

Pliego de prescripciones técnicas de los servicios de investigación aplicada sobre 6G para la contribución del despliegue de redes de satélites en el paradigma de las redes no terrestres considerando contribuciones al segmento tierra, servicio y espacio, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia - NextGenerationEU a través de los Proyectos: 6GSatNet - GS: Contribuciones al segmento tierra (TSI-063000-2021-1); 6GSatNet - SS: Contribuciones al segmento espacio (TSI-063000-2021-5); y 6GSatNet - SeS: Contribuciones al segmento servicio (TSI-063000-2021-8)

Número de expediente: 2023050200

El contenido de estas prescripciones técnicas deriva del subproyecto 6GSatNet-GS (Número de referencia TSI-063000-2021-1), del subproyecto 6GSatNet-SS (Número de referencia TSI-063000-2021-5), y del subproyecto 6GSatNet-SeS (Número de referencia TSI-063000-2021-8), que forma parte del proyecto “Contribución en 6G para el despliegue de Redes Satelitales en el paradigma de redes no terrestres (6GSatNet)”, para la investigación aplicada sobre 6G para la contribución del despliegue de redes de satélites en el paradigma de las redes no terrestres, considerando contribuciones al segmento tierra, servicio y espacio, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia - Next Generation EU.

Con la mera presentación de su oferta, la empresa licitadora acepta las prescripciones técnicas establecidas en este pliego.

Cualquier propuesta que no se ajuste a los requerimientos mínimos establecidos en este pliego quedará automáticamente excluida de la licitación.

1. Contexto

El órgano de la presente contratación (Fundación i2CAT), es un centro de desarrollo e investigación sin ánimo de lucro, que impulsa actividades de I+D+i en el ámbito de arquitecturas, aplicaciones y servicios de Internet avanzados. La estructura organizativa de la Fundación i2CAT está basada en diferentes órganos de gobierno, así como en diferentes áreas y departamentos, para poder gestionar cada área de la forma más eficaz.

La Fundación i2CAT apuesta por un modelo de innovación basado en la colaboración entre las empresas, las administraciones públicas, el mundo académico y los usuarios, con el objetivo de desarrollar, entre otras, tecnologías avanzadas de Internet en beneficio en los ámbitos de 5G/6G y el desarrollo de los sistemas de redes no terrestres (NTN) por sus siglas en inglés) como una solución eficaz para complementar las redes terrestres en la prestación de servicios sobre áreas geográficas no cubiertas o con escasa cobertura. El sistema NTN ha sido definido por el *3rd Generation Partnership Project (3GPP)* como un sistema en el que los sistemas aéreos y espaciales pueden trabajar como nodos de retransmisión o como estaciones bases embarcadas. Este sistema se caracteriza por brindar amplias áreas de cobertura y visibilidad global, lo que puede contribuir al desafío de lograr una red conectada sin problemas. Estas características son realmente interesantes para los casos de uso actuales de 5G y las futuras demandas de 6G.

Actualmente, NTN se basa en modelos de comunicación donde, desde una perspectiva de extremo a extremo (end-to-end), los satélites proveen enlaces de propagación punto-a-punto hacia una compleja infraestructura terrestre compuesta por la interconexión de redes heterogéneas. En esta arquitectura, los satélites siguen las trayectorias orbitales en diferentes alturas y pueden establecer conexiones entre ellos mediante enlaces Inter-Satélite (ISL). Tradicionalmente, la integración de satélites se ha realizado independientemente de las redes terrestres. No obstante, actualmente se ha entendido que las futuras redes y sistemas serán capaces de proveer acceso a servicios esenciales en cualquier lugar, cualquier momento y a cualquier dispositivo, solo si se realiza el cambio de paradigma hacia una red heterogénea en una única red de redes. Por ese motivo, es necesario evolucionar hacia una arquitectura de red flexible, escalable y eficiente en la que las NTN estén incluidas.

La Fundación i2CAT tiene experiencia en el desarrollo de soluciones tecnológicas disruptivas, incluyendo soluciones de los sistemas de redes no terrestres (NTN, Non Terrestrial Networks), con el objetivo de cubrir las crecientes necesidades de las futuras redes y sistemas para que éstos sean capaces de proveer acceso a servicios esenciales en cualquier lugar.

El proyecto “**Contribución en 6G para el despliegue de Redes Satelitales en el paradigma de redes no terrestres (6GSatNET)**” es consecuencia de la necesidad de afrontar los desafíos técnicos que deben abordarse a través de actividades de investigación para incluir a las NTN en el futuro ecosistema 6G. En este sentido, el proyecto tiene como objetivo contribuir a esta integración y, específicamente, aborda la necesidad de nuevas tecnologías para integrar redes de satélites, que conforman las NTN, con la infraestructura terrestre mobile, contribuyendo así al futuro 6G. El desarrollo de estas tecnologías se realiza en cada uno de los tres segmentos:

Segmento tierra: corresponde al segmento compuesto por la infraestructura terrestre que gestiona e interactúa con los satélites. Desarrollos en integración de NTN en el core de la red (arquitectura 3GPP), orquestación de servicios o funciones de red, e Inteligencia Artificial (AI, Artificial Intelligence) para la gestión de la red satelital son las principales actividades en este segmento.

Segmento espacio: corresponde al segmento compuesto por la infraestructura orbital, en concreto, por los satélites. Desarrollos en dispositivos ISL, AI embarcada, y ciberseguridad son las principales actividades en este segmento.

Segmento del servicio: corresponde al segmento compuesto por los equipos de usuarios (UE, User Equipment) y las cargas útiles de los satélites que les ofrecen servicio. Desarrollos en dispositivos flexibles de cargas útiles, mecanismos de gestión de recursos radio, y nuevos servicios basados en tecnologías cuánticas son las principales actividades en este segmento.

El objeto de esta contratación se centra en el desarrollo de tecnologías en el segmento tierra espacio y servicio, aplicados a: 1) el estudio de redes no terrestres con capacidades de conexión 5G avanzado o 6G; 2) el desarrollo de sistemas ISL para comunicaciones con redes satelitales heterogéneas; 3) el estudio de mecanismos de seguridad aplicado a redes satelitales; y 4) el estudio de mecanismos que optimicen el consumo energético y el uso de los recursos de radio en la comunicación entre terminales de usuario (UE) y satélites.

Las determinaciones establecidas en el presente Pliego de prescripciones Técnicas, así como las contenidas en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, constituyen normas vinculantes para el contratista, quien realizará las prestaciones que constituyen el objeto del contrato con expresa sumisión a los mismos y a las instrucciones de contratación, así como a las directrices que dicte el órgano de contratación.

2. Hitos y objetivos

Entre los objetivos generales del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia figuran el impulso a la transformación digital y el crecimiento inteligente, sostenible e inclusivo, incluyendo actuaciones dirigidas a impulsar la I+D+i, que es un factor crítico para incrementar la productividad y competitividad del país. Dentro de su Política Palanca V: «Modernización y digitalización del tejido industrial y de la PYME, recuperación del turismo e impulso a una España Nación Emprendedora», se encuentra el componente 15, entre cuyos objetivos figura el de liderar el despliegue tecnológico de 5G/6G en Europa, tanto en relación con las infraestructuras como en lo que respecta a la innovación tecnológica.

Esta actuación se enmarca dentro de la Inversión 6 (I6) “Despliegue del 5G: redes, cambio tecnológico e innovación” del componente 15 “Conectividad digital, impulso a la ciberseguridad y despliegue del 5G”. En concreto, las actuaciones a realizar contribuirán a la consecución de los objetivos CID #243 y #244, cuyos hitos y objetivos se configuran como una medida de apoyo I+D+i empresarial, que se centra en las fases de aplicación de nuevo conocimiento y mejora de tecnologías que incrementen la resiliencia y capacidad competitiva a medio y largo plazo del sector, acelerando el desarrollo de ecosistemas de innovación en 5G y 6G y en ciberseguridad 5G.

La actuación permitirá impulsar el desarrollo de un ecosistema de I+D+i en 5G avanzado y 6G, alcanzando de este modo la finalidad de incrementar el liderazgo de los grupos de investigación españoles en 5G, convirtiéndolos a su vez en un referente en el desarrollo tecnológico de 6G. Los objetivos generales de esta actuación son:

- Promover y desarrollar actividad empresarial que impulse la transformación digital a través de la investigación, el desarrollo y la innovación en el ámbito de las tecnologías de 5G avanzado y 6G.
- Generar actividad económica a través de la transferencia de conocimientos y explotación de tecnologías a título oneroso de soluciones desarrolladas en el ámbito del 5G avanzado y 6G.
- Construir un ecosistema en torno al 6G a partir de las infraestructuras y conocimientos generados mediante actividades de investigación aplicada, para solventar este fallo de mercado y para que, de esta forma, y a través de una efectiva transferencia de tecnología pueda crearse un tejido de empresas relacionado con esta tecnología, particularmente PYMEs.

Se persigue fomentar la creación de empleo de calidad y potenciar la autonomía estratégica de la Unión, junto con una economía abierta, que genere valor añadido europeo.

En concreto, el proyecto coordinado 6GSatNet persigue la contribución sobre 6G para el despliegue de redes satelitales en el paradigma de las redes no terrestres. Para este fin, el

proyecto se apalanca en la construcción de un *core* 5G compatible con redes no terrestres, así como en desarrollo nuevos protocolos de enrutamiento y de acceso al medio.

Por un lado, el subproyecto **6GSatNet-GS: Contribuciones al segmento tierra** se focaliza en abordar múltiples desafíos en el segmento terrestre que se deben afrontar antes de desplegar NTN. Entre ellos, el subproyecto se ha centrado en tres:

(1) **Un núcleo de red 5G mejorado:** partiendo del núcleo de red 5G de 3GPP (3GPP 5G Core Network), la expansión de este núcleo de red con mecanismos que permitan su interacción con los satélites es un aspecto crucial para el futuro de 6G.

(2) **Un orquestador de servicios unificado:** que sea capaz de implementar y administrar servicios entre infraestructuras terrestres y no terrestres es una tecnología relevante que permite a los operadores agnósticos de redes por satélite controlar ambas infraestructuras.

(3) **Un entorno de planificación de constelaciones basado en IA** (Inteligencia Artificial): el desarrollo de este *framework* es esencial para lograr el nivel necesario de autonomía. Específicamente, las operaciones satelitales en una NTN deben ejecutarse automáticamente siguiendo restricciones específicas del negocio y del sistema para optimizar los recursos y maximizar el servicio y la utilización de técnicas de IA se convierte en una tecnología relevante que puede integrarse en futuras redes *core* que deban gestionar arquitecturas NTN.

Para ello se contemplan los siguientes hitos:

- 6GSatNet-GS-H2.1: Entrega del documento de diseño y requisitos para el estudio de capacidades de las arquitecturas NTN.
- 6GSatNet-GS-H2.2a: Documento de resultados y análisis del estudio de capacidades en arquitecturas NTN.
- 6GSatNet-GS-H2.2b: Publicación científica con el estudio de las capacidades de las arquitecturas NTN.
- 6GSatNet-GS-H3.6: Publicación científica sobre las posibles amenazas de seguridad de un orquestador unificado.
- 6GSatNet-GS-H3.7: Entrega del documento de diseño y requerimientos de funcionalidades de seguridad para el orquestador unificado.
- 6GSatNet-GS-H3.8: Entrega del demostrador de una solución de seguridad para el orquestador unificado.

Por otro lado, el subproyecto **6GSatNet-SS: Contribuciones al segmento espacio** se focaliza en contribuir al despliegue de redes satelitales heterogéneas en la arquitectura NTN. Entre los diferentes retos tecnológicos que aún quedan por resolver en este ámbito, el subproyecto aborda los siguientes:

(1) **Un sistema ISL multidispositivo con protocolos de comunicaciones mejorados:** las redes satelitales actuales se ven afectadas por la interrupción de la red, provoca la fragmentación de partes de la red y, por lo tanto, no tienen arquitecturas altamente conectadas. El desarrollo de un dispositivo de enlace entre satélites que sea capaz de utilizar múltiples tecnologías (por ejemplo, radio y óptica) aprovecha el beneficio de cada una.

(2) **Un dispositivo de enlace inter-satélite basado en IA:** la interrupción de la red en las redes satelitales hace que los contactos satelitales se establezcan de manera esporádica e intermitente. Este tipo de conexiones se pueden secuenciar para determinar rutas a lo largo del tiempo, utilizando protocolos de red tolerantes a retrasos/interrupciones; dicha secuencia de contacto también se conoce como gráfico de contacto. Se pretende contribuir a una solución basada en IA que pueda estimar los contactos de los satélites a lo largo del tiempo y, por lo tanto, construir este gráfico; para ejecutar estos algoritmos de IA, es necesario desarrollar un dispositivo hardware embarcado con dicha capacidad.

(3) **Contribuciones a los mecanismos de seguridad para Comunicaciones Intersatelitales:** una NTN cooperativa y heterogénea implica un gran desafío para asegurar la autenticación, autorización, integridad y privacidad en la transferencia de datos. Este proyecto contribuye con un estudio de amenazas de redes satelitales heterogéneas y desarrolla una solución basada en técnicas distribuidas, descentralizadas y autónomas para garantizar esta comunicación segura entre satélites.

Para ello se contemplan los siguientes hitos:

- 6GSatNet-SS-H2.11: Entrega del documento de diseño y requerimientos del dispositivo ISL flexible.
- 6GSatNet-SS-H2.12: Entrega del prototipo, HW y SW, del dispositivo ISL flexible.
- 6GSatNet-SS-H2.13: Entrega del documento de los resultados y análisis del dispositivo ISL flexible.
- 6GSatNet-SS-H4.1a: Entrega del estudio de amenazas de seguridad de redes satelitales heterogéneas - análisis inicial.
- 6GSatNet-SS-H4.1b: Entrega del estudio de amenazas de seguridad de redes satelitales heterogéneas.
- 6GSatNet-SS-H4.1c: Publicación científica que presenta los resultados y conclusiones del estudio de amenazas de seguridad de redes satelitales heterogéneas.
- 6GSatNet-SS-H4.2: Entrega de los requerimientos y diseño de una solución de seguridad para redes de satélites heterogéneas.
- 6GSatNet-SS-H4.3: Entrega de un demostrador de una solución de seguridad.
- 6GSatNet-SS-H4.4: Entrega de un documento sobre los resultados y análisis de una solución de seguridad de redes satelitales heterogéneas.

Finalmente, el subproyecto **6GSatNet-SeS: Contribuciones al segmento de servicio** se focaliza en abordar múltiples desafíos en el segmento de servicios que se deben afrontar antes de implementar NTN. Entre ellos, este subproyecto se ha centrado en los siguientes:

(1) **Desarrollo de una carga útil flexible:** los satélites son sistemas con diferentes recursos que actualmente están diseñados para una misión específica. La posibilidad de virtualizar funciones sobre estos recursos permite el despliegue de múltiples cargas útiles en el mismo satélite. Este proyecto contribuye a este tema al investigar esta arquitectura flexible, que, utilizando cargas útiles virtuales, un satélite puede servir simultáneamente a múltiples usuarios desde el mismo lugar con diferentes servicios.

(2) **Desarrollo de nuevos mecanismos de comunicación para servir a una gran cantidad de usuarios:** las misiones previstas que tienen como objetivo proporcionar servicios de

comunicaciones a través de sistemas satelitales deben enfrentar el escenario de dar servicio a una gran cantidad de usuarios terrestres. Este proyecto pretende contribuir a este objetivo mediante el desarrollo de nuevas técnicas de acceso al medio, sistemas de antena y mecanismos de gestión de recursos de radio.

(3) Contribución para integrar en 6G los servicios de distribución de claves cuánticas: el desarrollo de la tecnología cuántica tendrá un impacto en el futuro 6G al proporcionar plataformas novedosas. Entre las diferentes posibilidades, la aplicación Quantum Key Distribution (QKD) se ha convertido en un servicio relevante que se puede cubrir desde un satélite o red satelital. Este proyecto contribuye a este objetivo explorando las posibilidades de integrar esta tecnología en los protocolos y sistemas satelitales actuales.

Para ello se contemplan los siguientes hitos:

- 6GSatNet-SeS-H2.1: Entrega del documento de requerimientos y diseño de mecanismos para comunicaciones masivas.
- 6GSatNet-SeS-H2.2: Entrega del demostrador de mecanismos para comunicaciones masivas.
- 6GSatNet-SeS-H2.3: Publicación científica que presenta los resultados y análisis de los mecanismos para comunicaciones masivas.
- 6GSatNet-SeS-H2.6: Entrega del documento de requerimiento y diseño de modos de ahorro de energía.
- 6GSatNet-SeS-H2.7: Entrega del demostrador de modos de ahorro de energía.
- 6GSatNet-SeS-H2.8: Entrega del documento de los resultados y análisis de los modos de ahorro de energía, en forma de publicación científica o contribución a estándares.
- 6GSatNet-SeS-H3.1: Entrega del documento de requerimientos y diseño de la arquitectura de payload flexible.
- 6GSatNet-SeS-H3.2: Entrega del prototipo (HW y SW) de la arquitectura de payload flexible.
- 6GSatNet-SeS-H3.3: Entrega de documento de resultados y pruebas en el prototipo de payload flexible.

3. Objeto del contrato o necesidades a cubrir

El presente Pliego tiene por objeto establecer las prescripciones técnicas que regirán la realización de la prestación del servicio, como parte de los subproyectos “Contribuciones al segmento tierra (6GSatNet-GS)”, “Contribuciones al segmento espacio” (6GSatNet-SS), y “Contribuciones al segmento servicio” (6GSatNet-SeS), en el marco del <<PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA – FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA – NEXTGENERATIONEU>>, definiendo así sus cualidades.

Este contrato se centra principalmente en actividades relacionadas con la consecución de los indicadores clave de rendimiento (KPIs, por sus siglas en inglés) de 6G relacionados con redes satelitales, en desarrollar mejoras en el núcleo de red, mejoras en los dispositivos de comunicación satélite a satélite y en la integración de técnicas de inteligencia artificial (IA por sus siglas en inglés) para mejorar dichos enlaces entre satélites, también en contribuir en aspectos de seguridad en las redes satelitales, conseguir mejoras en el enlace de servicio para aplicaciones en redes no terrestres, y contribuir a desplegar nuevos servicios en los

sistemas satelitales. Para conseguir estos KPIs este contrato contempla la realización de actividades asociadas al paquete de trabajo 2 y 3 del subproyecto 6GSatNet-GS (6GSATNET-GS_WP2), a los paquetes de trabajo 2 y 4 del subproyecto 6GSatNet-SS (6GSATNET-SS_WP2, 6GSATNET-SS_WP3, 6GSATNET-SS_WP4), y a los paquetes de trabajo 2 y 3 del subproyecto 6GSatNet-SeS (6GSATNET-SeS_WP2, 6GSATNET-SeS_WP3).

