 2017. Es necesario por tanto avanzar en la definición de un estándar común para la industria española, en coordinación con la Agencia Espacial Europea para la definición de detalle (mecánica, térmica, eléctrica, de interconexión, impactos en los productos e impacto a nivel sistema y satélite, etc.) de dicho concepto, incluyendo: • Estudio de la solución existente y recopilación de necesidades; análisis de todas las prestaciones alcanzables. • Análisis de los impactos a nivel de productos electrónicos y a nivel de subsistemas de satélite. • Definición y especificación (o adaptación) de un estándar aplicable a los productos espaciales de aviónica. • Construcción de Prototipos de módulos de acuerdo con el estándar definido y validación de los conceptos.

LAT 3.4.3	Integración de sistemas de potencia: PCDU , batería, panel solar, cableado
Descripción	Actualmente, las tendencias en el mercado espacial, en particular la demanda de capacidad de carga de pago, el uso de la propulsión eléctrica, así como cargas de pago basadas en antenas activas, tienen un impacto evidente en los subsistemas de potencia. Esto conlleva a dimensionar dichos subsistemas para potencias significativamente superiores con respecto a los sistemas existentes, y a su vez a una complejidad inusual en cuanto a las prestaciones requeridas por sus usuarios principales: carga de pago, antenas activas, y propulsión eléctrica. Por tanto, es fundamental la optimización de las electrónicas claves como son la unidad de control y distribución, la unidad de procesamiento de la potencia para la propulsión eléctrica y la unidad centralizada para la conversión y distribución de potencia para las antenas activas. Para ello sería necesario desarrollar la capacidad de ingeniería a nivel sistema de potencia para ser capaz de, en primer lugar, proponer y evaluar las distintas arquitecturas de sistema posibles, incluyendo las arquitecturas disruptivas (p.ej. <i>direct drive</i>) y definir sus necesidades con el objetivo de dimensionar y optimizar los distintos elementos y los componentes electrónicos de los diferentes subsistemas, para posteriormente permitir tanto la especificación y el seguimiento de los desarrollos o adquisiciones de los diferentes elementos dentro del sistema como su posterior integración y pruebas. Se propone también potenciar el desarrollo de arquitecturas de potencia flexibles y que habiliten la posibilidad de realizar “<i>direct drive</i>” entre el panel solar y el sistema de propulsión eléctrica o la distribución de potencia multi-bus que simplifique el desarrollo de las electrónicas de cargas de pago y permita su reutilización para cualquier misión.

LAT 3.4.1	Desarrollo de ordenadores de a bordo de altas prestaciones
Descripción	La evolución del mercado espacial apunta al desarrollo de sistemas microprocesadores multi-núcleo con mucha mayor potencia de cálculo y trabajando a frecuencias de reloj mucho mayores que las convencionales con implicaciones en el diseño digital de alta velocidad incluyendo los materiales y diseño de las placas de circuito impreso. Esta también es la tendencia en cuanto al uso de procesadores COTS o FPGAs de muy alta capacidad. La implementación de procesadores multi-núcleo por otra parte reduciría grandemente los costes de los sistemas de control espaciales permitiendo la integración de funciones (monitorización y control, AOCS, algoritmos de los sensores estelares, algoritmos de receptores de navegación, etc.) en un solo sistema procesador. Además, el uso de estándares de empaquetado e interconexión de tipo industrial permitiría una reutilización del sistema para múltiples misiones y una mayor facilidad de interconexión y uso. Se propone por tanto fomentar el desarrollo de ordenadores de a bordo con procesadores multi-núcleo de nueva generación orientados a la integración de funciones de control de plataforma, control y procesamiento de datos de la carga de pago, control y procesamiento de datos de sensores y receptores de navegación, etc. Se deberán incluir las funciones e interfaces habituales de éstos sistemas (TM/TC, memoria, gestión de reloj, interfaces,...) así como el software básico asociado (inicialización, drivers, hipervisor del sistema y sistemas operativos) Los conceptos desarrollados deberán ser modulares y basado en un estándar mecánico y eléctrico de origen industrial (ej. cPCI o VPX) en sus versiones para uso espacial para maximizar su reusabilidad y la interconexión con otras funciones.

LAT 3.4.4	Desarrollo e integración de subsistemas de propulsión eléctrica
Descripción	Actualmente, la tendencia de la industria espacial en cuanto a subsistemas de propulsión, es claramente hacia la utilización de la propulsión eléctrica en detrimento de sistemas convencionales basados en propulsión química. Los motivos principales son: la optimización de la masa de los satélites con el consecuente impacto positivo en los costes de lanzamiento, así como la mejora en el impulso específico que permitirá alargar la vida útil de la misión o plantear misiones interplanetarias impensables con sistemas basados en otras tecnologías. No obstante, la mayor desventaja es el incremento en el coste del subsistema comparado con los subsistemas basados en propulsión química. Se considera por tanto prioritario alcanzar la capacidad de contratista principal del sistema de propulsión eléctrica incluyendo la capacidad de especificar, desarrollar o comprar, integrar y probar los distintos elementos del sistema y el sistema en su conjunto. Además, el entendimiento de las prestaciones eléctricas (rendimiento, pérdidas, acoplamiento del bus, etc.) de esta tecnología en sus elementos principales, conllevará a simplificar elementos, con su consecuente impacto positivo en el coste. Dicha capacidad, se considera muy importante, una vez que estos sistemas se consideran clave para el futuro de las misiones espaciales. Cabe reseñar, que, a día de hoy, la tendencia es ofrecer soluciones integradas llave en mano.

LAT 3.4.5	Sistemas digitales de control y de alimentación y distribución de antenas activas
Descripción	Actualmente, las antenas activas son una tecnología en evolución, cuyo uso se está haciendo más extensivo en muchas aplicaciones. Entre los elementos que dimensionan sus características, destacan los elementos radiantes. Dichos elementos requieren especificaciones muy distintas dependiendo de la tecnología y aplicación. Este hecho tiene un impacto negativo, en particular en la electrónica de control y distribución de la antena activa. En el campo de conversión de energía existen nuevas tecnologías que están revolucionando sus prestaciones, así como su flexibilidad. No, obstante, el campo de distribución de potencia ha permanecido muy estático, sin verdaderas innovaciones en los últimos años. Por tanto, la iniciativa propuesta apuesta por el desarrollo de sistemas de distribución configurables de tal forma que las antenas activas sufran el menor impacto en cuanto a esfuerzo de desarrollo en el caso que se opte por cambiar partes de sus elementos, en particular los elementos radiantes. Se propone por tanto un desarrollo de módulos de distribución de potencia universal para antenas activas compatibles con las características de los elementos radiantes existentes en el mercado, en tensión y corriente y un prototipo de demostración del concepto. El desarrollo de estos nuevos conceptos se considera un paso esencial y disruptivo que redefinirá las arquitecturas existentes en este tipo de electrónicas.

LAT 3.4.6	Desarrollo de antenas planas para segmento terreno
Descripción	Actualmente las antenas activas son una tecnología en evolución, cuyo uso se está haciendo más extensivo en muchas aplicaciones vinculadas en gran parte a entornos de movilidad terrestre, aérea o marítima. Uno de los elementos que dimensiona sus características son los elementos radiantes. Dichos elementos requieren especificaciones muy distintas dependiendo de la tecnología y aplicación. El uso de antenas activas en los segmentos terrenos ofrece una serie de ventajas que permitirán nuevos usos y aplicaciones, tales como: a) capacidad de operar como múltiples haces (una antena a varios satélites), b) no tienen necesidad de apuntamiento mecánico, lo cual es una simplificación de diseño, ahorro de costes y aumento de la fiabilidad y mantenibilidad, c) mecánicamente presentan un perfil bajo, lo cual es una ventaja para aplicaciones móviles y de despliegue. Por tanto, se considera necesario el desarrollo de antenas planas –tipo phased array– para su uso en estaciones de segmento terreno.

