



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



---

# ANÁLISIS DEL IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO DEL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA ESPACIAL EN EUROPA

---

Autor:

Francisco Ángel Jaime Sánchez

Tutora:

Elena de la Poza Plaza

Universitat Politècnica de València  
Escuela técnica Superior de Ingeniería del Diseño  
Grado en Ingeniería Aeroespacial

Valencia - Julio de 2021

Curso 2020/21



# *Agradecimientos*

*En primer lugar agradecer a mis padres todo el apoyo que me han dado siempre y enseñarme a ser mejor persona. Gracias también a mi hermana, a toda mi familia y a María por buscar siempre lo mejor para mí, animarme en los malos momentos y celebrar juntos los buenos. Agradecer a todas los profesores que, en esta etapa y en etapas anteriores, me han motivado para nunca dejar de aprender y crecer como persona y profesional. Por último, dar las gracias a mis amigos, tanto de fuera de la carrera como de ella, con especial mención a Marcos, Ferran y Ricardo, quienes han hecho estos cuatro años más divertidos y amenos.*

*A todos ellos, muchas gracias.*



# *Resumen*

En la actualidad se está viviendo una época de gran desarrollo en la industria espacial, no solo debido a la carrera por la colonización de Marte o la exploración espacial, sino también porque vivimos en la época del Big-Data y las comunicaciones, lo cual no sería posible sin la existencia de satélites y su infraestructura. Este crecimiento del sector y el gran impacto socio-económico que conlleva se ha traducido en un auge de la inversión en nuevos programas espaciales, tanto por parte de gobiernos como de empresas privadas.

Por ello, el presente trabajo aborda un análisis del impacto que la industria espacial europea tiene en la economía y la sociedad durante los años previos a la pandemia, partiendo de la definición de los conceptos esenciales, la identificación de los datos e indicadores que serán estudiados y la metodología empleada. Por último, se analizarán las tendencias del sector en los próximos años teniendo en cuenta la situación del sector tras la crisis sanitaria provocada por el Covid-19. La realización de este estudio sobre el desarrollo y el impacto de la industria espacial contribuye a unas políticas públicas más informadas y una gestión de recursos más eficientes.

**Palabras clave:**

Industria espacial, impacto socio-económico, Europa.

# *Abstract*

At present, a period of great development is taking place in the space industry, not only because of the race for the colonization of Mars or space exploration, but also because we live in the era of Big-Data and communications, which would not be possible without the existence of satellites and their infrastructure. This growth of the sector and the great impact socio-economic that it entails has resulted in a boom in investment in new programs space, both by governments and private companies.

Therefore, this paper addresses an analysis of the impact that the European space industry has on the economy and society during the years prior to the pandemic, starting from the definition of the essential concepts, the identification of the data and indicators that will be studied and the methodology used. Finally, the trends of the sector in the coming years will be analyzed taking into account the situation of the sector after the health crisis caused by Covid-19. Conducting this study on the development and impact of the space industry contributes to more informed public policies and more efficient resource management.

**Key words:**

Space industry, socio-economic impact, Europe.

# *Resum*

En l'actualitat s'està vivint una època de gran desenvolupament en la indústria espacial, no sols a causa de la carrera per la colonització de Mart o l'exploració espacial, sinó també perquè vivim en l'època del Big-Data i les comunicacions, la qual cosa no seria possible sense l'existència de satèl·lits i la seva infraestructura. Aquest creixement del sector i el gran impacte socioeconòmic que comporta s'ha traduït en un auge de la inversió en nous programes espacials, tant per part de governs com d'empreses privades.

Per això, el present treball aborda una anàlisi de l'impacte que la indústria espacial europea té en l'economia i la societat durant els anys previs a la pandèmia, partint de la definició dels conceptes essencials, la identificació de les dades i indicadors que seran estudiats i la metodologia emprada. Finalment, s'analitzaran les tendències del sector en els pròxims anys tenint en compte la situació del sector després de la crisi sanitària provocada pel Covid-19. La realització d'aquest estudi sobre el desenvolupament i l'impacte de la indústria espacial contribueix a unes polítiques públiques més informades i una gestió de recursos més eficients.

**Paraules clau:**

Indústria espacial, impacte socioeconòmic, Europa.

# *Índice general*

<b>Índice general</b>	<b>VI</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>VII</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>IX</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes históricos . . . . .	1
1.2 Estado actual y motivación . . . . .	2
1.3 Objetivos y organización del documento . . . . .	4
<b>2 Descripción de la economía espacial</b>	<b>6</b>
2.1 Definiciones . . . . .	6
2.2 Actores principales . . . . .	8
2.2.1 Actores públicos . . . . .	8
2.2.2 Centros de investigación . . . . .	8
2.2.3 Empresas privadas . . . . .	9
2.3 Cadena de valor y clasificación . . . . .	9
<b>3 Industria espacial Europea</b>	<b>13</b>
3.1 Actores públicos en Europa . . . . .	13
3.2 Actores por cadena de valor en Europa . . . . .	16
<b>4 Impacto de la industria espacial</b>	<b>19</b>
<b>5 Datos y metodología</b>	<b>22</b>
5.1 Datos . . . . .	22
5.2 Metodología . . . . .	23



5.2.1	Impacto Económico . . . . .	25
5.2.2	Impacto social . . . . .	26
5.3	Retos a la hora del análisis . . . . .	26
<b>6</b>	<b>Resultados</b>	<b>29</b>
6.1	Impacto económico . . . . .	29
6.1.1	Facturación . . . . .	29
6.1.2	Presupuestos públicos . . . . .	34
6.1.3	Empleo . . . . .	36
6.1.4	Valor añadido . . . . .	39
6.1.5	Impuestos . . . . .	41
6.1.6	Productividad laboral . . . . .	42
6.2	Impacto social . . . . .	43
6.2.1	Redes sociales . . . . .	43
6.2.2	Educación . . . . .	46
6.2.3	Sostenibilidad de la industria espacial . . . . .	47
<b>7</b>	<b>Impacto catalítico</b>	<b>50</b>
7.1	Beneficios de usuarios finales . . . . .	52
7.1.1	Seguridad . . . . .	53
7.1.2	Servicios medioambientales . . . . .	56
7.1.3	Servicios públicos . . . . .	59
7.2	I+D y conocimiento . . . . .	61
<b>8</b>	<b>Perspectivas de futuro para la industria espacial europea</b>	<b>64</b>
<b>9</b>	<b>Conclusiones, trabajos futuros y presupuesto</b>	<b>67</b>
9.1	Conclusiones . . . . .	67
9.2	Trabajos futuros . . . . .	70
9.3	Presupuesto . . . . .	71
	<i>Bibliografía</i>	<b>72</b>

# Índice de figuras

1.1	Misiles V-2 en las plataformas de lanzamiento [1] . . . . .	2
1.2	Estación espacial internacional vista desde el espacio [2] . . . . .	3
1.3	Evolución del número de países con satélites en órbita [3] . . . . .	4
2.1	Actores involucrados en la cadena de valor espacial . . . . .	10
2.2	Ejemplo de la cadena de valor espacial en la navegación por satélite . . .	11
4.1	Tipos de impacto . . . . .	21
5.1	Evolución de las inversiones en la industria espacial . . . . .	24
6.1	Evolución de la facturación de la industria espacial global . . . . .	30
6.2	Evolución de la facturación de la industria espacial europea . . . . .	30
6.3	Evolución de la facturación de los fabricantes y lanzadores europeos . . .	31
6.4	Facturación de los fabricantes europeos en 2018 según el tipo de actividad	32
6.5	Evolución de la facturación del segmento de EO europeo . . . . .	33
6.6	Facturación del segmento EO europeo en 2018 según el tipo de actividad	33
6.7	Facturación del segmento SatNav europeo en 2018 según el tipo de actividad	34
6.8	Evolución del presupuesto anual de la ESA . . . . .	35
6.9	Distribución del presupuesto de la ESA en 2018 entre todas sus actividades	36
6.10	Distribución del presupuesto de la EUMETSAT en 2018 entre todas sus actividades . . . . .	36
6.11	Evolución del empleo en el eslabón de los fabricantes europeos . . . . .	37
6.12	Distribución del empleo en las empresas de fabricantes europeos en 2018	38
6.13	Cuentas de Instagram de contenido espacial más relevantes . . . . .	44
6.14	Evolución del número de seguidores de la cuenta de la ESA en Instagram	45

6.15 Seguidores de la ESA en Twitter en sus diferentes cuentas . . . . .	45
6.16 Visualizaciones en Youtube desde 2005 de las cuentas de contenido espacial más relevantes . . . . .	46
6.17 Evolución anual del número de graduados en carreras CTIM . . . . .	46
6.18 Evolución anual del número objetos en órbita terrestre . . . . .	48
6.19 Evolución de los objetivos de sostenibilidad de la ESA para 2020 . . . . .	49
7.1 Áreas de aplicación de la tecnología espacial . . . . .	51
7.2 Esquema de los mercados influenciados por la industria espacial analizados	53
7.3 Evolución anual del número de patentes sobre satélites y sus sistemas . . .	62

# Índice de tablas

6.1	Valor añadido de diferentes programas espaciales . . . . .	40
6.2	Datos del valor añadido en la industria espacial de Reino Unido y Canadá	41
6.3	Relación impuestos-facturación de Canadá y Europa . . . . .	42
9.1	Presupuesto total del TFG . . . . .	71



# 1

## *Introducción*

### **1.1. Antecedentes históricos**

La industria espacial como la conocemos hoy en día se refiere a las actividades económicas relacionadas con los productos y servicios enviados al espacio para su explotación, y se ha desarrollado a partir de los años 40 tras la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, la curiosidad de los humanos por el espacio ha existido desde mucho antes, aunque este interés ha estado siempre más relacionado con la astronomía y la observación, sobretodo marcado por la falta del desarrollo tecnológico necesario para explorarlo de otra manera.

Las referencias más antiguas que se encuentra del espacio datan de la época del Imperio Babilónico, donde la astronomía consistía en la observación de las estrellas y los planetas a simple vista. Aunque civilizaciones anteriores a la babilónica ya realizaban estas observaciones, fueron ellos los primeros en hacerlo siguiendo un método empírico y aplicando las matemáticas a sus predicciones. Mas tarde, en la Antigua Grecia aparecieron las primeras teorías racionales y basadas en la física para dar explicación a los fenómenos celestiales. Además, fueron capaces de desarrollar los primeros modelos del sistema solar e inventaron los primeros dispositivos tecnológicos para ayudarse en sus mediciones.

A partir de ese momento se continuó con el desarrollo de nuevas teorías y aparatos que permitían cálculos astronómicos y dar explicación a más fenómenos, destacando la contribución de los astrónomos de la civilización islámica. Pero fue durante el Renacimiento cuando se produjo la mayor revolución científica en la astronomía con la aparición de personajes polifacéticos en varios ámbitos de la ciencia como Nicolas Copérnico, Galileo Galilei o Johannes Keppler, que propusieron y desarrollaron un modelo heliocéntrico del sistema solar.

Tras el gran desarrollo experimentado en el ámbito de la astronomía y la observación del espacio desde la tierra, fue a partir del siglo XX cuando comenzó a desarrollarse la exploración espacial como la conocemos hoy día. Esto fue posible gracias a la aparición de misiles propulsados por combustible líquido en los años 20, y que al igual que la aviación

tuvieron un gran desarrollo durante los años de la Segunda Guerra Mundial. A partir de estos misiles, como el V-2 alemán de la Figura 1.1, se construyeron los cohetes utilizados posteriormente para las misiones espaciales.



Figura 1.1: Misiles V-2 en las plataformas de lanzamiento [1]

Al finalizar la guerra, tuvo lugar la carrera espacial entre Estados Unidos y la Unión Soviética como parte de su enfrentamiento en la guerra fría. Esta carrera tenía como objetivo la conquista del espacio con el fin de demostrar su superioridad mediante sus capacidades de innovación y desarrollo tecnológico. Esta guerra política y estratégica se tradujo en un gran crecimiento de la tecnología espacial y en consecuencia la creación de una industria dedicada a ello. Los hitos más remarcables de este periodo fueron el lanzamiento del primer satélite artificial en órbita (Sputnik 1), el primer vuelo espacial humano en 1961 y la llegada a la luna del Apolo 11 en 1969.

Los avances alcanzados durante este periodo de competición entre ambas potencias estableció las bases de la industria espacial actual, ya que dieron lugar a la creación de agencias espaciales gubernamentales y abrieron las puertas al desarrollo de tecnología para continuar con la evolución del sector.

## 1.2. Estado actual y motivación

Como se ha mencionado en el apartado anterior, durante los años 60 se produjo un gran crecimiento en la industria espacial debido a la carrera espacial entre Estados Unidos y la Unión Soviética. Durante este periodo de crecimiento la industria estaba centrada en los vuelos espaciales de astronautas y el desarrollo de cohetes para la exploración espacial. Además, estas actividades tenían un fin mayoritariamente estratégico y militar de los gobiernos, por lo que los proyectos eran principalmente secretos y cada país hacía grandes esfuerzos por preservar los avances tecnológicos para ellos mismos.

A medida que la tensión política entre ambas potencias fue disminuyendo también disminuyó el crecimiento del sector. Sin embargo, los países interesados en el desarrollo

de tecnología espacial comenzaron a compartir avances científicos, conocimiento entre ellos y a colaborar en proyectos de investigación. Un gran ejemplo de este cambio de tendencia es la creación de la estación espacial internacional que se puede ver en la Figura 1.2, proyecto en el que colaboraron las agencias espaciales de Estados Unidos (NASA), Rusia (Roscosmos), Japón (JAXA), Canadá (CSA) y Europa (ESA).

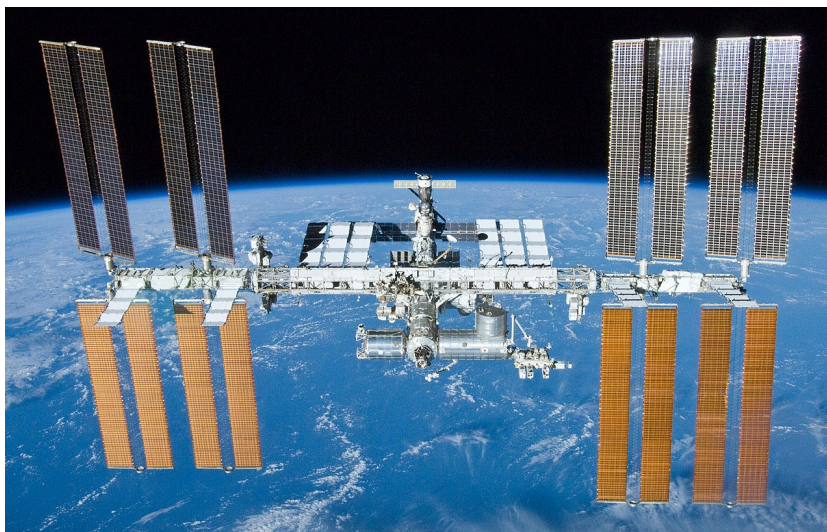


Figura 1.2: Estación espacial internacional vista desde el espacio [2]

La globalización del sector y la colaboración entre distintos países permitió que la industria siguiese evolucionando, aunque los principales actores en ella siguiesen siendo los gobiernos a través de sus agencias espaciales. Ha sido a partir de los últimos 20 años, marcados por el aumento de las telecomunicaciones y la digitalización a nivel global, que han hecho posible el desarrollo de una gran variedad de satélites más capaces, y por tanto con una mayor posibilidad de aplicaciones. Este cambio en el que los satélites y sus aplicaciones han ido ganando importancia ha hecho que el interés del sector privado aumentase por la industria espacial. Además, la aparición de cohetes reutilizables han hecho que el acceso al espacio esté menos restringido, y que aumenten las actividades comerciales en la industria.

Este contexto de cambios en la industria ha hecho que la competición aumente y cada vez más países y compañías privadas estén interesados en participar en proyectos espaciales o fomentar el desarrollo tecnológico espacial. En la Figura 1.3 se ve la evolución del número de países que cuentan un con satélite propio en órbita a lo largo de los años, llegando a más de 80 países en 2018, una muestra de esta gran expansión en el sector.

Se puede decir que nos encontramos en una nueva era del espacio, en la cual aparecen cada vez más y más aplicaciones gracias a las oportunidades que ofrecen los satélites. Estas actividades son mayoritariamente las llamadas “down-to-earth”, entre las que destacan las comunicaciones, la navegación, aplicaciones meteorológicas o la observación terrestre, todas muy relacionadas con la obtención de datos para su posterior procesamiento. El uso de estas tecnologías satelitales afectan de manera directa e indirecta a la vida diaria en la tierra tanto en la creación de riqueza y empleo, como en la mejora de la calidad de vida.



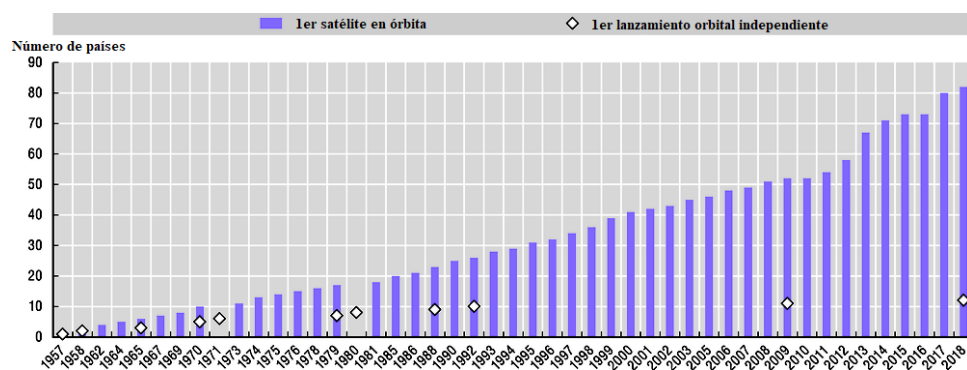


Figura 1.3: Evolución del número de países con satélites en órbita [3]

Este gran crecimiento de la industria tiene muchos aspectos positivos, pero al mismo tiempo hace que surjan nuevos retos como lo es el aumento de basura espacial en órbita y la necesidad de nuevas soluciones que permitan que el crecimiento de la industria sea de una manera sostenible. Esto hace que sea de gran importancia realizar un seguimiento constante al desarrollo de la industria y sus impactos, que favorezca unas políticas más informadas y permita la optimización de recursos e inversiones. Por ello el interés del presente trabajo por entender la organización actual de la industria, en concreto en Europa, y analizar sus efectos tanto en la economía como en la sociedad.

### 1.3. Objetivos y organización del documento

A medida que más países y entidades privadas inviertan en el sector espacial, el mercado y los impactos relacionados a él seguirán creciendo, al igual que el número de oportunidades que este ofrece. Por ello, tal y como se ha indicado anteriormente, el objetivo principal del trabajo es analizar el impacto que las inversiones en el sector espacial tienen sobre la economía y sociedad europea, ya que este tipo de análisis permiten ser eficientes, es decir, realizar una mejor planificación de los recursos disponibles y maximizar estos impactos.

Con el objetivo de analizar el impacto de las actividades espaciales, en el trabajo también se define la organización de la industria espacial y que papel tienen cada uno de sus integrantes, permitiendo así un mejor entendimiento a la hora de estudiar los efectos que tiene la acción de cada uno de ellos. Además, nos encontramos en un momento de gran incertidumbre global debido a la situación derivada de la pandemia causada por el Covid-19, y es de elevada importancia analizar cuáles son sus posibles efectos sobre el sector espacial y poder actuar de manera eficaz a la hora de conseguir los objetivos establecidos.

Para el cumplimiento de estos objetivos en el Capítulo 2 se van a definir los conceptos básicos necesarios para entender la industria espacial y los actores principales que toman parte en la industria y su cadena de valor. Posteriormente, en el Capítulo 3, se identificarán los actores de la industria en Europa acorde a lo establecido en el capítulo anterior.

Una vez definida la estructura y el quien es quien de la industria europea, en el Capítulo 4 se van explicar los diferentes tipos de impacto que tienen las actividades de la industria espacial y como se clasificarán según el efecto que generan, así como por su relación con la inversión inicial.

A continuación, en el Capítulo 5 se explica la metodología y los datos utilizados para analizar los impactos socio-económicos, para después exponer los resultados obtenidos en el el Capítulo 6.

Finalmente, antes de exponer las conclusiones en el Capítulo 9, se ha analizado en el Capítulo 8 el efecto que ha tenido la pandemia causada por el Covid-19 sobre la industria espacial y como afectará esto a las previsiones sobre la evolución del sector.

# 2

## *Descripción de la economía espacial*

Cuando se piensa en el espacio le suelen venir a la cabeza la NASA y los grandes proyectos de agencias gubernamentales como la Estación Espacial Internacional, la exploración de Marte o los grandes lanzamientos realizados por SpaceX. Sin embargo, este tipo de proyectos de gran inversión y más mediáticos relacionados con la exploración espacial han visto reducido su peso en el conjunto total de actividades espaciales debido a la transformación que ha sufrido la industria en los últimos años, sobretodo marcada por el crecimiento de la comercialización de sector.

Por ello, antes de entrar en profundidad en el análisis de las actividades del sector espacial y su contribución económica y social, es necesario definir los conceptos clave de la industria, actores involucrado en ella y como se organizan. [4][5][6][7]

### **2.1. Definiciones**

La transformación de la industria espacial ha hecho que el uso de su tecnología se haya expandido y tenga repercusión más allá del propio sector. De esta manera, han aparecido nuevas maneras de definir y así englobar todas las actividades espaciales bajo un mismo término.

Lo primero es saber lo que significa **capacidad espacial** [6] (traducción literal de space capability) para poder entender que implican las actividades espaciales. El concepto de capacidad espacial es muy amplio, pero de manera general se puede decir que consiste en la capacidad de investigación, diseño, producción, prueba, puesta en marcha y operación del hardware que se encuentra en el espacio y el software necesario para ello. Pero no solo se tiene en cuenta los sistemas que se encuentran en el espacio, si no que también se tienen en cuenta aquellos sistemas que hacen posible que estos lleguen al espacio. Además, en el concepto de capacidad espacial también se incluyen las actividades de los gobiernos y entidades privadas tales como las legislativas, de gestión, asesoramientos, servicios financieros o educación, que apoyan las actividades primeramente mencionadas.

Esta lista tan extensa de actividades que entran dentro del concepto capacidad espacial son más de las que se consideran en la definición clásica y más estricta del **sector espacial** establecida por la OECD: *“El sector espacial incluye a todos los actores involucrados en la aplicación sistemática de disciplinas científicas y de ingeniería a la exploración y utilización de espacio, un área que se extiende más allá de la atmósfera terrestre.”*[4]

Esta definición es bastante limitada y no muestra la realidad del panorama actual de la industria espacial, ya que no tiene en cuenta la influencia que tiene el sector espacial en muchas otras industrias fuera de sus aplicaciones directas. Por ejemplo, hay empresas que hacen uso de los datos y señales de los satélites para desarrollar aplicaciones y servicios con valor añadido, y aunque no se encuentren directamente dentro del sector espacial hacen uso de su infraestructura y servicios para generar beneficios. Para referirse a este grupo de actividades y compañías más amplio se utiliza el término **economía espacial**.

La economía espacial es un término que abarca una gran cantidad de productos, servicios, objetivos, actores e impactos, y por ello puede ser definida de diferentes maneras según desde que punto de vista de sus diferentes componentes se estudie. Una definición simple de la economía espacial y que muestra su amplitud es la utilizada por la Agencia Espacial Europea (ESA), que proviene de la realizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD).

*“La economía espacial cubre todo el rango de actividades espaciales y sus efectos de contagio, aportando conocimientos y beneficios a la sociedad en general. ”*

Sin embargo, la OECD ofrece una definición general pero más extensa en su Manual para medir la Economía Espacial [4], la cual es más representativa para el estudio llevado a cabo en el presente trabajo.

*“La Economía Espacial es el conjunto completo de actividades y el uso de recursos que crean y proporcionan valor y beneficios a los seres humanos gracias a explorar, comprender, administrar y utilizar el espacio. Por tanto, incluye a todos actores los públicos y privados involucrados en el desarrollo, suministro y uso de productos relacionados con el espacio y servicios, que van desde la investigación y el desarrollo, la fabricación y el uso de infraestructura espacial (estaciones terrestres, vehículos de lanzamiento y satélites) a aplicaciones que utilizan tecnología espacial (equipos de navegación, teléfonos satelitales, meteorológicos servicios, etc.) y el conocimiento científico generado por tales actividades. Por tanto, la Economía Espacial va mucho más allá del propio sector espacial, ya que también comprende los impactos cada vez más generalizados y en constante cambio (tanto cuantitativos y cualitativos) de productos, servicios y conocimientos derivados del espacio sobre economía y sociedad.”*

## 2.2. Actores principales

En el contexto actual de la industria espacial cada vez hay más actores involucrados y es complicado agruparlos por su actividad o tamaño. Por eso se han establecido tres grupos en función de la estructura de su organización: actores públicos, centros de investigación y empresas privadas.

### 2.2.1. Actores públicos

En este grupo se encuentran los gobiernos, los cuales juegan un papel fundamental en el desarrollo de la industria espacial ya que participan en todos los eslabones de la cadena de valor. Los gobiernos apoyan las actividades espaciales mediante la financiación de la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías, realizando políticas que promuevan el emprendimiento y que las empresas busquen innovar para aumentar sus actividades espaciales, y que todo ello sea de manera sostenible. Además, los gobiernos son los encargados de establecer alianzas con otros países e instituciones para colaborar en proyectos y establecer relaciones eficientes entre la industria para favorecer la economía espacial.

Con la intención de realizar todas estas actividades, los gobiernos de países con estrategias y ambiciones espaciales han creado las agencias espaciales. Las agencias espaciales son organismos responsables de las decisiones relacionadas con los programas civiles espaciales, sirviendo como coordinación central y unificada de todas sus actividades, presupuestos y alcances.