La visión del **paquete de trabajo 2 de 6GSatNet-GS** es explorar los desarrollos para la mejora de la red core 5G con nuevas capacidades para integrar plataformas satelitales con redes terrestres. En la anterior sección se han presentado los diferentes dominios que se abordan en este subproyecto. El paquete de trabajo 2 contempla dos actividades de las cuáles forma parte del objeto de este contrato la actividad A2.1:

Actividad A2.1: Estudio de capacidades de las arquitecturas 6G basadas en NTN

Esta actividad tiene como objetivo evaluar y cuantificar las capacidades de las arquitecturas NTN. Estas arquitecturas incluyen sistemas de aeronaves y satélites a diferentes altitudes, y por lo tanto pueden proporcionar diferentes características de servicio, como baja latencia con visibilidad temporal, o alta latencia con conexión constante. La cuantificación de estas capacidades permitirá comprender cómo se deben implementar los servicios en esta arquitectura. **Este contrato se centra en el cumplimiento de esta actividad.**

La visión del **paquete de trabajo 3 de 6GSatNet-GS** es explorar los desarrollos en los núcleos de red que están asociados con la gestión y las operaciones de las constelaciones de satélites. En la anterior sección se han presentado los diferentes dominios que se abordan en este subproyecto. El paquete de trabajo 3 contempla tres actividades de las cuáles forma parte del objeto de este contrato la actividad A3.2:

Actividad A3.2: Desarrollo de seguridad del orquestador de la constelación de satélites

Esta actividad tiene como objetivo evaluar las amenazas de implementar un orquestador de servicios que unifique las infraestructuras terrestres y no terrestres. A partir de esta evaluación, se realiza un diseño y desarrollo de una solución que aborde algunas de estas amenazas. Este trabajo nos permitirá contribuir a este orquestador unificado y seguir trabajando en aspectos de seguridad relevantes para futuras implementaciones de NTN. **Este contrato se centra en el cumplimiento de esta actividad.**

La visión del **paquete de trabajo 2 de 6GSatNet-SS** es contribuir a la definición de un dispositivo de enlace entre satélites que permita la interacción de satélites heterogéneos (de diferentes constelaciones). El paquete de trabajo 2 contempla tres actividades de las cuáles forma parte del objeto de este contrato la actividad A2.3:

Actividad A2.3: El desarrollo de un dispositivo ISL flexible para satélites heterogéneos

El desarrollo, fabricación, de un dispositivo que sea capaz de establecer un ISL con tecnologías heterogéneas. Este enfoque flexible permite que un satélite pueda comunicarse con diferentes satélites utilizando diferentes medios de comunicación, como bandas de frecuencia, ópticas, etc. La verificación de este desarrollo se realiza en un laboratorio y en un escenario representativo. **Este contrato se centra en el cumplimiento de esta actividad.**

La visión del **paquete de trabajo 4 de 6GSatNet-SS** es explorar capacidades novedosas en redes satelitales que mejoren las tecnologías ISL con respecto a los aspectos de seguridad que deben abordarse. El paquete de trabajo 4 contempla dos actividades de las cuáles forma parte del objeto de este contrato las actividades A4.1 y A4.2:

Actividad A4.1: El estudio de amenazas en el ámbito de redes satelitales heterogéneas

El estudio de amenazas en redes satelitales heterogéneas implica un análisis relacionado con las amenazas potenciales en los sistemas satelitales. Las arquitecturas NTN promueven la integración de satélites heterogéneos caracterizados por diferentes actores, operadores, tipo de constelación, etc. **Este contrato se centra en el cumplimiento de esta actividad.**

Actividad A4.2: El desarrollo de mecanismos de seguridad distribuida para ISL

Esta actividad ampliará el conocimiento actual sobre los mecanismos de seguridad distribuida para ISL al examinar las amenazas que afectan a los diferentes escenarios de los casos de uso de redes NTN. El análisis de amenazas cubrirá los perfiles de los atacantes, los activos afectados, las consecuencias y las posibles opciones de mitigación. **Este contrato se centra en el cumplimiento de esta actividad.**

La visión del **paquete de trabajo 2 de 6GSatNet-SeS** es contribuir a la estandarización de nuevas tecnologías para permitir la interacción entre el UE (User Equipment, equipo de usuario) y las plataformas satelitales. El paquete de trabajo 2 contempla dos actividades de las cuáles forma parte del objeto de este contrato las actividades A2.1 y A2.2:

Actividad A2.1: Mecanismos para comunicaciones masivas

Esta tarea implica el estudio de configuraciones de diseño de celdas y haces de satélite, estrategias de gestión de recursos de radio y mejoras de protocolo para una explotación óptima del enlace de servicio, definido como la interfaz entre satélites y una gran cantidad de UE. **Este contrato se centra en el cumplimiento de esta actividad.**

Actividad A2.2: Modos de ahorro de energía sincronizados con los satélites

Esta tarea implica el estudio de mecanismos de sincronización entre UEs y satélites para optimizar los recursos energéticos. Específicamente, los UE asociados a IoT están diseñados para consumir lo menos posible mediante la ejecución de modos de ahorro de energía. Actualmente, estos modos no pueden interactuar con conexiones temporales como los satélites. **Este contrato se centra en el cumplimiento de esta actividad.**

La visión del **paquete de trabajo 3 de 6GSatNet-SeS** es explorar nuevos servicios que se pueden proporcionar desde satélites a usuarios terrestres. El paquete de trabajo 3 contempla tres actividades de las cuáles forma parte del objeto de este contrato la actividad A3.1:

Actividad A3.1: El desarrollo de una arquitectura de carga útil flexible

Esta tarea implica el desarrollo de un sistema de hardware que sea capaz de virtualizar las cargas útiles de los satélites. Específicamente, este sistema puede ejecutar simultáneamente múltiples instrumentos como cargas útiles independientes. **Este contrato se centra en el cumplimiento de esta actividad.**

El presente contrato tiene como objeto el desarrollo de la actividad A2.1 del paquete de trabajo 2 de 6GSatNet-GS, de la actividad A3.2 del paquete de trabajo 3 de 6GSatNet-GS, de la actividad A2.3, del paquete de trabajo 2 de 6GSatNet-SS, y de las actividades A4.1 y A4.2 del paquete de trabajo 4 de 6GSatNet-SS, de las actividades A2.1 y A.2.2 del paquete de trabajo 2 de 6GSatNet-SeS y de la actividad A3.1 del paquete de trabajo 3 de 6GSatNet-SeS. Con el fin de conseguir ambas actividades, este contrato se divide en ocho lotes, para los cuales se identifican los objetivos detallados a continuación, y se establece la

obligación de las partes contratistas de trabajar de forma conjunta, colaborativa y coordinada a lo largo de la ejecución del proyecto, bajo la coordinación de la parte contratante, en los términos detallados en cada uno de los lotes.

Objeto del lote 1: Servicios de investigación aplicada al estudio de las capacidades de las arquitecturas 6G basadas en NTN - Proyecto 6GSatNet - GS: Contribuciones al segmento tierra (TSI-063000-2021-1)

Con la realización del referido lote 1 del objeto contractual, el órgano de contratación pretende cubrir las siguientes necesidades y/o funcionalidades:

- 1) Evaluar y cuantificar las capacidades de las arquitecturas NTN para la prestación de funciones y servicios previstos para el 6G. Para tal fin, el contratista deberá producir una publicación científica que contenga el escenario, el proceso de análisis, los resultados del análisis, una cuantificación de capacidades de la arquitectura NTN en base a simulaciones y las conclusiones.

Objeto del lote 2: Servicios de investigación aplicada para el desarrollo de seguridad del orquestador de la constelación de satélites - Proyecto 6GSatNet - GS: Contribuciones al segmento tierra (TSI-063000-2021-1)

Con la realización del referido lote 2 del objeto contractual, el órgano de contratación pretende cubrir las siguientes necesidades y/o funcionalidades:

- 1) Desarrollo de seguridad del orquestador de la constelación de satélites. Para tal fin, el contratista deberá realizar un documento que presente los requisitos técnicos a cumplir por dicho desarrollo, diseñar una propuesta de solución acorde a dichos requisitos, y realizar un demostrador que muestre los aspectos de seguridad necesarios para implementar un orquestador unificado de infraestructuras terrestres y no terrestres.

Objeto del lote 3: Servicios de investigación aplicada para el desarrollo de un dispositivo ISL flexible para satélites heterogéneos - Proyecto 6GSatNet - SS: Contribuciones al segmento espacio (TSI-063000-2021-5)

Con la realización del referido lote 3 del objeto contractual, el órgano de contratación pretende cubrir las siguientes necesidades y/o funcionalidades:

- 1) Desarrollo de un dispositivo ISL flexible para satélites heterogéneos. Para tal fin, el contratista deberá realizar un documento que presente los requisitos técnicos a cumplir por el dispositivo desarrollado y realizar el diseño de una solución, fabricar un prototipo del sistema de ISL flexible, así como también realizar una verificación llevada a cabo con el demostrador sobre la validez de la solución propuesta y del prototipo fabricado.

Objeto del lote 4: Servicios de investigación aplicada para el desarrollo de un estudio de amenazas en el ámbito de redes satelitales heterogéneas - Proyecto 6GSatNet - SS: Contribuciones al segmento espacio (TSI-063000-2021-5)

Con la realización del referido lote 4 del objeto contractual, el órgano de contratación pretende cubrir las siguientes necesidades y/o funcionalidades:

- 1) Investigación orientada al análisis relacionado con las amenazas potenciales en los sistemas satelitales. Para tal fin, el contratista deberá producir un documento y una publicación científica conteniendo el estudio de dichas amenazas, así como una lista de recomendaciones y potenciales soluciones en forma de *roadmap* tecnológico.

Objeto del lote 5: Servicios de investigación aplicada para el desarrollo de mecanismos de seguridad distribuida para ISL - Proyecto 6GSatNet - SS: Contribuciones al segmento espacio (TSI-063000-2021-5)

Con la realización del referido lote 5 del objeto contractual, el órgano de contratación pretende cubrir las siguientes necesidades y/o funcionalidades:

- 1) Desarrollo de mecanismos de seguridad distribuida para ISL, considerando amenazas que afectan a los diferentes escenarios de los casos de uso de redes NTN. Para tal fin, el contratista deberá realizar un documento que presente los requisitos técnicos a cumplir por dichos mecanismos, y desarrollar un demostrador de la solución de seguridad propuesta que verifique la consecución de autenticación, integridad de datos y confidencialidad.

Objeto del lote 6: Servicios de investigación aplicada para el desarrollo de mecanismos para comunicaciones satelitales masivas - Proyecto 6GSatNet - SeS: Contribuciones al segmento servicio (TSI-063000-2021-8)

Con la realización del referido lote 6 del objeto contractual, el órgano de contratación pretende cubrir las siguientes necesidades y/o funcionalidades:

- 1) Investigación orientada al estudio sobre los mecanismos aplicados a comunicaciones masivas para una explotación óptima de un enlace satelital de servicio, definido como la interfaz entre satélites y una gran cantidad de UEs. Para tal fin, el contratista deberá realizar un documento que presente los requisitos técnicos a cumplir por dichos mecanismos, desarrollar un demostrador del sistema de comunicaciones masivas y producir una publicación científica que presente los resultados del estudio y de la verificación llevada a cabo con el demostrador en un escenario representativo del objeto del estudio.

Objeto del lote 7: Servicios de investigación aplicada para el desarrollo de mecanismos de ahorro de energía sincronizados con los satélites - Proyecto 6GSatNet - SeS: Contribuciones al segmento servicio (TSI-063000-2021-8)

Con la realización del referido lote 7 del objeto contractual, el órgano de contratación pretende cubrir las siguientes necesidades y/o funcionalidades:

- 1) Investigación orientada al estudio sobre los modos de ahorro de energía de los equipos de usuario sincronizados con los satélites para una utilización óptima de los recursos de energía. Para tal fin, el contratista deberá realizar un documento que presente los requisitos técnicos a cumplir por dichos modos de ahorro de energía y una propuesta de solución, desarrollar un demostrador del modo de ahorro de energía propuesto y producir una publicación científica que presente los resultados del estudio y de la verificación llevada a cabo con el demostrador en un escenario representativo.

Objeto del lote 8: Servicios de investigación aplicada para el desarrollo de una arquitectura de carga útil satelital flexible - Proyecto 6GSatNet - SeS: Contribuciones al segmento servicio (TSI-063000-2021-8)

Con la realización del referido lote 8 del objeto contractual, el órgano de contratación pretende cubrir las siguientes necesidades y/o funcionalidades:

- 1) Desarrollo de un sistema de *hardware* que sea capaz de virtualizar las cargas útiles de los satélites. Para tal fin, el contratista deberá realizar un documento que presente los requisitos técnicos a cumplir por la arquitectura de carga útil flexible junto con una propuesta de diseño de la solución, y desarrollar un prototipo de hardware y software de acuerdo a dicha solución propuesta.

4. Actividades y funciones de la empresa contratista

Las actividades y funciones que debe asumir la empresa contratista indicadas para cada uno de los lotes son las siguientes:

a. Actividades y funciones de la empresa contratista del lote 1:

i. 6GSATNET-GS-L1-P2: Mejoras en el *core* (núcleo) de la red 5G

Este paquete de trabajo tiene como objetivo contribuir a la mejora del *core* de las redes 5G con capacidades novedosas para integrar plataformas satelitales con redes terrestres. Para tal fin se consideran capacidades de gestión, siguiendo los estándares, mensajes de señalización y datos de usuario, superando los desafíos asociados con las conexiones intermitentes entre satélites y dispositivos terrestres.

En concreto, el paquete de trabajo 6GSATNET-GS-L1-P2 se compone de la siguiente actividad:

6GSATNET-GS-L1-P2-A2.1: Estudio de las capacidades de las arquitecturas 6G basadas en NTN. Esta actividad persigue la realización de un estudio que evalúe y cuantifique las capacidades de las arquitecturas basadas en NTN. Estas arquitecturas incluyen sistemas de aeronaves y satélites a diferentes altitudes y, por lo tanto, pueden proporcionar diferentes características de servicio, como baja latencia con visibilidad temporal o alta latencia con conexión constante. Dicha cuantificación permitirá entender cómo deben ser desplegados los servicios en esta arquitectura. Para tal fin se debe: 1) Establecer el escenario y procedimiento de análisis; 2) Presentar los resultados del análisis anterior; 3) Realizar un mapeado que relacione las capacidades con los servicios de red; y 4) Producir una publicación científica del estudio realizado

Fechas inicio - fin: 15/07/2023 – 31/12/2024

Presupuesto total de la actividad: 132.790,00 € (IVA no incluido)

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 1 especificadas en el presente pliego y en el Pliego de Cláusulas

Administrativas Particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

b. Actividades y funciones de la empresa contratista del lote 2

i. 6GSATNET-GS-L2-P3: Operaciones de satélites en el núcleo de la red

Este paquete de trabajo tiene como objetivo explorar los desarrollos en los núcleos de red que están asociados con la gestión y las operaciones de las constelaciones de satélites.

En concreto, el paquete de trabajo 6GSATNET-GS-L2-P3 se compone de la siguiente actividad:

6GSATNET-GS-L2-P3-A3.2: Desarrollo de seguridad del orquestador de constelación de satélites. En esta actividad se evalúa las amenazas de implementar un orquestador de servicios que unifique las infraestructuras terrestres y no terrestres y, a partir de dicha evaluación, la realización de un diseño y desarrollo de una solución que aborde algunas de las amenazas. Para tal fin se debe: 1) Producir una publicación científica que desarrolle el estudio de amenazas a las que puede estar sujeto un orquestador unificado. Incluye soluciones potenciales en forma de roadmap tecnológico; 2) Definir los requisitos técnicos a cumplir por una solución de seguridad; 3) Diseñar una propuesta de solución en base a los requisitos técnicos identificados; y 4) Realizar un demostrador que verifique la propuesta de solución

Fechas inicio - fin: 15/07/2023 – 31/12/2024

Presupuesto total de la actividad: 220.188,00 € (IVA no incluido)

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 2 especificadas en el presente pliego y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

c. Actividades y funciones de la empresa contratista del lote 3

i. 6GSATNET-SS-L3-P2: Dispositivo de comunicación de satélite a satélite

Este paquete de trabajo tiene como objetivo contribuir a la definición de un dispositivo de enlace entre satélites que permita la interacción de satélites heterogéneos (de diferentes constelaciones). La estandarización de este tipo de interfaz ayudará con el concepto de cooperación de constelaciones. Específicamente, los principales desafíos que se abordarán en este paquete son: (1) mecanismos de comunicación para mitigar la interrupción de la red mediante la combinación de múltiples tecnologías ópticas o de radio, (2) mejora de los protocolos de comunicación que abordan la interrupción de la red y la densidad dinámica de satélites, y (3) una definición de sistema de dispositivo flexible que es capaz de comunicarse con diferentes arquitecturas.

En concreto, el paquete de trabajo 6GSATNET-SS-L3-P2 se compone de la siguiente actividad:

6GSATNET-SS-L3-P2-A2.3: Desarrollo de un dispositivo ISL flexible para satélites heterogéneos. Esta actividad se centra en la construcción y entrega de un dispositivo que sea capaz de establecer una conexión de tipo ISL entre tecnologías heterogéneas. Este enfoque flexible permite que un satélite pueda comunicarse con diferentes satélites utilizando diferentes medios de comunicación, como bandas de frecuencia, ópticas, etc. Este desarrollo y fabricación cubre el diseño del sistema ISL a nivel de hardware, aspectos de diseño de antena y apuntamiento de antena/satélite para lograr este ISL flexible. La verificación de este desarrollo se realiza en un laboratorio y en un escenario representativo. Para tal fin, se debe: 1) Definir los requisitos técnicos para el diseño de un ISL flexible y el diseño de una propuesta de solución; 2) Implementar el diseño realizado en el punto anterior; 3) Verificar el correcto funcionamiento de la implementación realizada; 3) Documentar las actividades anteriores: el diseño, la implementación y los resultados de la verificación; incluye la realización de un manual de usuario del dispositivo implementado.

