

LAS NUEVAS CAPACIDADES ESTRATÉGICAS PARA LA UNIÓN EUROPEA PROPORCIONADAS POR EL SECTOR ESPACIAL. ESPECIAL REFERENCIA A LAS PNT

JOSÉ RAMÓN COZ FERNÁNDEZ

Agencia Espacial Europea

AURELIA VALIÑO CASTRO

UCM

El sector espacial es esencial para la actividad económica, tanto por su capacidad tecnológica, como por la dependencia de la economía en sistemas satelitales, internet y energía. Una interrupción de estos servicios sería catastrófica. Por ello las amenazas espaciales, ya sean naturales como lluvias de asteroides y tormentas solares, o industriales como la basura espacial, son preocupantes.

Las lluvias de asteroides, como la de Chelyabinsk en 2013, y las tormentas solares, como la de Carrington en 1859 y el efecto Miyake entre 774 y 775 d.C., han causado problemas significativos en el pasado (Ishii, 2023; Tsurutani y Lakhina, 2014; Hudson, 2021; Miyake *et al.* 2013; Cliver *et al.* 2022). Otros eventos geomagnéticos relevantes sucedieron en 1989, 2003, 2011 y 2015, afectando las redes eléctricas y comunicaciones. La NASA ha desarrollado DAGGER (acrónimo de Deep Learning Geomagnetic Perturbation) en 2023, un sistema basado en inteligencia artificial para predecir estas perturbaciones (NASA, 2023). Además, existe la propuesta de invertir en dispositivos para proteger la red eléctrica de corrientes inducidas geomagnéticamente, con un costo estimado de 100.000 \$ cada uno; previéndose que serían necesarios 5.000 para proteger la red eléctrica estadounidense y lo mismo para Europa (Tretkoff, 2010).

La basura espacial resulta de la actividad del hombre en el espacio. Se origina por satélites muertos, equipamiento perdido, etapas de cohetes que pue-

den explotar y demostraciones de poderío armamentístico (destrucción de satélites propios por EEUU, Rusia, China y la India en diferentes épocas). Algunos satélites rusos contienen material radiactivo. La ESA señala que existen aproximadamente 41.500 restos mayores de 10 cm en órbita, de los cuales 26.000 son monitoreados. Además, hay 900.000 fragmentos de entre 1 y 10cm, 128 millones de entre 1mm y 1 cm, y millones más pequeños. Todos estos fragmentos giran a una velocidad de miles de km por segundo, por lo que un impacto sobre un satélite puede originar daños graves e incluso invalidarlo (NASA, 2022).

Las Agencias Espaciales han establecido departamentos para abordar la basura espacial, como la NASA Orbital Debris Program Office y la ESA Space Debris. A nivel nacional, se han creado unidades en Ministerios de Defensa. En España, el Centro de Operaciones de Vigilancia Espacial (COVE) se encarga de monitorear y alertar sobre amenazas espaciales. Otros organismos incluyen el Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

(CESTIC), encargado de comunicaciones militares; y el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), que apoya la I+D+i aeroespacial y colabora con organizaciones como la ESA y la OTAN. En marzo de 2023, España creó la Agencia Espacial Española con un presupuesto de más de 700 millones de euros, vinculada al Ministerio de Ciencia e Innovación y al Ministerio de Defensa.

La actuación de la UE en el espacio se lleva a cabo a través de la Agencia Espacial Europea con la colaboración de los países integrantes. Esta colaboración se ha visto favorecida por el elevado coste de los proyectos aeroespaciales y ha originado una experiencia considerable en la realización de proyectos conjuntos en el sector aeroespacial militar y civil que, dadas las amenazas antes expuestas, están totalmente imbricados en este sector.

En las líneas que siguen, analizamos las capacidades estratégicas proporcionadas por la política espacial, con una especial referencia a las de posicionamiento, navegación y temporización, y su importancia en el desarrollo industrial.

CAPACIDADES ESTRATEGICAS DE POSICIONAMIENTO, NAVEGACION Y TEMPORIZACION (PNT) ↓

El programa de la UE en el espacio cumple tres misiones: observación de la tierra, navegación y seguridad. Para el desarrollo de estas misiones, cuenta con cinco componentes (EU, 2022):

1. COPERNICUS: dedicado a la Observación de la Tierra (OE) y seguimiento basado en datos satelitales y no espaciales. Se posiciona en el número 1 a nivel mundial de los proveedores de datos espaciales y de información.
2. GALILEO: sistema de posicionamiento y navegación por satélite global (GNSS).
3. EGNOS: permite el uso de señales de GNSS para aplicaciones de seguridad en aviación. Está operativo en 426 aeropuertos y helipuertos de 32 países.
4. SSA: proporciona vigilancia y seguimiento para la protección de los activos espaciales, proporcionando estos servicios a más de 268 satélites.
5. GOVSATCOM: proporciona comunicaciones seguras por satélite para los agentes de seguridad de la UE, brindando apoyo rápido en áreas de crisis.