El objetivo principal de las agencias espaciales es asegurar el desarrollo de capacidades espaciales, científicas y tecnológicas para poder ofrecer beneficios a la sociedad y la economía. Son un organismo que sirve de orientación para todas las actividades espaciales y actores interesados, proporcionando liderazgo, experiencia técnica capaz de fomentar la innovación y asegurando una fuente de financiación estable. Por lo tanto, las agencias espaciales juegan un papel fundamental como punto central para que las universidades, la industria, el ejército e instituciones extranjeras colaboren entre sí y con el gobierno para facilitar el flujo de conocimiento y capital.

En definitiva, las agencias espaciales son el mecanismo utilizado por los gobiernos para abordar sus prioridades nacionales y aumentar su autonomía en temas relacionados con el espacio con el objetivo de crear trabajos y hacer crecer la economía. De esta manera pueden dar confianza a los actores económicos involucrados en actividades espaciales, así como atraer a más empresas y fomentar el emprendimiento para poder acercar el espacio a los ciudadanos e inspirarles como potenciales estudiantes y trabajadores del sector.

### 2.2.2. Centros de investigación

Las agencias espaciales cuentan con sus propios centros de investigación, pero en muchas otras ocasiones contratan a terceros para que colaboren en el desarrollo e investi-

gación. Estos centros son las universidades, laboratorios o centros de investigación como tal, tanto públicos como privados, los cuales constituyen una gran fuente de innovación para el sector.

### 2.2.3. Empresas privadas

En este grupo se engloban todas las entidades privadas, es decir, aquellas que son independientes de los gobiernos sin importar su tamaño. Este grupo ha crecido considerablemente en los últimos años con la comercialización del sector, pero en muchas ocasiones es difícil establecer que empresas participan en la economía espacial y cuales no. Esto se debe a que muchas empresas que participan en el el diseño o construcción de sistemas espaciales también tienen actividades en otros sectores económicos. Estas dificultades a la hora de seleccionar las empresas involucradas se comentará más detenidamente en el capítulo 5 correspondiente a los datos y metodología del estudio.

## 2.3. Cadena de valor y clasificación

En el apartado anterior se han clasificado los actores de la industria espacial en función de su estructura organizativa, pero estos actores pueden estar presentes en diferentes eslabones de la cadena de valor. Por ello, para poder entender mejor las fortalezas y capacidades de la industria espacial y así realizar un mejor análisis de sus impactos, es más efectivo segmentarlo por funciones dentro de la cadena de valor. Pero antes de entrar en detalles sobre la organización de la cadena de valor en la industria espacial, es importante saber que significa el término cadena de valor. Según la define Carla Tardi en Investopedia [8], la cadena de valor es un modelo de negocio que describe todas las actividades necesarias para conseguir un determinado producto o servicio, es decir, describe paso por paso la transformación del producto o servicio desde la idea o concepto original.

Una vez definido el concepto de cadena de valor, se pueden identificar los diferentes eslabones que la forman en la industria espacial. Aunque según la actividad bajo análisis pueda variar, la cadena de valor suele presentar la siguiente configuración: desde los centros de investigación y desarrollo, hasta los proveedores de servicio, pasando por los fabricantes y los operadores. Además, a lo largo de esta cadena de valor pueden aparecer servicios auxiliares como consultoras, aseguradoras o servicios legales. A continuación se describe cada uno de ellos más detalladamente.

- **Centros de innovación y desarrollo (I+D):** A este grupo pertenecen los centros tecnológicos de las agencias espaciales, donde se realizan los estudios e investigaciones para el desarrollo de nuevas tecnologías. También forman parte de este grupo los laboratorios y universidades, tanto públicos como privados, que normalmente son contratados por las agencias espaciales para realizar investigaciones en áreas de innovación como base para su futuro desarrollo.

- **Fabricantes:** Este grupo lo forman las empresas encargadas de llevar a cabo la construcción de los sistemas espaciales desarrollados por los centros de innovación. Al hablar de fabricantes, pueden ser tanto de satélites, como de cohetes o del equipamiento del segmento terrestre.
- **Operadores:** las empresas e instituciones que componen este eslabón de la cadena de valor son en la mayoría de los casos los propietarios de los sistemas y los encargados de manejarlos. Además, los operadores en muchas ocasiones también forman parte del siguiente grupo.
- **Proveedores de servicio:** A este grupo pertenecen todas las empresas que ofrecen un valor añadido al usuario a partir de la tecnología espacial y son lo principales causantes de la comercialización de la industria, al igual de que el espacio este cada vez más presente en el día a día de las personas. Ejemplos de este grupo son las compañías televisión por satélite, las que utilizan datos o imágenes de los satélites, etc.
- **Servicios auxiliares:** En este grupo se engloban las consultoras y los servicios financieros contratados por las propias agencias espaciales o por las empresas privadas en cualquiera de los pasos descritos anteriormente de la cadena de valor. También se encuentran en este grupo las aseguradoras, que han ganado importancia con el aumento de lanzamientos de satélites por parte de empresas privadas.

A modo de resumen, en la Figura 2.1 se muestra de manera esquematizada la segmentación de la industria en función de la cadena de valor. En ella aparecen los diferentes grupos que la forman y los subsegmentos más representativos de cada uno de ellos.

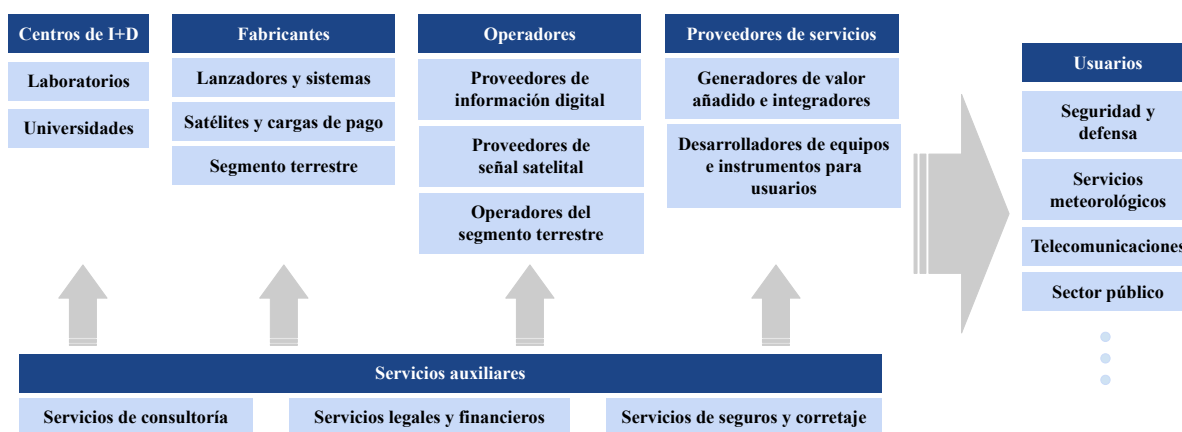


Figura 2.1: Actores involucrados en la cadena de valor espacial

Fuente: Elaboración propia a partir de [4] y [9]

En la literatura relacionada con la economía e industria espacial, además de las clasificaciones realizadas hasta el momento también clasifican los diferentes eslabones de la cadena de valor en dos grandes grupos: el de las empresas o instituciones que proveen de la tecnología (Upstream) y las que la explotan (Downstream). Esta clasificación puede

causar confusión a la hora de dividir los actores de la industria, ya que muchos de ellos pueden participar en los dos sectores al mismo tiempo. Así que, aunque se mencione y defina en esta parte del trabajo, más adelante no será la manera utilizada para analizar los impactos económicos de la industria.

El sector “upstream” (o aguas arriba) incluye fabricantes de hardware espacial y proveedores de servicios que permiten el lanzamiento de sistemas al espacio. Esto comprende a los centros de investigación y los fabricantes, de los grupos mencionados anteriormente. Al igual que se deben incluir los servicios auxiliares empleados por ambos grupos.

El sector “downstream” (o aguas abajo) incluye a los operadores de los sistemas y a los proveedores de productos y servicios habilitados para el espacio. Los servicios ofrecidos por este sector son tan diversos como posibles aplicaciones se puedan ofrecer gracias al uso de la tecnología satelital, aunque sus aplicaciones estén divididas mayoritariamente en tres grandes grupos: telecomunicaciones, observación terrestre y navegación.

Para poder entender mejor los conceptos explicados en este apartado se va exponer un ejemplo que se muestra de manera gráfica en la Figura 2.2 y que representa el caso para el uso y explotación de los satélites. En la imagen esta representado un satélite junto al segmento terrestre necesario para su funcionamiento y los sectores “upstream” y “downstream” a su izquierda y derecha respectivamente.

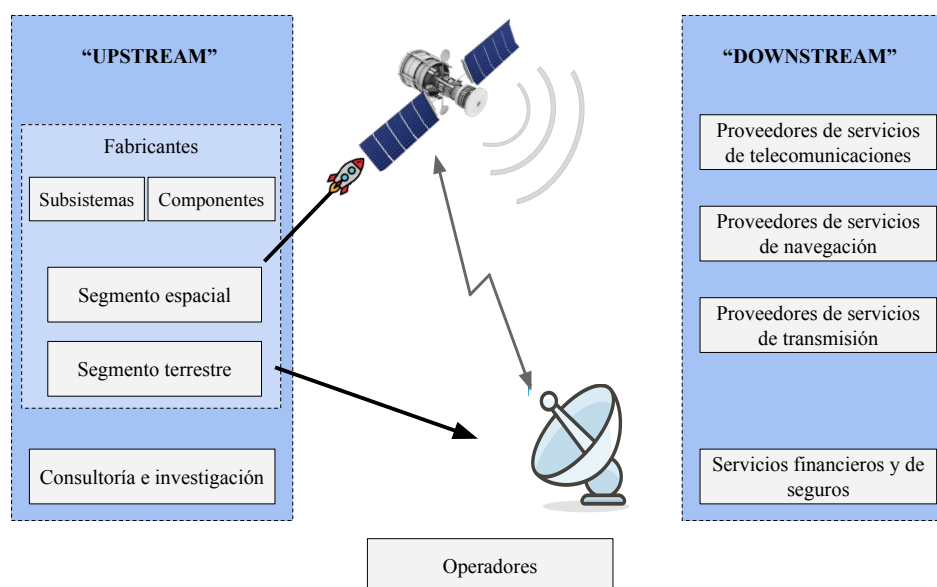


Figura 2.2: Ejemplo de la cadena de valor espacial en la navegación por satélite

Fuente: Elaboración propia a partir de [5]

En el sector “upstream” se ve que se encuentran principalmente los fabricantes e integradores de subsistemas y componentes tanto para el segmento espacial como para el terrestre. En este sector de la industria también se incluyen las actividades de investigación realizadas en centros de I+D, públicos y privados, para el desarrollo de la tecnología necesaria y los servicios de consultoría requeridos por los actores en este sector. Una vez los sistemas han sido desarrollados, fabricados y puestos en funcionamiento,



entran en juego los operadores de ambos segmentos. Estos son habitualmente los propietarios de los satélites y son los encargados de su funcionamiento y mantenimiento. Por último, se encuentra el sector del “downstream” donde se engloban todas aquellas empresas o instituciones que utilizan el material que los operadores les ofrecen (datos, imágenes, señales...) para a partir de ellos crear valor añadido y normalmente comercializarlos como productos o servicios.

# 3

## *Industria espacial Europea*

Una vez definidos los actores de la industria espacial de manera general tanto por su estructura de organización como por su posición en la cadena de valor, se van a identificar de manera concreta para la industria espacial europea. Para ello se van a definir en primer lugar los actores públicos existentes, su estructura, financiación, volumen y actividad. En cuanto a las empresas privadas del sector, se van a identificar las más relevantes de cada uno de los eslabones de la cadena de valor, ya que de esta manera es como se analizará el impacto, sobretodo económico, en los capítulos posteriores.

### **3.1. Actores públicos en Europa**

En la Unión European se pueden identificar tres grandes actores que están involucrados en actividades espaciales, que son la Agencia Espacial Europea (ESA), la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT) y la Comisión Europea. En la práctica los tres colaboran entre ellos, siendo la ESA el hilo conductor y el que más importancia tiene, aunque cada uno tiene unas funciones .Y por ello, a continuación se explican las características de cada una de las organizaciones de manera independiente para conocer sus funciones, objetivos, historia y estructura.

#### **Agencia Espacial Europea - ESA**

La ESA es el organismo espacial europeo más conocido, el cual viene a la mente de casi todo el mundo cuando se habla de actividades espaciales en Europa. La ESA es una organización internacional formada por 22 países miembros y varios países colaboradores con la misión de dar forma al desarrollo de la capacidad espacial de Europa y garantizar que la inversión en el espacio continúe aportando beneficios a los ciudadanos de Europa y del mundo. De esta manera, su función principal es coordinar los recursos intelectuales y financieros de los miembros de manera que se puedan realizar programas y actividades mucho más allá del alcance de cualquier país europeo.

Como aparece en el Artículo 2 del documento de la convención de la organización [10], su propósito es el siguiente:

“La finalidad de la Agencia será proporcionar por y para promover, únicamente con propósitos pacíficos, cooperación entre Estados Europeos en investigación y tecnologías espaciales y sus aplicaciones, con el fin de que se utilicen para fines científicos y para sistemas de aplicaciones espaciales operacionales”

Para ello se establece en el documento que se deberán elaborar e implementar políticas apropiadas para la industria espacial a largo plazo, así como recomendar objetivos para los estados miembros en concordancia con otras organizaciones e instituciones. Además, se deberán coordinar las actividades y los programas implementados para que se integren de manera unificada dentro del proyecto espacial europeo.

La ESA como se conoce hoy día fue fundada en 1975 en la llamada Convención de la ESA como resultado de la unión entre la Organización Europea para el Desarrollo de Lanzaderas (ELDO) y la Organización Europea para la Investigación Espacial (ESRO). Ambas organizaciones surgieron con la necesidad de aunar en una misma institución los recursos necesarios para afrontar los retos tecnológicos y científicos que suponía el creciente aumento de las actividades espaciales y poder estar a la altura de las grandes superpotencias del momento.

Actualmente la ESA cuenta con siete centros repartidos por toda Europa además de la sede principal en París, entre los que destacan el Centro Europeo de Investigación y Tecnología Espaciales (ESTEC) en Holanda o el Centro Europeo de Operaciones Espaciales (ESOC) en Alemania. En cuanto a la dirección, la organización está dirigida por un consejo encargado de establecer las políticas básicas dentro de las cuales la ESA desarrolla el programa espacial europeo y eligen a los directores de cada uno de los centros de la organización, así como al director general de la agencia cada cuatro años. En el consejo están representados cada uno de los Estados Miembros con un consejero independientemente de su aportación económica.

La ESA cuenta con más de 2000 trabajadores y su financiación proviene de las aportaciones de los Estados Miembros, las cuales se dividen en una asignación fija en función del producto interior bruto de cada uno y otra aportación variable a proyectos voluntarios promovidos por la organización. Estos temas se tratarán con más detalle en los Capítulos 5 y 6 del trabajo.

## **EUMETSAT**

La EUMETSAT es una organización intergubernamental formada en 1986 por treinta Estados Miembros de Europa, pero que no forma parte de la Unión Europea. Esta surgió ante la necesidad de conseguir pronósticos meteorológicos más precisos y con mayor antelación, ya que la seguridad de la población y muchas de sus actividades están condicionadas por las condiciones meteorológicas. Para ello, se establece el uso de datos e información proporcionados por satélites meteorológicos desarrollados en colaboración con la ESA.

Como se recoge en el documento de la convención donde se estableció la organización [11], su objetivo principal es establecer, mantener y explotar los sistemas de satélites meteorológicos operativos, siguiendo en la medida de lo posible las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial. Además, es objetivo de la EUMETSAT contribuir a la monitorización del clima y la detección de cambios climáticos globales.

Entre las actividades llevadas a cabo por la EUMETSAT destacan las cuatro series de satélites que operan: la serie “Meteosat” que ofrece imágenes para una predicción con pocas horas de antelación, la serie “Metop” formada por satélites en baja órbita y que ofrecen información más precisa y la serie de satélites “Jason” que proporcionan datos sobre la altitud de la superficie del mar, tratándose de un proyecto de colaboración internacional. La cuarta serie de satélites son los satélites “Sentinel” que ofrecen datos y mediciones sobre los mares y océanos y que pertenecen al programa Copernicus, un proyecto conjunto con la ESA y la Comisión Europea.

En cuanto a la estructura de la organización, existe un consejo de dirección donde están representados los Estados Miembros, además de un director general encargado de implementar las decisiones tomadas por el consejo y ejecutar los compromisos de la organización. La sede de la EUMETSAT se encuentra en Darmstadt (Alemania), y cada uno de los Estados Miembros cuenta con sus propios centros meteorológicos nacionales en representación de la organización.

Por último, y de relevada importancia para el posterior análisis del impacto económico, la EUMETSAT se financia mediante la aportación de sus miembros, una parte fija y otra voluntaria de manera análoga al funcionamiento en la ESA. Esta aportación está basada en producto interior bruto de los últimos tres años según los datos de la Oficina Europea de Estadística (EUROSTAT).

### **Comisión Europea**

La Comisión Europea es una institución de la Unión Europea (UE) sobre la que reside el poder ejecutivo de la UE y la iniciativa legislativa. Se puede decir que la Comisión Europea es el «Gobierno de Europa», ya que representa y defiende los intereses de la Unión en su conjunto, propone la legislación, políticas y programas de acción para su posterior aprobación en el Parlamento y Consejo Europeos. Una vez las propuestas y programas son aprobados la Comisión es responsable de su aplicación y gestión, así como ejecutar el presupuesto de la UE.

Con el auge de las actividades y tecnologías espaciales y los datos y servicios, que ofrecen grandes beneficios a la sociedad, la Comisión Europea estableció que era necesario trabajar por tener un ecosistema industrial espacial propio para representar y defender sus propios intereses. Por ello, y en base a la página web correspondiente del sector espacial de la Comisión Europea [12], su función es establecer la estrategia espacial de la Unión mediante la propuesta de políticas que favorezcan la innovación tecnológica y el desarrollo de la industria espacial europea, lo que significara crecimiento económico con la creación nuevos puestos de trabajo. Además, estas políticas tendrán como objetivo abordar problemas de la sociedad que puedan ser resueltos mediante el uso de la tecnología

espacial, como por ejemplo la monitorización de la Tierra mediante el uso de satélites.

Los programas promovidos por la Comisión Europea para ofrecer servicios a los ciudadanos, entidades públicas y privadas son el programa Copernicus, el programa Galileo y el programa EGNOS ( “European Geostationary Navigation Overlay Service”). El primero de estos programas ya se ha mencionado anteriormente, ya que se trata de un proyecto en el que colaboran con la EUMETSAT y la ESA. Mientras que los otros dos programas están relacionados con el uso de satélites para ofrecer servicios de navegación.

Aunque estos proyectos se realizan en colaboración con la ESA y la EUMETSAT, estas no forman parte de la Unión Europea, a pesar de que los miembros de ambas organizaciones son mayoritariamente europeos. Por ello la Comisión Europea, con el objetivo de de aunar en una misma agencia todas las tareas espaciales de la Unión Europeo creó la Agencia de la Unión Europea de Programas Espaciales (EUSPA). Sin embargo, la ESA no aceptó la creación de esta nueva agencia al verlo como su competencia. Pero finalmente, en 2017 se llegó a un acuerdo de colaboración entre las organizaciones como ejemplifica la alianza para el programa Copernicus y Galileo, en los cuales la ESA tiene un papel técnico en el desarrollo de la tecnología y la EUSPA se encarga de la parte más operacional de los programas.

### **Agencias espaciales nacionales**

Además de los actores públicos mencionados hasta el momento, también forman parte de la industria espacial las agencias espaciales nacionales de los países europeos. Aunque juegan un papel importante en la industria, no se va a tener en cuenta a las agencias nacionales a la hora del análisis por el difícil acceso a sus datos económicos y que muchos de los proyectos en los que participan son proyectos en colaboración con la ESA, lo que podría llevar a problemas de cuenta doble.

Las agencias espaciales nacionales más importantes son la francesa, la italiana y la alemana. Estas sirven de apoyo a la ESA en cada uno de los países, aumentando su contribución sobretodo en la fase de investigación y desarrollo.

La mayoría de países europeos no cuenta con este tipo de agencias y únicamente tiene centros de investigación sobre la materia que colaboran con la ESA. Un ejemplo de ello es España, donde no existe una agencia espacial nacional como tal, pero existe el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Y es este centro a través del cual se realizan estudios y ensayos en materias del espacio, de manera independiente o en colaboración con la ESA u otras agencias.

## **3.2. Actores por cadena de valor en Europa**

En el capítulo anterior se han descrito los eslabones que participan en la cadena de valor de la industria espacial, y en este capítulo dedicado al caso particular de Europa se van a establecer sus actores más relevantes en estos eslabones. En cada uno de los eslabones participan un gran número de empresas y organizaciones, pero se van a men-

cionar únicamente las más importantes, es decir, las que representan el mayor porcentaje de trabajo y empleo de la industria, ya que mencionar todas y cada una de las empresas existentes es una tarea prácticamente imposible y que no aportaría valor al trabajo.

### Centro de I+D

Como se ha mencionado anteriormente, este eslabón está formado por los centros de las agencias espaciales y las universidades. Y en el caso de Europa no es diferente, siendo el actor principal la ESA, la cual es apoyada por las agencias espaciales nacionales y la gran cantidad de universidades distribuidas por toda la geografía europea.

### Fabricantes

El siguiente eslabón en la cadena son los fabricantes, encargados de materializar las tecnologías desarrolladas en el eslabón anterior. En el caso de Europa destacan cuatro compañías, denominadas las “Big Four”: Airbus, Safran, Leonardo y el Grupo Thales. Sin embargo, Leonardo y el Grupo Thales realizan su actividad espacial de manera conjunta bajo el nombre de Thales Alenia. Estas compañías proporcionan el 60% del personal y las capacidades industriales según el análisis de EUROSPACE sobre el contexto actual de los fabricantes espaciales europeos [13].

- **Airbus:** su actividad espacial se realiza a través de su división de Defensa y Espacio. Es el contratista principal de la ESA en sus misiones espaciales como Rosetta u Orion, además de otros programas como Copernicus. Su actividad consiste en el desarrollo, diseño y prueba de sistemas y aeronaves para dar solución a las necesidades de sus clientes.
- **Thales Alenia:** nace de la alianza del Grupo Thales y Leonardo para unificar y sumar esfuerzos en sus actividades espaciales. Las actividades de Thales Alenia son parecidas a las de Airbus, desarrollando, fabricando, probando y poniendo en órbita los satélites para los programas en los que participan como contratistas. Alguno de los programas en los que han participado son Athena-Fidus, Exomars o Bepi Colombo.
- **Safran:** es una empresa francesa especializada en el desarrollo y fabricación de sistemas de propulsión y equipamiento para satélites.

Es habitual que en la industria espacial los fabricantes colaboren entre ellos, ya que son programas que requieren una inversión elevada de recursos económicos y humanos. Un claro ejemplo es Thales Alenia, y otro es el grupo Ariane formado por Airbus y Safran. Mientras que ambas empresas se dedican por separado a la fabricación y desarrollo de tecnologías relacionadas con satélites, sus sistemas y equipos, se han unido para el desarrollo y fabricación de lanzadores espaciales.

Además de estas empresas también destacan otras, que a pesar de no tener el mismo peso en la industria, son igualmente importantes en este eslabón de la cadena de valor. Dentro de este grupo de empresas más pequeñas destacan OHB y las divisiones de espacio de Dassault y RUAG.

## **Operadores**

Este eslabón de la cadena de valor es el encargado de manejar los sistemas espaciales con el fin de ofrecer sus productos a los proveedores de servicios, e incluso arrendar la propia infraestructura para comunicaciones, datos o imágenes. Existe una gran cantidad de operadores de satélites en Europa de los cuales se pueden mencionar Eutelsat, Intelsat, Inmarsat, SES S.A o Hispasat.

Las actividades principales de estas empresas es operar satélites de comunicaciones para canales de televisión o radio, pero también ofrecen servicios de comunicación de telefonía móvil o Internet.

Algunos actores de otros eslabones de la cadena de valor también forman parte de este eslabón, como es el caso de Airbus, Ariane y Telespazio, una empresa que resulta de la colaboración entre el grupo Thales y Leonardo. Se encargan de servicios de operación en los sistemas, satélites o lanzadores desarrollados.

## **Proveedores de servicios**

Los servicios que se pueden ofrecer a los usuarios son tan variados como posibilidades ofrecen los satélites, ya que permiten su uso en aplicaciones muy diversas de muchos sectores. Aunque los sectores que más destacan entre los proveedores de servicios que usan tecnologías espaciales son las telecomunicaciones, la radiodifusión y la navegación.

Es decir, las operadoras de telefonía como Telefónica, Orange o Vodafone, las cadenas de televisión como puede ser Movistar o Eurosport y servicios de navegación como los ofrecidos por Garmin.

## **Servicios auxiliares**

Este grupo de empresas está presente a lo largo de toda la cadena de valor de la industria europea, ya que en cada uno de ellos es necesario el asesoramiento legal y financiero. Sin embargo, los eslabones en los cuales se hace mayor uso de estos servicios es en las fase de I+D y en los proveedores de servicio para estudiar las tendencias en el sector, analizar como se conseguirá un mayor impacto y explorar nuevas posibilidades de negocio. Estos servicios suelen llevarse a cabo mediante consultoras, alguna de ellas especializadas en el sector espacial como son Euroconsult y EUROSPACE.

Cabe mencionar que EUROSPACE es una asociación sin ánimo de lucro con el objetivo de fomentar el desarrollo de las actividades espaciales en Europa y promover una mejor comprensión de las cuestiones y problemas relacionados con la industria espacial. Entre una de sus labores se encuentra la de ofrecer servicios de consultoría a otras entidades como la ESA o el Centro Nacional de Estudios Espaciales francés.

Además de estas consultoras especializadas en la industria espacial, las grandes consultoras como Deloitte, PwC o Accenture también cuentan con servicios dedicados a la definición de estrategias para la optimización de operaciones en este sector.