8.4. Reto 4: Promoción y desarrollo de las aplicaciones y servicios basados en el Espacio

En términos económicos y de empleo el mayor efecto multiplicador de las inversiones en espacio se produce a través del desarrollo de numerosas aplicaciones y servicios basados en Datos Espaciales. Por esta razón es recomendable coordinar el desarrollo de las infraestructuras con las necesidades de los futuros usuarios y fomentar un sector fuerte, competitivo y sostenible (en el que las PYMES y el mundo académico tienen un papel muy importante) que proporcione nuevos servicios y aplicaciones.

En este reto la colaboración con los organismos públicos, como uno de los principales usuarios de las aplicaciones y servicios basados en Datos Espaciales, es clave.

Se han identificado tres áreas de acción en este reto:

- Mejorar el acceso y explotación de los “*space data*”.
- Desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios de telecomunicaciones, navegación y observación de la Tierra. Aunque se citan los tres tipos de aplicaciones en LATs separadas, es evidente que hay muchos servicios que requieren de una combinación de esos tres tipos básicos.
- Datos científicos.



AA4.1: Mejorar acceso y explotación de “*space data*”

En esta área de acción se contemplan 2 líneas de actuación tecnológica (LAT) con prioridad alta.

LAT 4.1.1	Plataformas regionales de diseminación y explotación de datos de Espacio
Descripción	Los datos suministrados por los satélites de observación de la Tierra se están convirtiendo en una de las mayores fuentes de información disponible para usos científicos, comerciales de seguridad y defensa. El mayor número de misiones institucionales aporta un gran volumen de datos y su acceso abierto y gratuito facilita el desarrollo de aplicaciones de valor añadido (“downstream applications”). Según la mayoría de las estimaciones esas aplicaciones de valor añadido serán una gran fuente de creación de empleo y riqueza en los próximos años. Por tanto, es necesario facilitar, tanto a los usuarios finales como a los proveedores de servicios, la disponibilidad y el acceso a los datos mediante la creación de plataformas regionales que los alojen. En concreto, es necesario promover las iniciativas que fomenten: • Integración de la oferta: creación de hubs de uso de datos del espacio basados en entidades regionales. • Integración de la demanda: Se han comenzado a formar asociaciones de usuarios y hay que conseguir que ejecuten compras públicas innovadoras. • Desarrollo de servicios de aplicaciones de alto valor añadido basadas en datos de satélites, especialmente en nuevas empresas de los ESA BICs, así como de otras incubadoras y aceleradoras. • Creación de living labs, hubs regionales y/o temáticos para pilotos de demostración que permitan la integración de datos con los de otras fuentes de sensores. • Conexión con redes científicas internacionales y otras redes de datos de observación científica. • Interoperabilidad con plataformas de datos públicos y redes científicas europeas e internacionales. • Complementariedad con infraestructuras Copernicus.

LAT 4.1.2	Aplicación de nuevas tecnologías digitales (<i>cloud computing</i>, <i>big data</i>, IoT, <i>AI</i>) al tratamiento de “<i>space data</i>”
Descripción	Los datos suministrados por los satélites de observación de la Tierra se están convirtiendo en una de las mayores fuentes de información disponible para diferentes usos científicos, comerciales y relacionados con la seguridad y la defensa. Este aumento en la disponibilidad y el uso de los datos de observación espacial de la Tierra está directamente relacionado con la posibilidad de acceder a misiones institucionales que aportan un gran volumen de datos, como los provenientes de los satélites Sentinel o de las numerosas constelaciones privadas de satélites. Al mismo tiempo, cada vez es más frecuente el término “<i>Earth observations</i>” en donde tienen cabida datos de sensores embarcados en plataformas espaciales, en plataformas híbridas como los <i>HAPs</i>, en plataformas aéreas como UAVS o aviones, y sensores in-situ y “sensores ciudadanos” (estos dos últimos englobados también en muchos casos dentro del concepto <i>Internet of Things</i>). El gran volumen de datos a procesar, así como el cambio de concepto en el que el usuario final no hace grandes inversiones en infraestructura, sino que accede de forma remota a los datos de satélite y obtiene información él mismo en forma de servicio on-line, ha extendido el uso de tecnologías y servicios relacionados con el <i>cloud computing</i>. Las nuevas posibilidades de disponer de más datos, así como la presión por parte de los clientes que demandan más información para más aplicaciones, más rápida, sobre grandes zonas y a precios cada vez más baratos están requiriendo el perfeccionamiento de técnicas de <i>big data</i> e <i>inteligencia artificial</i>, ya utilizadas con anterioridad en el sector, y su incorporación a las cadenas de producción actuales.



AA4.2: Desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios de telecomunicaciones, navegación y observación de la Tierra

En esta área de acción se contemplan 3 líneas de actuación tecnológica (LAT) con prioridad alta.

LAT 4.2.1	Nuevas aplicaciones y servicios de telecomunicaciones espaciales
Descripción	El sector espacial está sufriendo una profunda transformación a todos los niveles, desde la aparición de nuevos actores, principalmente del sector privado, a nuevas tecnologías (miniaturización de equipos, comunicaciones láser entre satélites, uso de nuevas frecuencias, cargas útiles de comunicación 100% digitales/flexibles, etc.) y técnicas de producción en serie de satélites y que están teniendo un impacto significativo en el área de telecomunicaciones espaciales, no sólo a nivel tecnológico sino también en cuanto al abaratamientos de costes de acceso al espacio y de los sistemas de telecomunicación espacial en lo que se ha venido llamando Nuevo Espacio (“<i>New Space</i>”). En esta situación se espera que se presente múltiples oportunidades para el desarrollo de nuevas soluciones (tanto aplicaciones como servicios) disruptivas que no existen hasta la fecha y que en muchos casos no serán ni siquiera evolución de soluciones u conceptos existentes. Por todo ello, es necesario promover y aumentar la participación española en el segmento llamado “<i>downstream segment</i>” del mercado de comunicaciones espaciales, con aplicaciones y servicios relacionadas con IoT (“Internet-of-Things”), en el área de 5G con soporte vía satélite o aplicaciones y servicios relacionados con las mega-constelaciones de satélites de telecomunicación que ya se están lanzando. También debe haber una evolución sustancial y un abaratamiento de los terminales de usuario que permitan la democratización de las comunicaciones espaciales.

LAT 4.2.2	Nuevas aplicaciones y servicios de navegación
Descripción	Una vez consolidada la fase de desarrollo de la infraestructura y con los sistemas E-GNSS (EGNOS y Galileo) en diversos grados de operación, la fase de explotación va a ganar cada vez más protagonismo, con una previsión de crecimiento importante en los próximos años. Además, se presenta una oportunidad en el desarrollo de este mercado de aplicaciones para capitalizar el conocimiento y la experiencia obtenidos por la industria española a través de la participación en dichos proyectos europeos EGNOS y Galileo. Por todo ello, es necesario promover y aumentar la participación española en el llamado “downstream segment” de GNSS, con el desarrollo de equipos y dispositivos para aplicaciones y servicios para: transporte (automovilístico, ferroviario, marítimo y aéreo), infraestructuras críticas, posicionamiento seguro, agricultura, sincronización y tiempo, ciudades inteligentes, servicios de <i>search and rescue</i>, etc. Por otro lado, las futuras evoluciones de los sistemas europeos GNSS (E-GNSS) como EGNOS v3 y Galileo 2nd Generation (G2G) y sucesivas van a abrir la puerta a nuevas prestaciones y servicios y por ello es fundamental garantizar la participación del ecosistema espacial español en estas evoluciones.