Extendernos en el desarrollo de las capacidades que permiten estos cinco componentes excede ampliamente las restricciones de extensión de este artículo. Por ello nos centramos en los que creemos podrían tener más aplicación conjunta para la industria militar y civil, y que son los relacionados con el Posicionamiento, Navegación y Temporización (PNT). EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay

Service) y Galileo son los dos elementos del Sistema Global Europeo de Navegación por Satélite (GNSS) que permiten a los usuarios con dispositivos compatibles determinar posición, velocidad y hora.

Desde hace más de 25 años la Agencia Espacial Europea (ESA) colabora con la Comisión Europea (EC), y recientemente con la Agencia Europea para el Programa Espacial (EUSPA), en el desarrollo de diversas capacidades estratégicas relacionadas con el PNT, hasta convertir a Europa en el líder internacional de este tipo de capacidades. Las primeras iniciativas surgieron de la ESA en 1982, con un estudio inicial de los usuarios del segmento de navegación. Luego propuso formalmente el programa EGNOS en colaboración con la Comisión Europea y Eurocontrol (GIOVE, 2006). En 1996, la EC realizó una comunicación al Consejo y Parlamento Europeo para el desarrollo de capacidades relacionadas con los sistemas de navegación global (Lex - 31993L0042 – EN 1996). En mayo de 1999, el Consejo Ministerial de la ESA aprobó el programa Galileo-SAT; en junio de 1999 el Consejo de Transporte de la UE aprobó una primera resolución sobre Galileo y en noviembre de 2001, la reunión ministerial de la ESA aprobó el desarrollo de Galileo (Fase-C/D, con un presupuesto inicial de 550 millones de euros) (GIOVE, 2006). Desde entonces, las capacidades en PNT han avanzado considerablemente, siendo actualmente esenciales para el futuro de Europa.

El primer éxito de estas iniciativas fue el sistema **EGNOS**. Es el sistema de aumentación basado en satélites (SBAS) regional de Europa. Consta de tres satélites geoestacionarios y estaciones terrestres que corrigen errores en señales del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Inició servicios en julio de 2005, siendo pionero en mejorar la señal de GPS. Desde 2011, cientos de aeropuertos utilizan sus capacidades (EGNOS-EUSPA 2023). Sus servicios se aplican en industria, defensa, seguridad e infraestructuras críticas. Las capacidades de este sistema son:

1. Servicio en abierto de EGNOS, que es accesible con un receptor GPS/SBAS sin cargos ni autorizaciones específicas. Es adecuado para fines no críticos, corrigiendo errores en señales GNSS. Actualmente ofrece una precisión de 3m en horizontal y 4m en vertical (EGNOS OS, 2023)
2. El servicio Safety of Life (SoL) amplía la señal del Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS) del GPS y añade una señal de temporización para diversas aplicaciones. La navegación con EGNOS SoL puede necesitar una autorización específica de una autoridad competente (EGNOS SoL, 2023)
3. El servicio de acceso a datos (EDAS) proporciona, a través de internet, un acceso controlado a los datos de EGNOS, siendo el único punto de acceso para los datos recopilados por su infraestructura terrestre en estaciones distribuidas por Europa y norte de África (EDAS 2023). Ofrece

datos de posicionamiento de múltiples constelaciones de navegación.

La ESA está desarrollando la próxima generación de EGNOS, versión 3, que mejorará las señales para aplicaciones como agricultura de precisión y gestión de la Tierra. En noviembre de 2022, la carga útil de EGNOS fue lanzada por el satélite Hotbird 13G, y transmitirá señales de prueba de EGNOS V3 desde junio de 2023 (EGNOS Carga Útil V3, 2023). El programa EGNOS evoluciona hacia una nueva generación con proyectos para un Sistema Europeo de Control de Trenes (ETCS) basado en GNSS. Toda Europa se beneficiará en más seguridad en líneas ferroviarias regionales y de baja densidad, con menor contaminación y mayor precisión en la información a clientes (EGNOS Monitor Rail). Las capacidades de los sistemas SBAS desarrolladas a través de EGNOS permitirán reducir la infraestructura, menores costes de inversión y operación, disponibilidad y precisión mejoradas, mejor información y reducción de la contaminación (EGNOS Rail, 2023).