# 4

## *Impacto de la industria espacial*

Hasta el momento se han definido los conceptos fundamentales relacionados con la industria espacial y su estructura, tanto en términos generales como en el caso concreto de Europa. En este cuarto capítulo del trabajo se van a describir los diferentes tipos de efectos según su naturaleza y se van a clasificar en función de la relación que tienen con la inversión inicial.

Como se ha explicado anteriormente, la industria espacial ha experimentado un gran crecimiento en las últimas décadas y su influencia se ha expandido más allá del propio sector espacial. Esto ha hecho que no solo se tengan que tener en cuenta las organizaciones que desarrollan y hacen uso directo de las infraestructuras y tecnologías espaciales, sino que también muchas otras que crean productos o servicios con valor añadido a partir de ellas, lo que se engloba dentro del término definido como economía del espacio. En consecuencia, el impacto que tiene la industria espacial va más allá de desarrollo de tecnología para la propia industria y sus efectos se pueden observar en muchos aspectos y muy diversos. Según la naturaleza de los efectos, los impactos se pueden agrupar en cuatro grandes grupos: económicos, sociales, geo-políticos y científicos. [14]

Los impactos que se van a estudiar en el presente trabajo son el social y el económico, ya que son los de mayor relevancia y que afectan de una manera más directa a las personas en su día a día. El impacto económico es el conjunto de efectos que tiene la industria espacial sobre la economía del país o región, y entre los que se encuentran el crecimiento de su producto interior bruto, el aumento del empleo, la aparición de nuevos servicios y productos o la reducción de gastos gracias al uso de la tecnología espacial. Mientras que el impacto social son los efectos que tienen repercusión sobre la sociedad y su calidad de vida, siendo algunos ejemplos la mejora en las comunicaciones, la eficiencia en el transporte o el aumento de la seguridad. Estos dos tipos de impacto van muy relacionados, ya que el aumento de calidad de vida depende, entre otros muchos factores, de la situación económica del país o región.

Pero además de estos dos, hay que tener en cuenta que la actividad de la industria



espacial también tiene efectos en el ámbito científico y estratégico. El impacto científico son aquellos efectos que tiene el sector sobre la comunidad científica, entre los cuales se aprecia el aumento de estudios que se realizan gracias a la industria espacial, la mayor colaboración entre instituciones y centros de investigación y la transferencia de conocimientos de unas áreas de estudio a otras.

Por último, el impacto geo-político abarca el aspecto más político de las tecnologías espaciales debido a su uso para aplicaciones de seguridad y defensa que otorgan independencia a los gobiernos para poder defender sus propios intereses. Esta independencia se define en el texto realizado por el departamento de Políticas de Relaciones Externas perteneciente al Parlamento Europeo [15] como autonomía estratégica. Y para conseguir esta autonomía estratégica es necesario contar con una buena infraestructura espacial y fomentar su actividad.

Como se ha dicho a lo largo del trabajo, la industria espacial tiene repercusión más allá de propio sector y con aplicaciones muy diversas. Y en consecuencia los efectos no siempre se encuentran de manera directa, sino que se encuentran distribuidos a lo largo de todos los eslabones de la cadena de valor. Dependiendo de la cercanía entre la inversión inicial se puede diferenciar entre impacto directo, indirecto, inducido e impacto catalítico, de mayor a menor cercanía respectivamente.

- **Impacto directo:** Se consideran en esta categoría los efectos de la propia industria, en este caso la espacial, a lo largo de su cadena de valor, tanto en el segmento “upstream” como el “downstream”. Poniendo un ejemplo, el impacto económico directo serían los empleos y la actividad de las empresas descritas en la cadena de valor, así como la explotación de su tecnología en el segmento “downstream”.
- **Impacto indirecto:** En esta categoría se engloban todos aquellos efectos resultantes de las actividades de las empresas que no aparecen en la cadena de valor espacial. Esto se debe a la adquisición por parte de empresas de la industria espacial de bienes y servicios de proveedores de otras industrias que no aparecen en su cadena de valor, pero son necesarias para poder realizar sus funciones. Algunos ejemplos son la compra de los materiales y componentes electrónicos para la fabricación de naves y satélites.
- **Impacto inducido:** se refiere a los efectos producidos por aquellos empleados directa o indirectamente en la industria espacial que gastan sus ingresos en bienes y servicios en la economía en general. Es una categoría tan amplia como posibilidades existen, desde hacer la compra, hasta ir al cine o irse de vacaciones.
- **Impacto catalítico:** Esta es una categoría más amplia incluso que las anteriores y muy complicada de cuantificar, porque son los efectos generados por la existencia de la industria espacial, reflejando el uso más amplio de la tecnología y las aplicaciones desarrolladas a través del I + D emprendido en ella. Se encuentra muy relacionado con el uso de los servicios y datos que ofrecen los satélites, que permiten un uso más eficiente de las infraestructuras y recursos disponibles en muchos ámbitos.

En la Figura 4.1 se ha representado de manera esquemática la clasificación de los impactos en relación a su cercanía con la inversión inicial, de manera que ayude a comprender visualmente la descripción que se acaba de dar de cada una de las categorías de impacto.

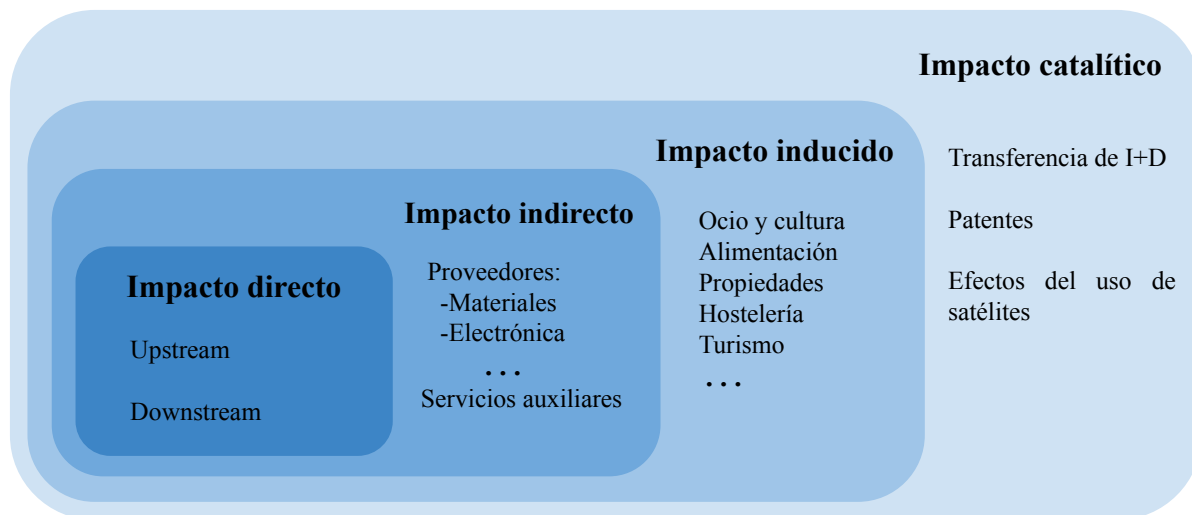


Figura 4.1: Tipos de impacto

Fuente: Elaboración propia a partir de [16]

# 5

## *Datos y metodología*

Como se ha establecido al comienzo del trabajo, este quinto Capítulo está dedicado a establecer la metodología empleada en el análisis del impacto socio-económico y definir la fuente de los datos para ese propósito. Además de las correspondientes secciones de los datos y la metodología, se van a describir las dificultades más importantes a la hora de analizar la industria espacial, ya que habrá que tener en cuenta algunas limitaciones a la hora del análisis.

### **5.1. Datos**

Para la realización del análisis es necesario establecer la metodología a emplear, pero también los datos necesarios y sus fuentes para llevar a cabo el estudio. Aunque sobre la industria espacial se pueda encontrar bastante información, no pasa lo mismo con información sobre sus impactos, sobretodo relacionados con la economía. Por ello es necesario buscar dicha información en fuentes fiables como las propias organizaciones públicas, centros de estadística o asociaciones de sector. Las fuentes de las que se han obtenido los datos del análisis socio-económico llevado a cabo se muestran a continuación. [17]

#### **Organizaciones públicas**

Dentro de las organizaciones públicas se pueden identificar tres tipos de las cuales obtener datos: oficinas nacionales de estadística, agencias espaciales y otras entidades gubernamentales.

En relación al primer tipo de organización pública, las oficinas de estadísticas, en Europa existe la Oficina Europea de Estadística conocida como Eurostat. Como cualquier oficina de estadística de otros países, la Eurostat cuenta con una base de datos [18] en la cual se han buscado los valores necesarios durante el análisis.

En cuanto a las organizaciones espaciales y entidades gubernamentales, en Europa existen la ESA, la EUMETSAT y la Comisión Europea, los cuales publican datos oficiales

sobre la actividad espacial en el continente. La principal fuente de datos de estas tres entidades es la ESA mediante la publicación de informes anuales sobre su actividad y el ecosistema espacial en Europa, así como con la publicación de informes industriales sobre programas o tecnologías específicas. La mayoría de estos informes se pueden encontrar en un portal creado por la ESA dedicado exclusivamente a la economía espacial, en el cual (previo registro) se puede acceder a multitud de documentos relacionados con el análisis de la economía espacial.[19]

Para poder realizar comparaciones entre indicadores de la industria espacial europea con industrias espaciales de otras regiones, o para analizar la metodología empleada también se han utilizado informes realizados por otras agencias espaciales como la americana[20], la francesa [21] o la canadiense [22].

Además de estas organizaciones públicas también se han utilizado como fuente de datos las publicaciones y bases de datos de organizaciones internacionales como la OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos)[23]. En las publicaciones de esta organización además de datos para comparaciones globales, también aparecen indicaciones a la hora de la descripción de la industria y la metodología a emplear para el estudio de sus impactos.

### **Asociaciones de la industria**

Como sucede en otras industrias, se han establecido diversas asociaciones sobre el sector espacial y alguna de ellas dedicada exclusivamente al europeo. Estas asociaciones tienen como objetivos principales promover la actividad de la industria y fomentar la cooperación entre los diferentes actores de ella para poder maximizar sus recursos.

La asociación de la industria espacial europea más importante es EUROSPACE, que ya ha sido mencionada anteriormente en el capítulo tres cuando se han descrito los actores de la cadena de valor europea, como parte de los actores que ofrecen servicios auxiliares. Esta asociación, además de ofrecer estos servicios auxiliares, también realiza estadísticas anuales de las cuales se pueden extraer datos útiles a la hora de estudiar los impactos.[24]

### **Consulturas**

Al igual que la asociación EUROSPACE, los servicios de consultoría han aparecido ya en el Capítulo tres del trabajo. En este caso los datos que ofrecen las consultoras es por medio de informes que realizan para las agencias espaciales u organismos gubernamentales. Estos informes pueden encontrarse en la página web de la consultora en cuestión, aunque en el caso de los informes realizados sobre la ESA se pueden encontrar en el Portal de Economía Espacial ya mencionado.

## **5.2. Metodología**

A lo largo del trabajo ya se han descrito los actores involucrados en la industria espacial, su cadena de valor, la gran variedad de aplicaciones que su tecnología ofrece y

en consecuencia, la gran variedad de impactos que la industria tiene en muchas áreas. El siguiente paso en el estudio de la industria espacial europea es medir y cuantificar su impacto socio-económico mediante el uso de indicadores, los cuales se van a definir en esta sección del capítulo. En la Figura 5.1 se muestra un esquema de la evolución de la actividad en la industria, desde la inversión inicial hasta los indicadores que miden los impactos que generan las aplicaciones de las tecnologías y actividades espaciales. Cada uno de los pasos se representa por medio de un rectángulo en el que también aparecen ejemplos de cada uno de ellos.



Figura 5.1: Evolución de las inversiones en la industria espacial

Fuente: Elaboración propia a partir de [25]

Un indicador es, según la definición de la OECD [4], una medida cuantificable (por ejemplo un número o una proporción) que permite mostrar cambios y tendencias a lo largo del tiempo. El objetivo principal de los indicadores es que los datos empleados sean comparables a lo largo del tiempo y cuando se tienen en cuenta diferentes fuentes de información, lo que supone un gran desafío en muchos casos. En definitiva, los indicadores son un instrumento utilizado para la evaluación del desempeño de la industria que permiten tener una mejor conciencia de los impactos potenciales del sector, de tal manera que las instituciones públicas y privadas tienen a su alcance más información para una mejor organización y gestión de recursos.

Una aspecto importante a la hora de realizar el análisis de los impactos es el estudio de estos en función de su cercanía con la inversión inicial. El impacto total se desglosa en impactos directos, indirectos e inducidos, siendo los indicadores de los impactos directos los más fáciles de obtener a partir de las fuentes mencionadas en la sección anterior dedicada a los datos. Pero los impactos indirectos e inducidos no son tan sencillos de obtener ya que dependen de otras industrias y es muy difícil hacer su seguimiento. Por ello, para estimar estos dos tipos de impactos se hace uso de una herramienta conocida como multiplicador, la cual indica la relación de los impactos directos con los indirectos e inducidos.

En cuanto al impacto catalítico, debido a su gran amplitud y la dificultad de abarcarlo por medio de indicadores cuantitativos no se va a tener en cuenta durante el análisis. Si no que se va a comentar en un capítulo a parte de manera cualitativa, explicando los efectos que tiene la industria espacial en otras industrias y se acompañará de ejemplos

a modo de casos de estudio que permitan comprender de una manera más clara el gran alcance que tiene la actividad espacial.

Como indica el título del trabajo y se ha comentado a lo largo de él, el análisis se centra en el estudio del impacto socio-económico. Sin embargo, a la hora de realizar el análisis se se va a estudiar por separado cada uno de ellos, es decir, por un lado el impacto económico y por otro el social. Esta separación se debe a que, a pesar de que ambos vayan ligados, cada uno tiene sus propios indicadores, los cuales se describen a continuación. [26]

### 5.2.1. Impacto Económico

El estudio del impacto económico se centra en el análisis de los indicadores que describen los efectos que tiene la actividad industrial espacial y sus actividades en la economía, lo cual no es una tarea sencilla por la gran cantidad de actores involucrados y que no todos los efectos se dan de manera directa. Para ello se utiliza la metodología explicada anteriormente, en la cual los impactos directos se miden por medio de sus respectivos indicadores y se hace uso de los multiplicadores para determinar los impactos de los proveedores del sector espacial y del gasto realizado por parte de los empleados asociados tanto al propio sector espacial como a su industria de suministros.

Los primeros indicadores bajo análisis son el presupuesto de los actores públicos, es decir, de la ESA, la EUMETSAT y la Comisión Europea, y la facturación de la industria en su conjunto. Estos indicadores no aportan información sobre los impactos, pero si una visión sobre el tamaño de la industria. Estos valores se utilizarán para comparar la evolución de la industria a lo largo de los años y analizar la distribución entre los eslabones de la cadena de valor y los segmentos del sector.

Una vez analizado el tamaño de la industria, el siguiente paso es estudiar los indicadores económicos más relevantes y sus respectivos multiplicadores para poder estimar el impacto económico total. Los indicadores utilizados, en base a las fuentes de la literatura consultadas, se encuentran descritos a continuación.

- **Empleo:** El indicador muestra el número de empleos en la industria, contando tanto empleos a media jornada como a jornada completa. Como el resto de indicadores, se comparará entre los diferentes segmentos y su evolución a lo largo de los últimos años.
- **Valor añadido:** Se mide a través del Valor Agregado Bruto (VAB) y representa la contribución, del sector espacial en este caso, al Producto Interior Bruto (PIB) de la región.
- **Ingresos tributarios:** En este indicador se recoge el valor de los impuestos anuales recaudados por los gobiernos a través de los impuestos sobre la renta, la nómina, las importaciones, las empresas o la propiedad. Para estimar los ingresos tributarios se aplicaran las tasas impositivas promedio de la Unión Europea junto con los

datos recogidos en los documentos consultados, por lo que se deben tratar como aproximaciones.

- **Productividad laboral:** Indicador empleado para representar el valor añadido por empleado en los eslabones de la cadena de valor y que permite estimar el crecimiento económico, así como aplicar políticas o medidas que favorezcan una mayor productividad.[27]

### 5.2.2. Impacto social

El impacto social de la industria espacial es mayoritariamente el efecto de sus aplicaciones en áreas como la meteorología, agricultura, sanidad o prevención del cambio climático. Este tipo de efectos se engloban en la categoría de impacto catalítico y por ello se abordan de una manera más ilustrativa y cualitativa en el Capítulo siete, ya que es muy complicado obtener datos que cuantifiquen este tipo de beneficios.

Sin embargo, hay otros efectos de la actividad espacial que tienen impacto sobre la sociedad y si se pueden cuantificar. Ejemplo de ello son la concienciación de la sociedad sobre el sector, el aumento de la oferta y demanda de carreras de ramas científico-técnicas y la sostenibilidad medioambiental del propio sector. Los indicadores utilizados para medir este impacto son los siguientes.

- El nivel de alcance público a través de redes sociales medido en el número de seguidores y visualizaciones de cuentas que suben contenido espacial en plataformas como Instagram, Twitter o Youtube.
- El número de alumnos que estudian carreras en disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería o matemáticas (CTIM).
- Cantidad de basura espacial en órbita y los objetivos de reducción en el futuro.
- Emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la actividad de la ESA y el uso de energías renovables.

## 5.3. Retos a la hora del análisis

A la hora de estudiar los impactos de la industria espacial sobre la economía y la sociedad hay que tener en cuenta multitud de fuentes y datos de diferentes actores, además de otras industrias, lo que puede conllevar a equivocaciones a la hora del análisis. Por ello se va a tratar de indentificar los principales errores que se pueden cometer a en el estudio y así poder evitarlos en este trabajo. [4] [9]

### **Falta de evaluación el sector**

La recolección de datos sobre la economía espacial y el análisis de sus impactos es algo que ha empezado a realizarse en la última década por parte de las agencias espaciales y los gobiernos, tras la gran expansión del sector. Esto hace que todavía no haya una estructura definida a la hora de recoger datos y en muchos casos la información de la industria espacial se establece de manera conjunta con el resto de actividades aeroespaciales, haciendo complicado su estudio individualizado.

Esta falta de estándares en los datos de la industria hace que la tarea de encontrar los valores necesarios se complique, pero gracias a la tarea de las agencias espaciales en los últimos años, y en concreto la ESA, de hacer análisis de los efectos de la actividad espacial hace que haya más información pública al respecto.

### **Información confidencial**

Se ha mencionado en el trabajo que la industria espacial también es usada por los gobiernos desde un punto de vista estratégico y de defensa, y en consecuencia tiene actividades que pertenecen al sector militar. Son estas las actividades que en muchos casos son confidenciales y no se hacen públicas, por lo que los datos sobre estas actividades no son más que estimaciones. Sin embargo, en el presente trabajo las actividades militares no son el foco principal del estudio, sino la actividad del sector civil, y por ello no será un gran inconveniente.

### **Cuenta doble**

Este error se da cuando un objeto se tiene en cuenta más de una vez, lo que puede ocurrir cuando existen ventas entre diferentes empresas de la cadena de valor espacial. Por ejemplo, póngase el caso que una empresa vende a otra un producto por un valor de 100 EUR y la empresa compradora vende un bien en el que se incluye ese producto por un valor de 500 EUR. Si al contar las ventas de ambas empresas no se tiene en cuenta el coste del producto para la segunda empresa se estaría cometiendo un error de cuenta doble.

Para evitar este tipo de errores se ha escogido el indicador de valor añadido a la hora del estudio económico, ya que este indicador excluye de los beneficios el coste de producirlos.

### **Difusión de los efectos en el tiempo**

Para el estudio del presente trabajo se han clasificado los impactos en varios grupos en función de su cercanía con la inversión inicial debido a que las actividades espaciales tienen muchas aplicaciones, y pueden no verse directamente tras su inversión y en sectores muy diversos. Sin embargo, y a pesar del esfuerzo por realizar un seguimiento de todas estas posibles aplicaciones, algunas de ellas no son tenidas en cuenta porque los efectos se ven muy alejados en el tiempo respecto a su inversión e incluso puede que sean efectos ni siquiera planteados en un principio.



Es complicado contrarrestar este problema debido a su complejidad y por ello a la hora de analizar el impacto social y el impacto catalítico se hace de una manera cualitativa y mediante el uso de ejemplos, permitiendo contemplar el gran alcance de los efectos sin incurrir en fallos cuantitativos.

### **Tipos de cambio**

Este es un error que se da al comparar indicadores económicos de diferentes países o regiones en las que se usan monedas diferentes, debido a que la conversión entre ellas puede variar en el tiempo. En el caso de este trabajo, al tratarse de un análisis de Europa no existe este problema, excepto para los casos en los que se compara globalmente con países como China, Estados Unidos o Rusia. Para evitar confusiones se expresarán los valores monetarios en la moneda local y se indicará el valor de cambio en el momento de la realización de este trabajo y la respectiva fuente donde se pueda obtener el valor exacto en cada momento.

# 6

## *Resultados*

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos para los indicadores mencionados en la metodología y su respectivo análisis. El capítulo se separa en dos secciones, una primera dedicada al estudio económico, seguida del análisis del impacto social de la industria espacial de una manera cuantitativa, a diferencia del que se llevará a cabo en el siguiente capítulo de forma cualitativa.

### **6.1. Impacto económico**

Como se ha establecido en la metodología, el impacto económico se puede dividir en un primer análisis que permite estudiar la evolución del tamaño de la industria con el uso de indicadores como la facturación y el presupuesto de los actores públicos. Mientras que su impacto se puede medir con el empleo generado, el valor añadido de la industria, los impuestos y su productividad.

#### **6.1.1. Facturación**

El aumento de las actividades comerciales en la industria espacial, encabezadas por el uso de satélites, ha hecho que la industria crezca y que el impacto que tiene en la economía sea también mayor. Esta evolución de la industria y su economía se puede ver reflejada mediante su facturación, representada por el valor monetario de sus ventas. En la Figura 6.1 se muestra la facturación de la industria espacial global y se compara con la facturación de la industria europea. En la figura se puede observar como la contribución de la industria europea ha ido aumentando desde el 2012, es decir, el porcentaje que representa la industria europea respecto del global ha crecido desde un 20% en 2012 hasta un 27% en 2018. Estos porcentajes no se deben tomar como los valores reales exactos porque los datos de la industria a nivel global difieren dependiendo de que fuente se utilice, en este caso se han utilizados los proporcionados por “Space Foundation” [34]

y “BRYCE Space and Technology” [35], además del convertidor de divisas “Xe” [36] para realizar el cambio de dólares a euros. Sin embargo, se pueden tomar estos resultados como una aproximación válida para ver el incremento del peso a nivel global la industria espacial europea, lo que no solo tiene un mayor impacto económico en la región, sino que también le otorga una mayor independencia respecto al resto de países y la posibilidad de llegar a acuerdos de cooperación, lo que también repercutiría de manera positiva en la economía europea.

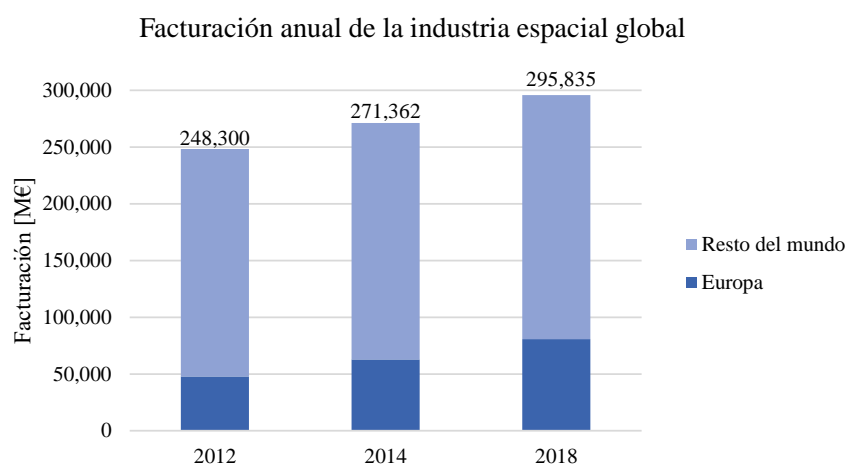


Figura 6.1: Evolución de la facturación de la industria espacial global

Fuente: Elaboración propia a partir de [34] y [35]

Si se estudia el caso particular de Europea, en la Figura 6.2 se muestra la evolución de la facturación anual de la industria espacial europea y la composición de la ventas según el segmento. Los años escogidos son de los cuales se han obtenido datos totales de la industria y los segmentos son los fabricantes, el segmento de satélites para navegación (SatNav), comunicaciones (SatCom) y observación terrestre (EO), los cuales se desglosarán con más detalle a continuación.

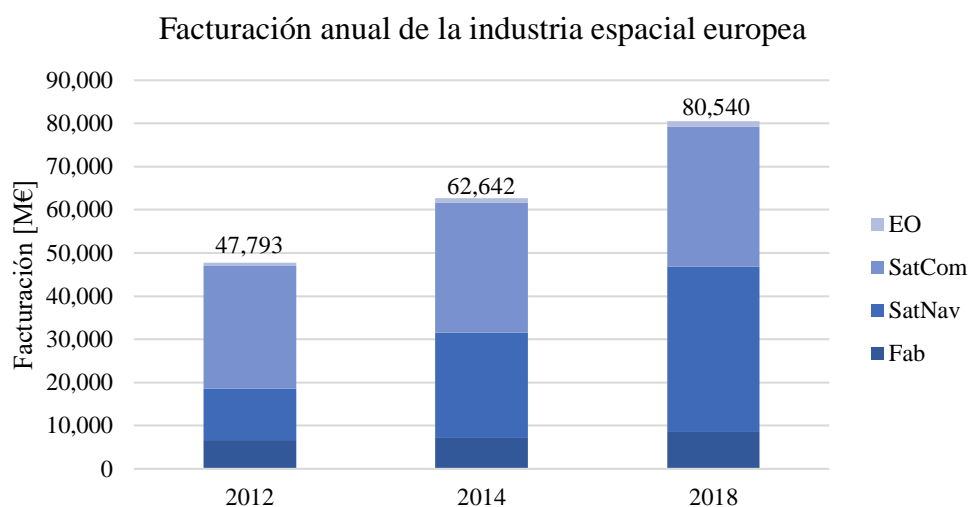


Figura 6.2: Evolución de la facturación de la industria espacial europea

Fuente: Elaboración propia a partir de [28], [29], [30], [31], [32] y [33]

La primera conclusión que se extrae de la Figura 6.2 es que la industria espacial ha crecido considerablemente en los últimos años, casi un 70 % entre 2012 y 2018. Además, se aprecia como este aumento de la industria se produce sobretodo por el aumento de las ventas en el segmento de la navegación por satélite, mientras que las comunicaciones, los fabricantes y la observación terrestre también aumentan su contribución pero en menor medida.