Fechas inicio - fin: 15/07/2023 – 31/12/2024

Presupuesto total de la actividad: 183.500,00 € (IVA no incluido)

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 3 especificadas en el presente pliego y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

d. Actividades y funciones de la empresa contratista del lote 4

i. 6GSATNET-SS-L4-P4: Contribuciones de seguridad a las redes satelitales

Este paquete de trabajo tiene como objetivo explorar nuevas capacidades en redes satelitales que mejoren las tecnologías ISL con respecto a los aspectos de seguridad que deben abordarse. En concreto, los principales retos a abordar en este paquete son: 1) Estudio de las amenazas existentes en una red satelital heterogénea compuesta por nodos de diferentes partes interesadas/operadores y un uso de tecnología para mitigar esas amenazas; y 2) El desarrollo de un mecanismo de seguridad que utiliza técnicas distribuidas para garantizar la autenticación satelital, e integridad y confidencialidad de los datos.

En concreto, el paquete de trabajo 6GSATNET-SS-L4-P4 se compone de la siguiente actividad:

6GSATNET-SS-L4-P4-A4.1: Estudio de amenazas en el ámbito de redes satelitales heterogéneas. Esta actividad se centra en el análisis relacionado con las amenazas potenciales en los sistemas satelitales, cuyas arquitecturas de NTN promueven la integración de satélites heterogéneos caracterizados por diferentes *stakeholders*, operadores, tipo de constelación, etc. Este escenario cooperativo plantea múltiples desafíos para garantizar el nivel de seguridad.

Para tal fin se debe: 1) Realizar el estudio de amenazas de seguridad; 2) Proponer soluciones potenciales para las amenazas identificadas; y 3) Producir una publicación científica del estudio y la propuesta de soluciones realizados.

Fechas inicio - fin: 15/07/2023 – 15/02/2024

Presupuesto total de la actividad: 75.000,00 € (IVA no incluido)

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 4 especificadas en el presente pliego y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

e. Actividades y funciones de la empresa contratista del lote 5

i. 6GSATNET-SS-L5-P4: Contribuciones de seguridad a las redes satelitales

Este paquete de trabajo tiene como objetivo explorar nuevas capacidades en redes satelitales que mejoren las tecnologías ISL con respecto a los aspectos de seguridad que deben abordarse. En concreto, los principales retos a abordar en este paquete son: 1) Estudio de las amenazas existentes en una red satelital heterogénea compuesta por nodos de diferentes partes interesadas/operadores y un uso de tecnología para mitigar esas amenazas; y 2) El desarrollo de un mecanismo de seguridad que utiliza técnicas distribuidas para garantizar la autenticación satelital, e integridad y confidencialidad de los datos.

En concreto, el paquete de trabajo 6GSATNET-SS-L5-P4 se compone de la siguiente actividad:

6GSATNET-SS-L5-P4-A4.2: Desarrollo de mecanismos de seguridad distribuida para ISL. Esta tarea se centra en el desarrollo de una solución de seguridad distribuida que provea autenticación, integridad de datos y confidencialidad en las comunicaciones ISL en entornos satelitales heterogéneos. La verificación de este desarrollo se realiza a través de un demostrador de laboratorio. Para tal fin se debe: 1) Definir los requisitos técnicos de la solución de seguridad distribuida para redes satelitales heterogéneas; 2) Diseñar una propuesta de solución de acuerdo con los requisitos definidos; 3) Realizar un demostrador que verifique la propuesta de solución; 4) Producir vídeo demostrativo que muestre la solución de seguridad desarrollada.

Fechas inicio - fin: 15/07/2023 – 31/12/2024

Presupuesto total de la actividad: 175.000,00 € (IVA no incluido)

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 5 especificadas en el presente pliego y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

f. Actividades y funciones de la empresa contratista del lote 6:

i. 6GSATNET-SES-L6-P2: Mejoras del enlace de servicio para aplicaciones NTN

Este paquete de trabajo tiene como objetivo contribuir a la estandarización de nuevas tecnologías para permitir la interacción entre UEs y las plataformas satelitales. Para tal fin se estudiará las configuraciones de diseño de haces y celdas de satélite. También abarca el estudio de estrategias de gestión de recursos de radio y las mejoras de protocolo para una explotación óptima de la interfaz satélite-tierra. Específicamente, los principales desafíos que se abordarán en este paquete son: 1) Mecanismos para gestionar el espectro y compartirlo entre diferentes dispositivos, 2) Mecanismos de acceso al medio para hacer frente a la alta densidad de dispositivos terrestres y la cobertura discontinua, 3) Mejora de la eficiencia energética y 4) Algoritmos de gestión de recursos de radio (RRM por sus siglas en inglés) para células de satélites que se mueven sobre la Tierra.

En concreto, el paquete de trabajo 6GSATNET-SES-L6-P2 se compone de la siguiente actividad:

6GSATNET-SES-L6-P2-A2.1: Mecanismos para comunicaciones masivas

Esta tarea consiste en el estudio de configuraciones de diseño de celdas y haces de satélite. Así como también abarca al estudio de estrategias de gestión de recursos de radio y mejoras de protocolo para una explotación óptima del enlace de servicio, definido como la interfaz entre satélites y una gran cantidad de UE. Específicamente, se investigan los mecanismos para compartir dinámicamente el espectro entre los múltiples UE terrestres, los mecanismos de acceso al medio y las capacidades de diseño de antenas. Para tal fin se debe: 1) Definir los requisitos técnicos de los mecanismos de comunicaciones masivas; 2) Diseñar una propuesta de solución para dichos mecanismos; 3) Realizar un demostrador que verifique la propuesta de solución; 4) Producir una publicación científica que presente las actividades anteriores: la definición de requisitos, el diseño, el demostrador y los resultados de la verificación.

Fechas inicio - fin: 15/07/2023 – 31/12/2024

Presupuesto total de la actividad: 287.500,00 € (IVA no incluido)

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 6 especificadas en el presente pliego y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

g. Actividades y funciones de la empresa contratista del lote 7

i. 6GSATNET-SES-L7-P2: Mejoras del enlace de servicio para aplicaciones NTN

Este paquete de trabajo tiene como objetivo contribuir a la estandarización de nuevas tecnologías para permitir la interacción entre UEs y las plataformas satelitales. Para tal fin se estudiará las configuraciones de diseño de haces y celdas de satélite. También abarca el estudio de estrategias de gestión de recursos de radio y las mejoras

de protocolo para una explotación óptima de la interfaz satélite-tierra. Específicamente, los principales desafíos que se abordarán en este paquete son: 1) Mecanismos para gestionar el espectro y compartirlo entre diferentes dispositivos, 2) Mecanismos de acceso al medio para hacer frente a la alta densidad de dispositivos terrestres y la cobertura discontinua, 3) Mejora de la eficiencia energética y 4) Algoritmos de gestión de recursos de radio (RRM) para células de satélites que se mueven sobre la Tierra.

En concreto, el paquete de trabajo 6GSATNET-SES-L7-P2 se compone de la siguiente actividad:

6GSATNET-SES-L7-P2-A2.2: Modos de ahorro de energía sincronizados con los satélites.

Esta actividad implica el estudio de mecanismos de sincronización entre UEs y satélites para optimizar los recursos energéticos. Específicamente, los UE asociados a IoT están diseñados para consumir lo menos posible mediante la ejecución de modos de ahorro de energía. Actualmente, estos modos no pueden interactuar con conexiones temporales como los satélites. Por lo tanto, se requiere una mejora de estos protocolos. Esto requiere investigar este desafío para realizar nuevos aportes en cuanto al diseño de UEs y satélites.

Para tal fin se debe: 1) Definir los requisitos técnicos de los modos de ahorro de energía sincronizados; 2) Diseñar una propuesta de solución para dichos mecanismos; 3) Realizar un demostrador que verifique la propuesta de solución; 4) Producir una publicación científica que presente las actividades anteriores: la definición de requisitos, el diseño, el demostrador y los resultados de la verificación.

Fechas inicio - fin: 15/07/2023 – 31/12/2024

Presupuesto total de la actividad: 165.125,00 € (IVA no incluido)

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 7 especificadas en el presente pliego y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

h. Actividades y funciones de la empresa contratista del lote 8

i. 6GSATNET-SES-L8-P3: Nuevos servicios desplegados desde sistemas satelitales

Este paquete de trabajo tiene como objetivo explorar nuevos servicios que se pueden proporcionar desde satélites a usuarios terrestres. En este dominio se abordan dos campos: 1) La definición de cargas útiles flexibles y virtuales mediante la virtualización de funcionalidades de misiones satelitales; 2) El desarrollo de nuevos servicios basados en la tecnología Quantum Key Distribution (QKD) que se pueden integrar con los protocolos 5G.

En concreto, el paquete de trabajo 6GSATNET-SES-L8-P3 se compone de la siguiente actividad:

6GSATNET-SES-L8-P3-A3.1: Desarrollo de una arquitectura de carga útil flexible. Esta actividad persigue la construcción y entrega de un dispositivo hardware que implemente una carga útil flexible que permita virtualizar cargas útiles en satélites. Específicamente, utilizando el mismo sistema se podrán ejecutar simultáneamente múltiples instrumentos a modo de cargas útiles independientes. Con esta tecnología, se puede atender a diferentes usuarios en diferentes cargas útiles virtuales y utilizando el mismo sistema. Para tal fin se debe: 1) Diseñar el dispositivo hardware que permite la ejecución de una arquitectura de carga útil flexible; 2) Implementar el diseño realizado en el punto anterior; 3) Verificar el correcto funcionamiento de la implementación realizada; 4) Documentar las actividades anteriores: el diseño, la implementación y los resultados de la verificación; incluye la realización de un manual de usuario del dispositivo implementado.

Fechas inicio - fin: 15/07/2023 – 31/12/2024

Presupuesto total de la actividad: 300.500,00 € (IVA no incluido)

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones referentes al lote 8 especificadas en el presente pliego y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

5. Finalidades y objetivos a alcanzar

a. Finalidades y objetivos por alcanzar correspondientes al lote 1

Las finalidades y objetivos a alcanzar mediante la realización del lote 1 de este contrato son las siguientes:

Objetivo L1.1 – Promover la integración de redes NTN con las redes móviles

El cumplimiento del lote 1 permitirá conocer el nivel de prestaciones esperables para una red NTN que ofrezca un servicio integrado con las redes móviles.

Objetivo L1.2 – Evaluación y cuantificación de las capacidades de las arquitecturas NTN para la prestación de funciones y servicios previstos en las redes móviles

La actividad principal del lote 1 se centra en evaluar y cuantificar las diferentes capacidades que se piden a la red NTN que permita su integración con las redes móviles y ofrecer los niveles de servicio esperables para poder ser funcional tanto a nivel de red como en las prestaciones de los usuarios individuales a los que sirva.

Objetivo L1.3 – Validar la cuantificación de las capacidades evaluadas a través de una simulación a través de escenarios relevantes

La cuantificación de capacidades de las diferentes arquitecturas NTN ha de pasar un proceso de validación a través de una herramienta de simulación que incorpore escenarios relevantes de conexión entre los equipos satelitales y los equipos terrestres (tanto de red como UE), con detalle suficiente para constituir una herramienta adecuada para dicha validación.

Objetivo L1.4 – Establecer una relación entre las capacidades identificadas y cuantificadas y los servicios de red

Las arquitecturas 6G basadas en NTN y la cuantificación de prestaciones han de mostrarse compatibles y coherentes con la arquitectura 3GPP de la 5G red core y con las capacidades de servicios de red esperadas para sus homólogos en red terrestres.

Objetivo L1.5 – Mostrar los resultados del análisis y cuantificación de prestaciones de las arquitecturas NTN

El lote 1 finalizará mediante la producción de una publicación científica que recoja los resultados: el análisis de las arquitecturas, la cuantificación de prestaciones tanto a nivel global (de red) como individual (de UE) y el mapeado entre las prestaciones y los servicios de red compatibles.

Estos objetivos están alineados con el Objetivo 1, 2 y 6 del subproyecto 6GSatNet-GS. La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos en la Sección 6 de este documento.

La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos a continuación, y requerirá de la colaboración del adjudicatario con la entidad contratante, sin perjuicio que para la consecución de los requerimientos que lleven asociados pueda precisar de la colaboración con el adjudicatario de otros lotes, en relación con los resultados obtenidos.

- 6GSATNET-GS-L1-P2: Mejoras en el núcleo de la red
 - 6GSATNET-GS-L1-P2-D2.1a-S: Documento de diseño y requisitos para el estudio y evaluación de las capacidades de las arquitecturas NTN con relación a los servicios móviles.
 - 6GSATNET-GS-L1-P2-D2.1b-S: Documento de resultados y análisis del estudio y evaluación de las capacidades de las arquitecturas NTN con relación a los servicios móviles.
 - 6GSATNET-GS-L1-P2-D2.1c-S: Publicación científica que describe las capacidades de las arquitecturas NTN con relación a los servicios móviles.

b. Finalidades y objetivos por alcanzar correspondientes al lote 2

Las finalidades y objetivos a alcanzar mediante la realización del lote 2 de este contrato son las siguientes:

Objetivo L2.1 – Promover el desarrollo de soluciones de seguridad para el entorno de orquestador unificado

El cumplimiento del lote 2 permitirá desarrollar soluciones de seguridad que aborden las amenazas a las que puede estar sujeto el desarrollo de un orquestador de constelación de satélites unificado.

Objetivo L2.2 – Analizar el conjunto de amenazas que pueden afectar a un orquestador unificado y proponer un abanico de soluciones

La actividad principal del lote 2 se centra en el estudio de las amenazas de seguridad que pueden afectar a un orquestador unificado de constelación de satélites por el hecho de abarcar un conjunto heterogéneo de sistemas, agentes y operadores; al mismo tiempo se deben proponer soluciones que permitan combatir y mitigar dichas amenazas.

Objetivo L2.3 – Definir los requisitos técnicos a cumplir por una solución de seguridad

Se definen un conjunto de requisitos técnicos que debería cumplir una solución de seguridad que diera respuesta adecuada a las amenazas identificadas que pueden afectar a un gestor unificado.

Objetivo L2.4 – Diseñar una propuesta de solución de seguridad

Se diseña una propuesta de solución de seguridad que dé respuesta (combate y mitiga) las amenazas de seguridad potenciales de un orquestador unificado; el diseño ha de cumplir los requisitos técnicos identificados en L2.3.

Objetivo L2.5 – Verificar la solución de seguridad para el gestor unificado

El lote 2 incorpora una demostración que verifique la propuesta de solución de seguridad en un escenario relevante y para algunas de las amenazas detectadas.

Objetivo L2.6 – Mostrar la viabilidad y beneficios del uso de la solución de seguridad para el gestor unificado

El lote 2 finalizará mediante la producción de una publicación científica que recoja los resultados: el análisis de amenazas, los requisitos técnicos a cumplir por las potenciales soluciones, la propuesta de solución de seguridad y la verificación de la propuesta a través de una demostración relevante.

Estos objetivos están alineados con el Objetivo 1,3,5 y 6 del subproyecto 6GSatNet-SS. La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos en la Sección 6 de este documento.

La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos a continuación, y requerirá de la colaboración del adjudicatario con la entidad contratante, sin perjuicio que para la consecución de los requerimientos que lleven asociados pueda precisar de la colaboración con el adjudicatario de otros lotes, en relación con los resultados obtenidos.

- 6GSATNET-GS-L2-P3: Operaciones de satélites en el núcleo de la red
 - 6GSATNET-GS-L2-P3-D3.4-S: Publicación científica que presenta un estudio de las amenazas que puede experimentar un orquestador unificado. Este estudio incluye también soluciones potenciales como hoja de ruta tecnológica.
 - 6GSATNET-GS-L2-P3-D3.5-S: Documento que presenta los requisitos técnicos del orquestador de servicios que unifica las operaciones de infraestructura satelital y terrestre. Estos requisitos se derivan de los del caso de uso. A partir de estos requerimientos, también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.
 - 6GSATNET-GS-L2-P3-D3.6-S: Demostración y reporte del software para abordar un aspecto de seguridad necesario para implementar un orquestador unificado.

c. Finalidades y objetivos por alcanzar correspondientes al lote 3

Las finalidades y objetivos a alcanzar mediante la realización del lote 3 de este contrato son las siguientes:

Objetivo L3.1 - Promover el desarrollo de soluciones de enlace flexible entre satélites heterogéneos

El cumplimiento del lote 3 permitirá desarrollar soluciones para la implementación de un enlace entre satélites flexible que sea capaz de interactuar con satélites que tengan otras tecnologías de la comunicación.

Objetivo L3.2 – Definir los requisitos técnicos y la propuesta de diseño de un ISL flexible

Se definen un conjunto de requisitos técnicos que debería cumplir una propuesta de solución de ISL flexible, y propuesta de diseño de dicha solución para establecer comunicaciones entre satélites con sistemas de comunicaciones heterogéneos.

Objetivo L3.3 - Desarrollo de un dispositivo hardware que permite establecer conexiones ISL entre satélites heterogéneos

La actividad principal del lote 3 se centra en el desarrollo de un dispositivo hardware que implementa una solución de ISL flexible entre satélites heterogéneos.

Objetivo L3.4 – Demostrar la viabilidad y los beneficios de la solución de ISL flexible

El lote 3 se finalizará mediante la demostración de las capacidades de ejecución del dispositivo desarrollado en un entorno de laboratorio.

Estos objetivos están alineados con el Objetivo 2 del subproyecto 6GSatNet-SS. La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos en la Sección 6 de este documento.

La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos a continuación, y requerirá de la colaboración del adjudicatario con la entidad contratante, sin perjuicio que para la consecución de los requerimientos que lleven asociados pueda precisar de la colaboración con el adjudicatario de otros lotes, en relación con los resultados obtenidos.

- 6GSATNET-SS-L3-P2: Dispositivo de comunicación de satélite a satélite
 - 6GSATNET-SS-L3-P2-D2.6-S: Documento que presenta los requisitos técnicos del dispositivo ISL flexible. A partir de estos requisitos también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.
 - 6GSATNET-SS-L3-P2-D2.7-S: Prototipo (hardware (2 unidades: EM¹ y PFM²) y software) de una carga útil flexible y reporte de resultados.

d. Finalidades y objetivos por alcanzar correspondientes al lote 4

Las finalidades y objetivos a alcanzar mediante la realización del lote 4 de este contrato son las siguientes:

Objetivo L4.1 - Promover el desarrollo de soluciones de seguridad para el ámbito de redes satelitales heterogéneas

El cumplimiento del lote 4 permitirá desarrollar soluciones de seguridad que aborden las amenazas a las que puede estar sujeto el conjunto de comunicaciones y sistemas que conforman el ámbito de redes satelitales heterogéneas.