El segundo éxito nacido de las iniciativas de la ESA es el sistema **GALILEO**, que es el primer sistema global de navegación y posicionamiento por satélite diseñado específicamente para fines civiles. Proporciona a Europa independencia de los demás GNSS, pero sigue siendo interoperable con ellos. Las capacidades ofrecidas por el sistema GALILEO son:

1. Capacidades cubiertas por el servicio en abierto de Galileo (Galileo Open Service) que ofrece posicionamiento de frecuencia única y dual, y determinación de la Hora UCT. Este servicio mejora el posicionamiento para usuarios, especialmente en ciudades donde edificios altos pueden bloquear señales satelitales. La precisión de temporización de Galileo de 30 nanosegundos permite una sincronización más eficiente en transacciones bancarias, telecomunicaciones y redes energéticas (Galileo OS 2021).
2. El servicio SAR/Galileo se encarga de las Operaciones de Búsqueda y Rescate Global, localizando y asistiendo a personas en peligro. Lanzado en diciembre de 2016, transmite señales de socorro de radiobalizas a las tripulaciones SAR a través de cargas útiles en satélites Galileo, apoyado por 3 estaciones terrestres estratégicamente situadas en Europa. En enero de 2020, se activó el Servicio de Enlace de Retorno (RLS) de SAR/Galileo, permitiendo no sólo localizar a las personas, sino también enviarles un mensaje automático confirmando la recepción de su petición de ayuda (Galileo SAR, 2023).
3. En 2023, Galileo ha logrado avances significativos, incluida la introducción de la Autenticación de Mensajes de Navegación de Servicio Abierto (OSNMA). Esta función garantiza a los usuarios del Servicio Abierto de Galileo que los mensajes de navegación provienen del sistema sin modificaciones (Götzelmann *et al.*, 2023)

4. El servicio de alta precisión de Galileo (HAS) ofrece información gratuita para un posicionamiento exacto usando la señal Galileo (E6-B) y un algoritmo de Posicionamiento de Punto Preciso en tiempo real. Fue activado el 24 de enero de 2023 (Galileo HAS Note 2023).
5. El conjunto de capacidades de los Servicios Públicos Regulados (PRS) representa un avance importante en Galileo, ofreciendo servicios de navegación encriptados para usuarios gubernamentales autorizados y aplicaciones sensibles. Su acceso está controlado mediante medidas operativas y técnicas, incluyendo cifrado gubernamental. PRS respalda a varios servicios de emergencia y seguridad pública en Europa, como cuerpos de seguridad, ayuda humanitaria y control de fronteras (Galileo PRS, 2023).

Actualmente se están desarrollando capacidades para mejorar el posicionamiento, la temporización y la navegación mediante sistemas de satélites en órbita baja. En 2022, la conferencia interministerial de la ESA aprobó un proyecto innovador, LEO PNT, que contempla el despliegue de una constelación de satélites de órbita baja con señales más potentes (potencialmente capaces de penetrar en interiores) y en nuevas frecuencias. Estas capacidades, combinadas con las nuevas geometrías posibles gracias a los satélites actuales de Galileo, incrementarán la resiliencia de los servicios (ESA LEO PNT, 2023).

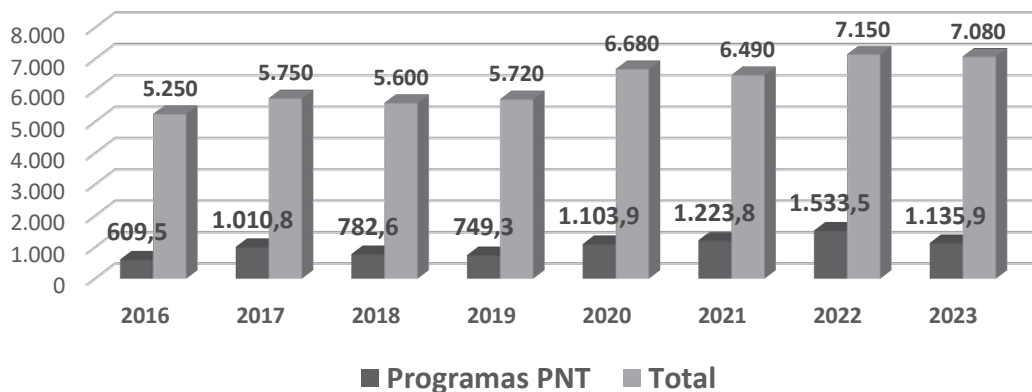
IMPACTO ECONÓMICO EN LA INDUSTRIA EUROPEA DE LAS CAPACIDADES PNT. LA OFERTA ▼

Analizamos aquí el impacto directo, evaluado como las inversiones y actuaciones que revierten a la economía en beneficios directos, sin considerar los indirectos.

La industria espacial ha demostrado ser un sector altamente innovador y estratégico. Tradicionalmente, debido a los grandes desembolsos necesarios en actividad de I+D, se ha caracterizado por una fuerte financiación pública, ya sea directa o con subsidios. Pero el mejor indicador de que es un sector que genera ya rentabilidad para atraer grandes inversores es la irrupción del sector privado en el campo *upstream* (lanzamiento, verificación en órbita, monitorización y control de subsistemas); donde las empresas más conocidas son las norteamericanas SpaceX, Blue Origin (Amazon) y Virgin Galactic, pero también surgen en Europa, Rusia, China e incluso en la India.