LAT 4.2.3	Nuevas aplicaciones y servicios de teledetección
Descripción	Se trata de nuevas aplicaciones y servicios (i.e: <i>smart cities</i>, gestión ambiental, detección y seguimiento de desastres, agricultura de precisión, etc) basados en datos de satélite que exploten tanto los datos de <i>Sentinels</i> como los de Ingenio y Paz en combinación con otras fuentes de datos. El rápido desarrollo de las tecnologías de la información y de las técnicas de localización no sólo está conduciendo a un rápido desarrollo de las tecnologías <i>big data</i> geoespaciales, sino que también suscita la utilización de esos datos para complementarlos con imágenes de teledetección. Se han hecho muchos esfuerzos para poder usar de forma efectiva estos grandes volúmenes de datos geoespaciales para identificar las pautas de la actividad humana y llevar a cabo una gran variedad de investigaciones en áreas muy diversas (medioambiente, agricultura, ingeniería, urbanismo, etc.). No obstante, todavía quedan por explorar más a fondo muchas cuestiones, entre ellas: • las técnicas de extracción y análisis de datos, • el procesamiento automático inteligente, • los métodos de fusión y • la mayor integración de datos procedentes de satélites con mediciones terrestres.

AA4.3: Datos científicos



En esta área de acción se contemplan 2 líneas de actuación tecnológica (LAT) con prioridad baja.

LAT 4.3.1	Colaboración en el uso de datos de programas científicos
Descripción	El objetivo de esta actividad es estimular el desarrollo de plataformas de diseminación de los datos procedentes de programas científicos de misiones espaciales. Aunque esta actividad se sitúa fundamentalmente en contexto europeo, se podría avanzar a nivel nacional promoviendo: • El desarrollo y mantenimiento automático o semi-automático de un catálogo de publicaciones científicas que hayan utilizado datos de los diferentes programas espaciales. • La organización de eventos que promuevan la compartición de resultados y lecciones aprendidas entre los diferentes grupos científicos. • El fomento de la colaboración entre jóvenes científicos mediante la organización de sesiones de “brainstorming” donde compartan sus ideas sobre futuros proyectos de investigación. • El uso de las redes sociales para la difusión de información científica, eventos de interés, resultados de investigaciones, etc.
LAT 4.3.2	Mejora en el acceso a los datos de todos los programas científicos de la ESA
Descripción	Los archivos de la Agencia Espacial Europea contienen datos de un precioso valor científico acumulados durante más de 30 años. La simplificación del acceso a los recursos de datos de misiones espaciales de perfil científico y a sus publicaciones científicas relacionadas es de un enorme interés, especialmente para estudios que requieren largas series temporales. Por tanto, es muy interesante: • Promover infraestructuras orientadas al mejor uso y compartición de los datos de todos los programas científicos de la ESA, complementarias con el Human and Robotic Exploration – Science Data Center (HRE-SDC) de la ESA. • Fomentar infraestructuras de recepción e intercambio de datos con sistemas automáticos de gestión y monitorización de los mismos. • Mapear y mantener actualizada la información de los hubs de recepción de datos científicos en universidades o entidades españolas. • Divulgar el catálogo de tesis doctorales y publicaciones científicas de impacto que hayan hecho uso de datos de misiones científicas de la ESA.

8.5. Reto 5: Apoyo decidido a la I+D+I y la Formación

Los países punteros en la tecnología espacial tienen cada uno su estrategia de I+D+I espacial que combina desarrollos a nivel nacional con otros realizados en un contexto internacional. Para apoyar el desarrollo de una estrategia de I+D+I espacial española, esta Agenda debe publicarse, se debe monitorizar su aplicación y se debe mantener al día en función de las circunstancias y necesidades que vayan surgiendo.

La sostenibilidad a largo plazo de la industria aeroespacial española depende críticamente de la educación y de una formación técnica adaptada a las necesidades industriales.

La potenciación y actualización continua de infraestructuras cercanas y adaptadas a las necesidades industriales es también clave para la competitividad.

Este reto que es más organizativo que técnico como el reto 1, se divide en cuatro áreas de acción:

- Elaboración y continua actualización de la Agenda Estratégica de I+D+I en espacio (AEIE)
- Refuerzo de la PAE.
- Formación actualizada y continua.
- Desarrollo, mantenimiento e internacionalización de las infraestructuras necesarias para los desarrollos espaciales.

AA5.1: Elaboración y continua actualización de la Agenda Estratégica de I+D+I en espacio ([AEIE](#))



En esta área de acción se contemplan 2 líneas de actuación tecnológica (LAT) una con prioridad alta y la otra con prioridad media.

LAT 5.1.1	Difusión de la AEIE
Descripción	La Agenda Estratégica de I+D+I en Espacio refleja la opinión del sector representado en la PAE, como masa crítica de investigación y esfuerzo innovador en el mercado espacial español basada en la colaboración de sus distintos agentes, respecto a las prioridades en investigación e innovación y los medios para llevarlas a cabo. El interés de la agenda como instrumento estratégico es doble: dotar de coherencia a los esfuerzos de los diferentes actores del ecosistema innovador, e interpelar a las Administraciones que deben articular fórmulas y herramientas que ayuden al desarrollo de las líneas de acción detalladas en esta Agenda. Por tanto, habrá que diseñar y ejecutar un plan de difusión y comunicación del contenido de la AEIE. Los objetivos son: a) optimizar el flujo de información relacionada con el crecimiento, competitividad y sostenibilidad del sector entre sus agentes; b) visibilizar el impacto en la sociedad, vinculado a los avances tecnológicos que se proponen. El plan de difusión y comunicación estaría dirigido hacia tres audiencias diferentes: • Las diferentes entidades del ecosistema innovador espacial, con especial atención a las que forman parte de la PAE, pero sin olvidar a las que no están en ella. • La Administración General del Estado y las Administraciones Autonómicas y Locales. • El público en general.

LAT 5.1.2	Monitorización del cumplimiento, revisión y puesta al día de la AEIE
Descripción	Monitorización periódica de los retos sociales e industriales, valorando los avances conseguidos en los desarrollos propuestos y comprobando la vinculación de la investigación realizada a las prioridades establecidas en la agenda. La monitorización de la AEIE deberá: • Cuantificar anualmente las prioridades (LATs) de I+D+I cubiertas en relación a las establecidas en la agenda. • Cuantificar anualmente los resultados de los avances en dichas tecnologías en términos de activos tangibles o intangibles (patentes, contribuciones a estándares, productos/servicios nuevos o mejorados, incremento en madurez de la tecnología, etc.). • Informar anualmente de manera agregada sobre dichos índices al sector con el fin de medir el grado de adherencia a los objetivos iniciales. • Utilizar este marco para evaluar el impacto de las actividades de la I+D+I desarrolladas en términos de la mejora en competitividad del sector y de su impacto socio-económico. De acuerdo a los hallazgos del proceso de monitorización, se desarrollará un procedimiento para la actualización de la AEIE que fomente la participación efectiva, transparente y abierta de los miembros de la PAE y la consulta abierta a todo el sector, y se utilizará la taxonomía vigente.