Objetivo L4.2 - Analizar el conjunto de amenazas que pueden afectar al ámbito de redes satelitales heterogéneas

La actividad principal del lote 4 se centra en el estudio de las amenazas de seguridad que pueden afectar al ámbito de las redes satelitales por el hecho de abarcar un conjunto heterogéneo de sistemas, agentes y operadores; al mismo tiempo se deben proponer soluciones que permitan combatir y mitigar dichas amenazas.

Objetivo L4.3 - Producir una publicación científica del estudio y la propuesta de soluciones realizados

¹ EM: Engineering Model

² PFM: Proto Flight Model

El lote 4 finalizará mediante la producción de una publicación científica que recoja los resultados: el análisis de amenazas y la propuesta de soluciones que combatan y mitiguen dichas amenazas.

Estos objetivos están alineados con el Objetivo 4 y 5 del subproyecto 6GSatNet-SS. La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos en la Sección 6 de este documento.

La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos a continuación, y requerirá de la colaboración del adjudicatario con la entidad contratante, sin perjuicio que para la consecución de los requerimientos que lleven asociados pueda precisar de la colaboración con el adjudicatario de otros lotes, en relación con los resultados obtenidos.

- 6GSATNET-SS-L4-P4: Contribuciones de seguridad a las redes satelitales
 - 6GSATNET-SS-L4-P4-D4.1a-S: Documento que presenta la revisión del estado del arte y el CJA³ de las amenazas que pueden experimentar las redes satelitales heterogéneas.
 - 6GSATNET-SS-L4-P4-D4.1b-S: Documento que presenta el TARA⁴ realizado, el análisis y resultados del estudio de las amenazas que pueden experimentar las redes satelitales heterogéneas.
 - 6GSATNET-SS-L4-P4-D4.1c-S: Publicación científica que presenta los resultados y conclusiones del estudio de las amenazas que pueden experimentar las redes satelitales heterogéneas.

e. Finalidades y objetivos por alcanzar correspondientes al lote 5

Las finalidades y objetivos a alcanzar mediante la realización del lote 5 de este contrato son las siguientes:

Objetivo L5.1 - Promover el desarrollo de soluciones de seguridad distribuida para enlaces entre satélites heterogéneos

El cumplimiento del lote 5 permitirá desarrollar soluciones de seguridad distribuida para la implementación de comunicaciones seguras en enlaces entre satélites que pertenecen a sistemas satelitales heterogéneos.

Objetivo L5.2 - Definir los requisitos técnicos para el diseño de una solución de seguridad distribuida para redes satelitales heterogéneas

Se definen un conjunto de requisitos técnicos que debería cumplir una propuesta de solución de seguridad distribuida para redes satelitales heterogéneas.

³ Crown Jewels Analysis

⁴ TARA; Threat Assessment and Remediation Analysis

Objetivo L5.3 – Diseñar una propuesta de solución de seguridad distribuida para redes satelitales heterogéneas

La actividad principal del lote 5 se centra en el diseño de la solución de seguridad distribuida para redes satelitales heterogéneas de acuerdo con los requisitos establecidos según se indica en L5.2.

Objetivo L5.4 - Demostrar la validez de la propuesta de solución de seguridad distribuida

El lote 5 incorpora el desarrollo de un demostrador que verifique la propuesta de solución de seguridad distribuida en escenarios relevantes; el demostrador ha de permitir la realización de un registro (vídeo) que deberá ser de acceso público.

Estos objetivos están alineados con el Objetivo 4 del subproyecto 6GSatNet-SS. La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos en la Sección 6 de este documento.

La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos a continuación, y requerirá de la colaboración del adjudicatario con la entidad contratante, sin perjuicio que para la consecución de los requerimientos que lleven asociados pueda precisar de la colaboración con el adjudicatario de otros lotes, en relación con los resultados obtenidos.

- 6GSATNET-SS-L5-P4: Contribuciones de seguridad a las redes satelitales
 - 6GSATNET-SS-L5-P4-D4.2-S: Documento que presenta los requisitos técnicos de la solución de seguridad para redes satelitales heterogéneas. A partir de estos requisitos también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.
 - 6GSATNET-SS-L5-P4-D4.3-S: Demostración y reporte de la solución de seguridad que proporciona autenticación satelital distribuida e integridad y confidencialidad de los datos.

f. Finalidades y objetivos por alcanzar correspondientes al lote 6

Las finalidades y objetivos a alcanzar mediante la realización del lote 6 de este contrato son las siguientes:

Objetivo L6.1 - Promover la integración de redes NTN con las redes móviles

El cumplimiento del lote 6 permitirá seguir desarrollando mejoras en los protocolos y mecanismos de acceso desde el entorno satelital hacia un gran número de usuarios terrestres.

Objetivo L6.2 - Definir los requisitos técnicos de los mecanismos de comunicaciones masivas y diseñar una propuesta de solución para dichos mecanismos

La actividad principal del lote 6 se centra en el análisis y definición de un conjunto de requisitos técnicos que han de cumplir los mecanismos de comunicaciones masivas desde entornos satelitales para asegurar un servicio adecuado que permita una explotación óptima del servicio, así como el diseño de una propuesta de solución para dichos mecanismos de acuerdo al conjunto de requisitos mencionados.

Objetivo L6.3 - Demostrar la viabilidad y los beneficios de los mecanismos propuestos

El lote 6 se finalizará mediante la demostración de las capacidades de la solución de comunicaciones masivas propuesta y la producción de una publicación científica que recoja la definición de requisitos y el diseño de la solución propuesta, la demostración realizada y sus resultados.

Estos objetivos están alineados con el Objetivo 2 y 6 del subproyecto 6GSatNet-SeS. La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos en la Sección 6 de este documento.

La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos a continuación, y requerirá de la colaboración del adjudicatario con la entidad contratante, sin perjuicio que para la consecución de los requerimientos que lleven asociados pueda precisar de la colaboración con el adjudicatario de otros lotes, en relación con los resultados obtenidos.

- 6GSATNET-SES-L6-P2: Mejoras en el enlace de servicio para aplicaciones NTN
 - 6GSATNET-SES-L6-P2-D2.1-S: Documento que presenta los requisitos técnicos de los mecanismos de comunicaciones masivas. A partir de estos requisitos también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.
 - 6GSATNET-SES-L6-P2-D2.2-S: Una demostración y reporte del sistema de comunicación masiva. Este demostrador debe cubrir el caso de uso definido, y se llevará a cabo en un ambiente de laboratorio.
 - 6GSATNET-SES-L6-P2-D2.3-S: Publicación científica que presenta los resultados de los mecanismos de comunicaciones masivas. Específicamente, los resultados corresponden a la verificación del software desarrollado en un escenario representativo (derivado de la definición de caso de uso).

g. Finalidades y objetivos por alcanzar correspondientes al lote 7

Las finalidades y objetivos a alcanzar mediante la realización del lote 7 de este contrato son las siguientes:

Objetivo L7.1 - Promover la integración de redes NTN con las redes móviles

El cumplimiento del lote 7 permitirá seguir desarrollando mejoras en los mecanismos que sustentan los modos de ahorro de energía de los UEs terrestres en sincronización con el entorno satelital.

Objetivo L7.2 - Definir los requisitos técnicos de los modos de ahorro de energía y diseñar una propuesta de solución para dichos modos

La actividad principal del lote 7 se centra en el análisis y definición de un conjunto de requisitos técnicos que han de cumplir los mecanismos que dan soporte a los modos de ahorro de energía y el diseño de una propuesta de solución para dichos modos de ahorro de acuerdo con el conjunto de requisitos mencionados.

Objetivo L7.3 - Demostrar la viabilidad y los beneficios de la solución propuesta

El lote 7 se finalizará mediante la demostración de las capacidades de la solución de modos de ahorro de energía propuesta y la producción de una publicación científica que recoja la definición de requisitos y el diseño de dicha solución, la demostración realizada y sus resultados.

Estos objetivos están alineados con el Objetivo 2 y 6 del subproyecto 6GSatNet-SeS. La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos en la Sección 6 de este documento.

La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos a continuación, y requerirá de la colaboración del adjudicatario con la entidad contratante, sin perjuicio que para la consecución de los requerimientos que lleven asociados pueda precisar de la colaboración con el adjudicatario de otros lotes, en relación con los resultados obtenidos.

- 6GSATNET-SES-L7-P2: Mejoras en el enlace de servicio para aplicaciones NTN
 - 6GSATNET-SES-L7-P2-D2.4-S: Documento que presenta los requisitos técnicos de los modos de ahorro de energía. A partir de estos requisitos también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.
 - 6GSATNET-SES-L7-P2-D2.5-S: Demostración y reporte del modo de ahorro de energía. Este demostrador debe cubrir el caso de uso definido, y se llevará a cabo en un ambiente de laboratorio.
 - 6GSATNET-SES-L7-P2-D2.6-S: Publicación científica que presenta los resultados de los modos de ahorro de energía. Específicamente, los resultados corresponden a la verificación del software desarrollado en un escenario representativo (derivado de la definición de caso de uso). Alternativamente, los resultados logrados en los modos de ahorro de energía para satélites pueden ser parte de una contribución en la estandarización de NTN (por ejemplo, en 3GPP).

h. Finalidades y objetivos por alcanzar correspondientes al lote 8

Las finalidades y objetivos a alcanzar mediante la realización del lote 8 de este contrato son las siguientes:

Objetivo L8.1 - Promover la incorporación de mecanismos modernos de compartición de recursos y virtualización de funciones en sistemas satelitales

El cumplimiento del lote 8 permitirá impulsar el desarrollo de equipamiento hardware que permita la implementación de mecanismos modernos de compartición de recursos y virtualización de funciones bajo el paradigma SDN/NFV.

Objetivo L8.2 - Desarrollo de un dispositivo hardware que permite virtualizar cargas útiles

La actividad principal del lote 8 se centra en el desarrollo de un dispositivo hardware que implemente una carga útil flexible que permita virtualizar cargas útiles en satélites.

Objetivo L8.3 - Demostrar la viabilidad y los beneficios de este nuevo sistema

El lote 8 se finalizará mediante la demostración de las capacidades de ejecución del dispositivo desarrollado en un entorno de laboratorio.

Estos objetivos están alineados con el Objetivo 3 del subproyecto 6GSatNet-SeS. La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos en la Sección 6 de este documento.

La consecución de los objetivos anteriormente descritos se realizará a través de los entregables asociados descritos a continuación, y requerirá de la colaboración del adjudicatario con la entidad contratante, sin perjuicio que para la consecución de los requerimientos que lleven asociados pueda precisar de la colaboración con el adjudicatario de otros lotes, en relación con los resultados obtenidos.

- 6GSATNET-SES-L8-P3: Nuevos servicios desplegados desde sistemas satelitales
 - 6GSATNET-SES-L8-P3-D3.1-S: Un documento que presenta los requisitos técnicos de la carga útil flexible. A partir de estos requisitos también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.
 - 6GSATNET-SES-L8-P3-D3.2-S: Prototipo (hardware (2 unidades: EM⁵ y PFM⁶) y software) de una carga útil flexible, y reporte de resultados.

⁵ EM: Engineering Model

⁶ PFM: Proto Flight Model

6. Requerimientos técnicos generales obligatorios de la prestación y/o rendimiento o exigencias funcionales de la prestación

La prestación regulada en el presente pliego deberá ajustarse, al menos, a los siguientes requerimientos técnicos, indicados para cada uno de los lotes, sin perjuicio de los parámetros a valorar mediante los criterios de adjudicación establecidos:

a. Requerimientos y/o rendimiento o exigencias del lote 1

La empresa contratista deberá disponer de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Objetivos del Estudio a realizar

Requerimiento L1.1: Fundamentos del estudio

El adjudicatario debe realizar un estudio que permita identificar las prestaciones de diferentes arquitecturas de satélites para proveer servicios de 5G y 6G.

Requerimiento L1.2: Contribuciones a las NTN

El estudio debe contribuir en el concepto de NTN presentando (al menos) una arquitectura de satélites para cada servicio 5G y 6G seleccionado.

Requerimiento L1.3: Resultados cuantificables

El estudio debe presentar resultados en base a métricas cuantificables que permitan interpretar el despliegue de servicios 5G y 6G.

Requerimiento L1.4: Ejecución del estudio

El adjudicatario debe realizar el siguiente proceso para completar el estudio del lote 1:

1. Revisión del estado del arte referente a servicios 5G y 6G;
2. Selección de los servicios 5G y 6G;
3. Exploración "Tradespace" de diferentes arquitecturas de satélites;
4. Clasificación y selección de las arquitecturas para cada servicio seleccionado;
5. Presentación de los resultados y las conclusiones.

Definición y selección de servicios 5G y 6G

Requerimiento L1.5: Revisión del estado del arte en servicios 5G y 6G

El adjudicatario debe investigar y definir los diferentes servicios 5G y 6G a partir de la revisión del estado del arte. Puede tomar como punto de referencia (pero no el único) el documento de casos de uso que i2CAT le proveerá.

Requerimiento L1.6: Referencias mínimas para identificar los servicios 5G y 6G

El adjudicatario deberá incluir en la revisión de los servicios al menos aquellos presentados en las siguientes referencias:

1. 3GPP TR 38.811, "Study on New Radio (NR) to support non-terrestrial networks (Release 15), V15.4.0," 2020.
2. O. Kodheli et al., "Satellite Communications in the New Space Era: A Survey and Future Challenges," IEEE Communications Surveys and Tutorials, vol. 23, no. 1. 2021.
3. 3GPP TR 22.822, "Study on using satellite access in 5G," 2018.

4. 5G PPP TestMeasurement and KPIs Validation Working Group, "Beyond 5G/6G KPIs and Target Values," White paper, no. June, 2022.

Requerimiento L1.7: Identificación y descripción de las métricas representativas para clasificar los servicios

El adjudicatario debe definir las métricas que caracterizan el servicio 5G y 6G. Dichas métricas deben ser definidas a partir del estudio del estado del arte y deben incluir al menos (1) peak data rate, (2) experienced data rate, (3) traffic capacity, (4) mobility, (5) latency, (6) reliability, (7) connectivity density.

Requerimiento L1.8: Clasificación de los servicios

El adjudicatario debe clasificar los diferentes servicios acorde a los valores de las métricas identificadas. Dicha clasificación se puede centrar en otras realizadas en el estado del arte.

Requerimiento L1.9: Selección de servicios a estudiar

El adjudicatario debe seleccionar, juntamente con el equipo de i2CAT, cinco servicios 5G y 6G que formarán parte del estudio de arquitecturas.

Requerimiento L1.10: Metodología de selección

El adjudicatario debe presentar la metodología para realizar la selección de los servicios. Dicha metodología puede fundamentarse en figuras de mérito u otras técnicas. i2CAT deberá estar conforme con dicha metodología.

Requerimiento L1.11: Definición de los requerimientos de los servicios

El adjudicatario debe definir los requerimientos de los servicios seleccionados. Dichos requerimientos deberán ser cuantificables. Podrán fundamentarse con las métricas identificadas en el requerimiento L1.7.

Estudio de arquitecturas para los servicios seleccionados

Requerimiento L1.12: Exploración "Tradespace"

El adjudicatario debe realizar una exploración "Tradespace" para cada servicio seleccionado. Dicho análisis debe explorar diferentes arquitecturas de satélites y contrastar su funcionamiento con los requerimientos de los servicios (requerimiento L1.11). La siguiente referencia se debe tener en cuenta como base para realizar el análisis:

1. Araguz, Carles, et al. "Optimized model-based design space exploration of distributed multi-orbit multi-platform Earth observation spacecraft architectures." *2018 IEEE Aerospace Conference*. IEEE, 2018.

Requerimiento L1.13: Identificación de arquitecturas de satélites

El adjudicatario debe tener al menos los siguientes parámetros en el análisis "Tradespace" para comparar diferentes arquitecturas de satélites:

1. Región de la órbita de los satélites (i.e. LEO, MEO y GEO);
2. Tipo de constelación;

3. Número de planos de la constelación;
4. Número de satélites por plano;
5. Constelación multi-nivel;
6. Capacidad de Inter-Satellite Link;
7. Capacidad de downlink y uplink;
8. Carga útil regenerativa o transparente;
9. Heterogeneidad en recursos de satélites;
10. Movilidad de usuarios;
11. Número de usuarios.

Requerimiento L1.14: Descripción y análisis de arquitecturas

El estudio describirá y analizará los aspectos técnicos y su potencial impacto a nivel de servicios de las diferentes opciones de arquitectura de redes NTN basadas en Satélite identificadas en L1.13.

Requerimiento L1.15: Prestaciones de las arquitecturas

El adjudicatario debe mediante herramientas de simulación obtener las prestaciones a nivel de servicio de las diferentes arquitecturas generadas en la exploración “Tradespace”.

Requerimiento L1.16: Cuantificación de las prestaciones de las arquitecturas

El adjudicatario debe cuantificar las prestaciones de las arquitecturas analizadas a partir de las métricas de servicio identificadas en el requerimiento 1.7.

Requerimiento L1.17: Clasificación de las arquitecturas

El adjudicatario debe clasificar las diferentes arquitecturas generadas en el análisis “Tradespace” a partir de una figura de mérito (FoM) que englobe las diferentes métricas de prestación de la arquitectura (requerimiento L1.16).

Requerimiento L1.18: Selección de las arquitecturas por servicio

El adjudicatario debe seleccionar a partir de la clasificación hecha (requerimiento L1.17) las arquitecturas con mejor FoM y que cumplan con los requerimientos de servicio identificados (requerimiento L1.11).

Herramientas de simulación para la definición de las prestaciones de las arquitecturas**Requerimiento L1.19: Selección de la herramienta de simulación**

El adjudicatario puede seleccionar la herramienta de simulación que prefiera, siempre que permita realizar el estudio y proveer de las métricas indicadas. No obstante, la herramienta de simulación deberá cumplir al menos con los siguientes requerimientos.

Requerimiento L1.20: Modelos de órbita

La herramienta de simulación debe utilizar propagadores de órbita con las perturbaciones necesarias para obtener suficiente precisión. En concreto, se propone como referencia utilizar el modelo SGP (Simplified General Perturbation), que tiene en cuenta perturbaciones de tipo J2 y J4 y utiliza los datos TLE. En caso de utilizar otro modelo, se deberá justificar que permite obtener iguales o mejores resultados que el modelo indicado como referencia.