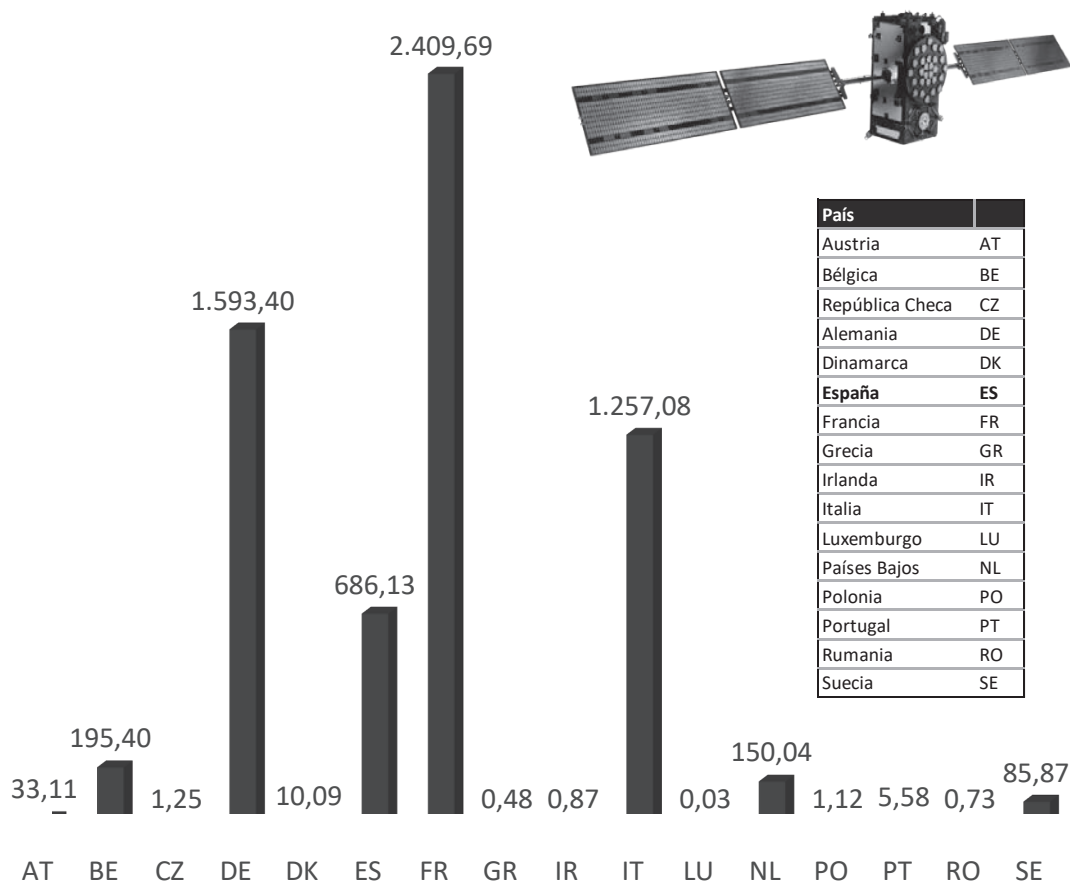
Según estimaciones de Space Foundation, los ingresos de la industria espacial alcanzaron unos 427.600 millones de dólares en 2022, incrementándose un 8% respecto al año anterior. Un tercio de estos ingresos provienen de infraestructura terrestre y apoyo a las actividades en el espacio; y el resto, de productos espaciales, fundamentalmente satélites. El negocio más importante fue la venta de productos PNT, lo que

FIGURA 1
PRESUPUESTO GLOBAL DE LA ESA Y PRESUPUESTO DE LOS PROGRAMAS PNT (2016-2023)
CIFRAS EN MILLONES DE EUROS



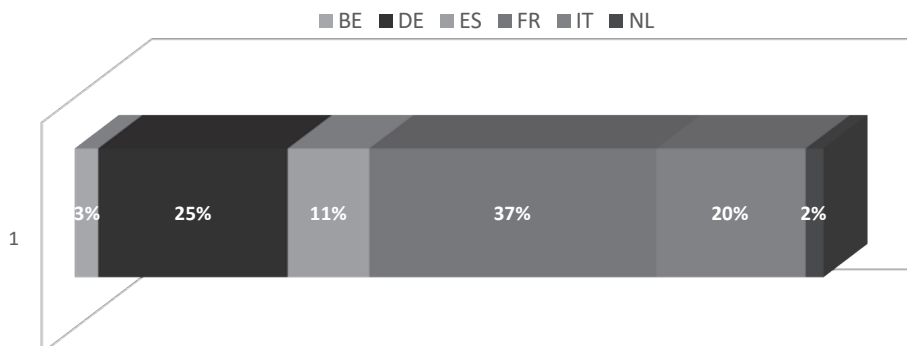
Fuente: ESA y elaboración propia.