AA5.2: Refuerzo de la PAE

En esta área de acción se contemplan 2 líneas de actuación tecnológica (LAT) una con prioridad alta y la otra con prioridad media.

LAT 5.2.1	Relaciones nacionales de la PAE
Descripción	• Desarrollo de relaciones de la PAE con cualquier otro agente -industria, academia, centro tecnológico, comité de estandarización, etc.- nacional relacionado con el I+D+I espacial no miembro de la PAE y las administraciones nacionales y regionales. • Hacer de la PAE la organización de referencia en relación con el desarrollo tecnológico en el sector aeroespacial. • Reforzar la dimensión estratégica de la PAE para la promoción del sector espacial en todos los niveles de la administración. • Fortalecer el ecosistema de I+D+I en el sector Espacio a través del intercambio de conocimiento, capacidades e investigación colaborativa entre sus agentes, y con agentes de otros sectores.

LAT 5.2.2	Relaciones internacionales de la PAE
Descripción	La PAE es una entidad de referencia a nivel nacional para nuestro sector. Esta Agenda Estratégica ofrece un marco de prioridades y una dirección estratégica en la I+D+I consensuada por el sector espacial español y, por tanto, la PAE debe tener presencia además de nacional, internacionalmente dando a conocer esas prioridades y fomentando los intereses tecnológicos nacionales a nivel europeo. Por un lado, se establecerán relaciones de colaboración con los organismos nacionales encargados de la representación a nivel europeo como: CDTI (ESA, UE), TEDAE (ASD/Eurospace), PLATIN (Defensa). Se fomentarán relaciones como las que actualmente tiene la PAE con EUROPLANET (sociedad europea de científicos planetarios) y su papel como <i>Industrial Liason Officer</i> en el nodo hispano-portugués, con otras organizaciones europeas similares.



AA5.3: Formación actualizada y continua

En esta área de acción se contemplan 2 líneas de actuación tecnológica (LAT) con prioridad alta.

LAT 5.3.1	Programas de formación: elaboración y puesta al día continua
Descripción	La formación continua es una actividad fundamental para la competitividad de la industria. Entre otras actividades se deberían desarrollar las siguientes: • Desarrollo de Modelos Competenciales de los roles más importantes, compartidos por toda la cadena de suministro, con el fin de fomentar competencias críticas homologables que faciliten la capacidad de trabajo colaborativo del sector. • Definición, por parte de la industria, de los perfiles profesionales necesarios, incluyendo los relacionados con la digitalización y optimización de la producción y diseño, conjuntamente con las universidades y de una hoja de ruta para disponer de personal formado en esos ámbitos. • Participación de las empresas –de forma institucionalizada– en la elaboración de los planes de estudio. • Propuestas de las empresas –de forma institucionalizada– en la definición de trabajos fin de grado y máster. • Desarrollo de programas de formación continua “in-Company” y “out-of-Company” apoyados por nuevas tecnologías digitales: por ejemplo, cursos on-line (MOOCs) de calidad garantizada.

LAT 5.3.2	Contratación y movilidad de doctores, personal investigador y tecnólogos
Descripción	Los doctores constituyen un recurso humano vital para la investigación en el sector privado. La contratación de doctores por el sector privado puede ser vista como una forma de convertir la financiación pública en investigación básica e innovación en la cadena productiva. Existen, asimismo, programas de formación de doctorados industriales con una orientación más cercana a la transferencia tecnológica desde las OPIs. Por ello, esta LAT está dirigida a: • Fomentar las iniciativas de contratación de doctores en las empresas del sector, incluyendo los programas nacionales como Torres Quevedo. • Fomentar la participación de las empresas en programas de formación de doctores como las convocatorias de doctorados industriales nacionales o regionales, y la participación en redes europeas de formación de personal investigador (como European Training Networks del programa Marie Curie) • Promover la valoración de la experiencia investigadora en el sector privado como méritos del personal académico en el ámbito de las OPIs. De esta forma se espera incentivar la participación esporádica o permanente de personal investigador o tecnólogos en los proyectos I+D de las empresas.

AA5.4: Desarrollo, mantenimiento e internacionalización de las infraestructuras necesarias para los desarrollos espaciales



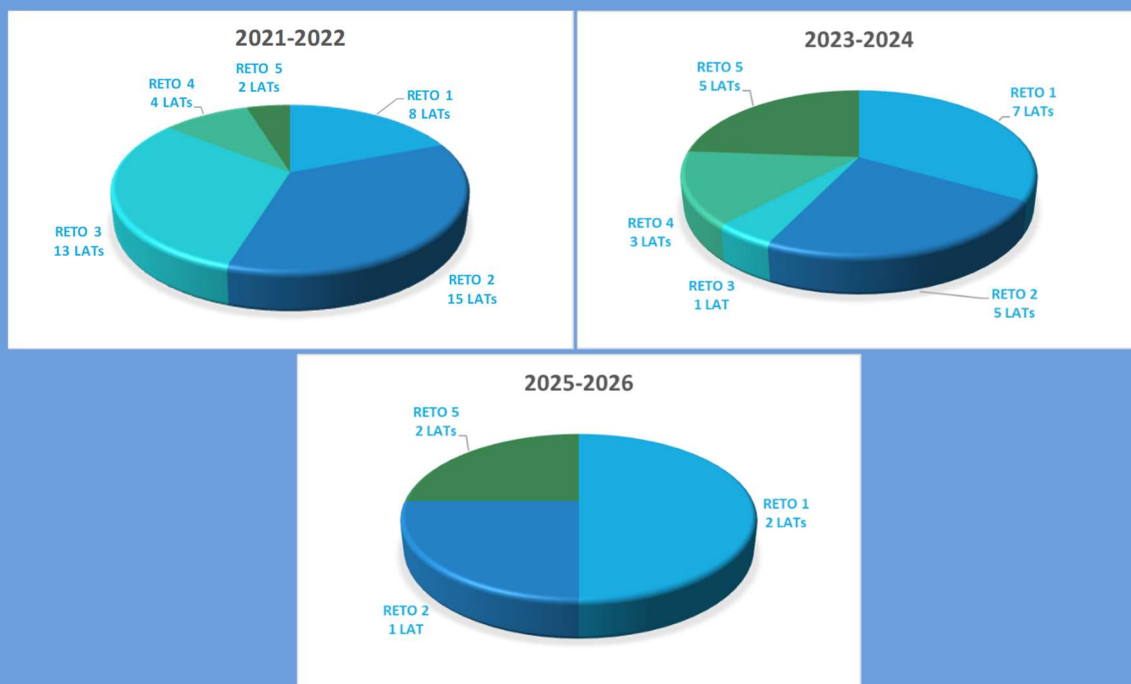
En esta área de acción se contemplan 2 líneas de actuación tecnológica (LAT) una con prioridad alta y la otra con prioridad media.