Requerimiento L1.21: Cálculo de pérdidas del canal

La herramienta de simulación debe considerar al menos las pérdidas de propagación del canal siguiendo el modelo de Free Space Loss (FSL). Este modelo se puede considerar para downlink, uplink e Inter-Satellite Link.

Requerimiento L1.22: Apuntamiento del satélite

La herramienta de simulación puede usar un modelo simplificado de apuntamiento del satélite.

Requerimiento L1.23: Agentes contemplados por el simulador

La herramienta de simulación debe permitir la representación de los satélites que conforman una constelación y los nodos terrestres (i.e. estaciones terrestres y estaciones de usuario).

Requerimiento L1.24: Conexiones entre satélite

La herramienta de simulación debe modelar Inter-Satellite Links, tanto intra como interplanares en el caso de constelaciones, y inter-órbita en caso de escenarios satélite multicapa.

Requerimiento L1.25: Escalabilidad y parametrización

La herramienta de simulación debe parametrizar y obtener resultados de cuantificación de prestaciones en función del número de satélites, del número de planos orbitales y de la altitud de los planos orbitales. Se analizará la influencia de la variación de dichos parámetros (número de satélites, planos orbitales y altitud de la constelación) en cuanto a cómo afectan a las prestaciones esperadas (análisis de “sensibilidad” de dichos parámetros respecto de las capacidades que el sistema es capaz de ofrecer).

Requerimiento L1.26: Representación y evaluación de arquitecturas multi-capa

En el análisis y proposición de arquitecturas satélites, se tendrán en cuenta escenarios satelitales multi-capa, combinando satélite LEO, MEO y GEO, y en los que se establece una jerarquía de relaciones que asigna un rol diferente al satélite en función de la capa y posición jerárquica que ocupa. El simulador ha de permitir el análisis de prestaciones en función de la arquitectura satelital constituida: se analizará la influencia de constituir una red satelital monocapa o multicapa en las prestaciones esperadas para el sistema, de forma global e individual.

Investigación de un servicio IoT

Requerimiento L1.27: Investigación en el servicio IoT

El adjudicatario debe complementar los resultados del estudio con una investigación centrada en el caso de uso IoT.

Requerimiento L1.28: Modos de consumo para UEs

El adjudicatario debe investigar y desarrollar una solución que permita reducir el consumo de potencia de UEs en el servicio IoT por satélites.

Discusión de resultados del estudio

Requerimiento L1.29: Conclusiones

El estudio contendrá una sección de conclusiones que establezca una propuesta de qué arquitecturas son más adecuadas para qué tipo de servicios y qué prestaciones son esperables y una valoración de compromiso coste-beneficio

Requerimiento L1.30: Publicación científica

Los resultados del análisis, simulación y conclusiones finales del estudio producirán al menos una publicación científica de relevancia (conferencia o revista). Al final del lote 1, dicha

publicación debe ser aceptada por una revista científica de Q1 o Q2, no necesariamente publicada.

Requerimiento L1.31: Disposición de datos y ficheros de simulación

Se pondrán a disposición los mecanismos necesarios (ej: los ficheros de datos y de ejecución) para llevar a cabo los mismos escenarios de simulación y las instrucciones para manejarlos y modificarlos para reproducir los escenarios utilizados en el análisis o generar nuevos escenarios o introducir nuevos datos.

Gestión de las anomalías

Requerimiento L1.32: Definición de una anomalía

El adjudicatario debe considerar como anomalía los eventos que puedan alterar (1) el funcionamiento y prestaciones de los servicios solicitados en este pliego, y (2) el calendario planificado del desarrollo.

Requerimiento L1.33: Notificación de una anomalía

El adjudicatario debe notificar a i2CAT toda anomalía detectada durante la ejecución del desarrollo antes de que se cumpla un día laboral desde su detección.

Requerimiento L1.34: Valoración de riesgos

El adjudicatario debe mantener un documento, llamado Risk Assessment Report, donde se presente un listado de riesgos que pueden convertirse en anomalías para el desarrollo. Este listado incluye: (1) identificador del riesgo, (2) descripción del riesgo, (3) nivel de severidad del riesgo, (4) nivel de probabilidad del riesgo, (5) índice de riesgo, (6) estado del riesgo, y (7) acción para mitigar el riesgo. La definición de severidad, probabilidad e índice de riesgo debe ser la indicada por los estándares ECSS (Sección 5.2.1.2 del documento ECSS-M-ST-80C del 31 Julio de 2008).

Requerimiento L1.35: Medidas de contingencia

El adjudicatario debe proporcionar un plan de contingencia en caso de fallos o anomalías en los distintos actores implicados.

Requerimiento L1.36: Contenido del plan de contingencia

El plan de contingencia presentado por el adjudicatario debe al menos incluir los siguientes puntos:

- Descripción de la causa de la anomalía detectada
- Impacto en el desarrollo
- Acciones a realizar para la evaluación de la anomalía
- Acciones a realizar para la mitigación de la anomalía
- Descripción de la solución propuesta
- Calendario resultante debido a esta anomalía
- Conclusiones finales

El plan de contingencia es un documento que se crea para cada anomalía y que se va actualizando a lo largo del seguimiento de la anomalía.

Requerimiento L1.37: Seguimiento de la anomalía

El adjudicatario debe respetar el siguiente procedimiento cuando una anomalía sea notificada: (1) reunión de emergencia presentando el plan de contingencia para dicha anomalía, (2) reuniones diarias donde se presenta el estado de la anomalía y las acciones previstas, y (3) reunión final para presentar las conclusiones.

Requerimiento L1.38: Duración máxima para solucionar anomalía

El adjudicatario debe solucionar las anomalías en un máximo de tres semanas. Esta condición puede ser revisable en función de las particularidades de la anomalía, una vez notificada.

b. Requerimientos y/o rendimiento o exigencias del lote 2

La empresa contratista deberá disponer de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Listado de requerimientos técnicos del Lote 2:

Objetivos del Estudio a realizar

Requerimiento L2.1: Fundamentos del estudio

El adjudicatario debe realizar un estudio que presente un “Crown Jewels Analysis (CJA)” y un “Threat Assessment and Remediation Analysis (TARA)” conforme a la virtualización de servicios en infraestructuras satelitales.

Requerimiento L2.2: Resultados cuantificables

El estudio debe presentar resultados en base a métricas cuantificables que permitan identificar las amenazas y su impacto.

Requerimiento L2.3: Ejecución del estudio

El adjudicatario debe realizar el siguiente proceso para completar el estudio del lote 2:

1. Revisión del estado del arte referente a amenazas en mecanismos de virtualización;
2. Presentar el escenario y arquitectura a evaluar;
3. Identificar amenazas susceptibles en dicho escenario;
4. Analizar remedios que cubran las amenazas;
5. Seleccionar una amenaza y una solución para desarrollar.

Requerimiento L2.4: Desarrollo de una solución frente a una amenaza

El adjudicatario debe desarrollar la solución seleccionada para la amenaza identificada en el dominio de la virtualización de servicios en infraestructura de satélites. Dicha implementación se deberá llevar a cabo en un entorno de laboratorio o mediante herramientas de simulación.

Caso de uso y componentes a analizar

Requerimiento L2.5: Caso de uso y arquitectura

El adjudicatario debe realizar el análisis correspondiente al caso de uso descrito en el entregable D1.1 del proyecto 6GSatNet, que le será facilitado al adjudicatario por el equipo de i2CAT al inicio de la actividad. Dicho caso de uso se centra en la virtualización de servicios y funciones de red en constelaciones de satélites.

Requerimiento L2.6: Tecnología de orquestación

El adjudicatario debe considerar que la tecnología usada para la orquestación es el Open Source MANO (OSM)⁷ y Kubernetes⁸.

Requerimiento L2.7: Identificación de los componentes

El adjudicatario debe identificar los componentes que conforman el caso de uso, y que serán analizados.

Análisis de amenazas

Requerimiento L2.8: Revisión de amenazas

El adjudicatario debe revisar el estado del arte en amenazas y ataques presentes en virtualización y su orquestación de servicios y funciones de red en la nube. Dicha revisión se deberá documentar.

Requerimiento L2.9: Generación de una base de datos de amenazas

El adjudicatario debe generar una base de datos de amenazas a partir de la revisión del estado del arte. Dicha base de datos se deberá definir a partir de unas métricas representativas que permitan comparar las amenazas.

Requerimiento L2.10: Clasificar las amenazas

El adjudicatario debe clasificar las amenazas a partir de una nota que representa el riesgo de la amenaza. El cálculo de esta nota se deberá debatir con el equipo de i2CAT y documentar correctamente.

Requerimiento L2.11: Generación de una matriz de amenazas

El adjudicatario debe generar una matriz de amenazas a partir de la clasificación previa, y mapeando los diferentes componentes de afectados de la virtualización y su orquestación de servicios y funciones de red. Dicha matriz debe incluir los siguientes campos:

1. Identificador de la amenaza
2. Descripción de la amenaza
3. Nota de riesgo
4. Mapeo de los componentes afectados

⁷ <https://osm.etsi.org/>

⁸ <https://kubernetes.io/>

Requerimiento L2.12: Selección de amenazas

El adjudicatario debe seleccionar un conjunto de amenazas para evaluar los correspondientes remedios. Dicha selección se realizará a partir de la matriz de amenazas y será coordinado por el equipo de i2CAT.

Análisis de remedios

Requerimiento L2.13: Revisión de remedios

El adjudicatario debe revisar el estado del arte de los remedios aplicados a las amenazas identificadas. Dicha revisión se deberá documentar.

Requerimiento L2.14: Generación de una base de datos de remedios

El adjudicatario debe generar una base de datos de remedios a partir de la revisión del estado del arte. Dicha base de datos se deberá definir a partir de unas métricas representativas que permitan comparar los remedios y mapearlos con las amenazas.

Requerimiento L2.15: Generación de matriz de remedios

El adjudicatario debe generar una matriz de remedios que mapee las amenazas con los remedios a partir de la clasificación previa, y mapeando los diferentes componentes de afectados de la virtualización y su orquestación de servicios y funciones de red. Dicha matriz debe incluir los siguientes campos:

1. Identificador del remedio
2. Descripción del remedio
3. Coste de aplicar el remedio
4. Efectividad de mitigación del remedio por cada amenaza

Requerimiento L2.16: Coste del remedio

El adjudicatario debe definir el coste de aplicar el remedio y su escala.

Requerimiento L2.17: Efectividad del remedio

El adjudicatario debe usar como efectividad del remedio el término Preventivo (P) y Mitigación (M).

Investigación y desarrollo

Requerimiento L2.18: Selección de una amenaza y remedio

El adjudicatario debe seleccionar una amenaza y su correspondiente remedio a partir de las matrices de amenazas y remedios.

Requerimiento L2.19: Desarrollo del remedio

El adjudicatario debe desarrollar el remedio correspondiente a la amenaza seleccionada. Dicho desarrollo debe definir el diseño de la solución y su implementación debe validarse en un entorno de laboratorio mediante herramientas de simulación.

Conclusiones y publicaciones

Requerimiento L2.20: Conclusiones

El estudio de amenazas contendrá una sección de conclusiones que establezca una propuesta de soluciones para mitigar y/o remediar las amenazas determinadas.

Requerimiento L2.21: Publicación científica

Los resultados del análisis y conclusiones finales del estudio producirán al menos una publicación científica de relevancia. Dicha publicación científica se entregará en una revista (Q1 o Q2 del índice JCR) o en un congreso/simposio con actas (clasificación a partir de B en el referencial CORE2021). Se necesita un documento que justifique su aceptación a ser publicado.

Gestión de las anomalías

Requerimiento L2.22: Definición de una anomalía

El adjudicatario debe considerar como anomalía los eventos que puedan alterar (1) el funcionamiento y prestaciones de los servicios solicitados en este pliego, y (2) el calendario planificado del desarrollo.

Requerimiento L2.23: Notificación de una anomalía

El adjudicatario debe notificar a i2CAT toda anomalía detectada durante la ejecución del desarrollo antes de que se cumpla un día laboral desde su detección.

Requerimiento L2.24: Valoración de riesgos

El adjudicatario debe mantener un documento, llamado Risk Assessment Report, donde se presente un listado de riesgos que pueden convertirse en anomalías para el desarrollo. Este listado incluye: (1) identificador del riesgo, (2) descripción del riesgo, (3) nivel de severidad del riesgo, (4) nivel de probabilidad del riesgo, (5) índice de riesgo, (6) estado del riesgo, y (7) acción para mitigar el riesgo. La definición de severidad, probabilidad e índice de riesgo debe ser la indicada por los estándares ECSS (Sección 5.2.1.2 del documento ECSS-M-ST-80C del 31 Julio de 2008).

Requerimiento L2.25: Medidas de contingencia

El adjudicatario debe proporcionar un plan de contingencia en caso de fallos o anomalías en los distintos actores implicados.

Requerimiento L2.26: Contenido del plan de contingencia

El plan de contingencia presentado por el adjudicatario debe al menos incluir los siguientes puntos:

- Descripción de la causa de la anomalía detectada
- Impacto en el desarrollo
- Acciones a realizar para la evaluación de la anomalía
- Acciones a realizar para la mitigación de la anomalía
- Descripción de la solución propuesta
- Calendario resultante debido a esta anomalía

- Conclusiones finales

El plan de contingencia es un documento que se crea para cada anomalía y que se va actualizando a lo largo del seguimiento de la anomalía.

Requerimiento L2.27: Seguimiento de la anomalía

El adjudicatario debe respetar el siguiente procedimiento cuando una anomalía sea notificada: (1) reunión de emergencia presentando el plan de contingencia para dicha anomalía, (2) reuniones diarias donde se presenta el estado de la anomalía y las acciones previstas, y (3) reunión final para presentar las conclusiones.

Requerimiento L2.28: Duración máxima para solucionar anomalía

El adjudicatario debe solucionar las anomalías en un máximo de tres semanas. Esta condición puede ser revisable en función de las particularidades de la anomalía, una vez notificada.

c. Requerimientos y/o rendimiento o exigencias del lote 3

La empresa contratista deberá disponer de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Listado de requerimientos técnicos del Lote 3:

Objetivos del desarrollo a realizar

Requerimiento L3.1: Fundamentos del estudio

El adjudicatario debe desarrollar un dispositivo hardware y software que permita establecer enlaces de comunicación satélite a satélite con diferentes tecnologías (entorno heterogéneo).

Requerimiento L3.2: Entorno heterogéneo

El adjudicatario debe considerar un entorno heterogéneo donde los satélites pueden tener diferentes dispositivos de radiofrecuencia que funcionen en diferentes bandas y anchos de banda. El dispositivo a desarrollar debe ser capaz de cubrir esta variabilidad en su diseño.

Requerimiento L3.3: Ejecución del desarrollo

El adjudicatario debe realizar el siguiente proceso para completar el desarrollo del lote 3:

1. Revisión del estado del arte referente a dispositivos de comunicación entre satélites;
2. Definir el diseño de un nuevo dispositivo radio para multi-frecuencia y su correspondiente antena;
3. Fabricación del dispositivo;
4. Validar las funciones del dispositivo en entorno de laboratorio y en ambiente espacio;

Características Funcionales

Requerimiento L3.4: Composición del dispositivo

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe estar compuesto por un módulo principal, un frontend multi-radio y una antena.

Requerimiento L3.5: Módulo principal

El módulo principal debe estar basado en un módulo de Software Defined Radio (SDR) que permita flexibilidad a la hora de definir diferentes protocolos de comunicación entre satélites.

Requerimiento L3.6: Modularidad del frontend multi-radio

El frontend multi-radio debe ser modular y extensible a diferentes frecuencias de trabajo y anchos de banda.

Requerimiento L3.7: Diseño y desarrollo del frontend multi-radio

Para este desarrollo se debe diseñar dicho frontend multi-radio con al menos tres frecuencias de trabajo y anchos de banda. No es estrictamente necesario que todas las bandas se encuentren en la misma placa.

Requerimiento L3.8: Estudio y selección de las frecuencias de trabajo

El adjudicatario debe realizar un estudio de las frecuencias de trabajo que la International Telecommunication Union (ITU) permite para servicios entre satélites. Entre las diferentes frecuencias, el adjudicatario debe seleccionar tres para el frontend multi-radio.

Requerimiento L3.9: Análisis del link budget

El adjudicatario debe realizar un link budget para cada frecuencia de trabajo seleccionado. Los requerimientos del link budget se definirán conjuntamente con el equipo de i2CAT.

Requerimiento L3.10: Capacidad de beamforming

El adjudicatario debe proponer una solución que disponga de beamforming. Dicha solución podrá ser tanto analógica como digital, pero deberá ser embarcable en una plataforma CubeSat de al menos 6U.

Requerimiento L3.11: Cantidad y prestaciones de los beams

El adjudicatario debe conseguir un sistema de beamforming de al menos cuatro beams. Las prestaciones de los beams (e.g. el ancho de beam a -3 dB) será determinado a partir del análisis del link budget.

Requerimiento L3.12: Dirección del beam

El adjudicatario debe desarrollar un mecanismo que permita controlar la dirección del beam mediante herramientas software.

Características Hardware

Requerimiento L3.13: Hardware del módulo principal

El módulo principal del dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe incluir en cuanto a hardware principal de procesado:

- Un SoC con varios procesadores ARM Cortex-A 64 bits con MMU (típicamente cuatro o más), de al menos 1GHz, con chip gráfico del tipo Mali y de última generación.
- Al menos una FPGA del tipo Xilinx Ultrascale o superior, con al menos 150K+ Logic Cells y recursos lógicos reconfigurables parcialmente y totalmente (preferiblemente la FPGA y los procesadores ARM deben estar integrados en el mismo SoC).
- Conversores analógico a digital y digital a analógico con las siguientes características mínimas:
 - Al menos 12 bits de conversión
 - Banda de transmisión seleccionable tanto para TX como RX desde los pocos MHz (70MHz hasta al menos 6GHz)
 - Ancho de banda seleccionable desde al menos 200kHz hasta 56 MHz
 - Al menos 6 entradas diferenciales y configurables a single-ended
 - Interfaz de control CMOS/LVDS o I2C.

Requerimiento L3.14: Memorias del módulo principal

El módulo principal del dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe incluir en cuanto a memorias:

- Memoria de al menos 4GB DDRAM conectada al SoC.
- Memoria para autoprogramación de la FPGA (compatible con el proceso de boot), del tipo Dual QSPI Flash, con al menos 64MB y deseable un tamaño superior.
- Memoria I2C EEPROM de al menos 2Kb
- Memoria eMMC Flash de al menos 32GB y/o tarjeta SD Card de 32Gb (tamaño y tipo de memoria a discutir según aplicación).