FIGURA 2
IMPACTO ECONOMICO PARA LA INDUSTRIA DE LA UNION EUROPEA HASTA EL AÑO 2022 DEL PROGRAMA GALILEO.
CIFRAS EN MILLONES DE EUROS



Fuente: ESA y elaboración propia.

FIGURA 3
IMPACTO ECONOMICO, EN PORCENTAJE, PARA LA INDUSTRIA DE LA UNION EUROPEA HASTA EL AÑO 2022 DEL PROGRAMA GALILEO.
PAÍSES CON UN PORCENTAJE, EN PESO, MAYOR DEL UNO POR CIENTO



Fuente: ESA y elaboración propia.

representó el 39% de todos los ingresos comerciales. El país líder en gasto, tanto civil como de defensa, en el espacio es Estados Unidos, con casi el 60% del gasto total; seguido de China, con un 14% y la ESA, con un 5%. (Grush, Kendall y Bloomberg, 2023).

Según el estudio de EUSPA (2022) los ingresos generados por los mercados de GNSS *upstream* están concentrados en compañías de Estados Unidos, con el mayor porcentaje (29%), seguido de cerca por Europa (25%). El conjunto de Japón, China y Corea del Sur tienen el 36% del mercado global. El *downstream* (gestión de carga útil, procesamiento de datos, distribución de datos) en el sector de fabricantes de componentes y receptores está dominado por empresas norteamericanas, que también tienen una parte relevante, aunque en menor medida, de los proveedores de servicios de valor añadido. El mercado de sistemas integrados está más repartido geográficamente, aunque dominado por las empresas de *smartphone*.

Ciñéndonos a Europa, las capacidades PNT han tenido un impacto económico muy importante en los países europeos en las últimas dos décadas. De hecho, el presupuesto de los programas PNT, dentro del presupuesto global de la Agencia Espacial Europea (ESA), en los últimos años, ha tenido una gran relevancia, tanto por su cuantía como por el grado de inversión de estos programas. A continuación, se muestra en la figura 1 el presupuesto de estos programas frente al presupuesto global de la ESA.

En la figura 1 se puede observar como el peso de los programas PNT ha ido ganando importancia frente al resto de los programas del sector espacial. En la actualidad, en el año 2023, el peso de estos programas representa un 16% del presupuesto global (ESA Report 2023) y un 21,7% en 2022 (ESA Report 2022). El impacto global para la industria europea de las capacidades disponibles, y con un potencial de evolución muy importante en las próximas dos décadas, es relevante.

En la siguiente figura (fig. 2), se representa el impacto económico en concreto del programa Galileo en la industria de los diferentes países de la Unión Europea (UE). Como se puede observar, el impacto para la industria española ha sido de 686,13 millones de euros.

En la siguiente figura se expresa, en porcentaje, el impacto en la industria de la Unión Europea del programa Galileo por cada uno de los países. Solamente se representan aquellos con un porcentaje mayor del uno por ciento, en peso. Entre ellos, sólo alcanzan dos dígitos: Francia, 37%; Alemania, 25%; Italia, 20%; y España, 11%. En el resto, superan el 1% Bélgica con un 3% y Holanda con un 2%, por lo que podríamos decir que es insignificante. Así pues, España se sitúa en cuarto lugar de importancia después de tres grandes de la industria europea, lo que pone en relevancia la importancia de este sector para la industria española, especialmente por su potencial crecimiento en el futuro.

IMPACTO EN SECTORES INDUSTRIALES BENEFICIADOS POR LAS CAPACIDADES PNT. LA DEMANDA ↓

Los beneficios derivados de las capacidades proporcionadas por los programas PNT, como Galileo y EGNOS se extienden prácticamente por todos los sectores económicos. La NASA ha identificado más de 2000 *spinoffs* desde 1976 (<https://spinoff.nasa.gov/>).

Según análisis de EUSPA (2022), los beneficios generados y previstos por GNSS alcanzan los 2 billones en el conjunto del territorio europeo (EU27 más Reino Unido, Noruega y Suiza) para el periodo 1997-2027. El empleo de alta cualificación generado para el mismo periodo se prevé de más de 100.000 empleados. No obstante, podría haber cierta sobreestimación al considerar únicamente el impacto positivo en crecimiento de capacidad y reducción de costes, y no tener en cuenta la posible destrucción de actividades que no

TABLA 1
DEMANDA MUNDIAL DE SERVICIOS DENAVEGACIÓN POR SATÉLITE GNSS. ACTUAL Y PREVISIONES
VALORES EN MILES DE MILLONES Y PORCENTAJE