LAT 5.4.1	Mapa-catálogo de capacidades de empresas, universidades y centros tecnológicos de aplicación espacial
Descripción	Es sabida la necesidad de que la tecnología madure partiendo de niveles bajos y llegando hasta los más altos que permitan su implementación en el mercado con los estándares requeridos. En toda esta cadena es importante que cada eslabón –cada entidad que participa en ese ciclo de maduración– identifique las capacidades y conocimientos con los que cuenta. Con eso se sabe “quién hace qué” y se puede tener una foto general que facilite el encuentro entre dichas entidades. Se trata de elaborar y mantener al día un mapa-catálogo de capacidades de centros tecnológicos, universidades y empresas, entre otras cosas, para la detección de potenciales socios y colaboradores en proyectos de I+D+I. Esto facilitaría la detección de carencias a cubrir potencialmente y fortalezas, permitiendo una mayor eficiencia y autonomía nacional. Se recomienda que esa información aparezca en un portal web que contenga una foto de las capacidades de la cadena de valor espacial en España basándose en la taxonomía definida por la PAE. Ese portal podría contener además un repositorio de eventos, documentos y reuniones de fomento de la colaboración dentro del sector y con otros afines.
LAT 5.4.2	Mapa-catálogo de infraestructuras de aplicación espacial e informes periódicos sobre necesidades de actualización
Descripción	Elaborar y mantener al día un mapa-catálogo de las infraestructuras, con sus tecnologías, capacidades y su estado de actualización, disponibles en el territorio nacional en las áreas de investigación, desarrollo y ensayos, y susceptibles de generar valor para el desarrollo de las líneas troncales de productos espaciales. Esto permitiría la detección de potenciales socios y colaboradores en proyectos de I+D+I y facilitaría la identificación de las necesidades presentes, las previstas y las iniciativas recomendadas en el marco de una estrategia nacional para que las infraestructuras provean a la industria de las capacidades necesarias, fomentando la excelencia y evitando duplicidades innecesarias y obsolescencias, y permitiendo una mayor eficiencia y autonomía nacional.

9. HOJA DE RUTA

Teniendo en cuenta la clasificación en los tres niveles de prioridad de las LAT de los cinco retos, se podría pensar que su desarrollo en el tiempo debería seguir ese mismo esquema, pero no es totalmente así. En este capítulo se recomienda un desarrollo temporal de las LAT teniendo en cuenta su nivel de prioridad, pero sin olvidar que muchas de las que aparecen con un largo plazo (y, por tanto, tienen prioridad media o baja) es necesario arrancarlas cuanto antes para garantizar que se llega a tiempo en ese largo plazo. También se ha tenido en cuenta el hecho de que las LAT puedan comenzar cuando las capacidades para llevarlas a cabo existan.

Dado que está prevista una revisión a fondo de esta Agenda publicando una nueva versión de la misma en 2026, esta hoja de ruta solamente incluye aquellas LAT que deben estar activas en: 2021-2022, 2023-24, y 2025-26. Las que no estén incluidas aquí, podrían desarrollarse a partir de 2027 y se incluirían en esa nueva versión de la AEIE.



1. Deberían estar activas en 2021-2022 las siguientes LAT:

• RETO 1:

- [LAT1.1.1](#): Definición de los grandes objetivos sociales a los que puede contribuir el sector espacial
- [LAT1.1.6](#): El Espacio al servicio de la España Digital
- [LAT1.2.1](#): Foros de encuentro y discusión sobre prioridades de I+D+I
- [LAT1.4.1](#): Apoyo específico a empresas innovadoras en aplicaciones basadas en datos provenientes del sector espacial
- [LAT1.5.1](#): Adaptación de procesos aeronáuticos al desarrollo de lanzadores y satélites
- [LAT1.5.3](#): Iniciativas para el desarrollo del New Space es España
- [LAT1.6.1](#): Análisis comparado de programas nacionales espaciales de I+D+I con países de nuestro entorno
- [LAT1.6.2](#): Propuesta de modelo de implementación y gestión de un Plan Estatal de I+D+I Espacial

• RETO 2:

- [LAT2.1.1](#): Industrialización de procesos de desarrollo de elementos de lanzadores
- [LAT2.1.2](#): Reutilización de componentes, subsistemas y sistemas: lanzadores reutilizables
- [LAT2.1.3](#): Desarrollos de lanzadores y sistemas de lanzamiento para pequeñas cargas de pago
- [LAT2.2.1](#): Desarrollos de instrumentos ópticos
- [LAT2.4.1](#): Desarrollos de instrumentos para misiones científicas y de exploración
- [LAT2.5.1](#): Desarrollos de orientados a la automatización de misiones
- [LAT2.5.2](#): Desarrollos orientados a la escalabilidad, flexibilidad y mantenibilidad de los segmentos terrenos para despliegue y operaciones
- [LAT2.6.1](#): Tecnologías de materiales avanzados
- [LAT2.6.2](#): Materiales multifuncionales e inteligentes
- [LAT2.6.3](#): Fabricación avanzada incluyendo FA de altas prestaciones
- [LAT2.6.4](#): Tecnologías para constelaciones, HAPS y pequeños satélites
- [LAT2.6.6](#): Tecnologías de Clean Space
- [LAT2.6.7](#): Tecnologías GNC para vehículos autónomos y robótica
- [LAT2.6.8](#): Tecnologías de inteligencia artificial (IA), big data y ciberseguridad
- [LAT2.6.10](#): Tecnologías de propulsión eléctrica avanzada

• RETO 3:

- [LAT3.1.1](#): Desarrollos para la Gestión del Tráfico Espacial o STM (Space Traffic Management) para la operación segura ante el creciente tráfico espacial incluidas las futuras mega-constelaciones.
- [LAT3.1.2](#): Desarrollos de sistemas, tecnologías y elementos clave de SST: sensores
- [LAT3.1.3](#): Desarrollos de sistemas, tecnologías y elementos clave de SST: procesamiento de datos y soporte a operadores
- [LAT3.1.4](#): Desarrollos de sistemas, tecnologías y elementos clave para Space Weather y vigilancia de NEOs
- [LAT3.2.1](#): Ciberseguridad de los sistemas espaciales
- [LAT3.3.1](#): Desarrollo y calificación de componentes y tecnología electrónica para la no-dependencia
- [LAT3.3.2](#): Desarrollo de mecanismos, actuadores y materiales para la no-dependencia

- [LAT3.3.3](#): Desarrollo de materiales y componentes estructurales
- [LAT3.4.1](#): Desarrollo de ordenadores de a bordo de altas prestaciones
- [LAT3.4.2](#): Estandarización de empaquetado avanzado de aviónica modular basado en estándares industriales
- [LAT3.4.3](#): Integración de sistemas de potencia: PCPU, batería, panel solar, cableado
- [LAT3.4.4](#): Desarrollo e integración de subsistemas de propulsión eléctrica
- [LAT3.4.6](#): Desarrollo de antenas planas para segmento terreno

• RETO 4:

- [LAT4.1.2](#): Aplicación de nuevas tecnologías digitales (cloud computing, big data, IoT, AI) al tratamiento de "space data"
- [LAT4.2.1](#): Nuevas aplicaciones y servicios de telecomunicaciones espaciales
- [LAT4.2.2](#): Nuevas aplicaciones y servicios de navegación
- [LAT4.2.3](#): Nuevas aplicaciones y servicios de teledetección

• RETO 5:

- [LAT5.1.1](#): Difusión de la AEIE
- [LAT5.2.1](#): Relaciones nacionales de la PAE

2. Deberían estar activas en 2023-2024 las siguientes LAT:

• RETO 1:

- [LAT1.1.2](#): Fomento de la participación tri-partita (industria-universidad-CTs) en proyectos de alto contenido de I+D+I en el sector espacial
- [LAT1.1.3](#): Foros de cooperación científico-tecnológica
- [LAT1.1.4](#): Fomento a nivel nacional de la transferencia de tecnología de otros sectores al espacio (spin-in)
- [LAT1.2.2](#): Fomento de la especialización de las PYMES en I+D+I
- [LAT1.3.1](#): Iniciativas de divulgación de los beneficios de la I+D+I sector espacial
- [LAT1.4.2](#): Desarrollo de redes de usuarios y foros (usuarios-desarrolladores) de recogida de necesidades
- [LAT1.6.3](#): Organización de jornadas periódicas de revisión de los avances realizados en las actividades cubiertas por el Plan Estatal de I+D+I Espacial