Requerimiento L3.15: Sensores y actuadores del módulo principal

El módulo principal del dispositivo debe incluir los siguientes sensores:

- Sensor de temperatura en el procesador
- Dos sensores adicionales de temperatura distribuidos en cada una de las caras
- Medidor de voltaje de las líneas de alimentación

Requerimiento L3.16: Documentación del hardware

El adjudicatario debe proporcionar los siguientes documentos del dispositivo:

- Gerbers de fabricación
- Layout de las diferentes capas
- Esquemáticos (tanto del diseño, como de las herramientas de programación)
- Datasheets de los componentes
- Manual de configuración y puesta en marcha
- Herramientas de programación y flasheo (software y hardware) de los distintos módulos (procesadores, FPGA y memorias si fuera necesario).
- Herramientas adicionales de test de los diferentes componentes
- Layout mecánico

Requerimiento L3.17: Shield de protección

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe incluir una shield de aluminio alrededor de toda la electrónica para proteger el dispositivo de la radiación e impactos externos. Los conectores externos para entradas y salidas deberán ser seleccionados de tal forma que minimicen dicha radiación.

Requerimiento L3.18: Esquema de ground

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe asegurar un correcto esquema o árbol de ground para asegurarse que ningún componente es dañado por descarga ESD mediante su manipulación.

Interfaces de comunicación

Requerimiento L3.19: Interfaces de datos del módulo principal

El módulo principal del dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe incluir las siguientes interfaces de comunicación:

- Al menos un puerto USB 2.0 ULPI PHY (preferiblemente 3.1)
- Al menos un puerto USB OTG para la conexión de periféricos (conector micro USB)
- Interfaz físico Gigabit Ethernet (conector RJ-45)
- Interfaz JTAG con al menos acceso a procesadores y FPGA y preferiblemente también a memorias (conector del tipo ARM JTAG 20)
- Interfaz serie del tipo UART (accesible mediante adaptador del tipo FTDI USB-RS232).
- Interfaz de comunicación para módulos externos del tipo USB 3.2, SATA 3.0 y/o PCIe Gen2 (el pinout y form factor deberán acordarse y se adecuarán a la agresividad del entorno espacial)

Sistema operativo y software adicional

Requerimiento L3.20: Sistema operativo

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe incluir como sistema operativo una solución basada en Linux. El sistema operativo debe ser customizable e incremental. Se descartan distribuciones estandarizadas Linux, no adaptadas a dispositivos embedded. Algunas características mínimas ya establecidas son (podrán añadirse de adicionales según aplicación):

- Al menos versión de kernel 5.4 o superior
- Instalable en tarjeta SD Card o memoria equivalente.
- Sistema de actualización remoto
- Terminal (consola del sistema) vía puerto UART o USB-UART
- Sistema de redundancia y protección de datos (securización), mediante particionado de la SD Card combinado con técnicas software a nivel de sistema operativo y criptografía.

Requerimiento L3.21: Sistema operativo (librerías)

El sistema operativo desarrollado por el adjudicatario deberá incluir cómo mínimo los drivers necesarios para el manejo de los módulos hardware incluidos. Según la aplicación final, estas

librerías pueden sufrir cambios y verse ampliadas, motivo por el cual, es importante que el sistema operativo sea customizable e incremental.

Requerimiento L3.22: Disposición para el desarrollo de extensiones en el sistema operativo

El adjudicatario debe proveer de las librerías de soporte para la instalación del sistema operativo en el dispositivo (BSP, Board Support Package) que se base en Linux, y los diseños de referencia (conjunto de ejemplos de uso y descripción del stack software utilizado, junto a los drivers y esquemáticos hardware específicos, si estos últimos están disponibles).

Requerimiento L3.23: Apagado de módulos hardware mediante software

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe incluir la capacidad de apagado de módulos hardware mediante software:

- Capacidad para encender y apagar los principales módulos hardware en vivo y según consumo y necesidades del servicio mediante instrucciones software.

Aspectos mecánicos del dispositivo

Requerimiento L3.24: Dimensión del diseño del dispositivo

Las dimensiones del envoltorio del dispositivo (sin contar las antenas) desarrollado por el adjudicatario no podrán superar las dimensiones de 1U CubeSat (máximo de 8.3 cm x 8.3 cm x 9 cm). Estas dimensiones deben incluir una protección mediante shield de aluminio para reducir impactos y radiación, y los conectores.

Requerimiento L3.25: Dimensión de las antenas

El sistema de antenas debe ser instalable al menos en un CubeSat de 6U.

Requerimiento L3.26: Masa del dispositivo

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario (sin contar las antenas) no debe superar los 1.2 kg de masa.

Requerimiento L3.27: Raíles de conexión

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe poderse encajar en la estructura de 1U CubeSat, definida en este documento⁹. Para ello, debe de disponer de conectores mecánicos para integrarlo en los raíles estructurales.

9

<https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/5f24997b6deea10cc52bb016/1596234122437/CDS+REV14+2020-07-31+DRAFT.pdf>

Especificaciones eléctricas

Requerimiento L3.28: Líneas de alimentación

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe poderse alimentar mediante líneas a 5 V o a 12 V. Otros voltajes necesarios de sus componentes deberán ser proveídos por un circuito de acondicionamiento interno en el dispositivo (por ejemplo, mediante convertidores DC/DC).

Requerimiento L3.29: Circuito de protección

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario deberá disponer de un solo punto de alimentación protegido ante sobrecarga y sobrevoltaje de la línea externa. En caso de que estas situaciones se produzcan, el dispositivo no debe ser dañado.

Requerimiento L3.30: Estabilidad en la línea de entrada

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe disponer de un conversor DC/DC en la entrada de la línea de alimentación que asegure la estabilidad del voltaje. El adjudicatario no debe suponer o poner la responsabilidad de esta estabilidad al sistema de alimentación externo al dispositivo.

Requerimiento L3.31: Distribución de la alimentación

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe distribuir internamente la alimentación entrante a los diferentes componentes y al módulo de expansión externo.

Características para el entorno espacial

Requerimiento L3.32: Temperatura operacional

El dispositivo debe tener un rango de temperatura operacional dentro de los márgenes de -20 °C hasta 70 °C.

Requerimiento L3.33: Temperatura no operacional

El dispositivo debe tener un rango de temperatura no operacional dentro de los márgenes de -40 °C hasta 80 °C.

Requerimiento L3.34: Frecuencia de resonancia

El dispositivo debe tener el primer armónico de resonancia superior a los 300 Hz.

Requerimiento L3.35: Verificación térmica

El adjudicatario debe verificar el diseño térmico del dispositivo mediante la ejecución de los tests (1) de márgenes de temperatura, y (2) thermal cycling en una Thermal Vacuum Chamber. Estos tests deberán seguir las instrucciones del documento “General Environmental Verification Standard (GEVS) for GSFC Flight Programs and Projects” de la NASA (GSFC-STD-7000B, revisión 04-28-2021¹⁰) para el perfil de subsistema y nivel de aceptación.

¹⁰ https://standards.nasa.gov/sites/default/files/standards/GSFC/B/0/gsfc-std-7000b_signature_cycle_04_28_2021_fixed_links.pdf

Requerimiento L3.36: Verificación mecánica

El adjudicatario debe verificar el diseño mecánico del dispositivo mediante la ejecución de los tests (1) resonance survey, (2) sinusoidal sweep, y (3) random vibration en una Shaker Table. Los tests se deben realizar con los perfiles definidos por el documento “General Environmental Verification Standard (GEVS) for GSFC Flight Programs and Projects” de la NASA (GSFC-STD-7000B, revisión 04-28-2021¹¹) para el perfil de subsistema y nivel de aceptación.

Requerimiento L3.37: Vacío

El adjudicatario debe verificar el diseño del dispositivo en entornos de vacío de 10^{-6} mbar en una Thermal Vacuum Chamber.

Requerimiento L3.38: Materiales

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe ser compatible con los materiales aceptados presentes en el documento “Standard materials and processes requirements for spacecraft” de la NASA (NASA-STD-6016C, revisión 2021-09-30¹²).

Requerimiento L3.39: Plan de verificación

El adjudicatario debe disponer de un plan de verificación ambiental y de ambiente espacio, remarcando la secuencia de tests a realizar y los procesos de verificación del dispositivo. Este plan debe presentar un programa temporal y las características de cada tests a realizar.

Herramientas de desarrollo

Requerimiento L3.40: EGSE

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe proveer de un Electrical Ground Support Equipment (EGSE) que disponga de las conexiones de:

- alimentación del dispositivo,
- medida de voltaje de la alimentación,
- interfaz de datos, y
- interfaz de instalación de software.

Requerimiento L3.41: Herramientas de programación y debug

El adjudicatario debe proporcionar las herramientas de desarrollo necesarias para poder realizar modificaciones sobre los diferentes software, firmwares y sistemas operativos de los elementos programables del sistema, así como proporcionar los dispositivos o adaptadores hardware para el correcto testeo, debug y programación de las diferentes partes (memorias, CPUs y FPGA). Se priorizarán las herramientas de software libre.

Al menos se requerirán las siguientes herramientas:

¹¹ https://standards.nasa.gov/sites/default/files/standards/GSFC/B/0/gsfc-std-7000b_signature_cycle_04_28_2021_fixed_links.pdf

¹² <https://standards.nasa.gov/sites/default/files/standards/NASA/C//2021-09-30-NASA-STD-6016C-Approved.pdf>

- SDK para el desarrollo del sistema operativo del tipo Yocto Project
- SDK para la síntesis y “place and route” de los elementos lógicos de la FPGA
- SDK para el desarrollo del firmware de las CPUs y GPUs
- Herramienta y software para la programación de la FPGA
- Herramienta y software para la programación de las CPUs y GPUs
- Herramienta y software para la programación de memorias.
- Herramienta y scripts para el testeo de los diferentes módulos del sistema.

Fabricación del dispositivo

Requerimiento L3.42: EM y PFM

El adjudicatario debe fabricar y entregar dos unidades del dispositivo desarrollado: un Engineering Model (EM) y un Proto Flight Model (PFM) del dispositivo. La verificación térmica y mecánica se realizará con el PFM.

Requerimiento L3.43: Proceso de verificación de la fabricación

El adjudicatario debe concebir un proceso de verificación de la fabricación que asegure:

- la correcta fabricación hardware del dispositivo,
- la correcta integración de los componentes del dispositivo,
- el correcto funcionamiento hardware y software de las interfaces,
- la correcta actualización de software, y
- el correcto cumplimiento de las funcionalidades.

Demostración y verificación del dispositivo

Requerimiento L3.44: Demostración

El adjudicatario debe realizar una demostración en el laboratorio de las funcionalidades del dispositivo desarrollado, una vez su fabricación sea completada.

Gestión de las anomalías

Requerimiento L3.45: Definición de una anomalía

El adjudicatario debe considerar como anomalía los eventos que puedan alterar (1) el funcionamiento y prestaciones de los servicios solicitados en este pliego, y (2) el calendario planificado del desarrollo.

Requerimiento L3.46: Notificación de una anomalía

El adjudicatario debe notificar a i2CAT toda anomalía detectada durante la ejecución del desarrollo antes de que se cumpla un día laboral desde su detección.

Requerimiento L3.47: Valoración de riesgos

El adjudicatario debe mantener un documento, llamado Risk Assessment Report, donde se presente un listado de riesgos que pueden convertirse en anomalías para el desarrollo. Este listado incluye: (1) identificador del riesgo, (2) descripción del riesgo, (3) nivel de severidad del riesgo, (4) nivel de probabilidad del riesgo, (5) índice de riesgo, (6) estado del riesgo, y (7) acción para mitigar el riesgo. La definición de severidad, probabilidad e índice de riesgo debe

ser la indicada por los estándares ECSS (Sección 5.2.1.2 del documento ECSS-M-ST-80C del 31 Julio de 2008).

Requerimiento L3.48: Medidas de contingencia

El adjudicatario debe proporcionar un plan de contingencia en caso de fallos o anomalías en los distintos actores implicados.

Requerimiento L3.49: Contenido del plan de contingencia

El plan de contingencia presentado por el adjudicatario debe al menos incluir los siguientes puntos:

- Descripción de la causa de la anomalía detectada
- Impacto en el desarrollo
- Acciones a realizar para la evaluación de la anomalía
- Acciones a realizar para la mitigación de la anomalía
- Descripción de la solución propuesta
- Calendario resultante debido a esta anomalía
- Conclusiones finales

El plan de contingencia es un documento que se crea para cada anomalía y que se va actualizando a lo largo del seguimiento de la anomalía.

Requerimiento L3.50: Seguimiento de la anomalía

El adjudicatario debe respetar el siguiente procedimiento cuando una anomalía sea notificada: (1) reunión de emergencia presentando el plan de contingencia para dicha anomalía, (2) reuniones diarias donde se presenta el estado de la anomalía y las acciones previstas, y (3) reunión final para presentar las conclusiones.

Requerimiento L3.51: Duración máxima para solucionar anomalía

El adjudicatario debe solucionar las anomalías en un máximo de tres semanas. Esta condición puede ser revisable en función de las particularidades de la anomalía, una vez notificada.

d. Requerimientos y/o rendimiento o exigencias del lote 4

La empresa contratista deberá disponer de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Listado de requerimientos técnicos del Lote 4:

Objetivos del Estudio a realizar

Requerimiento L4.1: Fundamentos del estudio

El adjudicatario debe realizar un estudio que presente un “Crown Jewels Analysis (CJA)” y un “Threat Assessment and Remediation Analysis (TARA)” conforme al uso de comunicaciones y sistemas que conforman el ámbito de redes satelitales heterogéneas.

Requerimiento L4.2: Resultados cuantificables

El estudio debe presentar resultados en base a métricas cuantificables que permitan identificar las amenazas y su impacto.

Requerimiento L4.3: Ejecución del estudio

El adjudicatario debe realizar el siguiente proceso para completar el estudio del lote 4:

1. Revisión del estado del arte referente a amenazas en el uso de comunicaciones y sistemas;
2. Presentar el escenario y arquitectura a evaluar;
3. Identificar amenazas susceptibles en dicho escenario;
4. Analizar remedios que cubran las amenazas;
5. Descripción de una hoja de ruta tecnológica de potencial despliegue de remedios.

Análisis de amenazas

Requerimiento L4.4: Análisis de amenazas y evaluación de riesgos multinivel

La gestión del riesgo y el consecuente análisis de amenazas y evaluación de riesgos de seguridad se deberá realizar desde una aproximación que tenga en cuenta los diferentes niveles de infraestructura: el sistema satélite (la astronave), la red satelital, la red satélite-terrestre y cualquier otra infraestructura que dé soporte a las anteriores.

Requerimiento L4.5: Generación de una base de datos de amenazas

El adjudicatario debe generar una base de datos de amenazas a partir de la revisión del estado del arte. Dicha base de datos se deberá definir a partir de unas métricas representativas que permitan comparar las amenazas.

Requerimiento L4.6: Clasificar las amenazas

El adjudicatario debe clasificar las amenazas a partir de una nota que representa el riesgo de la amenaza. El cálculo de esta nota se deberá debatir con el equipo de i2CAT y documentar correctamente.

Requerimiento L4.7: Generación de una matriz de amenazas

El adjudicatario debe generar una matriz de amenazas a partir de la clasificación previa, y mapeando los diferentes componentes de afectados de la virtualización y su orquestación de servicios y funciones de red. Dicha matriz debe incluir los siguientes campos:

1. Identificador de la amenaza
2. Descripción de la amenaza
3. Nota de riesgo
4. Mapeo de los componentes afectados

Requerimiento L4.8: Selección de amenazas

El adjudicatario debe seleccionar un conjunto de amenazas para evaluar los correspondientes remedios. Dicha selección se realizará a partir de la matriz de amenazas y será coordinado por el equipo de i2CAT.

Consideraciones técnicas y de seguridad para el análisis de amenazas

Requerimiento L4.9: Análisis de amenazas y evaluación de riesgos multinivel

La gestión del riesgo y el consecuente análisis de amenazas y evaluación de riesgos de seguridad se deberá realizar desde una aproximación que tenga en cuenta los diferentes niveles de infraestructura: el sistema satélite (la astronave), la red satelital, la red satélite-terrestre y cualquier otra infraestructura que dé soporte a las anteriores.

Requerimiento L4.10: Consideración de estándares conocidos y aplicables

Es necesario utilizar, referir, contrastar respecto a una combinación de diferentes estándares y guías de aplicación; se deberá considerar como mínimo y a modo de ejemplo: SAE/ISO 21434, Microsoft STRIDE, ED-202A (Europea), DO-326A (EEUU), NIST 800-37 and ETSI TS 102 165.

Requerimiento L4.11: Definición de controles de seguridad

Se llevará a cabo la definición de una serie de controles de seguridad que mitiguen los riesgos detectados durante la fase de análisis de amenazas y evaluación de riesgos. Dichos controles de seguridad deben ser aplicables en el contexto de las comunicaciones entre satélites.

Requerimiento L4.12: Aplicabilidad de los controles de seguridad

Los controles de seguridad recomendados deben ser aplicables al caso de uso descrito en el entregable D1.1 del proyecto 6GSatNet, que le será facilitado al adjudicatario por el equipo de i2CAT al inicio de la actividad

Requerimiento L4.13: Contenido del análisis de riesgos

El análisis debe incluir la siguiente información: (1) descripción del escenario analizado, (2) descripción de las amenazas identificadas y los recursos impactados, (3) descripción de las posibles soluciones y (4) hoja de ruta tecnológica.

Requerimiento L4.14: Contexto del análisis de riesgos

El análisis de riesgo tendrá en cuenta las siguientes propiedades de los recursos satelitales: heterogeneidad, acceso temporal, recursos limitados, topología de red flexible.

Requerimiento L4.15: Impacto de protocolos

El análisis de amenazas y riesgos de seguridad tendrá en cuenta el impacto que el uso de diferentes protocolos de comunicaciones (orientados o no orientados específicamente a segmento espacio) tiene en dicho análisis. Se analizarán como mínimo: AX.25, protocolos orientados a DTN como BP/BPsec.

Análisis de remedios

Requerimiento L4.16: Revisión de remedios

El adjudicatario debe revisar el estado del arte de los remedios aplicables a las amenazas identificadas. Dicha revisión se deberá documentar.