	INGRESOS POR DISPOSITIVOS				INGRESOS POR SERVICIOS			
	2021		2031		2021		2031	
	VALOR	%	VALOR	%	VALOR	%	VALOR	%
GLOBAL	48,4	100	87	100	150,5	100	405,2	0100
EEUU	12,4	25,6	24	27,6	35,2	23,4	74,3	18,3
UE27	12,1	25,1	21,6	24,8	27,4	18,2	53,7	13,3
RUSIA Y NO EU27	27	5,6	7,6	8,7	7,4	4,9	20,7	5,1
ASIA-PACÍFICO	17,3	35,7	24	27,6	59,9	39,9	185,3	45,7
SUR AMERICA Y CARIBE	1,8	3,7	4,5	5,2	7,9	5,2	22,1	5,5
AFRICA Y ORIENTE MEDIO	2,1	4,3	5,3	6,1	12,7	8,4	49,1	12,1

FUENTE: EUSPA (2022) y elaboración propia.

se adaptan al cambio y empleos no cualificados. Por ejemplo, un estudio de RAND (2021) ofrece conclusiones en esta última línea.

A continuación, se resumen los impactos en varios sectores:

Agroalimentario: Mejora en el uso del combustible, agua y productos químicos gracias a una mayor precisión en posicionamiento y temporización.

Aeronáutica: Permite operaciones aeroportuarias más eficientes, vuelos menos ruidosos y más ahorros, y control efectivo de drones, beneficiando tanto a la industria civil como militar.

Biodiversidad y ecosistemas: Facilita el seguimiento de animales desplazados y la realización de inventarios forestales.

Energía y materias primas: Guía procesos desde la selección del sitio hasta la planificación y el monitoreo de proyectos de construcción.

Silvicultura: Favorece el guiado de maquinaria y la aplicación de fertilizantes y riego.

Pesca y acuicultura: Automatiza embarcaciones en granjas acuícolas, dependiendo del posicionamiento preciso.

Gestión de emergencias y ayuda humanitaria: Mejora la comunicación, información y ubicación en situaciones de crisis.

Finanzas y seguros: Utiliza la información de tiempo y posicionamiento en la evaluación de reclamaciones y transacciones financieras.

Sector marítimo: Optimiza el rendimiento de posición, mejorando la seguridad de la navegación.

Espacio: Beneficia a los satélites en órbita en el posicionamiento y temporización en tiempo real.

Ferrocarriles: Apoya las operaciones ferroviarias, mejora la seguridad y potencialmente reemplaza balizas físicas costosas.

Automoción: Mejora la seguridad y sostenibilidad, facilita el seguimiento de mercancías y potencia soluciones de movilidad inteligente.

Desarrollo urbano: Es esencial para la transición hacia ciudades inteligentes, permitiendo mediciones y mapeos precisos del entorno urbano.

Además, las soluciones de consumo basadas en PNT se adaptan a diversas necesidades y son compatibles con una amplia variedad de dispositivos, desde smartphones hasta computadoras y cámaras digitales.

En la tabla 1 anterior, se recoge la demanda actual y las previsiones de evolución en 10 años por zonas geográficas de los servicios de GNSS, en valor y en porcentaje por zona geográfica y valorada por los ingresos por dispositivos y por servicios. Desde el lado de la demanda de dispositivos, en la actualidad lidera el mercado la zona de Asia-Pacífico, con un 35,7 de cuota de mercado, seguida de cerca por Estados Unidos (25,6%) y la UE-27 (25%). La evolución prevista por EUSPA (2022) para este sector dentro de diez años, en 2031, en términos de valor, es de un incremento del 80%; con un importante aumento en todas las zonas geográficas salvo Rusia y países del área no UE-27. A pesar de esta pérdida de valor, ganará ligeramente en cuota de mercado en relación con su posición en 2021 y lo mismo se prevé que ocurrirá con las zonas de Sur América y el Caribe, y con África y Oriente Medio. Mantienen liderazgo, aunque igualados, Estados Unidos y Asia Pacífico. El valor de la demanda de servicios es mucho más alto que la de dispositivos y se prevé también un incremento mucho mayor. Por zonas geográficas la mayor cuota de mercado la tiene Asia-Pacífico (39,9%), seguida de Estados Unidos (23,4%) y UE-27

(18,2%). Se prevé que para 2031 los incrementos en la demanda serán importantes en todo el mundo, especialmente en la zona de Asia Pacífico, que en el 2031 pasará a acaparar un 45,7% de la demanda del mercado de servicios. Y aunque Estados Unidos y UE-27 siguen siendo segundos y terceros, respectivamente, las diferencias con respecto al resto se reducen.

CONCLUSIONES

El sector espacial se caracteriza por ser altamente innovador y generador de valor añadido y dual en cuanto a la participación civil y militar. Dado el elevado importe de las inversiones y el alto riesgo que las caracteriza por el altísimo componente de I+D+i, tradicionalmente la financiación ha sido pública, pero el desarrollo del mercado ha sido tal que el sector privado está emergiendo con fuerza. En general, está liderado por Estados Unidos seguido de la Unión Europea, pero cada vez hay más competencia por las nuevas potencias espaciales emergentes como China y la India.