Además de la evolución de la industria espacial en su conjunto, se ha analizado cada uno de los segmentos que la conforman. El primero de ellos es el de los fabricantes, que representan el segundo eslabón de la cadena por detrás de la investigación y desarrollo (I+D). De este eslabón es del que más información se ha podido recopilar gracias al informe que realiza EUROSPACE cada año [28], el último en 2018, sobre los fabricantes en Europa, donde también se incluyen los servicios ofrecidos por los lanzadores. En la Figura 6.3 se muestra la evolución de la facturación de este segmento durante los últimos nueve años, y en ella se puede ver la misma tendencia ascendente que presentaba el conjunto total de la industria. En 2018 la facturación cayó respecto al 2017, pero en el resumen del informe de 2019 [37] se estima que volvió a subir a niveles del 2017.

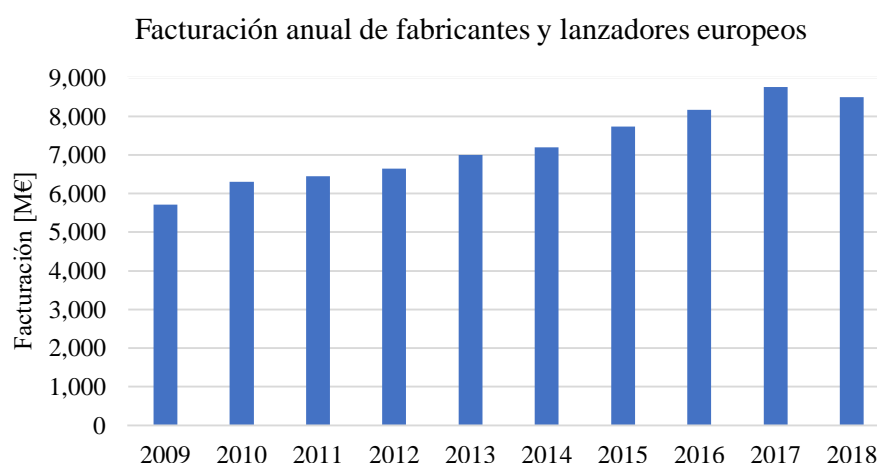


Figura 6.3: Evolución de la facturación de los fabricantes y lanzadores europeos

Fuente: Elaboración propia a partir de [28]

En el informe de 2018 de EUROSPACE también se incluye información sobre la distribución de la facturación de 2018 según el tipo de actividad de la que proviene. En la Figura 6.4 se puede observar que las principales fuentes de ingreso de los fabricantes europeos vienen de las actividades relacionadas con la fabricación de lanzadores, sistemas de telecomunicaciones y de observación terrestre, resultado del auge de los satélites para actividades comerciales. Ya que los sistemas de telecomunicaciones y observación terrestre corresponden a los propios satélites y los lanzadores son necesarios para ponerlos en órbita. Entre las actividades que aparecen en la gráfica se puede resaltar los servicios profesionales y la categoría denominada como Otros, en los cuales se englobarían las actividades de I+D y los servicios auxiliares financieros y de consultoría.

Los siguientes eslabones de la cadena de valor que componen la industria espacial son los operadores y los proveedores de servicio, pero como se ha visto en la Figura 6.2 no

se ha dividido la facturación entre estos dos tipos de actores, sino que se ha realizado la división entre las actividades más importantes de la industria. Esto se debe a que, a excepción de segmento de observación terrestre, el resto de datos recopilados de estos segmentos no se encuentran divididos entre los diferentes eslabones de la cadena de valor sino de una manera total, por lo que se ha optado por esta solución al igual que se realiza en el informe de Booz & Company solicitado por la Comisión Europea y la ESA en 2014 [38].

Clasificación de la facturación por tipo de actividades

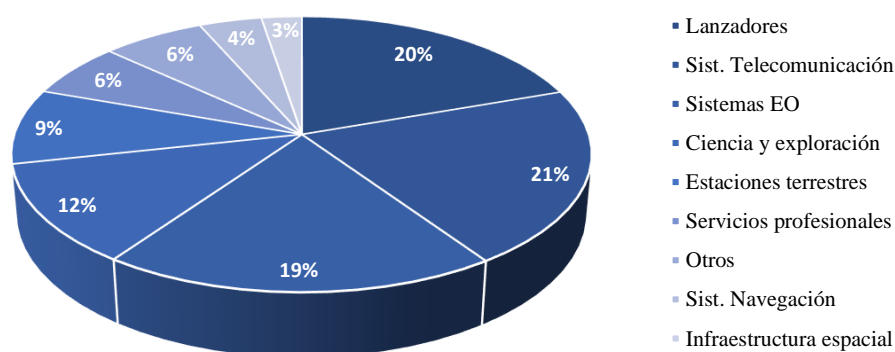


Figura 6.4: Facturación de los fabricantes europeos en 2018 según el tipo de actividad

Fuente: Elaboración propia a partir de [28]

Las aplicaciones de la observación terrestre (EO) son muy diversas y es una tecnología en auge en muchas industrias como en la agricultura o control de océanos. Aunque de las tres actividades mencionadas es la que menos aporta a la facturación total de la industria espacial europea, también ha aumentado su facturación en los últimos años como se puede ver en la Figura 6.5, llegando a un valor de 1,250 M€ en 2018. La facturación global de este segmento en 2018 fue de 1,722 M€ [39], lo que significa que la aportación de Europa es del 72.59 %. Este gran porcentaje se debe a la gran inversión realizada en el programa Copernicus por parte de las instituciones públicas, ya que lo consideran un segmento estratégico de cara al futuro para afrontar retos relacionados con el medio ambiente y la sostenibilidad.

La información respecto al segmento de observación terrestre europeo se ha obtenido de los informes resultantes de las encuestas realizadas a la industria por parte de Asociación Europea de Empresas de Teledetección (EARSC) publicados bianualmente en el periodo 2012-2018 [29][30][40][31]. En los informes también se recoge información sobre la distribución de la facturación entre los diferentes mercados que componen el segmento, y en la Figura 6.6 se puede observar esta clasificación correspondiente al año 2018. En ella se aprecia que la principal fuente de ingresos se genera por medio de los proveedores de servicio, es decir, las empresas que hacen uso de las imágenes y datos proporcionados por los satélites para ofrecer servicios a los usuarios. Otros mercados que tienen gran importancia son la recepción y distribución de los datos y los operadores de los satélites.

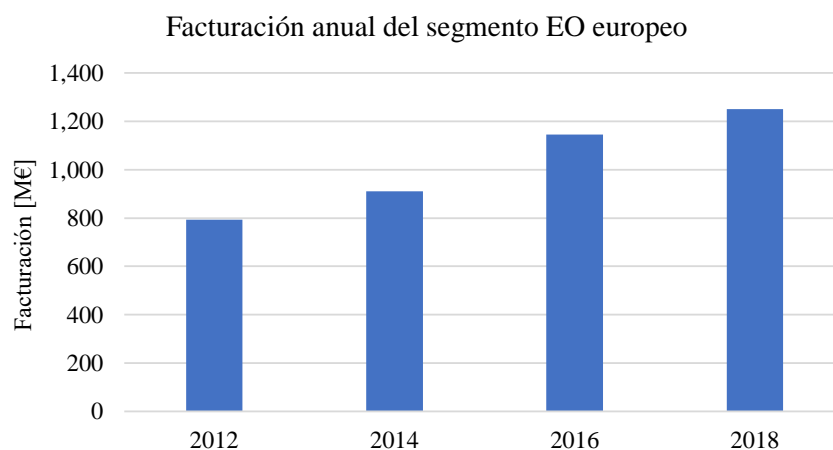


Figura 6.5: Evolución de la facturación del segmento de EO europeo

Fuente: Elaboración propia a partir de [29], [30], [40] y [31]

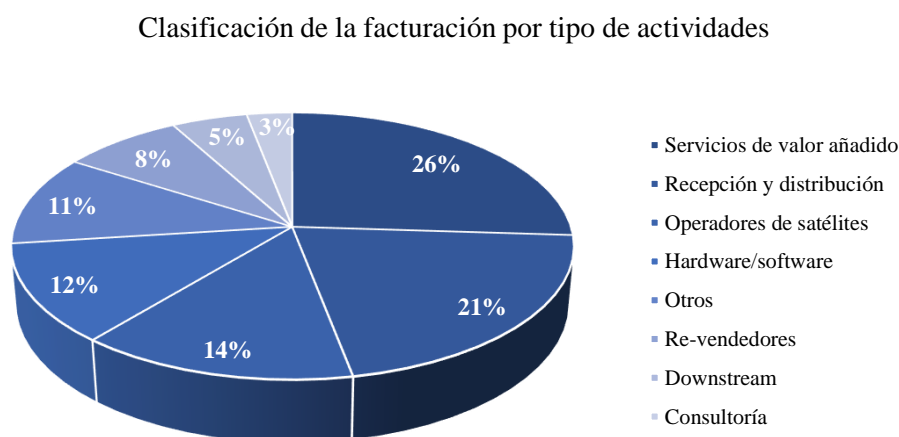


Figura 6.6: Facturación del segmento EO europeo en 2018 según el tipo de actividad

Fuente: Elaboración propia a partir de [29], [30], [40] y [31]

La siguiente actividad estudiada es la navegación por satélite (SatNav), de la cual se han obtenido los datos de los informes realizados sobre el mercado de GNSS por parte de EUSPA [32][33], en los cuales se engloban las actividades de dos de los proyectos principales de la Unión Europea: EGNOS y Galileo. En estos informes se puede encontrar sobretodo información cualitativa, pero también se han extraído algunos datos, como la facturación generada en los años 2014 y 2018, y la distribución de esta en sus diferentes tipos de actividad. La facturación de este segmento ha aumentado en tres años un 58 % hasta los 38,400 M€ de 2018.

Además, en la Figura 6.7 se muestra como se distribuye la facturación de la navegación por satélite en Europa entre sus diferentes actividades, y se ve que la facturación se distribuye casi en su totalidad entre los servicios de carretera en primer lugar y los servicios a usuarios en segundo. Los servicios de carretera se corresponde a la información que se les ofrece a los conductores, como la situación del tráfico, la navegación o las condiciones meteorológicas, así como los sistemas de gestión de flota usados mayoritariamente por empresas de logística y transporte. Mientras que los servicios a usuarios son aquellos que

utilizan los datos de los satélites para ofrecer servicios de localización en tablets y móviles.

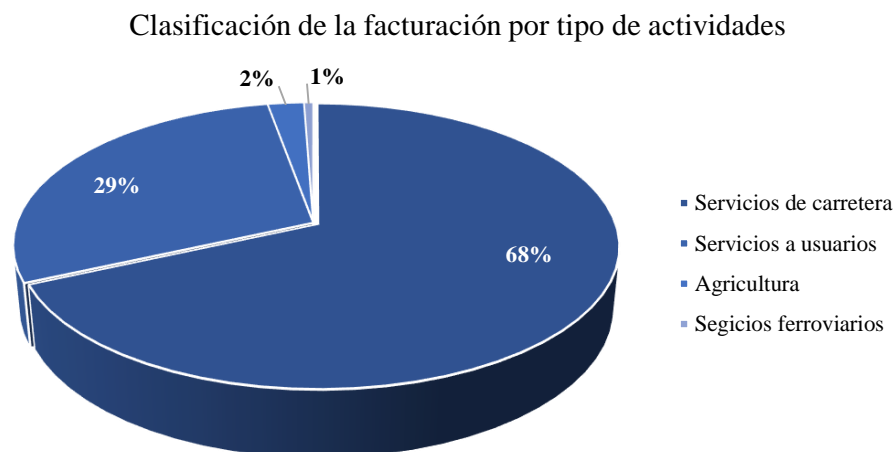


Figura 6.7: Facturación del segmento SatNav europeo en 2018 según el tipo de actividad

Fuente: Elaboración propia a partir de [33]

Respecto a las comunicaciones por satélite (SatCom) no se ha encontrado información sobre el caso de Europa, incluso se ha contactado con varias consultoras para pedirles la información, pero no han accedido a hacerlo gratis. Por ello, para estimar la facturación de este segmento se ha establecido que el porcentaje de la facturación global correspondiente a este segmento en Europa es del 30 %, a partir del informe de Booz & Company [38]. De esta manera se ha obtenido que la facturación de las actividad de comunicaciones por satélite ha incrementado desde 28,350 M€ en 2012 a 32,400 M€ en 2018. Este incremento en facturación es menor, en términos de porcentaje, que en el de resto de actividades espaciales, y esto se puede deber a que a pesar de que las comunicaciones son fundamentales en el día a día actual llevan siéndolo desde mucho antes que el resto de segmentos. Por lo que si se comparasen los datos de 2018 con los de principios del siglo XX se podría apreciar un incremento mucho mayor al que se observa desde 2012.

Hasta el momento todos los datos de facturación ofrecidos son directos, por lo que para calcular la facturación total producida por la industria espacial hay que estimar también la facturación indirecta e inducida. Para ello se tiene que establecer el multiplicador correspondiente, que según establece la consultora PwC en un informe de 2019 [41] para la facturación de la industria espacial se encuentra entre 4 y 8. Esto implica que por cada euro generado de manera directa se generan entre 3 y 7 más de manera indirecta e inducida, lo que permite hacerse una idea del gran alcance que tiene la industria espacial. En definitiva, cogiendo estos datos para hacer una estimación, la industria espacial generó en 2018 en ventas un total de entre 322,160M€ y 644,320 M€.

### 6.1.2. Presupuestos públicos

Otro indicador importante para ver el tamaño de la industria espacial es el presupuesto anual de los actores públicos. En el caso de Europa los actores públicos principales son la ESA, la EUMETSAT y la Comisión Europea, los cuales en 2018 sumaron un presupuesto

total de 6,674 M€ según se establece en el informe anual de 2019 del Instituto Europeo de Política Espacial (ESPI) [42]. La que mayor peso tiene de las tres organizaciones es la ESA, con un presupuesto ese año de 5,600 M€, mientras que la EUMETSAT y la Comisión Europea tienen un presupuesto similar, de 594 M€ y 480 M€ respectivamente. Sin embargo, estas dos últimas también colaboran en el presupuesto de la ESA, con una aportación de 1,315 M€ la Comisión Europea y 221 M€ la EUMETSAT. Esto se debe a que la ESA es la encargada de la parte técnica de los programas de ambas, como la fabricación y el lanzamiento de sus satélites, mientras que las agencias de la Comisión Europea y la EUMETSAT se centran en las parte de operaciones de sus programas.

Si se analiza la evolución del presupuesto a lo largo de los últimos años de la ESA, como principal actor público europeo, se puede observar en la Figura 6.8 como ha ido incrementando a lo largo de los años con el aumento de la actividad espacial. Hay algunos años en los que el presupuesto ha disminuido respecto al anterior, como es el caso del año 2018 y 2021, pero la tendencia es alcista con el paso de los años.

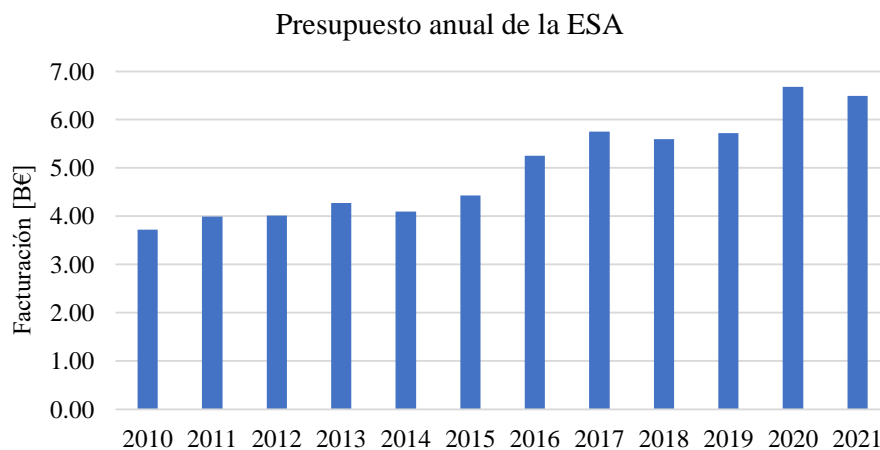


Figura 6.8: Evolución del presupuesto anual de la ESA

Fuente: Elaboración propia a partir de [29]

El gran aumento que se ha dado en el presupuesto, sobretodo en 2017 y 2020, se ha producido por el aumento de las partidas en las actividades relacionadas con la observación terrestre, el transporte espacial y la seguridad espacial. En la Figura 6.9 se recogen las actividades de la agencia y su correspondiente porcentaje del presupuesto, observándose que las principales actividades son la observación terrestre, el transporte espacial y la navegación. Esta distribución va en concordancia con la dinámica del sector, en la que los servicios ofrecidos por los satélites son los que mayor importancia tienen. Cabe destacar la partida denominada como Prodex, la cual corresponde a un programa de la ESA que promueve la cooperación en experimentos científicos entre industria e instituciones, para que la ciencia en el espacio esté al alcance de todos sin importar su capacidad económica.

En cuanto al presupuesto de la Comisión Europa, este va destinado al desarrollo de sus programas espaciales, ya sea aportando a la ESA como ya se ha comentado, o financiando la asociación espacial EUSPA para que se encargue de la gestión de estos. Y por parte de la EUMETSAT, en la Figura 6.10 se muestra como se distribuye su



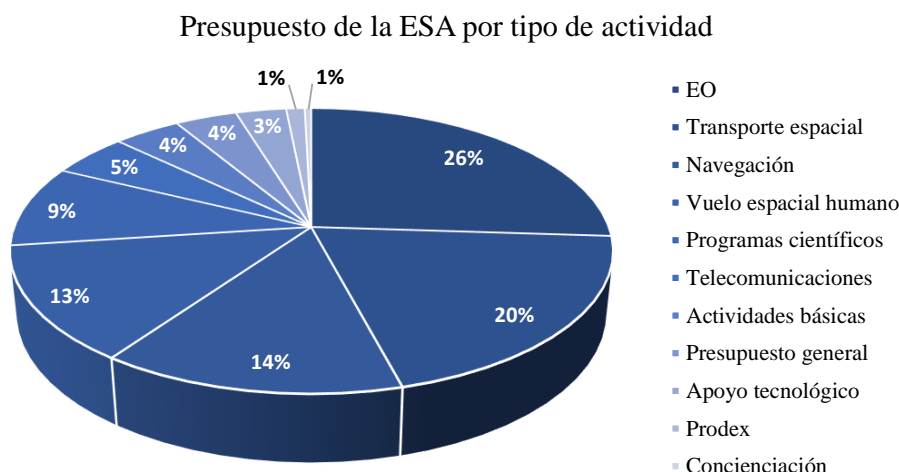


Figura 6.9: Distribución del presupuesto de la ESA en 2018 entre todas sus actividades

Fuente: Elaboración propia a partir de [42]

presupuesto entre sus proyectos, los cuales se han comentado en el Capítulo 4 cuando se describió la agencia. Como se puede ver en la figura, la mayor parte del presupuesto está destinada al programa “Meteosat” dedicado a la predicción de cambios en la meteorología con poco tiempo de antelación y el programa EPS-SG. Este segundo programa también se conoce como “Metop”, el cual tiene como objetivo obtener predicciones meteorológicas más precisas pero sin la capacidad de predecir los cambios imprevistos.

**Presupuesto de la EUMETSAT por tipo de actividad**

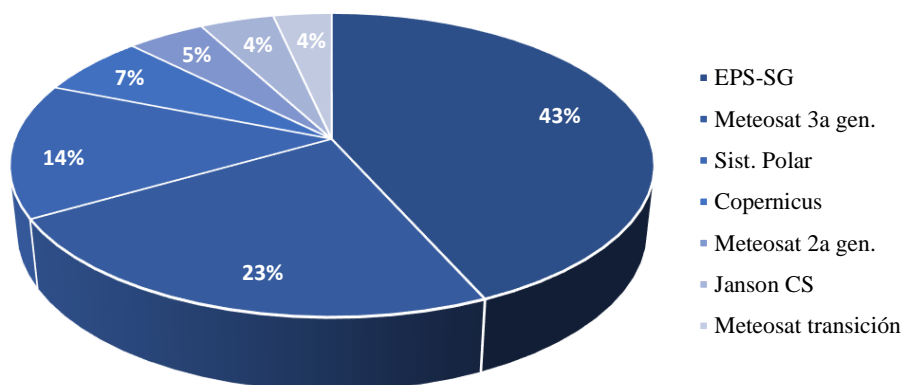


Figura 6.10: Distribución del presupuesto de la EUMETSAT en 2018 entre todas sus actividades

Fuente: Elaboración propia a partir de [42]

### 6.1.3. Empleo

Una vez analizado el tamaño de la economía espacial europea se van a analizar los indicadores que representan el impacto de esta. Para ello se va a estudiar el empleo generado por la industria espacial, y en primer lugar es necesario definir el concepto Equivalente

a Tiempo Completo (ETC). Un Equivalente a Tiempo Completo es una medida utilizada para poder contabilizar el empleo en horas de trabajo y no en trabajadores, ya que muchos de ellos puede que estén trabajando a tiempo parcial. Un ETC representa un trabajador a tiempo completo pudiendo estar realmente 2 personas trabajando a media jornada.

En el informe realizado anualmente por EUROSPACE mencionado anteriormente [28] aparece información relativa al empleo en el eslabón de los fabricantes en la industria europea. En la Figura 6.11 están recogidos el número de empleados medidos en ETC a lo largo de los últimos años, y se aprecia que al igual que la facturación ha ido aumentando. En concreto, desde el 2010 el empleo ha aumentado en los fabricantes en un 26 %, llegando a 43,454 en 2018. Este aumento es un efecto directo del aumento de la actividad, ya que a mayor demanda de productos es necesaria más mano de obra.



Figura 6.11: Evolución del empleo en el eslabón de los fabricantes europeos

Fuente: Elaboración propia a partir de [28]

En el Capítulo 4 se ha comentado que el eslabón de los fabricantes está dominado por el 'Big Four', lo cual se puede comprobar en el gráfico de la Figura 6.12 donde se representa la distribución del empleo entre las diferentes empresas del eslabón. La empresa que más empleo genera es Airbus, seguida de Thales y Leonardo que forman Thales Alenia y por último Ariane, en la cual se engloban los trabajadores de Safran. Esta distribución se debe a que las actividades espaciales requieren de mucho dinero para poder llevarse a cabo y esto solo es posible en grandes empresas, las cuales colaboran de manera directa en los grandes proyectos promovidos por los actores públicos. Además, muchas de las empresas englobadas en la etiqueta de Otros son empresas pequeñas especializadas en una actividad concreta y que dependen en gran medida de trabajar para las grandes empresas. Por lo que de un modo u otro, sin estas grandes empresas no sería posible el desarrollo de la tecnología necesaria.

La facturación de las actividades de observación terrestre ha aumentado considerablemente y en consecuencia, el empleo en este segmento también lo ha hecho. En 2012 había empleados 5,628 trabajadores (ETC) en el segmento y en 2018 se llegó a 8,396, lo que supone un aumento de casi el 50 %. Pero a diferencia de lo que ocurre en el eslabón de

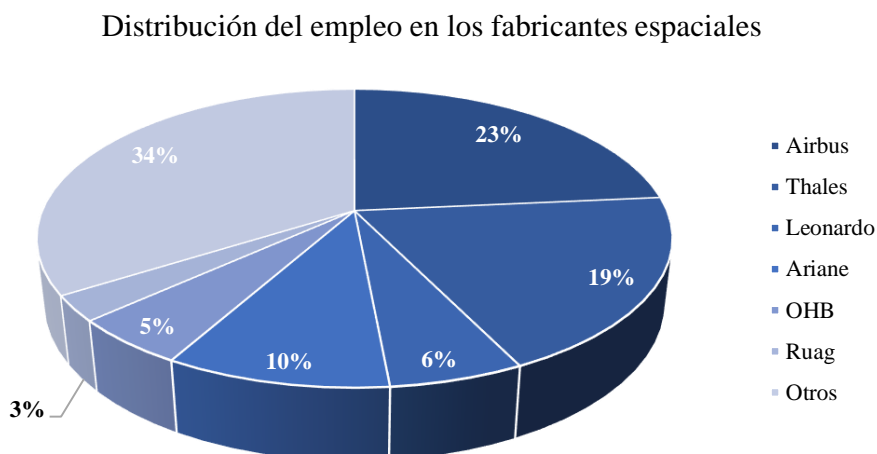


Figura 6.12: Distribución del empleo en las empresas de fabricantes europeos en 2018

Fuente: Elaboración propia a partir de [28]

los fabricantes, la mayoría de empleados se encuentra en empresas pequeñas de menos de 50 empleados, según la encuesta realizada por EARSC en 2018 [31]. Esto se debe a que la mayoría de empresas de este segmento se han creado recientemente y están en fase de desarrollo, ya que la observación terrestre es un segmento relativamente nuevo y todavía tiene mucho camino por delante para seguir creciendo.