Requerimiento L4.17: Generación de una base de datos de remedios

El adjudicatario debe generar una base de datos de remedios a partir de la revisión del estado del arte. Dicha base de datos se deberá definir a partir de unas métricas representativas que permitan comparar los remedios y mapearlos con las amenazas.

Requerimiento L4.18: Generación de matriz de remedios

El adjudicatario debe generar una matriz de remedios que mapee las amenazas con los remedios a partir de la clasificación previa, y mapeando los diferentes componentes de afectados de la virtualización y su orquestación de servicios y funciones de red. Dicha matriz debe incluir los siguientes campos:

1. Identificador del remedio
2. Descripción del remedio
3. Coste de aplicar el remedio
4. Efectividad de mitigación del remedio por cada amenaza

Requerimiento L4.19: Coste del remedio

El adjudicatario debe definir el coste de aplicar el remedio y su escala.

Requerimiento L4.20: Efectividad del remedio

El adjudicatario debe usar como efectividad del remedio el término Preventivo (P) y Mitigación (M).

Requerimiento L4.21: Hoja de ruta de despliegue

El estudio contendrá una sección que presentará una descripción de una hoja de ruta tecnológica de potencial despliegue de remedios.

Conclusiones & publicación

Requerimiento L4.22: Conclusiones

El estudio de amenazas contendrá una sección de conclusiones que establezca una propuesta de soluciones para mitigar y/o remediar las amenazas determinadas.

Requerimiento L4.23: Publicación científica

Los resultados del análisis y conclusiones finales del estudio producirán al menos una publicación científica de relevancia. Dicha publicación científica se entregará en una revista (Q1 o Q2 del índice JCR) o en un congreso/simposio con actas (clasificación a partir de B en el referencial CORE2021). Se necesita un documento que justifique su aceptación a ser publicado.

Gestión de las anomalías

Requerimiento L4.24: Definición de una anomalía

El adjudicatario debe considerar como anomalía los eventos que puedan alterar (1) el funcionamiento y prestaciones de los servicios solicitados en este pliego, y (2) el calendario

planificado del desarrollo.

Requerimiento L4.25: Notificación de una anomalía

El adjudicatario debe notificar a i2CAT toda anomalía detectada durante la ejecución del desarrollo antes de que se cumpla un día laboral desde su detección.

Requerimiento L4.26: Valoración de riesgos

El adjudicatario debe mantener un documento, llamado Risk Assessment Report, donde se presente un listado de riesgos que pueden convertirse en anomalías para el desarrollo. Este listado incluye: (1) identificador del riesgo, (2) descripción del riesgo, (3) nivel de severidad del riesgo, (4) nivel de probabilidad del riesgo, (5) índice de riesgo, (6) estado del riesgo, y (7) acción para mitigar el riesgo. La definición de severidad, probabilidad e índice de riesgo debe ser la indicada por los estándares ECSS (Sección 5.2.1.2 del documento ECSS-M-ST-80C del 31 Julio de 2008).

Requerimiento L4.27: Medidas de contingencia

El adjudicatario debe proporcionar un plan de contingencia en caso de fallos o anomalías en los distintos actores implicados.

Requerimiento L4.28: Contenido del plan de contingencia

El plan de contingencia presentado por el adjudicatario debe al menos incluir los siguientes puntos:

- Descripción de la causa de la anomalía detectada
- Impacto en el desarrollo
- Acciones a realizar para la evaluación de la anomalía
- Acciones a realizar para la mitigación de la anomalía
- Descripción de la solución propuesta
- Calendario resultante debido a esta anomalía
- Conclusiones finales

El plan de contingencia es un documento que se crea para cada anomalía y que se va actualizando a lo largo del seguimiento de la anomalía.

Requerimiento L4.29: Seguimiento de la anomalía

El adjudicatario debe respetar el siguiente procedimiento cuando una anomalía sea notificada: (1) reunión de emergencia presentando el plan de contingencia para dicha anomalía, (2) reuniones diarias donde se presenta el estado de la anomalía y las acciones previstas, y (3) reunión final para presentar las conclusiones.

Requerimiento L4.30: Duración máxima para solucionar anomalía

El adjudicatario debe solucionar las anomalías en un máximo de tres semanas. Esta condición puede ser revisable en función de las particularidades de la anomalía, una vez notificada.

e. Requerimientos y/o rendimiento o exigencias del lote 5

La empresa contratista deberá disponer de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Listado de requerimientos técnicos del Lote 5:

Objetivos del desarrollo a realizar

Requerimiento L5.1: Fundamentos del desarrollo

El adjudicatario debe realizar el desarrollo de una solución de seguridad distribuida que provea autenticación, integridad de datos y confidencialidad en las comunicaciones ISL en entornos satelitales heterogéneos.

Requerimiento L5.2: Resultados cuantificables

El desarrollo debe presentar resultados en base a métricas cuantificables que permitan identificar las ventajas en la aplicación de la solución de seguridad.

Requerimiento L5.3: Ejecución del desarrollo

El adjudicatario debe realizar el siguiente proceso para completar el desarrollo del lote 5:

1. Identificación y descripción del escenario de interés;
2. Identificación y descripción de los requerimientos técnicos de la solución;
3. Diseño y arquitectura de la solución de seguridad propuesta;
4. Implementación software de la solución propuesta;
5. Demostración en laboratorio que muestra y evalúa el rendimiento de la solución desarrollada.

Entorno y contexto

Requerimiento L5.4: Suposiciones genéricas

Se considerarán un listado de suposiciones genéricas que deben tenerse en cuenta por el hecho de situarnos en un contexto de equipamiento satelital, como por ejemplo:

- Consumo de baja de energía
- Heterogeneidad tecnológica de los recursos a proteger
- Acceso temporal
- Recursos computacionales y de almacenamiento limitados
- Topología de red flexible

Requerimiento L5.5: Suposiciones específicas

Se considerarán un listado de suposiciones específicas que den tenerse en cuenta por el hecho de situarnos en un contexto de redes satelitales, como por ejemplo:

- Heterogeneidad técnica: los recursos de los satélites son heterogéneos en términos de misión, hardware y software integrado.

- Recursos limitados: los recursos no terrestres tienen un aporte de energía limitado y, en consecuencia, tienen su concepción adaptada (por ejemplo, poder de cómputo limitado). El diseño, entrega, configuración y operación de cualquier mecanismo de seguridad debe optimizarse para minimizar el consumo de recursos y no entorpecer las misiones satelitales.
- Red de pobre conectividad (esporádica o intermitente)
 - Aproximación a red tolerable a disrupción (DTN); se pueden considerar protocolos como BP/BPSEC como habilitadores para implementar la cooperación.
- Topología de red flexible: en una constelación, es posible que un par de satélites no puedan mantener un enlace debido a la divergencia de la órbita. Esto implica que la topología de la red debe redescubrirse constantemente de acuerdo con los enlaces entre satélites recién creados y perdidos, y debe basarse dinámicamente en la configuración de los habilitadores de seguridad para ofrecer la autoadaptación.

Investigación y Desarrollo

Requerimiento L5.6: Diseño y desarrollo de la solución de seguridad

El adjudicatario debe desarrollar la solución de seguridad. Dicho desarrollo debe definir el diseño de la solución y su implementación debe validarse en un entorno de laboratorio mediante herramientas de simulación.

Objeto del diseño e implementación de la orquestación

Requerimiento L5.7: Diseño y requisitos funcionales

El trabajo de especificación considerará y reiterará las recomendaciones emitidas a partir del análisis de amenazas, realizado en A4.1 (lote 4).

Requerimiento L5.8: Coordinación

El diseño del mecanismo de seguridad desarrollado contemplará la coordinación y promulgación de la entrega de lógicas de seguridad adecuadas (programabilidad) en recursos satelitales distribuidos, de manera descentralizada;

Requerimiento L5.9: Omnipresencia (pervasiveness)

Los habilitadores de seguridad que se desarrollarán e implementarán en los recursos satelitales deben impactar varias capas de su arquitectura, a nivel de software;

Requerimiento L5.10: Evaluación (assessment)

El despliegue y la acción de los habilitadores de seguridad deben poder evaluarse de forma remota.

Requerimiento L5.11: Reconfiguración autónoma

El habilitador desarrollado debe mostrar un cierto grado de autonomía en su diseño para poder responder a una amenaza con un acceso limitado o inexistente a un administrador/orquestador de seguridad.

Requerimiento L5.12: Interfaz y diseño

Las interfaces de los recursos satelitales y los protocolos de comunicación que sirven al despliegue (programación) de la lógica de seguridad deben contemplar en su diseño el carácter descentralizado o distribuido de la constelación satelital.

Requerimiento L5.13: Orquestación de seguridad

Las interfaces de programación deben diseñarse para permitir la integración con un orquestador de seguridad que supervise el ciclo de vida del habilitador de seguridad y actúe como una de las fuentes de confianza para su configuración.

Contramedidas implementadas

Requerimiento L5.14: Naturaleza de los habilitadores de seguridad

Las contramedidas desarrolladas deben implementarse como un conjunto de mecanismos para implementarse (programarse) en el recurso satelital.

Requerimiento L5.15: Cobertura de contramedidas obligatorias

Los habilitadores desarrollados cubrirán obligatoriamente la autenticación y se alinearán parcialmente con la recomendación que concluye el análisis de amenazas realizado en la actividad A4.2.

Requerimiento L5.16: Cobertura opcional de contramedidas

Los habilitadores de seguridad de implementación pueden contemplar la actualización de componentes seguros, el control de acceso, el monitoreo de seguridad, el enrutamiento seguro, el cifrado ligero de comunicación y la atestación remota.

Evaluación

Requerimiento L5.17: Evaluación del impacto en el rendimiento

El habilitador de seguridad desarrollado no debe degradar el rendimiento del dispositivo satelital en las métricas de referencia. Este aspecto debe ser evaluado.

Requerimiento L5.18: Evaluación del Consumo de Recursos

Los mecanismos de seguridad programables desarrollados no deben inducir un incremento en el uso de recursos (CPU, memoria, almacenamiento, consumo de energía) en régimen nominal. Este aspecto debe ser evaluado.

Requerimiento L5.19: Evaluación de baja conectividad

Las interfaces y protocolos de programabilidad deben cumplir con la propiedad de bajo acceso y una topología de red flexible y no inducir un aumento en el uso de recursos (CPU, memoria, almacenamiento, consumo de energía) en el régimen de implementación o auto-reconfiguración. Este aspecto debe ser evaluado.

Gestión de las anomalías

Requerimiento L5.20: Definición de una anomalía

El adjudicatario debe considerar como anomalía los eventos que puedan alterar (1) el funcionamiento y prestaciones de los servicios solicitados en este pliego, y (2) el calendario planificado del desarrollo.

Requerimiento L5.21: Notificación de una anomalía

El adjudicatario debe notificar a i2CAT toda anomalía detectada durante la ejecución del desarrollo antes de que se cumpla un día laboral desde su detección.

Requerimiento L5.22: Valoración de riesgos

El adjudicatario debe mantener un documento, llamado Risk Assessment Report, donde se presente un listado de riesgos que pueden convertirse en anomalías para el desarrollo. Este listado incluye: (1) identificador del riesgo, (2) descripción del riesgo, (3) nivel de severidad del riesgo, (4) nivel de probabilidad del riesgo, (5) índice de riesgo, (6) estado del riesgo, y (7) acción para mitigar el riesgo. La definición de severidad, probabilidad e índice de riesgo debe ser la indicada por los estándares ECSS (Sección 5.2.1.2 del documento ECSS-M-ST-80C del 31 Julio de 2008).

Requerimiento L5.23: Medidas de contingencia

El adjudicatario debe proporcionar un plan de contingencia en caso de fallos o anomalías en los distintos actores implicados.

Requerimiento L5.24: Contenido del plan de contingencia

El plan de contingencia presentado por el adjudicatario debe al menos incluir los siguientes puntos:

- Descripción de la causa de la anomalía detectada
- Impacto en el desarrollo
- Acciones a realizar para la evaluación de la anomalía
- Acciones a realizar para la mitigación de la anomalía
- Descripción de la solución propuesta
- Calendario resultante debido a esta anomalía
- Conclusiones finales

El plan de contingencia es un documento que se crea para cada anomalía y que se va actualizando a lo largo del seguimiento de la anomalía.

Requerimiento L5.25: Seguimiento de la anomalía

El adjudicatario debe respetar el siguiente procedimiento cuando una anomalía sea notificada: (1) reunión de emergencia presentando el plan de contingencia para dicha anomalía, (2) reuniones diarias donde se presenta el estado de la anomalía y las acciones previstas, y (3) reunión final para presentar las conclusiones.

Requerimiento L5.26: Duración máxima para solucionar anomalía

El adjudicatario debe solucionar las anomalías en un máximo de tres semanas. Esta condición puede ser revisable en función de las particularidades de la anomalía, una vez notificada.

f. Requerimientos y/o rendimiento o exigencias del lote 6

La empresa contratista deberá disponer de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Listado de requerimientos técnicos del Lote 6:

Objetivos del desarrollo a realizar

Requerimiento L6.1: Fundamentos del desarrollo

El adjudicatario debe realizar un desarrollo que permita mejorar las prestaciones en los protocolos y mecanismos de acceso desde el entorno satelital hacia un gran número de usuarios terrestres.

Requerimiento L6.2: Resultados cuantificables

El desarrollo debe presentar resultados en base a métricas cuantificables que permitan identificar las ventajas obtenidas gracias al desarrollo realizado.

Requerimiento L6.3: Ejecución del desarrollo

El adjudicatario debe realizar el siguiente proceso para completar el desarrollo del lote 6:

1. Identificación y descripción de los requerimientos técnicos de los mecanismos de comunicaciones masivas;
2. Diseño de la solución de comunicaciones masivas propuesta;
3. Implementación de la solución propuesta;
4. Demostración en laboratorio del sistema desarrollado, considerando un escenario representativo;
5. Presentación y documentación de resultados.

Estándares a tener en cuenta

Requerimiento L6.4: Consideración estándares 3GPP

El adjudicatario debe tener en cuenta realizar una extensión de los protocolos de acceso radio que estén alineados con 3GPP, en su release-17 y evoluciones posteriores, específicamente en aquellos que se refieren a NB-IoT.

Optimizaciones a tener en cuenta

Requerimiento L6.5: Criterios de optimización

Los mecanismos diseñados deben optimizar los aspectos operativos de acceso para comunicaciones masivas, y como mínimo tendrán que abordar:

- los procedimientos de acceso aleatorio al canal;
- los procedimientos de paging;
- los procedimientos de scheduling tanto en canales uplink como downlink.

Requerimiento L6.6: Análisis de optimización en 5G NR

Se analizarán, entre otros aspectos, los posibles beneficios de optimizar protocolos relacionados con la definición del 5G NR, como por ejemplo:

- configuraciones de multi-portadora;
- configuraciones de PRACH (physical random access channel, PRACH);
- configuraciones de HARQ (Hybrid ARQ);
- Scheduling;
- Transmisiones cortas, largas.

Descripción y verificación

Requerimiento L6.7: Mecanismos de recursos radio

Se debe producir un documento de resultados que describa y detalle los mecanismos para la asignación y utilización eficiente de los recursos radio para su uso en comunicaciones masivas satelitales. Debe incluir al menos:

- Descripción de las características del protocolo;
- Descripción de las configuraciones del subsistema radio;
- Descripción de cómo serían los métodos de gestión de los recursos radio para asegurar un acceso radio eficiente.

Requerimiento L6.8: Verificación mediante herramientas de simulación

El adjudicatario debe verificar el desarrollo de los nuevos mecanismos radio mediante herramientas de simulación o en un entorno de laboratorio.

Requerimiento L6.9: Cuantificación de las prestaciones de la solución

La verificación del desarrollo de los mecanismos radio deben estar fundadas a partir de la extracción de métricas que cuantifiquen sus prestaciones.

Requerimiento L6.10: Escenarios de verificación

El adjudicatario debe tener en cuenta diferentes escenarios operacionales para la verificación del desarrollo de nuevos mecanismos radio. Dichos escenarios serán acordados en conjunto con el adjudicatario y el equipo de i2CAT.

Requerimiento L6.11: Publicación científica

Los resultados y conclusiones finales del desarrollo producirán al menos una publicación científica de relevancia. Dicha publicación científica se entregará en una revista (Q1 o Q2 del índice JCR) o en un congreso/simposio con actas (clasificación a partir de B en el referencial CORE2021). Se necesita un documento que justifique su aceptación a ser publicado.

Gestión de las anomalías

Requerimiento L6.12: Definición de una anomalía

El adjudicatario debe considerar como anomalía los eventos que puedan alterar (1) el funcionamiento y prestaciones de los servicios solicitados en este pliego, y (2) el calendario planificado del desarrollo.

Requerimiento L6.13: Notificación de una anomalía

El adjudicatario debe notificar a i2CAT toda anomalía detectada durante la ejecución del desarrollo antes de que se cumpla un día laboral desde su detección.

Requerimiento L6.14: Valoración de riesgos

El adjudicatario debe mantener un documento, llamado Risk Assessment Report, donde se presente un listado de riesgos que pueden convertirse en anomalías para el desarrollo. Este listado incluye: (1) identificador del riesgo, (2) descripción del riesgo, (3) nivel de severidad del riesgo, (4) nivel de probabilidad del riesgo, (5) índice de riesgo, (6) estado del riesgo, y (7) acción para mitigar el riesgo. La definición de severidad, probabilidad e índice de riesgo debe ser la indicada por los estándares ECSS (Sección 5.2.1.2 del documento ECSS-M-ST-80C del 31 Julio de 2008).

Requerimiento L6.15: Medidas de contingencia

El adjudicatario debe proporcionar un plan de contingencia en caso de fallos o anomalías en los distintos actores implicados.

Requerimiento L6.16: Contenido del plan de contingencia

El plan de contingencia presentado por el adjudicatario debe al menos incluir los siguientes puntos:

- Descripción de la causa de la anomalía detectada
- Impacto en el desarrollo
- Acciones a realizar para la evaluación de la anomalía
- Acciones a realizar para la mitigación de la anomalía
- Descripción de la solución propuesta
- Calendario resultante debido a esta anomalía
- Conclusiones finales

El plan de contingencia es un documento que se crea para cada anomalía y que se va actualizando a lo largo del seguimiento de la anomalía.

Requerimiento L6.17: Seguimiento de la anomalía

El adjudicatario debe respetar el siguiente procedimiento cuando una anomalía sea notificada:

(1) reunión de emergencia presentando el plan de contingencia para dicha anomalía, (2) reuniones diarias donde se presenta el estado de la anomalía y las acciones previstas, y (3) reunión final para presentar las conclusiones.