La industria espacial europea se diferencia de la de su principal competidor: Estados Unidos, en que su presupuesto es menor, por lo que depende más de las ventas comerciales; la parte de gastos militares también es menor y en consecuencia, las sinergias entre los sectores civil y militar están menos desarrolladas.

Aunque Europa es líder en las capacidades de Observación de la Tierra, y tiene un componente más íntimamente vinculado al sector militar (GOV-SATCOM) nos hemos centrado en el análisis de las capacidades de Posicionamiento, Navegación y Temporización porque consideramos que serían las que, dentro de la dualidad civil/militar, tendrían una interrelación más visible con la alerta temprana, comunicaciones militares, servicios de navegación (incluidos objetivos), la inteligencia, la vigilancia y el reconocimiento. No mencionamos cuestiones como «sistemas contraespaciales» por limitaciones de espacio en este artículo, pero no por no ser importantes en el desarrollo de la industria espacial. Si nos permitimos mencionar que la posición de los Estados Unidos, como potencia militar preeminente en el espacio, se ha visto desafiada por el aumento de las inversiones en sistemas espaciales y contraespaciales de otros países como China.

A pesar de que las empresas espaciales estadounidenses tienen un tamaño que más que duplica a las de la UE, los proyectos de defensa colaborativos en el sector espacial, a través de la ESA, han permitido a las empresas europeas lograr economías de escala y aprendizaje que les permite competir con sus rivales estadounidenses.

En lo que respecta a las capacidades PNT analizadas, la ESA ha colaborado con entidades europeas para conseguir el liderazgo en ese sector, desta-

cando sistemas como EGNOS, que mejora señales GPS y Galileo, fundamentalmente orientado a fines civiles y con funciones avanzadas. Actualmente se trabaja en el despliegue de una constelación de satélites en órbita baja, LEO PNT, para potenciar aún más el posicionamiento y la navegación.

El impacto económico en la industria espacial desde el punto de vista de la oferta en 2022 está liderado por productos PNT y aunque tiene una fuerte financiación pública, existe un creciente interés del sector privado. Estados Unidos domina el gasto en el sector, seguido por China y la ESA. En Europa, los programas PNT de la ESA están adquiriendo más relevancia en su presupuesto. Francia, Alemania, Italia y España lideran la contribución al programa Galileo en la Industria de la UE.

Desde el punto de vista de la demanda, las capacidades de los programas PNT, como Galileo y EGNOS, benefician a múltiples sectores económicos, desde el antes agroalimentario o la aeronáutica, hasta el desarrollo urbano. EUSPA estima que para 1997-2027, los beneficios generados por GNSS en Europa alcanzarán los dos billones, creando más de 100.000 empleos de alta cualificación, aunque hay preocupación por posibles pérdidas por la adaptación de la economía a los cambios socioeconómicos que ello implica. A nivel geográfico, la demanda de servicios GNSS está liderada por la zona Asia-Pacífico, seguida por Estados Unidos y la UE-27, con previsiones de crecimiento significativas en los próximos años, hacia 2031.

REFERENCIAS

- Cliver, E. W., Schrijver, C. J., Shibata, K., & Usoskin, I. G. (2022). Extreme solar events. *Living Reviews in Solar Physics*, 19(1), 2.
- COM EU (1996) (Lex - 31993L0042 – EN 1996). «The European Union and Space: fostering applications, markets and industrial competitiveness» Lex - 31993L0042 – EN. Brussels, 04.12.1996 COM(96)617 final. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:1996:0617:-FIN:En:PDF>
- EDAS (2023) *The EGNOS Data Access Service (EDAS)*. <https://egnos-user-support.essp-sas.eu/services/about-edas>.
- EGNOS Carga Útil V3 (2023). *EGNOS latest payload becomes operational ahead of V3 Service*. June 2023. <https://egnos-user-support.essp-sas.eu/news-events/news/egnos-latest-payload-becomes-operational-ahead-v3-service>
- EGNOS Maritime (2023) «The EGNOS Augmentation in Maritime Navigation». Anna Innac, Antonio Angrisano, Silvio Del Pizzo, Giovanni Cappello and Salvatore Gaglione. Chris Rizos, Academic Editor. Sensors (Basel). 2022 Feb; 22(3): 775. doi: 10.3390/s22030775. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8838611/>.
- EGNOS Monitor Rail (2021) *EGNOS soon to Monitor Rail Traffic* | Univerzita Pardubice. (n.d.). 24th May 2021. <https://www.upce.cz/en/egnos-soon-to-monitor-rail-traffic>.
- EGNOS OS (2023) *About EGNOS Open Service*. EU Agency for the Space Programme. <https://egnos-user-support.essp-sas.eu/services/about-os>

EGNOS Rail (2023) Rail | EGNOS User Support. (n.d.). <https://egnos-user-support.essp-sas.eu/segments/rail>

EGNOS SoL (2023). *About EGNOS Safety of Life (SoL)*. EU Agency for the Space Programme. <https://egnos-user-support.essp-sas.eu/services/about-sol>

EGNOS-EUSPA (2023). *What is EGNOS? EU Agency for the Space Programme*. April 2023. <https://www.euspa.europa.eu/european-space/egnos/what-egnos>.