En relación a los actores públicos, a pesar de que son los principales promotores de la actividad espacial, no son los que más empleos generan. En 2018 la ESA tuvo 2,321 empleados y la EUMETSAT 465, números que crecen todos los años pero que se encuentran lejos de los empleos de los fabricantes e incluso del segmento de observación terrestre. Esto se debe a que los actores públicos, y sobretudo la ESA, promueve las actividades pero por la complejidad y el costo de estas tiene que hacer contratos con empresas privadas.

Para estimar el empleo de la industria espacial europea en su conjunto sería necesario contabilizar los empleos generados en los segmentos de comunicaciones y navegación por satélite. Sin embargo, no se han encontrado datos sobre estos segmentos y se ha realizado una estimación a partir de los datos proporcionado en el informe de 2012 realizado por Booz & Company respecto el porcentaje correspondiente a los fabricantes. En este informe se estimó que el empleo directo de la industria espacial europea fue de 246,000 ETC, siendo el porcentaje de los fabricantes el 14.43%. Por tanto, si se considera que este porcentaje se ha mantenido, la industria espacial europea empleo en 2018 a poco más de 301,000 ETC. Sin embargo, es probable que el peso de los fabricantes en el empleo haya disminuido ante el aumento de las actividades con los satélites, por lo que posiblemente el número de empleados, en ETC, sea mayor al estimado.

Todos los datos sobre empleos mostrados en esta sección hacen referencia a empleos directos, así que hay que hacer uso de los multiplicadores para estimar el empleo total generado. A partir del informe de PwC sobre las tendencias en la industria [41] se ha establecido que el multiplicador de empleo tiene un valor de 2. Esto significa que por cada empleo directo se crea otro por debajo de la cadena de valor espacial, lo que significa que

en 2018 se crearon un total de 86,908 empleos por parte de los fabricantes, 16,792 en el segmento EO y un total en la industria de 602,000 empleos medidos en ETC según la estimación realizada. Estos son datos de empleo altos que reflejan el gran impacto que la industria espacial tiene sobre la economía, ya que la creación de puestos de trabajo es sinónimo de un mayor gasto por parte de los ciudadanos, contribuyendo a toda la industria europea en su conjunto.

#### 6.1.4. Valor añadido

El valor añadido de la industria espacial, medido a través del Valor Agregado Bruto (VAB), se define como la facturación de la industria menos los costes necesarios para producir dichas ventas. De esta manera se puede analizar el impacto que tiene la actividad de la industria en la economía, porque fijarse únicamente en la facturación puede ser engañoso si el coste de producir un producto o dar un servicio es el mismo que el de venta.

Este tipo de indicadores económicos se pueden encontrar en las estadísticas que hacen los gobiernos o instituciones por medio de informes de organizaciones externas o los centros de estadísticas, pero no ha sido posible conseguir datos respecto a la industria espacial en concreto. Esto se debe a que la industria espacial no está clasificada de manera individualizada en las actividades económicas contempladas por las instituciones, y por tanto no aparece información referente a ella por separado en las bases de datos de la Oficina Europea de Estadística o la OECD. Mientras que por parte de las agencias espaciales como la ESA, existen informes al respecto realizados por terceros pero en ellos solo se recogen valores del VAB de proyectos o actividades concretas, como el programa Copernicus o el desarrollo del lanzador Ariane 5, sin dar una perspectiva conjunta de la industria. Ejemplo de esta falta de datos es el informe que Booz & Company realizó para la ESA en 2014[38], en el cual el apartado del valor añadido y la contribución de la industria al Producto Interior Bruto (GDP) no ofrece datos, justificándose en la falta de información al respecto.

Ante las dificultades mencionadas para obtener datos válidos sobre el valor añadido que aporta a la economía la industria espacial europea en su conjunto y los eslabones de su cadena de valor, se ha optado por analizar los informes en los que se estudia el valor añadido de programas y actividades específicas. De esta manera se podrá tener una idea de como las actividades espaciales de distintos segmentos repercuten a la economía. Con la finalidad de estimar el VAB de la industria espacial europea de la manera más precisa posible, también se van a tener en cuenta datos de algunos estudios realizados sobre economías espaciales de países en particular, en concreto de Canadá y Reino Unido.

Los programas estudiados y sus respectivos datos se han recogido en la Tabla 6.1. La información relativa al programa ARTES, dedicado al desarrollo de nuevas tecnologías en el segmento de las telecomunicaciones, se ha obtenido del informe realizado por Euroconsult [43] al respecto, mientras que la información del proyecto Copernicus se ha extraído del informe realizado por PwC en colaboración con la Comisión Europea en 2016 [44].

Respecto al resto de programas que aparecen en la tabla, el lanzador Ariane 5, la Estación Espacial Internacional (ISS) y el programa meteorológico (SWE-SSA), se han obtenido de un informe realizado por la propia Agencia Espacial Europea [45].

Programa	VAB [M€]	Periodo	VAB anual [M€]	Inversión [M€]	Ratio
ISS	14,600	1995-2016	695.24	8,000	1.8
Ariane 5	26,800	1995-2016	1,276.19	12,100	2.2
ARTES	25,000	2007-2032	1,000.00	4,000	6.3
Copernicus	10,300	2008-2020	858.33	7,400	1.4
SWE-SSA	3,100	2009-2016	442.86	ND	ND

Tabla 6.1: Valor añadido de diferentes programas espaciales

Fuente: Elaboración propia a partir de [43], [44] y [45]

De los valores recogidos y mostrados en la tabla se puede ver que los estudios no se han centrado en un año concreto sino en periodos largos de tiempo. Cabe mencionar el caso del programa ARTES, ya que el VAB es un valor estimado hasta 2032 y la inversión solo esta computada hasta 2017, por lo que el valor de la relación entre valor añadido e inversión no es representativo del efecto real. Pero teniendo el resto en cuenta, se puede concluir que el valor añadido en la economía es cercano al doble de la inversión inicial. Así que si se toma esta referencia, y teniendo en cuenta el presupuesto de los actores públicos de 2018 ( 6,674 M€), se puede estimar que el valor añadido de ese año de los proyectos espaciales principales fue cercano a 13,000 millones de euros.

Esta aproximación puede ser válida para las inversiones realizadas por los actores públicos en grandes proyectos, pero no tiene en cuenta la mayor parte de las actividades comerciales llevadas a cabo por empresas privadas. Por ello, para estimar el VAB de la industria en su conjunto se van a utilizar los datos disponibles de Reino Unido mediante el informe realizado por London Economics [9] y de Euroconsult sobre la industria espacial canadiense [22].

Esta estimación consiste en relacionar el VAB de la industria con su facturación, suponiendo que esta relación es similar entre países y que dicha relación no ha variado mucho con el tiempo, porque los informes a los que se hacen referencia son del año 2015. En la Tabla 6.2 se muestran las relaciones para ambos países, y se puede ver que el porcentaje entre valor añadido y facturación es mayor en el caso de Reino Unido, pero la diferencia es menor de un quince por ciento, lo que puede deberse a que la economía espacial inglesa es más grande que la canadiense. Así que para el caso de Europa se tomarán los porcentajes de Reino Unido y Canadá como rango superior e inferior respectivamente.

Aplicando estos dos porcentajes a la facturación de la industria espacial europea en 2018 (80,540 M€) se obtiene un Valor Agregado Bruto de entre 24,315 M€ y 34,987 M€. Dado que se ha visto que a mayor facturación el valor añadido es también mayor, es posible que estos valores sean conservadores y el valor real sea más elevado, pudiendo ser cercano a 50,000 M€.

	<b>Facturación[M€]</b>	<b>VAB [M€]</b>	<b>Relación [%]</b>
<b>Reino Unido</b>	11,848	5,147	43.44
<b>Canadá</b>	5,300	1,600	30.19

Tabla 6.2: Datos del valor añadido en la industria espacial de Reino Unido y Canadá

Fuente: Elaboración propia a partir de [9] y [22]

A pesar de las dificultades encontradas para obtener datos sobre los indicadores del valor añadido de la industria espacial, se puede concluir que la estimación realizada no se aleja demasiado de la realidad, aunque no deja de ser una estimación y debe de tratarse como tal. Sin embargo, se ha encontrado un artículo de prensa de la Comisión Europea [46] en la que se estimaba que el valor añadido generado por la industria espacial europea en 2016 fue de entre 46,000 y 54,000 M€, valor que reafirma la conclusión de haber realizado una estimación no lejos de la realidad.

### 6.1.5. Impuestos

Además de la contribución de la industria espacial europea al Producto Interior Bruto a través del Valor Agregado Bruto y la creación de empleo, también contribuye a la economía de la región por medio de los impuestos que recogen las instituciones públicas de su actividad. Dentro de los impuestos que se recaudan a partir de la actividad espacial hay que incluir aquellos que se les aplica a las empresas por los beneficios que obtienen, así como los impuestos aplicados sobre los salarios de los trabajadores del sector y otros impuestos indirectos como los aplicados sobre las propiedades de los trabajadores, el combustible utilizado o los que van incluidos en los productos adquiridos por los actores en la cadena de valor.

Establecer la recaudación total de impuestos de la actividad espacial de manera directa e indirecta es prácticamente imposible, por lo que lo importante de este indicador es tener conciencia de que el desarrollo de la industria espacial contribuye a la economía más allá de la facturación, el valor añadido y el empleo generados. Además, y al igual que pasaba con el valor añadido, no se han encontrado datos referentes a los impuestos recaudados a parte de un par de informes realizados por consultoras sobre las telecomunicaciones [43] o el programa Copernicus [44]. En estos informes se recoge que mediante el programa ARTES de telecomunicaciones se va a recaudar 8,000M€ desde 2007 a 2032, lo que supone 320 M€ al año y del proyecto Copernicus 1,500 M€ entre 2008 y 2002. Sin embargo, estos son datos aislados y no concluyentes para poder hacer una estimación del total recaudado por los gobiernos europeos gracias a la actividad de la industria espacial.

Por ello, para estimar la cantidad recaudada en impuestos se van a utilizar dos métodos para así poder compararlos y extraer mejores conclusiones. El primero de ellos se ha establecido a partir del informe de PwC sobre las tendencias del sector [41], en el que pone que la recaudación de los gobiernos es de un 35 % o más de lo invertido inicialmente.

De esta manera, si se considera una inversión igual al presupuesto de los actores públicos (6,674 M€) y un porcentaje de retorno del 35 %, las instituciones europeas recaudarían un total de 2,338 millones de euros anuales. Esta aproximación, aunque pueda ser válida para estimar la recaudación por parte de instituciones europeas, no tiene en cuenta la recaudación por parte de los gobiernos nacionales, ni los impuestos indirectos.

Para tratar de estimar la recaudación de manera más exacta, el segundo método consiste en aplicar el porcentaje de tributación media de la Unión Europea respecto del PIB, ya que es imposible clasificar la aportación de la industria a la economía por países y aplicar su respectivo porcentaje. Según Eurostat [47], el porcentaje impositivo medio en Europa es de un 41.1 % del PIB. Así que si se aplica este porcentaje a la contribución de la industria espacial al PIB, es decir, el Valor Agregado Bruto estimado anteriormente, se obtiene una recaudación total de 14,380 millones de euros.

Finalmente, si se comparan ambas estimaciones es complicado afirmar cual de las dos está más cercana a la realidad con total seguridad, pero se puede comparar con los datos que aporta Euroconsult en el informe de la industria canadiense [22]. Si se realiza un proceso similar al del valor añadido y se comparan los impuestos con la facturación total de la industria se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 6.3, de la cual se puede extraer que la segunda aproximación realizada estará más cercana a la recaudación real por la similitud en porcentajes entre ambas industrias. No obstante, no hay que olvidar que esta aproximación está aplicada sobre otra estimación, por lo que hay que tomar los resultados como orientativos y quedarse con la importancia que tiene para los gobiernos fomentar la actividad espacial, ya que genera un gran retorno en impuestos.

	<b>Facturación[M€]</b>	<b>Impuestos [M€]</b>	<b>Relación [%]</b>
<b>Europa</b>	80,540	14,380	17.85
<b>Canadá</b>	5,300	750	14.15

Tabla 6.3: Relación impuestos-facturación de Canadá y Europa

Fuente: Elaboración propia a partir de [22]

### 6.1.6. Productividad laboral

La productividad laboral se define como la relación entre el Valor Agregado Bruto generado por la industria y la mano de obra empleada para ello. Este indicador permite tener un idea de como de eficiente es el valor creado por una industria en relación a los trabajadores que la constituyen, y está muy relacionado con la formación de los trabajadores, el desarrollo tecnológico y la inversión realizada en la industria .

Para calcular la productividad laboral para este caso hay que coger el VAB estimado, 34,987M€, y dividirlo entre el número de trabajadores que emplea la industria, 301,000 ETC. Por tanto, el resultado obtenido es de 116,236 euros por trabajador. Este es un resultado que debe considerarse como orientativo, pero que si que se compara con los

valores ofrecidos por London Economics [9] o Euroconsult [22] son muy parecidos, indicando que las aproximaciones realizadas a lo largo de este capítulo no se desvían en exceso de la realidad.

Como se comenta en los informes previamente mencionados, la productividad laboral en la industria espacial es mayor a la media del resto de industrias, lo que tiene relación con que esta sea una industria de gran desarrollo tecnológico e innovación y en la que existe una gran inversión de capital. Por ello, comparar la productividad entre industrias diferentes es algo que no aporta información útil que permita sacar conclusiones sobre cada una de ellas, por ejemplo, comparar la industria espacial con la agrícola carece de interés por sus diferencias en las actividades realizadas, la tecnología empleada o el nivel de educación de sus trabajadores. La importancia de hacer un seguimiento a la productividad laboral recae sobre la posibilidad de comparar su evolución temporal en una misma industria y así sacar conclusiones que permitan mejorar el funcionamiento de esta, y en consecuencia aumentar su productividad. Pero debido a la falta de datos esto no se puede llevar a cabo en este trabajo, pero se tendrá en cuenta a la hora de proponer trabajos futuros en las conclusiones.

## 6.2. Impacto social

Analizado el impacto económico de la industria espacial en Europa, el siguiente paso es hacer lo mismo con el impacto social. Como ya se ha mencionado anteriormente, los efectos sociales de la industria espacial son difíciles de cuantificar ya que la mayoría de ellos son efectos catalíticos, es decir, efectos que tienen lugar lejos en el tiempo del momento de la inversión. Sin embargo, hay algunos aspectos sociales que se pueden cuantificar como el alcance de la industria espacial en las redes sociales, la educación o sobre la conciencia que crean sobre el medio ambiente y la sostenibilidad.

### 6.2.1. Redes sociales

Aunque parezca que las redes sociales no tengan relación alguna con la industria espacial, y menos que sea una herramienta de estas para crear impacto en la sociedad, si es así. Las redes sociales son una herramienta con la que es posible llegar a mucha gente independientemente de la geografía y permite sensibilizar a la sociedad de una manera dinámica y divertida sobre la actividad llevada a cabo en el espacio, así como generar interés por este sector.

Para analizar el impacto de las redes sociales se ha hecho uso de la aplicación web SocialBlade [48], una herramienta que permite ver los datos más relevantes de cuentas de diferentes redes sociales, en este caso se han analizado Instagram, Twitter y YouTube en la actualidad (Junio de 2021). Respecto a Instagram, la cual tiene un mayor alcance de las tres y permite subir contenido más interactivo por medio de imágenes y vídeos, en la Figura 6.13 se han recogido las cuentas con mayor relevancia de esta plataforma



que suben contenido espacial y se han clasificado según el número de seguidores. De este gráfico se pueden extraer dos conclusiones claras, el gran papel divulgador de la ESA y la relevancia de los astronautas como motor de sensibilización, porque entre las cinco primeras cuentas que concentran más del 90 % de los seguidores hay tres astronautas y dos cuentas pertenecientes a la ESA.

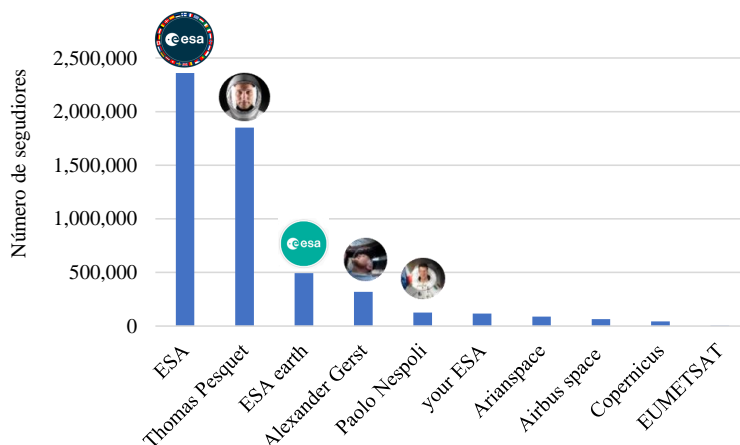


Figura 6.13: Cuentas de Instagram de contenido espacial más relevantes

Fuente: Elaboración propia a partir de [48]

El papel de los astronautas es clave, ya que se pueden considerar las super estrellas de la industria, siendo muchas veces los encargados de representar a la industria espacial en su conjunto y dar a conocer todas las opciones que el espacio ofrece además de la exploración espacial. Por eso, el que tanta gente siga a astronautas es un claro ejemplo del incremento en el interés de la sociedad como efecto del aumento de la importancia del espacio en nuestra vida cotidiana y las oportunidades que ofrece para desarrollo tecnológico en muchas otras áreas que permiten afrontar retos de la sociedad.

En cuanto a la ESA, su papel divulgador es fundamental para hacer llegar el espacio a todo el mundo de una manera sencilla y divertida, y generar interés sobre el espacio a las generaciones más jóvenes. En la Figura 6.14 se muestra el crecimiento en número de seguidores de la cuenta de la agencia, llegando a casi dos millones y medio de seguidores este mismo año 2021. Este aumento en los seguidores durante los últimos dos años es un claro efecto del interés que despierta la actividad espacial por el aumento de aplicaciones que tiene en el día a día.

En Twitter la cuenta dominante del sector espacial europeo es también la de la ESA, que tiene diversas cuentas y cada una de ellas dedicada a un tema diferente. En la Figura 6.15 se han dividido los seguidores de la ESA entre sus principales cuentas de Twitter, donde se puede apreciar que la cuenta con más seguidores es la cuenta principal de la agencia con más de un 80 % del total, lo que representa más de 12 millones de seguidores. Las siguientes cuentas más importantes de la ESA son las dedicadas a las misiones Hubble y Rosseta, seguidas de otras cuentas dedicadas a informar sobre segmentos diferentes de la actividad de la agencia y cuentas de la agencia en los diferentes idiomas de los estados miembros. Por último, en el apartado otros se engloban otras muchas cuentas

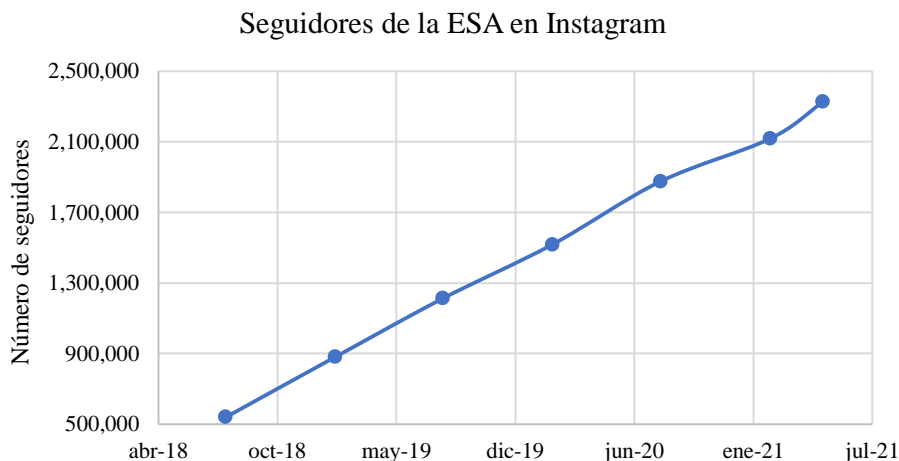


Figura 6.14: Evolución del número de seguidores de la cuenta de la ESA en Instagram

Fuente: Elaboración propia a partir de [48]

pertenecientes a la ESA pero que no tienen un gran número de seguidores. El uso que la Agencia Espacial Europea otorga a esta red social es más didáctico e informativo respecto a Instagram, donde se sube contenido más visual pero que no permite incluir demasiada información.

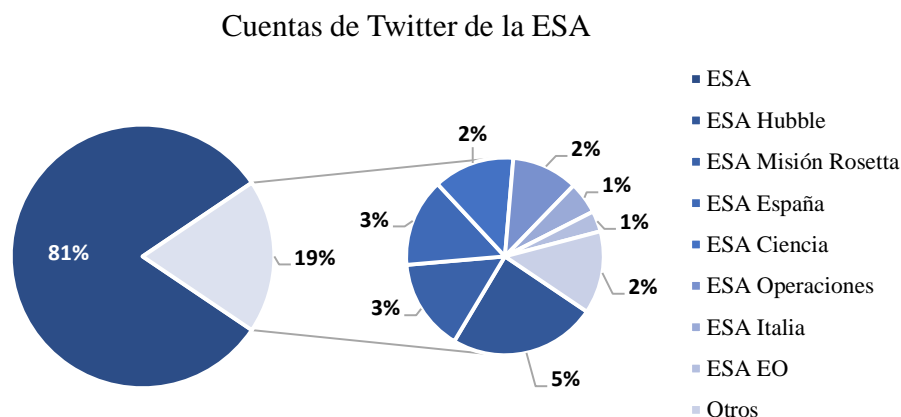


Figura 6.15: Seguidores de la ESA en Twitter en sus diferentes cuentas

Fuente: Elaboración propia a partir de [48]

Por último, Youtube es una herramienta que también utiliza la ESA para acercar el espacio a todo el mundo de una manera más detallada que en las anteriores dos plataformas. Y al igual que en ellas, el canal de Youtube de la ESA ha incrementado sus visualizaciones en los últimos años, pero en esta plataforma son las cuentas de la NASA y Space X las dominadoras con casi dieciséis millones de suscriptores. Y aunque no sean cuentas específicas de la industria espacial europea son un claro indicador del aumento del impacto de este sector en la sociedad. En la Figura 6.16 están recogidas las visualizaciones de las cuentas de contenido espacial más relevantes desde 2005, y se ve claramente la dominancia de las cuentas de la NASA y Space X sobre cuentas europeas.

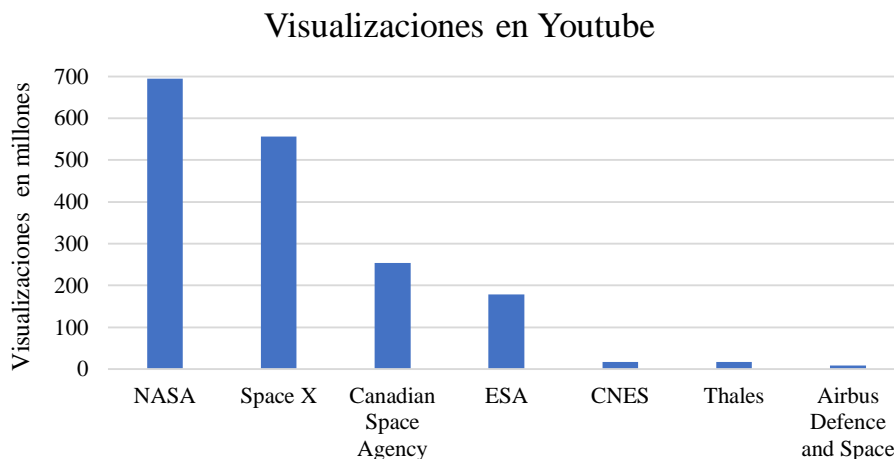


Figura 6.16: Visualizaciones en Youtube desde 2005 de las cuentas de contenido espacial más relevantes

Fuente: Elaboración propia a partir de [48]

### 6.2.2. Educación

La actividad espacial, sobretodo los hitos conseguidos en la exploración del espacio, hace que mucha gente se fije en el sector como una motivación para trabajar en él. Y por ello, gracias a la industria muchos jóvenes deciden estudiar carreras de disciplinas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (CTIM) que les permitan trabajar en la industria espacial en un futuro. En la Figura 6.17 se muestra el número de graduados en carreras CTIM en los últimos años a partir de los datos ofrecidos en la base de datos de la OECD [49]. El aumento de graduados en este tipo de estudios depende de muchos otros factores además de la inspiración de las actividades espaciales, pero es un factor más que contribuye a este aumento de estudiantes en áreas que pueden contribuir en el futuro a continuar con el desarrollo de la industria.

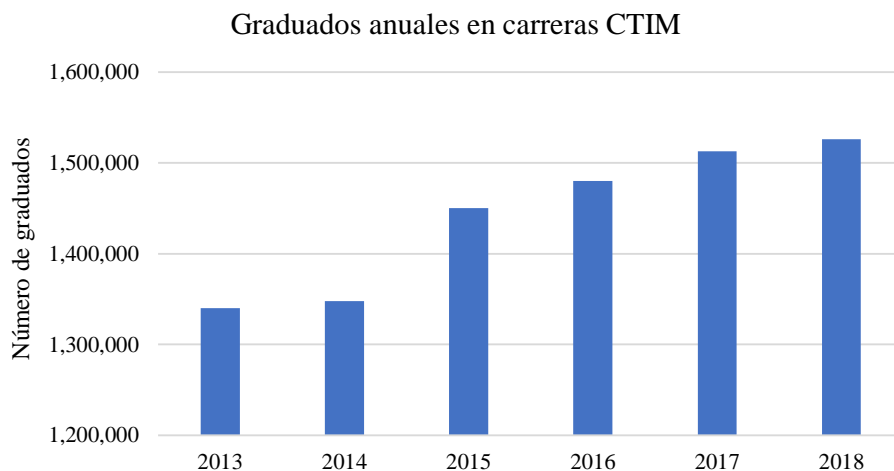


Figura 6.17: Evolución anual del número de graduados en carreras CTIM

Fuente: Elaboración propia a partir de [49]

Un indicador que expone de manera más clara el efecto en la educación de la industria espacial es la aparición de carreras y sobretodo másteres especializados en el espacio. Estas oportunidades educativas surgen ante la demanda por parte de estudiantes de educación específica sobre el espacio, y ejemplos de ello son las especializaciones existentes en la Universidad Técnica de Delft (TU Delft), el Real Instituto de Tecnología sueco (KTH) o el Instituto Superior de Aeronáutica y del Espacio en Francia (ISAE-SUPAERO), así como los másteres de la Universidad Politécnica de Milán, la Universidad Carlos III de Madrid y la Universidad Internacional del Espacio, esta última dedicada exclusivamente a la temática espacial.