• RETO 2:

- [LAT2.2.2](#): Desarrollos de instrumentos de radiofrecuencia (radares y radiómetros)
- [LAT2.3.1](#): Desarrollos de cargas útiles avanzadas de telecomunicaciones
- [LAT2.3.2](#): Desarrollos de tecnologías para satélites de navegación
- [LAT2.6.5](#): Tecnologías aplicables a mecanismos
- [LAT2.6.9](#): Satélites fraccionados

- **RETO 3:**
 - [LAT3.4.5](#): *Sistemas digitales de control y de alimentación y distribución de antenas activas*

- **RETO 4:**
 - [LAT4.1.1](#): *Plataformas regionales de diseminación y explotación de datos de Espacio*
 - [LAT4.3.1](#): *Colaboración en el uso de datos de programas científicos*
 - [LAT4.3.2](#): *Mejora en el acceso a los datos de todos los programas científicos de la ESA*

- **RETO 5:**
 - [LAT5.1.2](#): *Monitorización del cumplimiento, revisión y puesta al día de la AEIE*
 - [LAT5.2.2](#): *Relaciones internacionales de la PAE*
 - [LAT5.3.1](#): *Programas de formación: elaboración y puesta al día continua*
 - [LAT5.3.2](#): *Contratación y movilidad de doctores, personal investigador y tecnólogos*
 - [LAT5.4.1](#): *Mapa-catálogo de capacidades de empresas, universidades y centros tecnológicos de aplicación espacial*

3. Deberían estar activas en 2025-2026 las siguientes LAT:

- **RETO 1:**
 - [LAT1.1.5](#): *Fomento a nivel nacional de la transferencia de tecnología espacial a otros sectores (spin-off)*
 - [LAT1.5.2](#): *Aplicación de nuevas tecnologías para su uso en factorías del sector espacial incluyendo el desarrollo de sensores y conectividad*

- **RETO 2:**
 - [LAT2.5.3](#): *Desarrollos orientados a eficiencia de los equipos humanos de operaciones*

- **RETO 5:**
 - [LAT5.4.2](#): *Mapa-catálogo de infraestructuras de aplicación espacial e informes periódicos sobre necesidades de actualización*

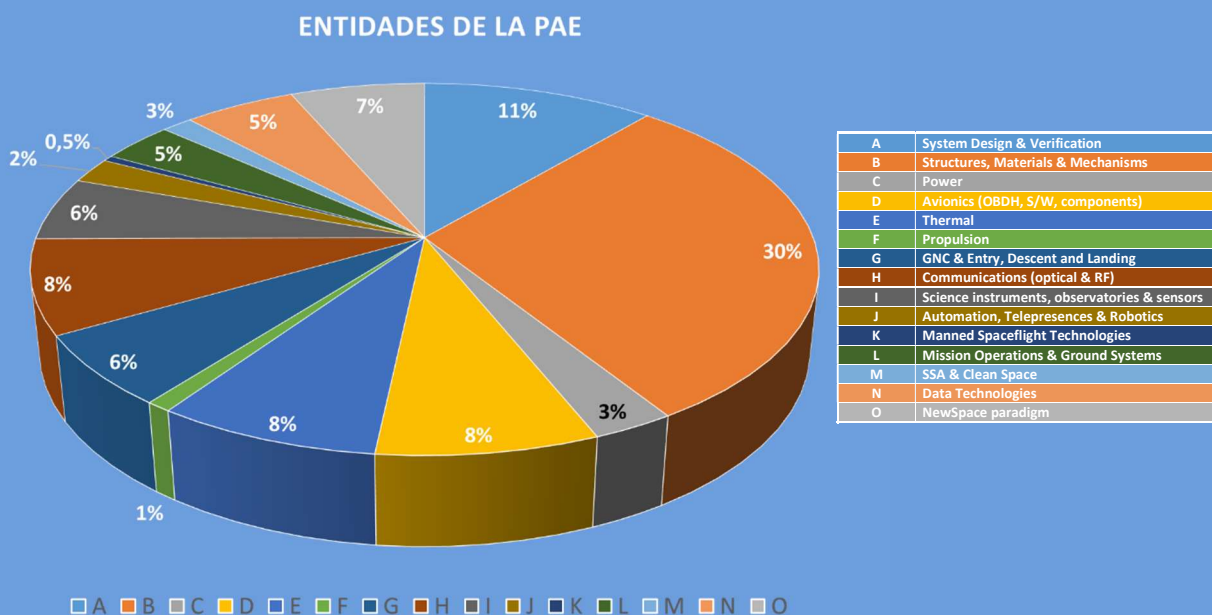
10. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA TAXONOMÍA ESPACIAL

La PAE ha desarrollado unas taxonomías aeronáutica y espacial que permiten clasificar cualquier información de nuestro sector de una forma unívoca. La taxonomía espacial se describe en las (ref. 15) y (ref. 16). Contempla cuatro ramas principales para clasificar cualquier tipo de información:

- Cómo hacemos las cosas (*Research & Technology*)
- A qué actividades se dedica el personal (*Segments of Activity*)
- Qué beneficios reporta a la sociedad la actividad (*Solutions for Society*)
- Cómo se relaciona el espacio con otros sectores de actividad (*Space & Society*)

La (ref. 17) muestra un ejemplo de aplicación de las taxonomías a la auto-clasificación de capacidades de I+D+i de las entidades de la PAE.

El siguiente gráfico muestra cómo las entidades de la PAE con actividad espacial se auto-clasificaron en cuanto a sus capacidades de I+D+i según los dominios de la primera rama de la taxonomía:



De los cinco retos de esta Agenda, los más tecnológicos son los retos 2, 3 y 4 y esos han sido clasificados en la primera rama de la taxonomía (*Research & Technology*) según reflejan las siguientes tablas:

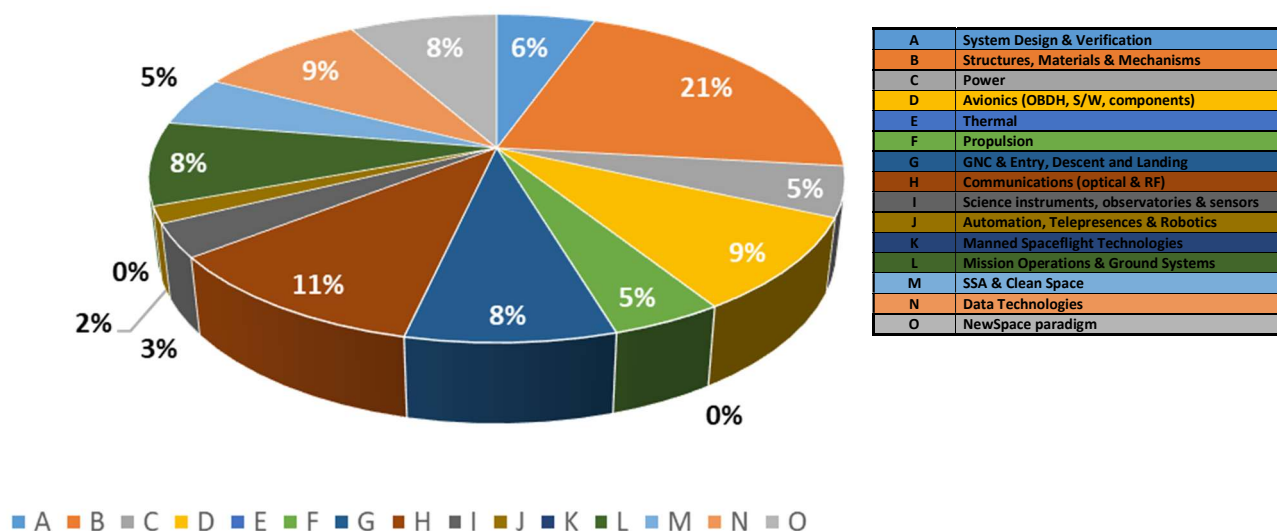
RETO 2 LAT	RESEARCH & TECHNOLOGY
LAT2.1.1	1B4, 1B11, 1C3, 1C4, 1D1, 1D5, 1G2, 1G3, 1G4, 1O1, 1O2, 1O3
LAT2.1.2	1A1, 1A2, 1B4, 1B11, 1D3, 1D5, 1F1, 1F4, 1G2, 1G3, 1G4, 1H2, 1O1
LAT2.1.3	1A1, 1A2, 1B4, 1B11, 1D2, 1D3, 1D5, 1F1, 1F4, 1G2, 1G3, 1G4, 1H2, 1L2, 1L4, 1L5, 1L6
LAT2.2.1	1I1, 1I2, 1I4
LAT2.2.2	1H3, 1H4, 1H5, 1H6, 1H7
LAT2.3.1	1H3, 1H4, 1H5, 1H6, 1H7
LAT2.3.2	1G1, 1G5, 1G6,
LAT2.4.1	1I3
LAT2.5.1	1L1, 1L3, 1L4, 1L5, 1L6
LAT2.5.2	1L1, 1L6
LAT2.5.3	1L1, 1L3, 1L4
LAT2.6.1	1B6, 1B7, 1B8, 1B9, 1B10
LAT2.6.2	1B2, 1B3, 1B6, 1B7, 1B9
LAT2.6.3	1O3, 1O4, 1O5
LAT2.6.4	1O1, 1O2, 1O3, 1O4, 1O5
LAT2.6.5	1B2, 1B11, 1B12, 1B13, 1B14
LAT2.6.6	1M4
LAT2.6.7	1G1, 1G7, 1G8, 1G9, 1G10, 1J1, 1J2, 1J3
LAT2.6.8	1A8, 1D5, 1L5
LAT2.6.9	1A1, 1A2, 1A3, 1A4
LAT2.6.10	1F2, 1F3, 1F4

RETO 3 LAT	RESEARCH & TECHNOLOGY
LAT3.1.1	1M1, 1M2, 1M3
LAT3.1.2	1H4, 1H5, 1H6, 1H7, 1H8, 1J4, 1M1, 1M3
LAT3.1.3	1M1, 1M2
LAT3.1.4	1M3
LAT3.2.1	1A8
LAT3.3.1	1B10, 1C3, 1C4, 1D3, 1D6, 1D7, 1H4, 1H8
LAT3.3.2	1B2, 1B3, 1B7, 1B11, 1B12, 1B13, 1B14, 1O3
LAT3.3.3	1B1, 1B2, 1B3, 1B4, 1B5, 1B6, 1B7, 1B8, 1B9, 1B10
LAT3.4.1	1D1, 1D2, 1D6, 1D7
LAT3.4.2	1D2, 1D3, 1O1
LAT3.4.3	1C1, 1C2, 1C3, 1C4
LAT3.4.4	1C4, 1F2
LAT3.4.5	1H4, 1H5, 1H7
LAT3.4.6	1L4

RETO 4 LAT	RESEARCH & TECHNOLOGY
LAT4.1.1	1N1, 1N4
LAT4.1.2	1N1, 1N4
LAT4.2.1	1H1, 1N1, 1N4
LAT4.2.2	1G5, 1N1, 1N4
LAT4.2.3	1N1, 1N2, 1N4
LAT4.3.1	1N1, 1N3, 1N4
LAT4.3.2	1I3, 1N1, 1N3, 1N4

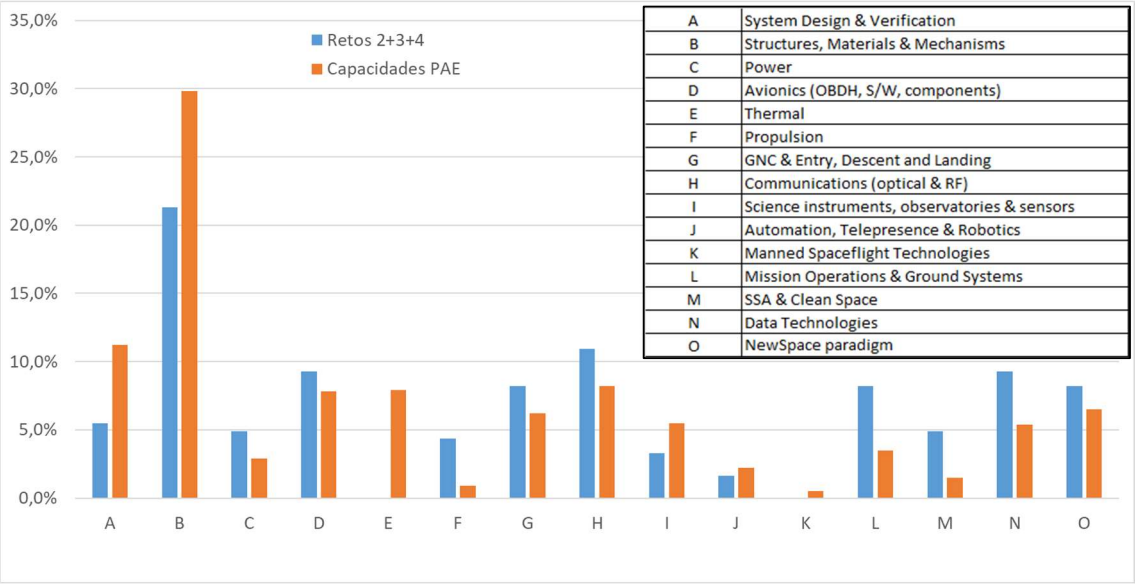
Si hacemos un gráfico similar al de las capacidades de las entidades de la PAE, pero con las actividades reflejadas en las LAT de los tres retos 2, 3 y 4 de esta agenda, lo que obtenemos es:

LATS RETOS 2,3 Y 4



Por último, si comparamos las capacidades con las áreas en las que hay que investigar, se ve una buena sincronización en general, aunque con ciertos desequilibrios en dominios concretos: en particular hay algunos dominios en donde las áreas a investigar superan claramente a las capacidades declaradas y otros en donde ocurre lo contrario:

- El peso de las actividades de innovación propuestas en los dominios H (*Communications*), L (*Mission Operations & Ground Systems*), N (*Data Technologies*) y O (*NewSpace paradigm*) es claramente mayor que el peso de sus correspondientes capacidades.
- En cambio, el de los dominios A (*System Design & Verification*) y B (*Structures, Materials & Mechanisms*) es inferior a las capacidades declaradas en su día.
- En el dominio 1E (*Thermal*), curiosamente, no hay ninguna LAT claramente identificada, lo cual puede indicar un tema no cubierto por esta Agenda o una clasificación mejorable de las LATs en la taxonomía.