ESA LEO PNT(2023) «*Industry invited to bid for low-Earth orbit satnav demo*» 21st June 2023. European Space Agency. Applications. Navigation news. https://www.esa.int/Applications/Navigation/Industry_invited_to_bid_for_low-Earth_orbit_satnav_demo.

ESA Report (2022) «*European Space Agency Annual Report 2022*». Copyright © 2023. European Space Agency. https://www.esa.int/About_Us/ESA_Annual_Report_2022.

ESA Report (2023) «*ESA budget by domain 2023*». Copyright © 2023. 23 June 2023. European Space Agency. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2023/01/ESA_budget_by_domain_2023.

European Commission, (2023) 'European Radio Navigation Plan 2023', 2023, ISBN 978-92-68- 00079-3, doi:10.2889/245554

European Union (EU) (2022) EU Space Programme Overview. Factsheet_EUSpace. <https://defence-industry-space.ec.europa.eu/system/files/2022-03/EUSpace%20Factsheet%20EN.pdf>

EUSPA (2022). EUSPA EO and GNSS Market Report. European Union Agency for the Space Programme. 2022 doi: 10.2878/94903.

Galileo HAS Note (2023) «*Galileo High Accuracy Service (HAS), Info Note*». ISBN 978-92-9206-050-3, doi:10.2878/581340.

Galileo Note (2023) «*Galileo High Accuracy Service (HAS): initial service in 2023*». <https://www.gsc-europa.eu/galileo/services/galileo-high-accuracy-service-has>.

Galileo OS (2021). *European GNSS (Galileo) Open Service .Service Definition Document. Issue 2.1. November 2021*. https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/Galileo-OS-SDD_v1.2.pdf.

Galileo OSNMA Note (2023) «*Galileo Open Service Navigation Message Authentication (OSNMA), Info Note*». ISBN 978-92-9206-052-7. doi:10.2878/49446.

Galileo PRS (2023) «*PRS equals protection*» EUSPA. June 2021. <https://www.euspa.europa.eu/european-space/galileo/services/prs>.

Galileo SAR (2023) *Search and Rescue (SAR) / Galileo Service. Service Definition Document. Issue 2.0. January 2020*. <https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/Galileo-SAR-SDD.pdf>.

GIOVE (2006) «*The First Galileo Satellites. Galileo In-Orbit Validation Element*». ESA Publications Division, 2006. BR-251. GIOVE. ISSN: 0250-1589. ISBN: 92-9092-497-7

Götzelmann, M.; Köller, E.; Viciano-Semper, I.; Oskam, D.; Gkoukas, E.; Simon, J. (2023). *Galileo open service navigation message authentication: Preparation phase and drivers for future service provision*. NAVIGATION, 70(3). <https://doi.org/10.33012/navi.572>.

Grush, L; Kendall, T. y Bloomberg (2023) The commercial space industry, led by Elon Musk's SpaceX, is expected to blast off with 41% growth over the next 5 years. *Fortune*, July 24, 2023. <https://fortune.com/2023/07/24/space-industry-revenue-growth-five-years/>

Hudson, H. S. (2021). Carrington events. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 59, 445-477.

Ishii, M. (2023). Severe Space Weather Disasters. In *Solar-Terrestrial Environmental Prediction* (pp. 81-91). Singapore: Springer Nature Singapore.

Miyake, F., Masuda, K., y Nakamura, T. (2013). Another rapid event in the carbon-14 content of tree rings. *Nature communications*, 4(1), 1748.

NASA (2022) History of On-orbit Satellite Fragmentations, 16th Edition https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/hoosf_16e.pdf

NASA (2023) Nasa enabled ai predictions to prepare for solar storms. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2023/sun/nasa-enabled-ai-predictions-may-give-time-to-prepare-for-solar-storms>

RAND (2021) Analyzing a more resilient National Positioning, Navigation and Timing Capability. *RAND Research Report* n° RR-2970-DHS.

Tretkoff, E. (2010) Legislation Seeks to Protect Power-Gird from Space Weather. *Space Weather*, vol.8, Issue 5, may2010. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2010SW000589>

Tsurutani, B. T., y Lakhina, G. S. (2014). An extreme coronal mass ejection and consequences for the magnetosphere and Earth. *Geophysical Research Letters*, 41(2), 287-292.