Además, desde la propia Agencia Espacial Europea se han creado varios programas educativos para fomentar el aprendizaje de la ciencia y tecnología en el espacio en centros de educación primaria y secundaria, así como programas más avanzados para universitarios interesados en el tema [50]. Para la educación en primaria y secundaria existe el programa “Teach with Space”, el cual está enfocado a la formación de profesores durante talleres realizados de manera presencial en Holanda cada verano [51] y cuenta con una página web donde se pueden encontrar materiales didácticos para que los profesores puedan usar en sus clases [52]. En cuanto a los estudiantes universitarios, la ESA ha creado la llamada “ESA Academy”, que consiste en varios talleres sobre disciplinas variadas, en los cuales los estudiantes pueden mejorar sus habilidades, aumentar su motivación y familiarizarse con el sector espacial de una manera práctica [53].

### 6.2.3. Sostenibilidad de la industria espacial

El uso de las tecnologías espaciales ofrece multitud de soluciones para atajar y monitorizar el cambio climático, con el objetivo de conseguir una sociedad más sostenible y preservar el medio ambiente. Sin embargo, estos son efectos catalíticos que tiene la industria espacial sobre otras áreas, y por tanto se tratarán en el siguiente capítulo. Por lo que en esta sección se analiza la sostenibilidad de la actividad llevada a cabo en la propia industria espacial, donde el principal problema es la basura espacial generada principalmente por el uso de satélites. También se van a tratar en la sección las actividades llevadas a cabo por la ESA para promover y sensibilizar sobre la importancia de la responsabilidad ambiental y social.

La basura espacial se define según el Comité de Coordinación de Escombros Espaciales entre Agencias (IADC) como todos aquellos objetos hechos por el hombre, incluidos fragmentos y elementos de los mismos, en órbita terrestre o reentrando a la atmósfera, que no son funcionales [54]. La cantidad de basura espacial no ha dejado de aumentar desde el comienzo de la actividad espacial en el siglo XX y se ha visto incrementada de manera pronunciada en los últimos años por el aumento de las aplicaciones de los satélites, como se puede ver en la Figura 6.18. En base a las estimaciones de la ESA [55] hay actualmente un total de 34,000 objetos de más de 10 cm en órbita, 900,000 objetos de entre 1 y 10 cm y 128 millones de objetos menores de 1 cm. Todos estos objetos en órbita hacen que la actividad espacial sea menos segura para la población en la Tierra

por la posible reentrada de grandes objetos, pero también para los satélites funcionales en órbita debido al riesgo de colisión.

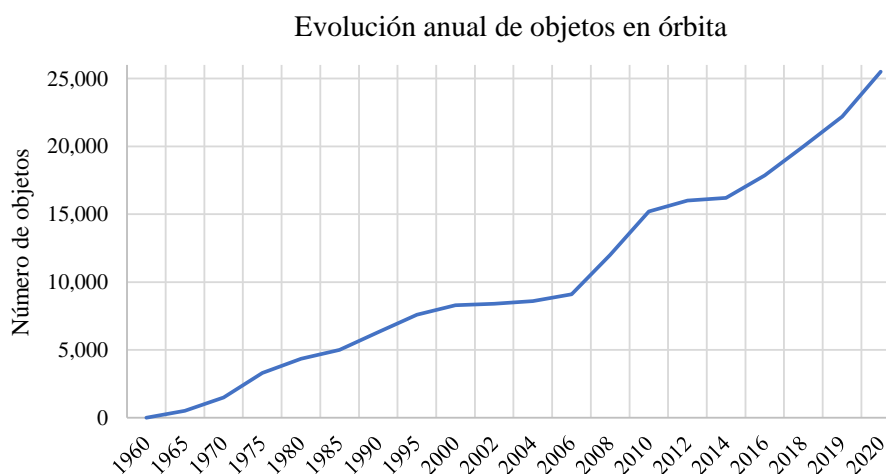


Figura 6.18: Evolución anual del número objetos en órbita terrestre

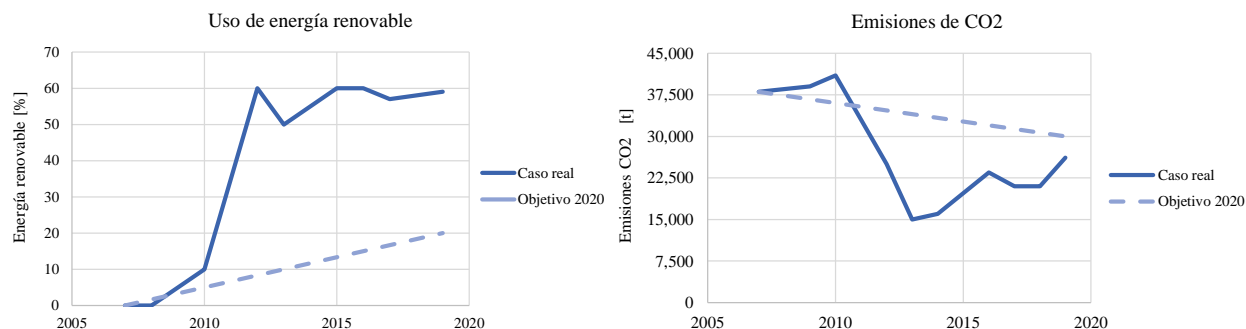
Fuente: Elaboración propia a partir de [55]

El problema de la basura espacial siempre ha estado presente en las agencias espaciales, pero en las últimas dos décadas se ha acentuado por el aumento de la actividad espacial con el uso de satélites. Por eso, en 2002 se creó el Comité de Coordinación de Escombros Espaciales entre Agencias (IADC), una comisión encargada de establecer una pautas que los actores espaciales deben tener en cuenta a la hora de diseñar sus misiones espaciales. Estas pautas tienen que ver principalmente con la creación de un plan antes de llevar a cabo la misión para evitar que los objetos se queden en una órbita LEO o GEO, ya sea por medio de reservar combustible para alejar el satélite de la Tierra o asegurar su desintegración en la reentrada en la atmósfera.

En el caso de Europa, la Agencia Espacial Europea conjuntamente con las agencias espaciales nacionales de sus miembros han recogido las recomendaciones expuestas por la IADC para elaborar un marco regulatorio que asegure la reducción del impacto sobre el entorno espacial y su repercusión asociada en la Tierra. Además, desde la ESA se ha creado un programa llamado “Clean Space” con el que se fomenta el desarrollo de tecnologías que permitan la reducción de basura espacial, como es el ejemplo del proyecto “Clear Space” que consiste en un satélite capaz de recoger satélites en desuso y desintegrarlos en la atmósfera.

Por otro lado, y con el objetivo de concienciar sobre la importancia de cuidar el medio ambiente y dar ejemplo, la ESA estableció en 2010 un marco de políticas de desarrollo sostenible, en las que se comprometía a reducir el impacto medioambiental de su actividad por medio de hacer uso de energías renovables, reducir los viajes de sus trabajadores, aumentar la eficiencia energética de sus oficinas o aumentar la digitalización de la agencia. Para comprobar el funcionamiento de estas políticas se establecieron tres objetivos principales para reducir el impacto de la agencia en la Tierra, que consistían en conseguir una reducción del 20% en sus emisiones de  $CO_2$  y energía consumida en

su actividad diaria, además de aumentar en un 20 % la energía renovables usadas en su actividad en 2020.



(a) Evolución del uso de energía renovable

(b) Evolución de las emisiones de  $CO_2$

Figura 6.19: Evolución de los objetivos de sostenibilidad de la ESA para 2020

Fuente: Elaboración propia a partir de [55]

Los resultados y evolución de estos tres objetivos se encuentra en el informe de 2020 sobre sostenibilidad de su actividad que realiza la ESA cada dos años [56]. En la Figura 6.19 se encuentran los gráficos de la evolución de las emisiones de  $CO_2$  y el uso de energía renovables por parte de la ESA a lo largo de los últimos quince años. Ambos objetivos se puede ver que se han superado con éxito, ya que se usa casi un 60 % de energía renovable y las emisiones se han reducido por debajo de 30000 toneladas. En cuanto al tercer objetivo, el de reducir un 20 % el uso de energía, no se ha cumplido ya que únicamente se ha reducido en un 4 %, lo cual hace que la ESA este estudiando nuevas maneras junto a su departamento de eficiencia energética para mejorarlo de cara a la próxima década.

Además de estos objetivos que la ESA establece para reducir su impacto medioambiental y los programas para la reducción de la basura espacial en órbita, la ESA también promueve actividades para liderar la integración de consideraciones ambientales dentro del sector espacial. Entre estas actividades se encuentran los programas educativos mencionado anteriormente, ya que algunos se dedican a esta temática. Pero también se ha creado un premio (“Space for Sustainability”) el cual recompensa la mejor idea de proyecto que integre aplicaciones centradas en la sostenibilidad del espacio, dirigido hacia estudiantes universitarios y profesionales jóvenes por debajo de treinta años. El objetivo de este premio, al igual que el resto de acciones realizadas por la ESA en este sentido, es estimular el debate y concienciar sobre el espacio y cuestiones de sostenibilidad entre los jóvenes europeos, y ser una herramienta para la conexión de ideas de proyectos innovadores y creativos en las áreas de espacio y sostenibilidad.

# 7

## *Impacto catalítico*

Como se ha expuesto a lo largo del trabajo, la actividad espacial va más allá de las grandes misiones de exploración espacial conocidas por el público general, y está presente en multitud de industrias y actividades del día a día de la sociedad. Además, la industria espacial y las tecnologías derivadas de ella no solo generan el impacto analizado en el apartado anterior, sino que también pueden permitir o facilitar otras actividades para las cuales no estaban pensadas en un principio. La consultora London Economics define este tipo de tecnologías como Tecnologías de Propósito General (TPG), las cuales tienen amplias aplicaciones, posibilidades de mejoras continuas y se adoptan por parte de los mercados en varios sectores. Otra característica de las TPG es que generan la mayor parte de la riqueza, atribuible a ellas, cuando se difunden en otros sectores, no en el momento de su invención. Las TPG promueven efectos catalíticos como los que se muestran a continuación:

- Nuevas aplicaciones en multitud de sectores, posibles gracias a estas tecnologías.
- Procesos de producción más eficientes.
- Cambios estructurales en la industria y nuevos procesos comerciales y aprendizaje organizacional.
- Aparición de nuevos métodos de trabajo.
- Aparición de nuevos hábitos en los usuarios.

En el caso concreto de la industria espacial, la mayoría de estos beneficios son gracias a los satélites y sus tecnologías asociadas, en particular la observación terrestre (EO), las comunicaciones por satélite (SatCom) y la navegación también por satélite (SatNav). En el capítulo anterior donde se han expuesto los resultados del análisis socio-económico, ya se han descrito alguna de las áreas en las que estas tecnologías tienen un gran papel como es la agricultura, el transporte o los servicios de emergencia. En la Figura 7.1 se muestran

las principales áreas donde los servicios ofrecidos por satélites tienen mayor influencia y las actividades más importantes llevadas a cabo en cada una de estas áreas divididas en tres categorías: soluciones habilitantes, soluciones de mejora y soluciones alternativas.

Las aplicaciones que aparecen más en el centro del círculo y en color oscuro son aquellas clasificadas como soluciones habilitantes, es decir, sin el uso de satélites no es posible llevarlas a cabo. Por tanto, un fallo en la red de satélites haría que este tipo de aplicaciones dejase de funcionar. El segundo escalón es el de las aplicaciones que usan los satélites como soluciones de mejora, aquellas que se pueden llevar a cabo sin el uso de satélites pero gracias a estos se consigue una clara mejoría en el rendimiento. Por último, las aplicaciones en la parte más exterior del círculo son aquellas consideradas como soluciones alternativas, ya que el uso de satélites no siempre supone una mejora clara en el rendimiento y habría que estudiar cada caso concreto para hacer uso o no de los servicios ofrecidos por los satélites.

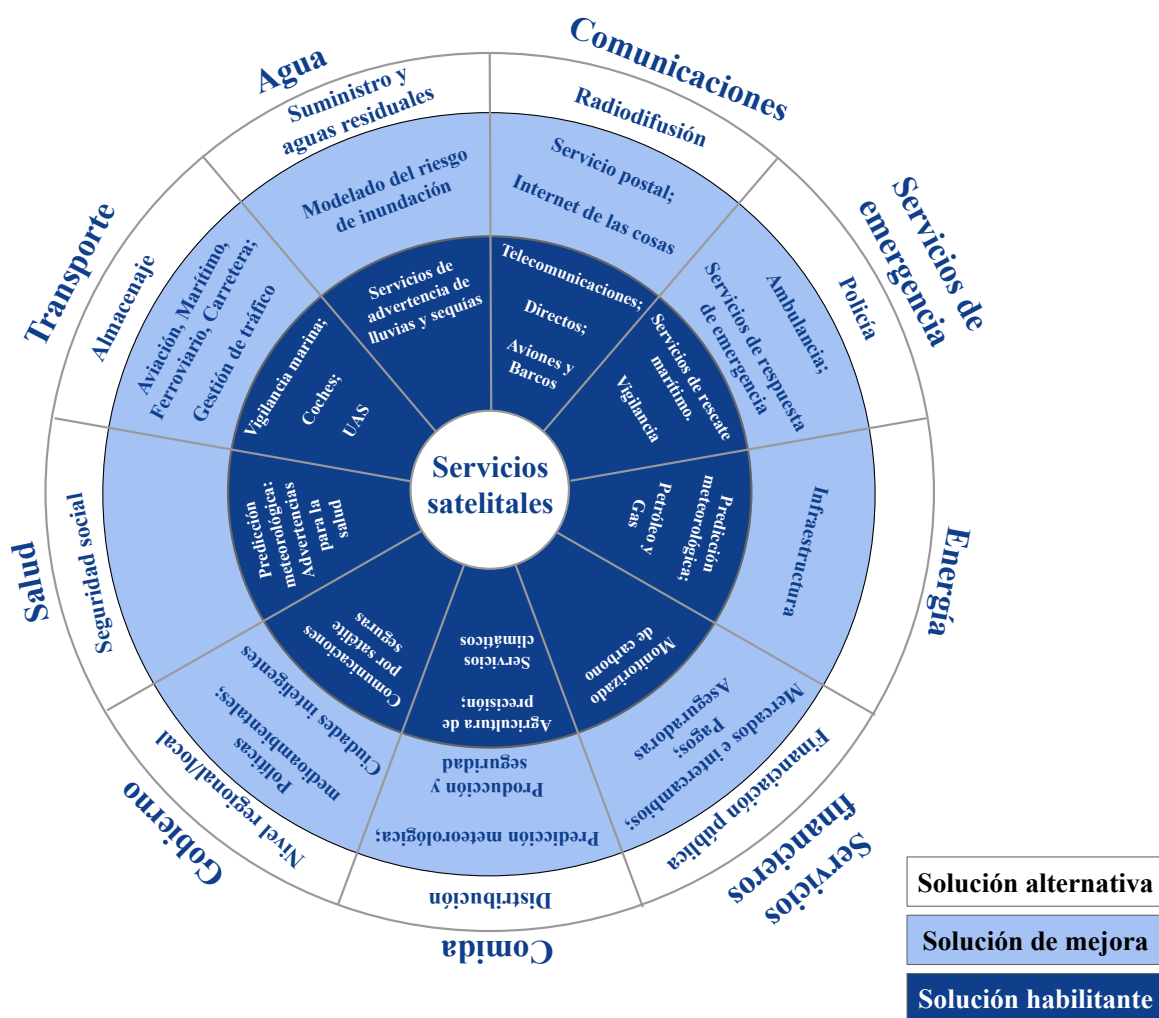


Figura 7.1: Áreas de aplicación de la tecnología espacial

Fuente: Elaboración propia a partir de [9]

A pesar de que la actividad relacionada con los satélites ha dejado en un segundo plano a la exploración espacial, esta también hay que tenerla en cuenta al hablar del



impacto catalítico del espacio en la economía y la sociedad europea. Esto se debe a que la exploración espacial, y la investigación científica que lleva asociada, es una actividad con una gran inversión en innovación y desarrollo (I+D) por parte de las instituciones públicas y privadas, lo cual permite que se desarrollen nuevas tecnologías que se puedan aplicar en otras industrias para las que no han sido pensadas en un principio. Además, a nivel educativo permiten la aparición de programas de investigación en colaboración con universidad que abren la puerta a la comunidad educativa a trabajar en nuevas áreas de estudio.

Llegados a este punto del trabajo es evidente la amplia variedad de usos que tienen las tecnologías espaciales y el gran impacto que la industria en su conjunto tiene sobre la economía y la sociedad. Sin embargo, es muy complicado analizar de manera cuantitativa todos estos efectos que la industria espacial lleva consigo más allá de su propia cadena de valor y las más cercanas a ella. Por ello, se ha optado por un análisis cualitativo en el que se exponen y describen la gran variedad de posibilidades que ofrece para tener una idea más global de del impacto del espacio más allá de los impacto directos, indirectos e inducidos estudiados en el capítulo anterior. Además, para poder sacar conclusiones más específicas para el caso de Europa, se han analizado programas o proyectos concretos de las diferentes áreas expuestas anteriormente.

De esta manera, para facilitar el análisis se han clasificado los impactos catalíticos en dos grandes grupos según la naturaleza de las actividades:

- **Beneficios de usuarios finales:** En este grupo se considera el impacto en un sentido amplio (mayor eficiencia, reducción de costes, nuevas actividades, etc.), que los usuarios finales obtienen directamente del uso del producto o servicio que ha sido posible gracias a las tecnologías espaciales.
- **I+D y conocimiento:** En este grupo se engloban las actividades de I+D y las tecnologías innovadoras resultantes de esta, que tienen impacto en otros sectores fuera del espacio.

## 7.1. Beneficios de usuarios finales

Este primer grupo de los dos en los que se ha clasificado el impacto catalítico corresponde a los servicios y productos ofrecidos gracias a las tecnologías desarrolladas por la industria espacial que tiene beneficios para el usuario final. Estas tecnologías (EO, SatNav y SatCom) ofrecen aplicaciones en una gran variedad de sectores, los cuales se pueden agrupar en tres grandes mercados como aparece en el esquema de la Figura 7.2. Estos mercados son la seguridad, el medio ambiente y los servicios públicos, que a su vez se puede dividir otros subgrupos como también se representa en la figura.

Cabe mencionar de nuevo que el análisis llevado a cabo en este capítulo tiene como objetivo ilustrar de manera cualitativa las aplicaciones que las tecnologías espaciales tienen más allá del espacio. No se pretende hacer un análisis exhaustivo de la contribución

exacta de estas tecnologías, sino que se hace uso de ejemplos de sus aplicaciones y usuarios para poder comprender el papel e impacto total del espacio.

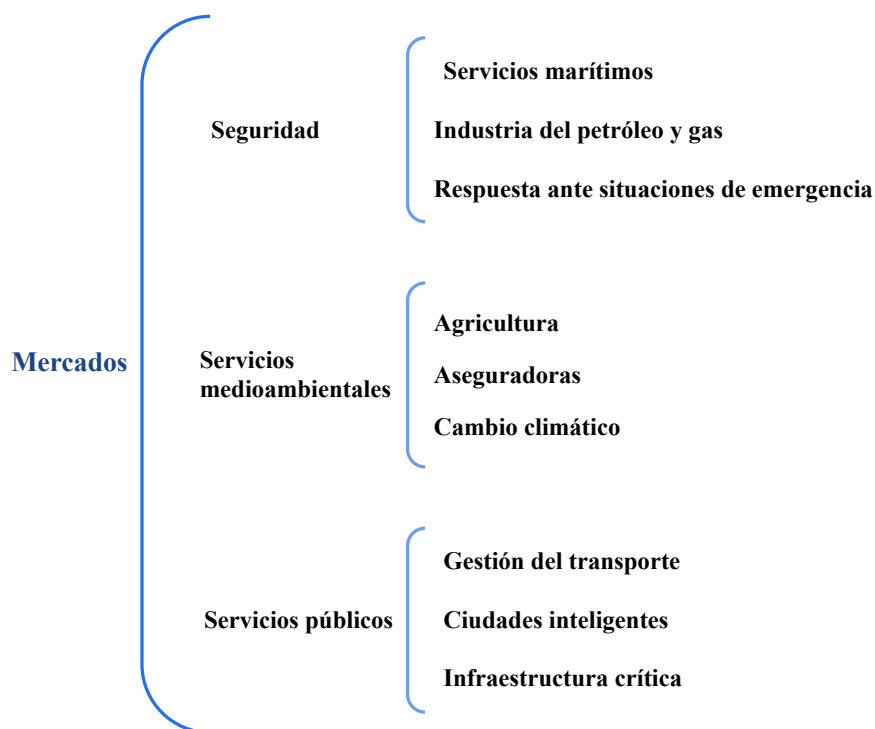


Figura 7.2: Esquema de los mercados influenciados por la industria espacial analizados

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.1. Seguridad

Los principales usuarios de los servicios ofrecidos por los satélites con fines de seguridad son principalmente las agencias e instituciones públicas para poder ofrecer beneficios a la sociedad. Como aparece en el esquema de la Figura 7.2 dentro de esta categoría se encuentran como áreas destacadas los servicios marítimos, el sector de petróleo y gas y la respuesta a desastres y emergencias.

#### Servicios marítimos

Las tecnologías satelitales ofrecen soluciones ideales para aplicaciones que permitan dar servicios marítimos como la vigilancia marítima, la gestión medioambiental del mar o el tráfico marítimo. Las tres tecnologías ofrecidas por los satélites se utilizan para dar servicios marítimos, aunque las que mayor impacto generan son la observación terrestre y la navegación por satélite.

Los satélites de observación terrestre permiten monitorizar grandes áreas del océano con un coste limitado, ya que se utilizan algoritmos para detectar anomalías en las imágenes generadas para identificar las áreas donde se tiene que actuar, reduciendo la carga sobre los servicios de control y gestión. Un ejemplo del uso de esta tecnología es el programa de Reino Unido llamado “NovaSAR”, el cual consiste en una red de satélites que

ofrecen información marítima (vigilancia de actividades ilegales, derrames de petróleo, etc.) a bajo coste y son capaces de operar en todas las condiciones climáticas. Además de los beneficios en la reducción de costes y eficiencia del trabajo, se estima que también tiene un gran impacto económico con la creación de más de 300 nuevos puestos de trabajo y un retorno de la inversión de 50:1 [38].

Otro ejemplo donde los satélites de observación ofrecen grandes beneficios sobre la vigilancia de los océanos es en la zona del mar Báltico, donde gracias a las imágenes de estos satélites se pueden identificar los bloques de hielo y predecir sus movimientos para que así los barcos puedan evitarlos optimizando sus rutas y brindando una mayor seguridad. Según datos de 2005 de la empresa de navegación Murmansk [38], gracias a la tecnología de EO la velocidad de los barcos aumentó entre un 30-40% respecto años anteriores en los trayectos realizados durante la temporada de invierno entre las costas de Noruega y Rusia. Además, se estima que esta reducción del tiempo de los viajes también supone un ahorro de costes cercanos a 2,000 euros por barcos al día.

En cuanto a la gestión medioambiental del mar, la ESA lanzó entre los años 2007 y 2011 una iniciativa llamada “EMSA Clean Sea Net” con la cual se pretendía estudiar el uso de satélites de observación terrestre para monitorizar derrames de petróleo en los océanos. El resultado del estudio fue que los satélites permitían monitorizar más de 1 billón de kilómetros cuadrados de océanos con un coste operacional de 2.7 M€. Si esa misma superficie se hubiese controlado con aviones, como se hacía en muchas ocasiones, hubiese supuesto alrededor de 50,000 horas de vuelo con un coste cercano a 30 M€[9]. Por lo que se puede extraer la conclusión de que el uso de satélites con este propósito reduce considerablemente el gasto, además de reducir las emisiones que se hubiese producido en caso de emplear los aviones.

Por otra parte, la navegación por satélite también juega un papel fundamental ofreciendo servicios de marítimos de posicionamiento y navegación para los barcos. Los servicios que ofrecen la red de satélites Galileo y la infraestructura EGNOS permite que los barcos puedan operar en rutas más eficientes y ahorrar combustible, así como permitir la evolución hacia barcos autónomos. Acerca de las operaciones marítimas autónomas, en el informe del mercado europeo de navegación por satélite [33] se establece que la mayoría de actividades relacionadas con el desarrollo de esta tecnología y los servicios marítimos van encaminados a conseguir embarcaciones completamente autónomas en un futuro no muy lejano.

### **Industria de petróleo y gas**

La industria de petróleo y gas es un claro ejemplo de industria en la cual sus actividades no se podrían llevar a cabo sin los servicios que las tecnologías espaciales ofrecen. Estas tecnologías están presentes a lo largo de toda su cadena de valor, desde el momento de búsqueda de nuevas reservas de donde poder extraer el gas y el petróleo, hasta el último eslabón encargado de la distribución.

Los satélites de observación terrestre se utilizan a lo largo de toda la cadena de valor, pero tienen un papel fundamental en la primera etapa de exploración de nuevas

reservas. Gracias a esta tecnología es posible identificar las posibles reservas y llevar a cabo el análisis geológico de la zona. Otro aspecto en el que la observación terrestre es importante es la predicción meteorológica de las zonas donde se establece la base, tanto para elegir el momento adecuado para su construcción, como para asegurar la seguridad de los trabajadores en la base y las empresas encargadas del transporte y logística.