11. DEFINICIONES Y ACRÓNIMOS

Acrónimo	Definición
ACNUR	Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados
ADC	Conversor Analógico-Digital (siglas en inglés)
AEIA	Agenda Estratégica de I+D+I en Aeronáutica de la PAE
AEIE	Agenda Estratégica de I+D+I en Espacio de la PAE (el presente documento)
AI	Inteligencia Artificial (siglas en inglés)
AIV	Montaje, Integración y Verificación (siglas en inglés)
AOCS	Sistema de control de actitud y órbita (siglas en inglés)
ASD	Asociación de Empresas de Espacio y Defensa Europeas (siglas en inglés)
ASIC	Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas (siglas en inglés)
BIC	ESA Business Innovation Centres
CCAA	Comunidades Autónomas
CDTI	Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial
CE	Comisión Europea
CMC	Materiales compuestos de Matriz Cerámica (siglas en inglés)
COTS	Componentes comerciales (siglas en inglés)
CPCI	Bus Compacto de Interconexión de Componentes Periféricos (siglas en inglés)
CT	Centro Tecnológico
CTE	Coeficiente de Expansión Térmica (siglas en inglés)
DAC	Conversor Digital-Analógico (siglas en inglés)
DLT	Tecnología de Registros Distribuidos (siglas en inglés)
Downstream	Actividades realizadas tras la puesta en operación de una misión espacial: particularmente las basadas en datos procedentes de satélites.
EC	Comisión Europea (siglas en inglés)
ECSS	Cooperación Europea para Estandarización en Espacio (siglas en inglés)
EDA	Agencia de Defensa Europea (siglas en inglés)
EEN	Red de Pequeñas y Medianas Empresas Europeas (siglas en inglés)
EGNOS	Servicio Europeo Superpuesto Geoestacionario de Navegación (siglas en inglés)
EMODNET	Red Europea de Datos de Observación Marinos (siglas en inglés)
ESA	Agencia Espacial Europea (siglas en inglés)
ESRE	Asociación de Centros de Investigación Espacial Europeos (siglas en inglés)
EUMETNET	Red de Cooperación Europea para Datos Meteorológicos
EURISY	Asociación No Gubernamental de Agencias Espaciales Europeas (siglas en inglés)
EUROPLANET	Sociedad Europea de Científicos Planetarios
EU-SST	Consorcio de países europeos para desarrollar el programa SST de la CE
FA	Fabricación Aditiva (equivale a AM en inglés)
FPGA	Matriz de Puertas Lógicas Programable en Campo (siglas en inglés)
G2G	Segunda generación de la red europea de satélites de navegación Galileo
GaN	Nitruro de Galio
GEANT	Red Europea de Entidades de Investigación y Educación
GNC	Guidance, Navigation and Control
GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite (siglas en inglés)
HRE-SDC	Centro de Datos Científicos y de Exploración Humana y Robótica de ESA (siglas en inglés)
I+D+I	Investigación, Desarrollo e Innovación
IA	Inteligencia Artificial
IMA	Aviónica Modular Integrada (siglas en inglés)

IoT	Internet de las cosas (siglas en inglés)
JTF	Grupo de Trabajo Conjunto (Defensa y Espacio) (siglas en inglés)
LAT	Línea de Actuación Tecnológica: cada una de las actuaciones concretas que se proponen en esta Agenda para desarrollar las líneas de acción de cada reto.
LEO	Órbita espacial baja (siglas en inglés)
MEO	Órbita espacial media (siglas en inglés)
MMC	Materiales compuestos de Matriz Metálica (siglas en inglés)
MOOC	Curso Masivo Abierto en Línea (siglas en inglés)
NEO	Objetos de Órbita Cercana a la Tierra (siglas en inglés)
NEREUS	Red de Regiones Europeas que usan Tecnologías Espaciales (siglas en inglés)
OBC	On-Board Computer
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ODS	Objetivos de desarrollo sostenible
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPI	Organismo Público de Investigación
PAE	Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española
PCB	Placa de Circuito Impreso
PCDU	Unidad de Acondicionamiento y Distribución de Potencia (siglas en inglés)
PEGASUS	Asociación de Universidades Aeroespaciales Europeas (siglas en inglés)
PIB	Producto Interior Bruto
PLATIN	Subd. Gral. De Planificación, Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa español
PNB	Producto Nacional Bruto
PNOT	Plan Nacional de Observación de la Tierra
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para El Medio Ambiente
PRS	Servicio público regulado de Galileo(Public Regulated Service)
QKD	Distribución de claves cuánticas (siglas en inglés)
REACH	Reglamento Europeo de registro, evaluación, autorización y restricción de preparados químicos
RF	Radio Frecuencia
RFID	Identificación por radio-frecuencia (siglas en inglés)
RoHS	Directiva Europea de restricción de sustancias peligrosas (siglas en inglés)
SAR	Búsqueda y Salvamento Aéreo (siglas en inglés)
S/W	software
SECTI	Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación
SECYT	Sistema Español de Ciencia y Tecnología
SiC	Carburo de Silicio
SMA	Aleaciones con Memoria de Forma (siglas en inglés)
SME4SPACE	Asociación PyMES europeas del mercado espacial
SRIA	Agenda Estratégica de Investigación e Innovación (siglas en inglés)
SSA	Conocimiento de la Situación Espacial (siglas en inglés)
SST	Vigilancia y Seguimiento en el Espacio (siglas en inglés)
STEM	Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (siglas en inglés)
STM	Gestión de Tráfico Espacial (siglas en inglés)
SWE	"Tiempo espacial" (siglas en inglés) por similitud con el tiempo (weather) atmosférico
TEDAE	Asociación Española de Tecnologías de Defensa, Seguridad, Aeronáutica y Espacio
TMC	Materiales Compuestos de Matriz de Titanio (siglas en inglés)
TM/TC	Telemetría / Telecomando
TRL	Niveles de madurez tecnológica
UE	Unión Europea
UHTS	Satélites de Muy Alta Velocidad de Comunicación (siglas en inglés)
UNOOSA	Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior (siglas en inglés)
VHTS	Satélites de Alta Velocidad de Comunicación (siglas en inglés)
VPX	Tecnología estándar para buses VME de alta velocidad

12. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- [01] [Agenda Sectorial de la industria espacial española](#)
- [02] [ESA Space19+](#)
- [03] [Plan Estratégico espacial 2007-2011 del CDTI](#)
- [04] “To infinity and beyond – Global Space Primer” BoA-Merrill Lynch October 2017
- [05] [OCDE The space economy in figures](#)
- [06] [Draft proposal for a European Partnership under Horizon Europe Globally competitive Space Systems](#)
- [07] [Joint statement of a shared vision and goals for the future of Europe in space \(ESA/EU\)](#)
- [08] [Proposal from ASD-Eurospace for a future SRIA for Space in Europe](#)
- [09] [Informe ESA-EDA-EC sobre European Non-dependence](#)
- [10] [Agenda ONU 2030](#)
- [11] [EECTI 2021-2027 aprobada por el gobierno el 8 de septiembre de 2020](#)
- [12] [Space Supporting the SDG \(UNOOSA\)](#)
- [13] [ESA supports the Sustainable Development Goals](#)
- [14] [Agenda Estratégica de Investigación, Desarrollo e Innovación en Aeronáutica 2019-2030 de la PAE](#)
- [15] [PAE Space Taxonomy Report](#)
- [16] [PAE Space Taxonomy Annex](#)
- [17] [PAE: Informe sobre clasificación de las entidades de la PAE en las taxonomías](#)