La navegación por satélite también es necesaria, ya que las bases se encuentran en el mar, y como se ha visto anteriormente, para el posicionamiento en los océanos es imprescindible hacer uso de esta tecnología. Los principales usuarios de los servicios de navegación por satélite son los barcos encargados del transporte de la mercancía, que gracias a ellos pueden optimizar sus rutas y ahorrar tiempo y dinero en combustible.

Por último, en esta industria también es importante mencionar la importancia de las comunicaciones por satélite. Estos servicios son muy importantes principalmente para los trabajadores de las bases, porque de esta manera pueden comunicarse con sus familiares y amigos, así como acceder a contenidos televisivos o a internet. Además, los servicios ofrecidos por los satélites de comunicaciones son muy importantes en la fase de construcción de la base, porque al tener limitaciones de espacio no todos los encargados de estas operaciones pueden estar presentes y es imprescindible transmitir los datos en tiempo real de las excavaciones para tratar de identificar cualquier problema que surja.

En conclusión, es evidente la gran dependencia de esta industria de las tecnologías espaciales ofrecidas por los satélites. En términos de impacto económico, se reducen los costes a lo largo del proceso de exploración y construcción, al igual que a la hora del transporte. Según el informe del mercado de observación terrestre europeo, en 2016 la facturación de la industria de petróleo y gas gracias al uso concreto de la infraestructura del programa Copernicus se estimaba en 115 millones de euros, y pronosticó que en 2020 sería de 312 millones de euros [44]. En relación al impacto social, gracias al uso de las tecnologías espaciales se consigue una mayor seguridad en las operaciones y una mejor calidad de vida para los operarios en las bases.

### **Respuesta ante situaciones de emergencia**

Dentro de las situaciones de emergencia se engloban principalmente catástrofes naturales y rescates a usuarios en zonas de difícil acceso como la montaña. Es posible que las respuestas a estas situaciones de emergencias se llevaran a cabo sin el uso de los servicios satelitales, pero la gran ventaja que supone su utilización hacen que su uso sea imprescindible.

Los satélites de observación terrestre proporcionan predicciones meteorológicas y modelos climáticos que pueden prever condiciones meteorológicas extremas y así permitir a las zonas afectadas prepararse para evitar que la situación de emergencia tenga consecuencias catastróficas. Sin embargo, con la tecnología actual es muy complicado predecir todas estas situaciones, por lo que también se utilizan las imágenes proporcionadas por los satélites después de producirse el desastre para mapear la zona afectada, establecer los daños y actuar de la manera más eficaz posible.

A nivel europeo, la Comisión Europea estima que los daños producidos en Europa debido a inundaciones y tormentas tienen como consecuencia un coste económico anual de 4,700 M€ y 4,100 M€ respectivamente, pero concluye que es prácticamente imposible estimar el ahorro que supone utilizar la observación terrestre en estas situaciones. Sin embargo, en el análisis de la industria de observación terrestre sugiere que el ahorro potencial por año gracias al uso de la infraestructura Copernicus es cercano a 100M€.

Respecto a los servicios de navegación por satélite, estos se utilizan en tareas de búsqueda y rescate de personas en peligro. Estas actividades son operadas por parte del Sistema Satelital Internacional de Búsqueda y Rescate (COSPAS-SARSAT), el cual está formado tanto por una red de satélites como de estaciones terrestres. Para poder solicitar auxilio por parte de un individuo, este tiene que activar una baliza que manda un señal al satélite para posteriormente enviar su localización exacta a los servicios de rescate. En Europa había registradas en 2018 más de 300,000 balizas de diferentes tipo para poder mandar señales de auxilio [33], y se estima que alrededor de 1,000 personas son rescatadas al año gracias a este sistema.

### 7.1.2. Servicios medioambientales

El número de aplicaciones que los satélites ofrecen con fines de monitorizar y gestionar el medioambiente es muy amplio y está dominado por el uso de la observación terrestre como principal tecnología. Las principales áreas donde las tecnologías espaciales tienen un uso dirigido al medio ambiente es en el sector de las aseguradoras, la agricultura y la lucha contra el cambio climático. Dentro de esta categoría de servicios medioambientales se podría considerar también la meteorología, pero los datos meteorológicos proporcionados por los satélites aunque ofrecen beneficios son habitualmente por medio de otros sectores como los vistos en la sección anterior sobre seguridad o los que se tratan en esta misma sección.

#### Aseguradoras

Aunque pueda parecer que el sector de las aseguradoras no se pueda beneficiar de las tecnologías espaciales, en este sector se hace uso desde hace no mucho de los datos proporcionados por los satélites de observación terrestre para realizar evaluaciones de riesgos más precisas. De esta manera, las empresas aseguradoras pueden establecer primas de seguros más adecuadas a sus clientes.

Mediante el uso de los datos que ofrecen los satélites, las aseguradores pueden obtener varios beneficios. El primero de ellos es poder realizar una mejor evaluación de los riesgos, que permite establecer primas mas adecuadas como ya se ha comentado, y hace que la empresa aseguradora tenga un mayor control sobre el riesgo financiero a la hora de asegurar algo. Por otro lado, las predicciones meteorológicas de los satélites hacen posible anticiparse a las catástrofes para así minimizar los daños, además de que permiten acotar el área afectada.

El uso de tecnología de observación terrestre es una práctica novedosa en el sector, y por ello es difícil hacer una estimación del impacto que puede llegar a tener el uso de los satélites. En el informe del mercado de observación terrestre europeo se estima que los beneficios económicos del sector gracias al uso de los satélites en 2020 pudo superar los 200 M€[44]. Además, el uso de esta tecnología abre las puertas de nuevas oportunidades para el sector, sobretodo en países emergentes y áreas remotas. Estas posibilidades hacen pensar que el papel de la tecnología espacial jugará un papel muy importante para las aseguradores en el futuro.

### **Agricultura**

El sector agrícola fue uno de los primeros sectores en hacer uso de las tecnologías espaciales para optimizar sus procesos y poder aumentar tanto la calidad de los productos como la cantidad producida. A esta unión entre la actividad agrícola y las tecnologías espaciales se conoce como agricultura de precisión, que además de la producción permite reducir el impacto medioambiental.

En cuanto a las tecnologías utilizadas, la tecnología de observación terrestre es la que más aplicaciones tiene dentro de la agricultura de precisión, ya que aporta gran cantidad de datos de gran valor para mejorar la eficiencia del trabajo a bajo coste. La tarea principal de estos satélites es monitorizar las zonas de cultivo, ya que permite analizar grandes extensiones de terreno, predecir las condiciones climatológicas y controlar las variables que influyen en la producción como la temperatura del terreno y las plantas mediante su radiación o la distribución del agua. Todos estos datos permiten a los agricultores tomar decisiones más informadas en la gestión del cultivo, permitiendo reducir los costes de producción y aumentar la calidad y cantidad producidas.

Un ejemplo del uso de la observación terrestre en la agricultura es el programa llevado a cabo en Francia desde 2003 por la empresa “FARMSTAR”. El servicio que los satélites proporcionan en este programa a los agricultores es la predicción meteorológica y datos en tiempo real del uso de fertilizantes, en concreto mide el nivel de nitrógeno la tierra. Este control se realiza tradicionalmente cogiendo muestras de tierra y llevándolas a un laboratorio para su análisis, pero gracias a “FARMSTAR” es posible tener información en todo momento del nitrógeno en tierra durante la fase de crecimiento de las plantas con un menor coste en tiempo y recursos. La propia compañía estima que el uso de esta tecnología reduce el uso de nitrógeno en 20 kgN por hectárea para una misma producción de colza y 10 kgN por hectárea para el trigo [57]. Esto supone un aumento del beneficio de 5 euros por hectárea para los usuarios de “FARMSTAR”.

En la agricultura de precisión también juega un papel muy importante la navegación por satélite, sus servicios no residen únicamente en proporcionar información para tomar mejores decisiones, si no que permiten implementar aplicaciones para trabajar el terreno de manera autónoma. El uso de esta tecnología permite a los agricultores controlar la posición de toda su maquinaria y posicionar los sensores y máquinas en localizaciones exactas del terreno. Sin embargo, el gran potencial de esta tecnología reside en la posibilidad de utilizar maquinaria o robots que puedan realizar trabajos moviéndose de manera

autónoma por todo el terreno.

En definitiva, la agricultura de precisión es una actividad que se lleva practicando desde que estas tecnologías existen por el gran beneficio que suponen sobretudo en cultivos de gran extensión, tanto en términos económicos al reducir el coste y el tiempo de trabajo, como en la calidad de los alimentos que repercutirá de manera positiva en la salud de los consumidores.

### **Cambio climático**

En la sección de sostenibilidad del capítulo anterior se ha hablado del impacto medioambiental de la propia actividad de la industria espacial, pero en este punto se analiza la contribución de las tecnologías espaciales a la lucha contra el cambio climático. La principal tecnología para este propósito es la observación terrestre, que como se ha visto en las secciones anteriores permite recoger una gran cantidad de datos sobre las condiciones en la Tierra.

Mediante el uso de los satélites de observación terrestre es posible monitorizar variables esenciales del cambio climático, como la calidad del aire y su temperatura, la radiación terrestre, la cantidad de hielo en los océanos o los movimientos de vegetación. Monitorizar todas estas variables permite obtener conocimiento del problema para que los gobiernos e instituciones puedan tomar acciones políticas apropiadas, además de aumentar la concienciación social sobre el problema.

Las tecnologías espaciales aportan información de gran valor sobre las variables medioambientales, además de permitir que otras industrias puedan trabajar de manera más eficiente y sostenible como es el caso de la industria agrícola. Sin embargo, el uso de tecnologías espaciales debe ir de la mano de acciones por parte de la sociedad y los gobiernos para frenar el avance del cambio climático, porque este es un problema que tiene un impacto negativo sobre la sociedad y economía sobretudo a largo plazo. Según el informe de la industria espacial de Booz & Company [38], se estima que la pérdida de recursos explotables supondría una pérdida económica del 3% del PIB mundial en comparación con lo que se podría lograr sin el cambio climático.

Hay multitud de iniciativas lanzadas desde la industria espacial para que por medio del uso de las tecnologías espaciales se combata el cambio climático. Algunas de ellas se han presentado ya, como es el ejemplo del programa “EMSA Clean Sea Net” o la mejora en las operaciones marítimas y agrícolas. Entre estas iniciativas se encuentra la llevada a cabo por los organismos europeos para hacer uso de la observación terrestre para controlar el nivel del mar y los daños de erosión e inundaciones que eso causa en las zonas costeras. En Europa el gasto en la protección de las zonas costeras aumentó desde 370 M€ en 1998 a 1,000 M€ en 2008, pero se estima que gracias al uso de esta tecnología se reduce en un 10% el gasto en protección costera gracias a sus previsiones y la posibilidad de realizar mejores medidas de disminución del impacto.

### 7.1.3. Servicios públicos

Con el gran desarrollo que ha tenido la industria espacial en los últimos años, los gobiernos han visto el potencial de sus tecnologías y estas se incluyen cada vez más como piezas fundamentales en la elaboración de planes y servicios públicos más eficientes para los ciudadanos. El uso de las tecnologías espaciales, no solo tiene un gran impacto social, sino que también suponen una inversión a largo plazo en el ahorro de gastos.

#### Gestión del transporte

En la sección de seguridad ,y en concreto en la parte que hace referencia a los servicios marítimos, se ha hablado de que el el uso de las tecnologías espaciales permite optimizar el transporte marítimo, con rutas establecidas en función de las condiciones climatológicas de la zona, evitando posibles obstáculos como placas de hielo o haciendo cambios en tiempo real en caso de cualquier incidente. Esto mismo ocurre con la aviación, el transporte ferroviarios y el de carretera, que gracias al uso de las tecnologías espaciales pueden operar de manera más eficiente.

En el transporte aéreo y el transporte por carretera el uso de la tecnología de navegación por satélite es imprescindible para la gestión del tráfico. En el caso de la carretera, su uso tiene un gran impacto en la sociedad debido a que es un medio de transporte usado a diario por la mayoría de la población, y la posibilidad de optimizar las rutas en función del tráfico o las condiciones de la carretera y el tiempo puede ahorrar mucho tiempo a los conductores, así como contribuir a reducir el consumo de combustible.

En el transporte aéreo, el uso de los servicios de navegación por satélite también tiene un gran impacto sobre su industria, ya que su operación depende en gran medida de estos servicios. Además de permitir planear la ruta más eficiente para el avión, los equipos del avión utilizan los datos ofrecidos por los satélites para evitar colisiones durante el vuelo, pero sobretodo para realizar las maniobras de aterrizaje y despegue con la mayor seguridad posible y evitar cualquier incidencia.

Los servicios satelitales pueden tener otros usos diferentes a la gestión del tráfico en el transporte y ejemplo de ello es la industria ferroviaria, donde el tráfico no tiene la misma importancia que en los dos anteriores medios de transportes y se emplea la tecnología de navegación por satélite para optimizar el seguimiento de las operaciones de mantenimiento. Esta tecnología se encarga de informar de la localización y momento exacto de cuando realizar el mantenimiento, permitiendo aumentar la seguridad y reduciendo las paradas por mantenimiento correctivo y el tiempo de parada total.

Las tecnologías espaciales tienen un gran impacto en la gestión del transporte, ya que permiten que su uso sea más seguro y aumente la eficiencia en la operación y se reducen los costes de estas. Pero además de la reducción en los costes de operación, las inversiones públicas en el uso de tecnologías de navegación para sistemas de transporte inteligentes tienen un gran impacto en la economía como se indica en el informe realizado por la consultora alemana MICUS [58]. En este informe se estima que por cada euro invertido se generan al menos dos en la economía del país.



## Ciudades inteligentes

Una ciudad inteligente es aquella en la que se emplean todas aquellas tecnologías que hacen posible su desarrollo sostenible, un uso eficaz de sus recursos para conseguir la mayor calidad de vida posible para sus ciudadanos. Por lo que las tecnologías espaciales juegan un papel fundamental en este tipo de ciudades, ya que ofrecen grandes beneficios en términos de sostenibilidad, aumento de la eficacia y calidad de vida como se ha visto hasta el momento.

La idea de ciudad inteligente todavía se encuentra en fase de desarrollo, y por ello es complicado analizar los beneficios económicos y sociales que estas pueden llegar a tener. Pero ya existen algunos proyectos de ciudades inteligentes con los que es posible ilustrar sus beneficios potenciales, como es el caso de “Cities Unlocked” [59]. Este es un proyecto de “Future Cities Catapult” junto con Microsoft y otras empresas, con el objetivo de proporcionar a las personas ciegas un paisaje sonoro en tres dimensiones para darles información de su entorno. Ya se han realizado pruebas piloto con resultados satisfactorios y un aumento de la confianza de los usuarios a la hora de desplazarse por la ciudad, lo que puede ser un gran avance del que se podrían beneficiar todas aquellas personas con pérdidas de visión parciales y totales.

## Infraestructura crítica

Las infraestructuras críticas como la energía, las telecomunicaciones y las finanzas dependen de los servicios espaciales de dos formas distintas, a través de la sincronización y la gestión de la demanda. La primera de ellas utilizando los servicios de navegación por satélite, mientras que la gestión de demanda se hace uso de los servicios de predicción meteorológica basados en la observación terrestre.

Las empresas de energía hacen uso de los relojes de precisión incorporados en los satélites de navegación para establecer las horas de la potencia suministrada monitorizada en cada instante. De esta manera las empresas son capaces de identificar anomalías en el flujo de energía en tiempo real y aplicar medidas de corrección antes de que el problema no se pueda controlar, y así poder evitar un corte de suministros.

Por otra parte, las empresas de telecomunicaciones también utilizan los relojes de precisión de los satélites para sincronizar las llamadas y que se puedan enviar múltiples paquetes de datos en la misma red sin que haya problemas de capacidad de esta. Esto es más importante aún cuando se tratan de comunicaciones en tierra y el mismo cable es utilizado para llamadas de voz e internet.

Por último, en el sector financiero se hace uso de los relojes de los satélites de navegación para poder establecer las horas exactas de cada una de las operaciones realizadas debido a que el valor de los activos varía por el tiempo. Es decir, que mediante el uso de este registro de tiempos es posible almacenar la hora exacta de la instrucción, para después procesar la operación al precio de ese momento y no al precio del momento real (y posterior) en que se procesa la operación.

El uso de los relojes de precisión de los satélites de navegación se debe principalmente al ahorro económico que supone su uso en comparación con el uso de relojes atómicos. Además, los satélites tienen una mayor seguridad en las comunicaciones, fundamental en sectores como el financiero. Por lo que contar con una infraestructura de satélites de navegación propios a nivel europeo como es Galileo es fundamental desde un punto de vista estratégico e independencia respecto otros países, además del impacto socio-económico que conlleva.

En cuanto a la gestión de la demanda y el uso de la observación terrestre para ello, es un servicio utilizado por las empresas de suministros de gas y electricidad. Esto se debe a que los cambios en las condiciones climáticas influyen el consumo ,y con las predicciones meteorológicas los suministradores pueden reducir el exceso de la capacidad de la red para reducir el desperdicio de energía, al mismo tiempo que se reduce la carga sobre la infraestructura.

## 7.2. I+D y conocimiento

La segunda categoría en la que se ha dividido el impacto catalítico de la industria espacial es la de Investigación y desarrollo (I+D) y conocimiento, correspondiente a aquellas tecnologías desarrolladas en la industria espacial y que se han aplicado en otras industrias sin ser ese su objetivo en un principio. La industria espacial es una industria en constante innovación y en la que se hace una gran inversión en las actividades de investigación para desarrollar nuevas tecnologías que permitan superar los retos que plantea la propia actividad espacial, como hacer posible la supervivencia humana en el espacio o conseguir comunicaciones más rápidas y seguras entre satélites. Como consecuencia de esta constante innovación hacen posible que muchas de estas tecnologías desarrolladas, en un principio para resolver problemas espaciales, puedan utilizarse en otros sectores resolviendo otros problemas y creando nuevas posibilidades de comercialización.

Una muestra de la importancia de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías en el sector espacial es el elevado número de patentes registradas en materia espacial, que indican la creación de nuevas tecnologías o productos innovadores. Un ejemplo de ello es la evolución del número de patentes relacionadas con los satélites, como aparece en la Figura 7.3, donde además del gran número de patentes que se registran cada año se puede ver el gran aumento que se ha producido en la última década con el auge de las actividades comerciales con satélites.

El uso de estas tecnologías desarrolladas por los actores de la cadena de valor espacial por parte de otras industrias se conoce como transferencia tecnológicas. Estas transferencias de tecnología y conocimiento de la industria espacial a otras industrias tienen una gran variedad de beneficios, tanto para la industria que adopta la tecnología como para la industria espacial al aumentar sus áreas de negocio y atraer más inversión para sus actividades de I+D. Las transferencias tecnológicas no solo permiten la creación de nuevas áreas de negocios para empresas fuera del sector espacial, sino que también per-

miten mejorar los procedimientos de trabajo en actividades ya existentes, además de que aumentan el nivel de seguridad y la calidad de vida de la sociedad.

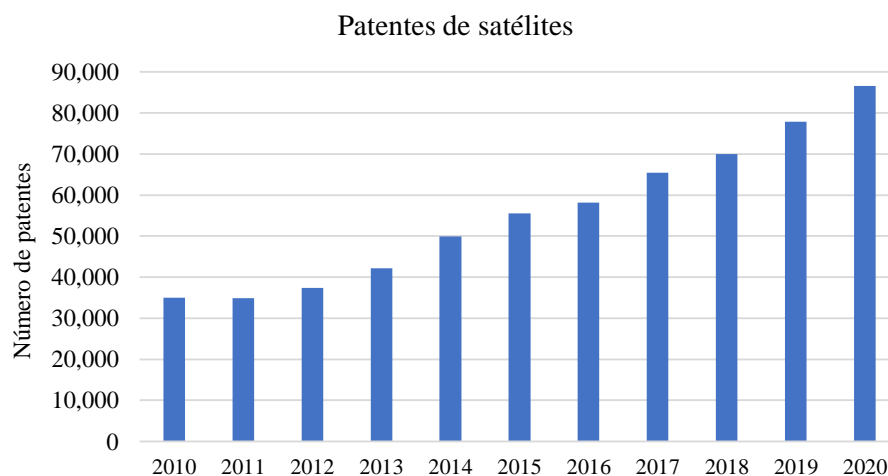


Figura 7.3: Evolución anual del número de patentes sobre satélites y sus sistemas

Fuente: Elaboración propia a partir de [60]

En Europa, la Agencia Espacial Europea (ESA), con el objetivo de fomentar la transferencia de tecnologías y conocimientos del espacio a otras industrias europeas que se puedan beneficiar de ello y maximizar el retorno de la inversión de los estados miembros de la agencia, creó la Oficina del Programa de Transferencias Tecnológicas (TTPO). Esta oficina se encarga de facilitar el uso de la tecnología espacial, sistemas y su conocimiento en aplicaciones fuera del ámbito espacial mediante la gestión de las patentes desarrolladas por la agencia, además de fomentar la creación de nuevas empresas que hagan uso de esas tecnologías en sus Centros de Incubación de Negocios (BIC).[61]

La TTPO de la ESA estima que más de 340 tecnologías espaciales patentadas por la agencia se han transferido a otros sectores par ser aplicadas en otros ámbitos tan variados como son la medicina, los videojuegos o el deporte [61]. A continuación se muestran algunos ejemplos de estas transferencias de tecnología, pero como se ha comentado a lo largo del trabajo, estos ejemplos son una manera de ilustrar la gran cantidad de beneficios resultantes de la investigación en la industria espacial, sin ser su objetivo cuantificar el impacto social y económico de una manera realista ante la dificultad que ello supone.

Uno de los ámbitos que más se ha beneficiado de las transferencias tecnológicas es la medicina, gracias a las investigaciones llevadas a cabo para permitir la vida humana en la Estación Espacial Internacional o las investigaciones científicas que se pueden realizar en dicha estación. Un ejemplo de tecnologías espaciales en la medicina es la adaptación llevada a cabo por parte de Elecnor Deimos junto con la Universidad Politécnica de Madrid de un software de procesamiento de imágenes de satélites para analizar los escáneres cerebrales en busca de signos de Alzheimer [62].

Muchas de las actividades de investigación llevadas a cabo en la industria espacial están relacionadas con la exploración espacial, y por ello muchas de las investigaciones llevadas a cabo con el propósito de la exploración espacial acaban contribuyendo a otras

áreas. Este es el caso del proyecto “MARISSA” de la Universidad Politécnica de Milán, quien a partir de su experiencia en desarrollo de sistemas robóticos para la exploración espacial adaptó la tecnología para que pudiese ayudar a las personas mayores que viven solas. Este sistema permite a usuario monitorizar de manera remota a la persona bajo su cuidado, comunicarse con ella e incluso realizar tareas como suministrar medicinas o recordarle su agenda. Este tipo de proyectos a partir de tecnologías espaciales tiene un gran impacto social y también tiene un impacto económico al reducir los costes de los servicios públicos de asistencia sanitaria.

Otro ejemplo de transferencias tecnológicas es el caso de Integral, un proyecto de la ESA para desarrollar un observatorio de rayos gamma. Gracias al conocimiento adquirido e investigaciones realizadas por una de las empresas que participó en el programa, fue capaz de adaptar la tecnología para usar los rayos gamma para detectar e identificar bombas escondidas en territorios bélicos. Esta uso de la tecnología le permitió a la empresas firmar un contrato con el gobierno americano de casi 200 millones de euros, un claro ejemplo de potencial económico de usar tecnologías espaciales en otras áreas.

# 8

## *Perspectivas de futuro para la industria espacial europea*

La industria espacial ha atravesado un periodo de gran transformación y crecimiento en los últimos años, en los que el desarrollo de la industria ha girado en torno a las tecnologías basadas en los satélites y las aplicaciones que ellas ofrecen. Este aumento del uso de satélites ha permitido la creación de infinidad de productos y servicios a partir de los datos que estos proporcionan, lo que ha supuesto un aumento de la comercialización de la industria. En el análisis llevado a cabo en este trabajo se ha podido confirmar el aumento en la actividad espacial como consecuencia de la comercialización del sector, y que los segmentos en los cuales se ha producido mayor aumento han sido los relacionados con los satélites, sobretudo la navegación y la observación terrestre.

El aumento de la actividad comercial en la industria espacial derivada del uso de los satélites ha permitido que siga la evolución del sector, con un aumento de la competencia internacional y la entrada de inversores privados en busca de nuevas oportunidades de negocio. Y es que a pesar de que la gran mayoría de las actividades espaciales todavía están dirigidas por los actores públicos, con industrias privadas que actúan como proveedores de programas públicos y dependen en gran medida de la financiación pública, el ecosistema espacial se ha visto impulsado por los esfuerzos del sector privado y su aportación con esquemas innovadores y nuevos modelos de negocio. Los actores privados buscan tener un papel más importante dentro de la industria espacial aprovechando la financiación pública junto con la inversión privada para poder liderar cambios tecnológicos que permitan desarrollar nuevos servicios espaciales y nuevos mercados. Pero para que este gran impulso tenga el impacto deseado es necesario que los actores públicos continúen apoyando la actividad espacial y que exploren nuevas formas de llevar a cabo programas que fomenten el desarrollo del sector.

Como se ha observado en los indicadores analizados en el trabajo y la gran cantidad de aplicaciones que tienen las tecnologías espaciales, las perspectivas para el futuro de la industria espacial son muy positivas. Sin embargo, la evolución constante de la industria

hace que las inversiones tengan más riesgo en ella que en otros sectores más estables, ya que las actividades espaciales requieren una gran inversión inicial y se tratan en muchos casos de segmentos con poco tiempo de madurez y en los que se hace uso de tecnologías en fase de desarrollo. A esto hay que añadir la incertidumbre del sector debido a la pandemia mundial causada por el el Covid-19, porque gracias a la financiación de los gobiernos a las actividades espaciales son capaces de disminuir los riesgos de inversión en el espacio y apoyar a las empresas que quieran entrar en la industria, y con la crisis sanitaria esta financiación se puede ver afectada.

Por una parte, la crisis sanitaria ha hecho evidente la necesidad y dependencia de la sociedad de la industria espacial y sus tecnologías. Gracias a las tecnologías espaciales es posible realizar videollamadas, las cuales han sido esenciales para poder llevar a cabo la educación y el trabajo de manera telemática, además de hacer posible que la gente estuviese en contacto con sus familiares y conocidos. Desde un punto de vista más operacional, las tecnologías espaciales han permitido el transporte y logística de bienes, incluido el material sanitario necesario y los productos de primera necesidad, ya sea por medio de la navegación del transporte terrestre, marítimo o aéreo. El uso de las tecnologías espaciales también ha sido necesario para poder monitorizar el impacto de la crisis en las actividades industriales, la producción agrícola o el medioambiente, así como su ayuda a la hora de controlar las áreas donde se han dado brotes de contagio y en la construcción de hospitales de emergencia.[63]

Por otro lado, a pesar del gran crecimiento de la industria espacial en los últimos años y su importancia en la sociedad y economía, la crisis del coronavirus también ha dejado al descubierto alguna de las debilidades de la industria. La mayoría de empresas de la cadena de valor espacial han podido superar el año 2020 sin consecuencias graves, pero otras si que han tenido problemas, en particular las pequeñas y medianas empresas. La grandes empresas han visto reducidos sus beneficios en pequeños porcentajes gracias a los contratos firmados con los gobiernos y agencias, y el apoyo que ha recibido de ellos, mientras que las pequeñas y medianas empresas si que han visto afectada su facturación en mayor medida. Un ejemplo de este mayor impacto sobre las pequeñas empresas es el dato proporcionado en un informe de la Agencia de Políticas Espaciales Europea (EUSPI), en el que se afirma tras una encuesta que el 53 % de las “start-ups” espaciales europeas se vieron afectadas de manera significativa, de las cuales un 20 % fue de manera grave [64].

Si se analiza el panorama de la industria espacial durante la crisis respecto al tipo de actividad en lugar del tamaño de la empresas, también se pueden ver diferencias entre los diferentes segmentos. En una encuesta realizada por la consultora PwC [65], se comparan las actividades espaciales (fabricantes, observación terrestre, comunicaciones, navegación y exploración espacial) y se analiza la resiliencia ante la crisis de cada una de ellas. La actividad que presenta una mayor resiliencia es la comunicación por satélite, debido a que es una actividad con mayor madurez que el resto y los usuarios de sus servicios han seguido haciendo uso de ella. Los servicios de observación terrestre y navegación tienen una resiliencia media porque se tratan de actividades, aunque que ya bien asentadas, tienen una gran parte de I+D, la cual depende en gran medida de la financiación pública.

Por último, la exploración espacial es la actividad con menor resiliencia, y por ende la que más se ha visto afectada por la crisis sanitaria. Esto se debe a que la exploración espacial depende en gran medida de los presupuestos y políticas de gobiernos y agencias, los cuales han tenido que centrar su atención en otras áreas durante la pandemia y la recuperación económica posterior.

Ante esta situación actual en la que se encuentra la industria de en un contexto cambiante y de incertidumbre debido a la crisis sanitaria, tiene una gran importancia el papel de los actores públicos a la hora de realizar políticas y presupuestos que ayuden al sector a seguir creciendo. En el caso de la industria europea, esta se debe adaptar para aprovechar las oportunidades comerciales derivadas de esos cambios para que Europa pueda mantener su liderazgo y autonomía estratégica en el espacio. En este contexto, la Estrategia Espacial para Europa propuesta por la Comisión Europea establece una gran ambición para que Europa siga siendo una potencia espacial y afrontar los desafíos que se avecinan.

La Estrategia Espacial para Europa es un documento elaborado por la Comisión Europea a finales del año 2020 en el que se definen las acciones políticas a llevar a cabo por parte de la propia Comisión en colaboración con el resto de actores de la industria para maximizar los beneficios que el espacio proporciona a la sociedad y economía europea [66]. El objetivo de este plan de acción es simplificar y agilizar el marco jurídico de los programas espaciales en la Unión Europea, para adaptarse más rápido al contexto del sector y no obstaculizar su evolución. En el documento se establece un presupuesto de casi 15,000 millones de euros para los años 2021-2027, que se destinará principalmente a continuar con el desarrollo de los programas insignia de la Unión, Copernicus, EGNOS y Galileo, además de incentivar las actividades de I+D.

Hacer realidad estas ambiciones requiere hacer una buena gestión de la financiación pública y dirigirla hacia proyectos con tecnologías en auge como la miniaturización, la inteligencia artificial, la ciberseguridad o lanzadores reutilizables, para poder adaptarse a los cambios y reducir el costo de acceso y uso del espacio. Pero al mismo tiempo hay que tener presente el problema de la basura espacial, que como se ha comentado en la sección de sostenibilidad, es un problema tanto para los habitantes de la Tierra, pero sobre todo para las operaciones espaciales ante posibles colisiones de naves o satélites con la basura. Por ello, uno de los objetivos de las inversiones es también encontrar soluciones novedosas y accesibles para controlar la cantidad de basura espacial.

Como conclusión de lo expresado anteriormente, el sector espacial tiene unas perspectivas de futuro positivas gracias a la dinámica de crecimiento y evolución de la industria en los últimos años. Sin embargo, esta evolución debe ir acompañada de políticas y financiación pública que disminuya la incertidumbre para seguir atrayendo a la inversión privada y permitir que el sector se adapte al contexto actual marcado por los efectos de la pandemia de coronavirus. De esta manera se podrá conseguir una industria espacial con una base sólida para seguir creciendo de manera sostenible.

# 9

## *Conclusiones, trabajos futuros y presupuesto*

### **9.1. Conclusiones**

A lo largo del trabajo se ha podido observar la evolución de la industria espacial desde sus inicios hasta la actualidad, además de sus perspectivas de futuro. En esta evolución destaca el gran desarrollo de las tecnologías espaciales relacionadas con los satélites, lo que ha permitido que su uso se extienda entre infinidad de aplicaciones en áreas muy diversas. Y como consecuencia de este cambio, ha aumentado el interés por parte del sector privado para explotar esta tecnología y crear nuevos modelos de negocios a partir de la industria espacial. Aunque los satélites son el principal motor de la industria actualmente, la exploración espacial y las actividades científicas no han quedado en el olvido, ya que estos programas fomentan la investigación, innovación y desarrollo de otras tecnologías que benefician al conjunto de la industria.

Dentro de la industria espacial global, la industria europea tiene un papel muy importante, ya que en términos de facturación representa casi un 30 % del total, únicamente por detrás de Estados Unidos. La importancia de la industria espacial europea a nivel global junto con el crecimiento del sector ha hecho que el impacto de la actividad espacial en la región haya aumentado en la última década, y en consecuencia, el interés por hacer un seguimiento de este impacto. Por ello, en el trabajo se ha estudiado el impacto económico y social de la industria con el objetivo de analizar este crecimiento y poder establecer los efectos que tiene el sector en función de la actividad.

En primer lugar se ha establecido la estructura de la industria y su cadena de valor para poder entender mejor su funcionamiento y hacer un análisis más preciso sobre sus impactos. En cuanto al análisis del impacto socio-económico, este se ha dividido en dos, un primer análisis cuantitativo, donde se han analizado diferentes indicadores de la industria, y una análisis cualitativo para reflejar de manera ilustrativa el impacto de la industria



más allá de su cadena de valor ,y que resulta muy complicado de cuantificar. A partir de los resultados de este análisis, tanto de los indicadores cuantitativos como el análisis cualitativo llevado a cabo, se pueden extraer varias conclusiones, de las cuales se muestran las más destacadas a continuación:

- **Alcance de la industria espacial:** A lo largo del trabajo se ha visto la influencia de la industria espacial y su actividad en otras muchas industrias. Por una parte, los sistemas espaciales son sistemas complejos y en su desarrollo y fabricación interviene actores más allá de la cadena de valor espacial (Ej: transporte, electrónica ...). Y por otro lado, el uso de los satélites ha hecho que la industria espacial vaya más allá de la exploración espacial y el uso científico del espacio, y ha permitido hacer uso de las tecnologías espaciales en una gran cantidad de áreas como el transporte, la agricultura, la prevención del cambio climático, etc. Y no solo los satélites tienen aplicaciones en una gran variedad de industrias, sino que también se ha visto que las actividades de exploración espacial fomentan el I+D de tecnologías que más adelante se usan en otros sectores. Este gran alcance de la industria espacial ha hecho que su impacto en términos económicos y sociales sea muy importante.
- **El espacio como motor económico:** En el trabajo se han empleado varios indicadores económicos que han permitido tener una visión de la evolución del sector y como su contribución a la economía europea ha ido aumentando. Además del empleo y el valor añadido generados, los gobiernos tienen un gran retorno de la inversión, no solo por medio de ganancias en la eficiencia del trabajo y la reducción de costes, sino que también por medio de los impuestos relativos a la actividad espacial. Por lo que se puede decir que la industria espacial contribuye en gran medida al crecimiento económico de Europa de una manera sostenible, con un crecimiento que no es solo a corto plazo y momentáneo, mejorando el nivel de vida de sus ciudadanos. Porque además del impacto directo generado, tiene asociado un gran impacto económico por debajo de su cadena de valor y en otras industrias totalmente ajenas a la espacial pero que se benefician de sus tecnologías.
- **Beneficios sociales:** Además de los beneficios de la sociedad asociados al crecimiento económico, la actividad de la industria espacial tiene un impacto en la mejora de la calidad de vida más allá de este. La mayoría de beneficios sociales asociados a la industria espacial se clasifican mayoritariamente como impacto catalítico, ya que se da a través de la aplicación de las tecnologías espaciales en áreas diferentes al espacio. En el trabajo se han visto ejemplos de ello como la mejora del transporte y seguridad, el aumento en la calidad y la producción agroalimentaria o la monitorización del cambio climático. Todas estas aplicaciones permiten aumentar la calidad de vida de la sociedad en su vida diaria.
- **Importancia de los actores públicos:** A pesar de la comercialización del sector, se ha podido ver en este trabajo que la contribución de los actores públicos sigue siendo imprescindible para el funcionamiento de la industria. La acción de los actores públicos aporta mayor seguridad y permite reducir el riesgo de inversión de las

empresas privadas, además de fomentar programas de investigación e innovación que permitan el continuo desarrollo de la industria y su adaptación a las necesidades de la industria y la sociedad. Además, tras la crisis sanitaria provocada por el Covid-19 su papel es más importante aún, ya que deben fomentar la participación privada en la industria ante la incertidumbre económica causada, y sobretodo apoyar a las medianas y pequeñas empresas que más afectada vieron su actividad. La importancia de la actuación de los actores públicos se ve reflejada en el aumento de sus presupuestos cada año.

- **Evolución constante:** Se ha visto en el trabajo como en la última década ha aumentado la actividad comercial y se han incorporado una gran cantidad de empresas a la cadena de valor espacial en busca de nuevas oportunidades de negocio. Esta evolución está incentivada por la gran inversión en la industria en actividades de I+D, las cuales dan lugar a la aparición de un gran número de tecnologías innovadoras que abren nuevas posibilidades de negocio y atraen nuevos mercados. Por lo tanto, es muy importante que los actores públicos dirijan sus políticas hacia el fomento de programas de innovación que permitan a la industria adaptarse a las nuevas tecnologías y que las empresas privadas sean capaces de aprovecharlas para que la industria pueda seguir creciendo de una manera sostenible en el tiempo.
- **Dificultades en la obtención de datos:** En el capítulo correspondiente a la metodología se han presentado alguno de los principales retos a la hora de obtener datos sobre la industria espacial, y entre ellos se puede destacar la falta de una clasificación independiente de la actividad espacial. Ya que en la mayoría de ocasiones las estadísticas se refieren a la industria aeroespacial en su conjunto y no se diferencia entre aeronáutica y espacio. Esto ha hecho que no se hayan podido obtener valores reales de algunos indicadores como el valor añadido o la productividad, que se han calculado por medio de aproximaciones. Por ello, hay que tener en cuenta que los resultados obtenidos son estimaciones, que reflejan el comportamiento de la industria cumpliendo con los objetivos del trabajo.

En definitiva, se puede decir que se han completado los objetivos propuestos al principio del trabajo, ya que se ha conseguido en primer lugar definir la estructura de la industria espacial europea, entendiendo mejor su funcionamiento y se ha realizado el análisis socio-económico de la industria, que ha permitido ver su evolución en los últimos años y tener una idea del gran número de efectos positivos que tiene fomentar la actividad espacial. Este tipo de análisis es muy útil para los actores públicos, quienes así pueden adaptar sus políticas a la situación de la industria y permite a los actores especiales hacer un uso más eficiente de los recursos disponibles. Por último, se ha analizado el contexto actual de la industria espacial y se han establecido las necesidades de esta para afrontar los retos que se presentan en el futuro.

## 9.2. Trabajos futuros

En el libro de la editorial Springer sobre la economía de los grandes proyectos científicos [26] hay un capítulo dedicado al análisis de los impactos de las actividades de la Agencia Espacial Europea (ESA), y en él se dice que hay una demanda creciente de evaluaciones del impacto socio-económico de la industria espacial como consecuencia del aumento de interés por el sector espacial. Por ello, el objetivo de esta sección es exponer una serie de trabajos futuros que se podrían realizar partiendo de la base de este Trabajo de Fin de Grado para indagar más en esta temática, ampliar la información y justificar debidamente todos los aspectos mencionados. Algunas de las líneas que se podrían analizar con los objetivos mencionados anteriormente son las siguientes:

- Describir con mayor profundidad la transformación histórica de la industria espacial desde sus inicios.
- Analizar las cadenas de valor adyacentes a la espacial para un mejor análisis del impacto indirecto e inducido.
- Indagar con más detalle los actores públicos, pero sobretodo privados, presentes en la cadena de valor espacial europea.
- Estudiar con más profundidad los presupuestos y actividades de la Agencia Espacial Europea y el resto de actores públicos europeos.
- Continuar el análisis socio-económico de la industria espacial europea a lo largo del tiempo.
- Ampliar el objeto de análisis y estudiar el impacto estratégico y científico de la industria espacial.
- Realizar una encuesta propia a los actores de la industria espacial europea con el fin de poder tener valores más realistas de los indicadores económicos y poder hacer un seguimiento de la productividad de la industria a lo largo del tiempo.
- Creación de una base de datos sobre la industria espacial de manera independiente al resto de actividades aeroespaciales.
- Hacer un seguimiento a los nuevos programas espaciales de innovación europeos con el fin de ver la evolución de la industria.
- Estudiar algoritmos de previsión económica y tratar de estimar los posibles escenarios económicos del sector espacial en el futuro.

### 9.3. Presupuesto

En esta última sección del trabajo se pretende valorar monetariamente el coste del estudio llevado a cabo en el presente trabajo. Para ello se tendrá en consideración el número de horas dedicadas por el personal implicado en el proyecto, así como los recursos materiales involucrados. En los recursos materiales no se ha tenido en cuenta el coste de los equipos informáticos utilizados, ya que se consideran totalmente amortizados.

Cantidad	Concepto	Precio/ud.	Importe
30	Horas de doctora especializada	100 €	3,000 €
30	Supervisión y revisión del trabajo		
390	Horas ingeniero técnico	25 €	9,750 €
50	Documentación y formación		
100	Recopilación y análisis de información		
70	Tratamiento de la información		
80	Obtención de los resultados en <i>Excel</i> <sup>®</sup>		
90	Redacción de la memoria		
40	Consumo eléctrico kW-h	0.20 €	8 €
1	Licencia anual de <i>Excel</i> <sup>®</sup>	135 €	135 €
	Costes totales (IVA no incluido)		12,893 €
	IVA (21 %)		2,707.53 €
	Presupuesto total		15,600.53 €

Tabla 9.1: Presupuesto total del TFG

Finalmente, el presupuesto total de la elaboración del presente Trabajo Fin de Grado es de **15,600.53 €**.

# *Bibliografía*

- [1] BBC. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-51393698>, Febrero 2020. Consultado el 5 de Abril de 2021.
- [2] Wikipedia, “Estación espacial internacional.” [https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n\\_Espacial\\_Internacional](https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_Espacial_Internacional). Consultado el 9 de Abril de 2021.
- [3] OECD, “The ongoing transformation of the global space sector,” in *The Space Economy in Figures: How Space Contributes to the Global Economy*, ch. 1, Paris: OECD Publishing, Julio 2019.
- [4] OECD, *OECD Handbook on Measuring the Space Economy*. Paris: OECD Publishing, Marzo 2012.
- [5] O. Economics, *The case for space: the impact of space derived services and data*. London,UK: Commissioned by South East England Development Agency (SEEDA), Julio 2009.
- [6] A. Piva and N. Sasanelli, *Societal and economic benefits of a dedicated National Space Agency for Australia*. Defense SA, Agosto 2017.
- [7] OECD, *The Space Economy at a Glance 2007*. Paris: OECD Publishing, Octubre 2007.
- [8] C. Tardi, “Value chain definition.” <https://www.investopedia.com/terms/v/valuechain.asp>, 2020. Consultado el 18 de Abril de 2021.
- [9] G. Sadlier, R. Flytkjær, M. Halterbeck, V. Peycheva, and L. Koch, *The Case of Space 2015: The impact of space on the UK economy*. London,UK: London Economics, Julio 2015.
- [10] ESA, *ESA Convention 6th edition*. Noordwijk, The Netherlands: ESA Publications Division, ESTEC, Septiembre 2005.
- [11] EUMETSAT, *Convention for the establishment of a European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT)-Last amended*. Noviembre 2000.
- [12] E. Commision, “Space sector.” [https://ec.europa.eu/growth/sectors/space\\_es](https://ec.europa.eu/growth/sectors/space_es). Consultado el 21 de Mayo de 2021.

- [13] P.Lionnet, “The current structure of the european space manufacturing sector,” Enero 2021.
- [14] PwC, *Socio-economic impact assessment of ESA’s Science Programme-Executive Summary*. Francia: ESA, Mayo 2019.
- [15] D. Fiott, *The European space sector as an enabler of EU strategic autonomy*. Bélgica: Think tank database, Diciembre 2020.
- [16] PwC, *Assessment of the socioeconomic impact of the ESA participation to the International Space Station (ISS) Programme*. Francia: ESA, Agosto 2016. ESA-IPL-PLH-MT-LE-2016-182.
- [17] B.Hof, C.Koopmans, R.Lieshout, and F.Wokke, *Design of a Methodology to Evaluate the Direct and Indirect Economic and Social Benefits of Public Investments in Space*. Amsterdam: SEO Economic research, Julio 2012.
- [18] Eurostat, “Eurostat database.” <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>. Consultado el 31 de Mayo de 2021.
- [19] ESA, “Esa space economy portal.” <https://space-economy.esa.int/>. Consultado el 31 de Mayo de 2021.
- [20] NASA, “Portal de publicaciones de la nasa.” <https://ntrs.nasa.gov/search>. Consultado el 31 de Mayo de 2021.
- [21] CNES, “Sobre cnes.” <https://cnes.fr/en/web/CNES-en/3773-about-cnes.php>. Consultado el 31 de Mayo de 2021.
- [22] Euroconsult, *Comprehensive socio-economic impact assesment of the canadian space sector*. Canadá: Agencia Espacial Canadiense, Marzo 2015.
- [23] OECD, “Portal de inicio de la oecd.” <https://www.oecd.org/>. Consultado el 31 de Mayo de 2021.
- [24] EUROSPACE, “Research and publications.” <https://euospace.org/documents/>. Consultado el 31 de Mayo de 2021.
- [25] OECD, “Measuring the economic impact of the space sector: Key indicators and options to improve data,” Septiembre 2020.
- [26] H. P. Beck and P. Charitos, *Socio-Economic Impact Assessments of ESA Programmes: A Brief Overview*. Suiza: Springer International Publishing, 2021.
- [27] ILO, “Indicator description: Labour productivity.” <https://ilostat ilo.org/resources/concepts-and-definitions/description-labour-productivity/>, 2020. Consultado el 30 de Mayo de 2021.
- [28] ASD-EUROSPACE, *Facts & Figures 23rd Edition: The European space industry in 2018*. París: ASD-EUROSPACE, Junio 2019.

- [29] EARSC, *A Survey into the State and Health of the European EO Services Industry*. Bruselas: EARSC, Septiembre 2013.
- [30] EARSC, *A study into the State and Health of the European EO Services Industry*. Bruselas: EARSC, Agosto 2015.
- [31] EARSC, *A Survey into the State & Health of the European EO Services Industry*. Bruselas: EARSC, 2019.
- [32] EUSPA, *GNSS Market Report*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2015.
- [33] EUSPA, *GNSS Market Report*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2019.
- [34] S. Foundation, “Space foundation press release.” <https://www.spacefoundation.org/category/space-foundation-press-release/>. Consultado el 5 de Junio de 2021.
- [35] BryceTech, “Reports.” <https://brycetek.com/reports>. Consultado el 5 de Junio de 2021.
- [36] Xe, “Xe live exchange rates.” <https://www.xe.com/currencyconverter/>. Consultado el 5 de Junio de 2021.
- [37] ASD-EUROSPACE, “Eurosace facts & figures key 2019 facts – press release,” Julio 2020.
- [38] Booz&Company, *Evaluation of socio-economic impacts from sapce activities in the EU*. París: ESA Space Economy Portal, Marzo 2014.
- [39] BryceTech, *State of the Satellite Industry Report*. EEUU: Bryce Space and Technology, Mayo 2019.
- [40] EARSC, *A Survey into the State & Health of the European EO Services Industry*. Bruselas: EARSC, 2017.
- [41] PwC, *Main trends and challenges in the space sector*. PwC France Space, June 2019.
- [42] ESPI, *ESPI Yearbook 2019 - Space policies, issues and trends*. Viena: ESPI, Mayo 2019.
- [43] Euroconsult, *Socio-Economic impact assesment of selected ESA telecommunication partneership projects*. Mayo 2019.
- [44] PwC, *Copernicus Market Report 2016*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, Noviembre 2016.
- [45] ESA, *Final Report on the space economy 2016 (Executive summary)*. Septiembre 2016.

- [46] L. Caudet and M. Talko, “New commission space policy puts focus on improving people’s daily lives and boosting europe’s competitiveness.” [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO\\_16\\_3531](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_16_3531). Consultado el 8 de Junio de 2021.
- [47] Eurostat, “Taxation in 2019.” <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/11469100/2-29102020-BP-EN.pdf/059a7672-ed6d-f12c-2b0e-10ab4b34ed07>. Consultado el 8 de Junio de 2021.
- [48] SocialBlade, “Analytics made easy.” <https://socialblade.com/>. Consultado el 5 de Junio de 2021.
- [49] OECD.Stat, “Graduates by field of education.” [https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EDU\\_ENRL\\_FIELD](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EDU_ENRL_FIELD). Consultado el 5 de Junio de 2021.
- [50] ESA, “Education.” <http://www.esa.int/Education>. Consultado el 5 de Junio de 2021.
- [51] ESA, “Annual esa teacher workshop.” [http://www.esa.int/Education/Teachers\\_Corner/Annual\\_ESA\\_Teacher\\_Workshop](http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Annual_ESA_Teacher_Workshop). Consultado el 11 de Junio de 2021.
- [52] ESA, “Teach with space.” [http://www.esa.int/Education/Teachers\\_Corner/Teach\\_with\\_space3](http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3). Consultado el 11 de Junio de 2021.
- [53] ESA, “What is the esa academy?.” [http://www.esa.int/Education/ESA\\_Academy/What\\_is\\_the\\_ESA\\_Academy](http://www.esa.int/Education/ESA_Academy/What_is_the_ESA_Academy). Consultado el 11 de Junio de 2021.
- [54] IADC, *IADC Space Debris Mitigation Guidelines-Revision 2*. Marzo 2020.
- [55] ESA, “Space debris by the numbers.” [http://www.esa.int/Safety\\_Security/Space\\_Debris/Space\\_debris\\_by\\_the\\_numbers](http://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers). Consultado el 12 de Junio de 2021.
- [56] ESA, *Corporate Responsibility and Sustainability Report 2017–19*. Holanda: ESA Communications, Mayo 2020.
- [57] FARMSTAR, “Chiffres clés.” <https://www.myfarmstar.com/chiffres-cles/>. Consultado el 16 de Junio de 2021.
- [58] M. Fornefeld, G. Beckmann, and U.Leibnitz, *The impact of a global satellite navigation system - GNSS - on the public sector*. MICUS Management Consulting GMBH, Marzo 2010.
- [59] P.Madden, R.Leaman, and N.Corrigan, *Cities Unlocked: Realising the potential of people and places*. Noviembre 2014.
- [60] EPO, “Espacenet: Patent search.” <https://worldwide.espacenet.com/patent/>. Consultado el 20 de Junio de 2021.



- [61] ESA, “Technology transfer programme office.” [https://www.esa.int/Applications/Telecommunications\\_Integrated\\_Applications/Technology\\_Transfer/Technology\\_Transfer\\_Programme\\_Office2](https://www.esa.int/Applications/Telecommunications_Integrated_Applications/Technology_Transfer/Technology_Transfer_Programme_Office2). Consultado el 21 de Junio de 2021.
- [62] ESA, “Identifying alzheimer’s using space software.” [https://www.esa.int/Applications/Telecommunications\\_Integrated\\_Applications/Technology\\_Transfer/Identifying\\_Alzheimer\\_s\\_using\\_space\\_software](https://www.esa.int/Applications/Telecommunications_Integrated_Applications/Technology_Transfer/Identifying_Alzheimer_s_using_space_software). Consultado el 21 de Junio de 2021.
- [63] ESA, “The remarkable contribution of space during the covid-19 crisis,” 2020.
- [64] EUSPI, *ESPI Report 78 - Space Venture Europe 2020*. MICUS Management Consulting GMBH, Mayo 2021.
- [65] L. Scatteia and Y.Perrot, *Resilience of the Space Sector to the COVID-19 Crisis*. PwC, Abril 2021.
- [66] Comisión Europea, *Space Strategy for Europe*. Octubre 2020.