Requerimiento L6.18: Duración máxima para solucionar anomalía

El adjudicatario debe solucionar las anomalías en un máximo de tres semanas. Esta condición puede ser revisable en función de las particularidades de la anomalía, una vez notificada.

g. Requerimientos y/o rendimiento o exigencias del lote 7

La empresa contratista deberá disponer de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Listado de requerimientos técnicos del Lote 7:

Objetivos del Estudio a realizar

Requerimiento L7.1: Fundamentos del estudio

El adjudicatario debe realizar un estudio que permita desarrollar mejoras en los mecanismos que sustentan los modos de ahorro de energía de los UEs terrestres en sincronización con el entorno satelital.

Requerimiento L7.2: Resultados cuantificables

El estudio debe presentar resultados en base a métricas cuantificables que permitan valorar la mejora de las soluciones propuestas respecto del estado del arte existente.

Requerimiento L7.3: Ejecución del estudio

El adjudicatario debe realizar el siguiente proceso para completar el estudio del lote 7:

- i. Revisión del estado del arte referente a los modos de ahorro de energía en los escenarios de interés (i.e. UEs en conexión con satélites);
- ii. Identificación y descripción de los requerimientos técnicos;
- iii. Diseño de la tecnología a desarrollar;
- iv. Implementación software de la solución propuesta;
- v. Demostración en laboratorio que muestra y evalúa el rendimiento de la solución desarrollada.

Elementos funcionales del desarrollo

Requerimiento L7.4: Uso de efemérides del satélite

Una de las vías de mejora es dotar a los UE del conocimiento de las efemérides de los satélites y de las frecuencias que utilizan; su uso de manera oportuna (con sincronización de tiempo precisa) ha de ser uno de los elementos a tener en cuenta por las soluciones propuestas. Dicho conocimiento puede venir dado por la gestión del sistema de información 23 (SIB23) y de los TLEs de los satélites involucrados. Se deben considerar aspectos como:

- cada cuanto tiempo debe refrescarse dicha información a nivel de UE

- qué impacto puede tener su conocimiento y uso a nivel de UE en cuanto al modo de ahorro de energía

Requerimiento L7.5: Optimización de modos de ahorro no específicos

El análisis y la propuesta de diseño de modos de ahorro más eficientes ha de tener en cuenta el uso optimizado de modos celulares no específicamente diseñados para entornos satelitales, como por ejemplo:

- incluir otros aspectos, como la optimización de las configuraciones de los modos de ahorro actualmente definidos como el PSM (característica reciente de redes celulares diseñada explícitamente para dispositivos IoT), y el eDRX (modo de ahorro específico de redes celulares, pero no especialmente enfocado a dispositivos IoT)

Requerimiento L7.6: Tamaño de constelación

El estudio debe tener en cuenta que el tamaño de la constelación puede tener un impacto relevante en el diseño del modo de ahorro de energía sincronizado con los satélites, por lo que deberá tenerse en cuenta.

En cuanto a resultados esperados

Requerimiento L7.7: Mecanismos eficientes de ahorro de energía

Se debe producir un documento de resultados que describa y detalle los mecanismos para desarrollar modos de ahorro de energía eficientes para dispositivos de tipo IoT basados en satélites que están sujetos a una cobertura discontinua. Se describen los potenciales mecanismos de sincronización de la cobertura con la actividad de los dispositivos IoT.

Requerimiento L7.8: Verificación mediante herramientas de simulación

El adjudicatario debe verificar el desarrollo de los nuevos mecanismos radio mediante herramientas de simulación o en un entorno de laboratorio.

Requerimiento L7.9: Cuantificación de las prestaciones de la solución

La verificación del desarrollo de los mecanismos radio deben estar fundadas a partir de la extracción de métricas que cuantifiquen sus prestaciones.

Requerimiento L7.10: Escenarios de verificación

El adjudicatario debe tener en cuenta diferentes escenarios operacionales para la verificación del desarrollo de nuevos mecanismos radio. Dichos escenarios serán acordados en conjunto con el adjudicatario y el equipo de i2CAT.

Requerimiento L7.11: Publicación científica

Los resultados y conclusiones finales del desarrollo producirán al menos una publicación científica de relevancia. Dicha publicación científica se entregará en una revista (Q1 o Q2 del índice JCR) o en un congreso/simposio con actas (clasificación a partir de B en el referencial CORE2021). Se necesita un documento que justifique su aceptación a ser publicado.

Gestión de las anomalías

Requerimiento L7.12: Definición de una anomalía

El adjudicatario debe considerar como anomalía los eventos que puedan alterar (1) el funcionamiento y prestaciones de los servicios solicitados en este pliego, y (2) el calendario planificado del desarrollo.

Requerimiento L7.13: Notificación de una anomalía

El adjudicatario debe notificar a i2CAT toda anomalía detectada durante la ejecución del desarrollo antes de que se cumpla un día laboral desde su detección.

Requerimiento L7.14: Valoración de riesgos

El adjudicatario debe mantener un documento, llamado Risk Assessment Report, donde se presente un listado de riesgos que pueden convertirse en anomalías para el desarrollo. Este listado incluye: (1) identificador del riesgo, (2) descripción del riesgo, (3) nivel de severidad del riesgo, (4) nivel de probabilidad del riesgo, (5) índice de riesgo, (6) estado del riesgo, y (7) acción para mitigar el riesgo. La definición de severidad, probabilidad e índice de riesgo debe ser la indicada por los estándares ECSS (Sección 5.2.1.2 del documento ECSS-M-ST-80C del 31 Julio de 2008).

Requerimiento L7.14: Medidas de contingencia

El adjudicatario debe proporcionar un plan de contingencia en caso de fallos o anomalías en los distintos actores implicados.

Requerimiento L7.15: Contenido del plan de contingencia

El plan de contingencia presentado por el adjudicatario debe al menos incluir los siguientes puntos:

- Descripción de la causa de la anomalía detectada
- Impacto en el desarrollo
- Acciones a realizar para la evaluación de la anomalía
- Acciones a realizar para la mitigación de la anomalía
- Descripción de la solución propuesta
- Calendario resultante debido a esta anomalía
- Conclusiones finales

El plan de contingencia es un documento que se crea para cada anomalía y que se va actualizando a lo largo del seguimiento de la anomalía.

Requerimiento L7.16: Seguimiento de la anomalía

El adjudicatario debe respetar el siguiente procedimiento cuando una anomalía sea notificada:

(1) reunión de emergencia presentando el plan de contingencia para dicha anomalía, (2) reuniones diarias donde se presenta el estado de la anomalía y las acciones previstas, y (3) reunión final para presentar las conclusiones.

Requerimiento L7.17: Duración máxima para solucionar anomalía

El adjudicatario debe solucionar las anomalías en un máximo de tres semanas. Esta condición puede ser revisable en función de las particularidades de la anomalía, una vez notificada.

h. Requerimientos y/o rendimiento o exigencias del lote 8

La empresa contratista deberá disponer de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

Listado de requerimientos técnicos del Lote 8:

Requerimiento L8.1: Fundamentos del desarrollo

El adjudicatario debe realizar un estudio que permita identificar las prestaciones de diferentes arquitecturas de satélites para proveer servicios de 5G y 6G.

Requerimiento L8.2: Desarrollo y Fabricación del prototipo

El adjudicatario debe realizar el siguiente proceso para completar el desarrollo del lote 8:

1. Identificación de requisitos y revisión del estado del arte de la tecnología a desarrollar;
2. Diseño de la tecnología;
3. Fabricación del prototipo;
4. Procedimiento de prueba y validación;
5. Entrega del prototipo junto a la documentación de pruebas y validación y al manual de usuario correspondiente.

Requerimientos de Flexibilidad en RF

Requerimiento L8.3: Especificaciones de Flexibilidad en RF - sistema multi-frontend

El abordaje del aspecto flexibilidad en RF de la carga útil se deberán tener en cuenta cómo mínimo los siguientes aspectos:

- Soporte multi-banda
- Diseños multi-haz reconfigurables
- Conformación de haces de tipo digital
- Haces reconfigurables de tipo:
 - Haces móviles respecto a la Tierra
 - Haces fijos respecto a la Tierra
- Capacidades de procesamiento embarcado flexibles, esto es:
 - Sistemas multiprocesador en chip (MPSoC por sus siglas en inglés) reconfigurables, capaces de alimentar a sistemas radio definidas por software (SDR por sus siglas en inglés).

Requerimiento L8.4: Criterios de decisión óptima

El sistema diseñado ha de asegurar una capacidad multi-frontend, y en aquellos aspectos que requieran decidir entre diferentes posibilidades de diseño se tendrán en cuenta criterios de optimización en base a:

- Reducir el coste del sistema
- Reducir el consumo del sistema
- Priorizar soluciones de banda ancha o ultra-ancha

Requerimientos de Flexibilidad en capacidad de computación

Requerimiento L8.5: Capacidad de computación embarcada bajo el modelo SDN/NFV

El diseño del hardware de computación y el software correspondiente ha de permitir operar bajo el modelo de red definida por software (SDN) y la configuración tanto de funciones de red (NFV) como de aplicaciones finales virtualizadas.

Requerimiento L8.6: Composición del dispositivo satélite

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe estar compuesto por un módulo principal que debe incluir al menos el siguiente hardware de procesado:

- Un SoC con varios procesadores ARM Cortex-A 64 bits con MMU (típicamente cuatro o más), de al menos 1GHz, con chip gráfico integrado del tipo Mali y de última generación.
- Al menos una FPGA del tipo Xilinx Ultrascale o superior, con al menos 150K+ Logic Cells y recursos lógicos reconfigurables parcialmente y totalmente (preferiblemente la FPGA y los procesadores ARM deben estar integrados en el mismo SoC).
- Conversores analógicos a digital y digital a analógico con las siguientes características mínimas:
 - Al menos 12 bits de conversión
 - Banda de transmisión seleccionable tanto para TX como RX desde los pocos MHz (70MHz hasta al menos 6GHz)
 - Ancho de banda seleccionable desde al menos 200kHz hasta 56 MHz
 - Al menos 6 entradas diferenciales y configurables a single-ended
 - Interfaz de control CMOS/LVDS o I2C.

Requerimiento L8.7: Memorias del dispositivo

El módulo principal del dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe incluir en cuanto a memorias:

- Memoria de al menos 4GB DDRAM conectada al SoC
- Memoria para autoprogramación de la FPGA (compatible con el proceso de boot), del tipo Dual QSPI Flash, con al menos 64MB y deseable un tamaño superior
- Memoria I2C EEPROM de al menos 2Kb
- Memoria eMMC Flash de al menos 32GB y/o tarjeta SD Card de 32Gb (tamaño y tipo de memoria a discutir según aplicación)

Requerimiento L8.8: Sensores y actuadores del módulo dispositivo

El módulo principal del dispositivo debe incluir los siguientes sensores:

- Sensor de temperatura en el procesador
- Dos sensores adicionales de temperatura distribuidos en cada una de las caras de la PCB
- Medidor de voltaje de las principales líneas de alimentación

Requerimiento L8.9: Interfaces de datos del módulo principal

El módulo principal del dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe incluir las siguientes interfaces de comunicación:

- Al menos un puerto USB 2.0 ULPI PHY (preferiblemente 3.1)
- Al menos un puerto USB OTG para la conexión de periféricos (conector micro USB)
- Interfaz físico Gigabit Ethernet (conector RJ-45)
- Interfaz JTAG con al menos acceso a procesadores y FPGA y preferiblemente también a memorias (conector del tipo ARM JTAG 20)
- Interfaz serie del tipo UART (accesible mediante adaptador del tipo FTDI USB-RS232).
- Interfaz de comunicación para módulos externos del tipo USB 3.2, SATA 3.0 y/o PCIe Gen2 (el pinout y form factor deberán acordarse y se adecuarán a la agresividad del entorno espacial)

Requerimiento L8.10: Shield de protección

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe incluir una shield de aluminio alrededor de toda la electrónica para proteger el dispositivo de la radiación e impactos externos. Los conectores externos para entradas y salidas deberán ser seleccionados de tal forma que minimicen dicha radiación.

Requerimiento L8.11: Esquema de ground

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe asegurar un correcto esquema o árbol de ground para asegurarse que ningún componente es dañado por descarga ESD mediante su manipulación.

Requerimiento L8.12: Documentación del Hardware

El adjudicatario debe proporcionar los siguientes documentos del dispositivo:

- Gerbers de fabricación y su código fuente.
- Layout de las diferentes capas
- Esquemáticos (tanto del diseño, como de las herramientas de programación)
- Datasheets (o referència) de todos los componentes
- Bill-Of-Materials (BOM) de los diferentes componentes.
- Manual de configuración y puesta en marcha
- Herramientas de programación y flasheo (software y hardware) de los distintos módulos (procesadores, FPGA y memorias si fuera necesario).
- Herramientas adicionales de test de los diferentes componentes
- Layout mecánico

Requerimientos de Flexibilidad en sistema operativo y software adicional

Requerimiento L8.13: Sistema operativo

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe incluir como sistema operativo una solución basada en Linux. El sistema operativo debe ser customizable e incremental. Se descartan distribuciones estandarizadas Linux, no adaptadas a dispositivos embedded. Algunas características mínimas ya establecidas son (podrán añadirse de adicionales según aplicación):

- Al menos versión de kernel 5.4 o superior (hasta 5.8)
- Instalable en tarjeta SD Card o memoria equivalente
- Sistema de actualización remoto
- Terminal (consola del sistema) vía puerto UART o USB-UART
- Sistema de redundancia y protección de datos (securización), mediante particionado de la SD Card combinado con técnicas software a nivel de sistema operativo y criptografía

Requerimiento L8.14: Sistema operativo (librerías)

El sistema operativo desarrollado por el adjudicatario deberá incluir cómo mínimo las siguientes librerías (otras específicas podrán ser incluidas según aplicación):

- Drivers necesarios para el manejo de los módulos hardware incluidos
- Entorno python 3
- Entorno de servicios systemd
- Framework kubernetes para orquestación de contenedores
- Herramientas de gestión para contenedores compatibles con formato OCI (preferiblemente docker or podman)

Según la aplicación final, estas librerías pueden sufrir cambios y verse ampliadas, motivo por el cual, es importante que el sistema operativo sea customizable e incremental.

Requerimiento L8.15: Disposición para el desarrollo de extensiones en el sistema operativo

El adjudicatario debe proveer de las librerías de soporte para la instalación del sistema operativo en el dispositivo (BSP, Board Support Package) que se base en Linux, y los diseños de referencia (conjunto de ejemplos de uso y descripción del stack software utilizado, junto a los drivers y esquemáticos hardware específicos, si estos últimos están disponibles).

Requerimiento L8.16: Apagado de módulos hardware mediante software

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe incluir la capacidad de apagado de módulos hardware mediante software:

- Capacidad para encender y apagar los principales módulos hardware en vivo y según consumo y necesidades del servicio mediante instrucciones software.

Requerimiento L8.17: Escalado de frecuencia del reloj del sistema

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe incluir la capacidad escalado de frecuencia del reloj del sistema:

- Capacidad para aplicar técnicas de “frequency scaling” en el SoC que incluya CPU y FPGA, para minimizar consumos.

Aspectos mecánicos del dispositivo

Requerimiento L8.18: Dimensión del diseño

Las dimensiones del envoltorio del dispositivo desarrollado por el adjudicatario no podrán superar las dimensiones de 1U CubeSat (máximo de 8.3 cm x 8.3 cm x 9 cm). Estas dimensiones deben incluir una protección mediante shield de aluminio para reducir impactos y radiación, y los conectores.

Requerimiento L8.19: Masa del dispositivo

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario no debe superar los 1.2 kg de masa.

Requerimiento L8.20: Raíles de conexión

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe poderse encajar en la estructura de 1U CubeSat, definida en este documento¹³. Para ello, debe de disponer de conectores mecánicos para integrarlo en los raíles estructurales.

Requerimiento L8.21: Distribución de la alimentación

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe distribuir internamente la alimentación entrante a los diferentes componentes y al módulo de expansión externo.

Requerimiento L8.22: Consumo

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe consumir menos de 6 W de consumo medio cuando el módulo de expansión externo no esté alimentado. Cuando éste último se alimente, el dispositivo del adjudicatario debe consumir menos de 25 W de consumo medio.

Especificaciones eléctricas

Requerimiento L8.23: Líneas de alimentación

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe poderse alimentar mediante líneas a 5 V o a 12 V. Otros voltajes necesarios de sus componentes deberán ser proveídos por un circuito de acondicionamiento interno en el dispositivo (por ejemplo, mediante convertidores DC/DC).

Requerimiento L8.24: Circuito de protección

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario deberá disponer de un solo punto de alimentación protegido ante sobrecarga y sobrevoltaje de la línea externa. En caso de que estas situaciones se produzcan, el dispositivo no debe ser dañado.

Requerimiento L8.25: Estabilidad en la línea de entrada

13

<https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/5f24997b6deea10cc52bb016/1596234122437/CDS+REV14+2020-07-31+DRAFT.pdf>

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe disponer de un convertor DC/DC en la entrada de la línea de alimentación que asegure la estabilidad del voltaje. El adjudicatario no debe suponer o poner la responsabilidad de esta estabilidad al sistema de alimentación externo al dispositivo.

Características para el entorno espacial

Requerimiento L8.26: Temperatura operacional

El dispositivo debe tener un rango de temperatura operacional dentro de los márgenes de -20 °C hasta 70 °C.

Requerimiento L8.27: Temperatura no operacional

El dispositivo debe tener un rango de temperatura no operacional dentro de los márgenes de -40 °C hasta 80 °C.

Requerimiento L8.28: Frecuencia de resonancia

El dispositivo debe tener el primer armónico de resonancia superior a los 300 Hz.

Requerimiento L8.29: Verificación térmica

El adjudicatario debe verificar el diseño térmico del dispositivo mediante la ejecución de los tests (1) de márgenes de temperatura, y (2) thermal cycling en una Thermal Vacuum Chamber. Estos tests deberán seguir las instrucciones del documento “General Environmental Verification Standard (GEVS) for GSFC Flight Programs and Projects” de la NASA (GSFC-STD-7000B, revisión 04-28-2021¹⁴) para el perfil de subsistema y nivel de aceptación.

Requerimiento L8.30: Verificación mecánica

El adjudicatario debe verificar el diseño mecánico del dispositivo mediante la ejecución de los tests (1) resonance survey, (2) sinusoidal sweep, y (3) random vibration en una Shaker Table. Los tests se deben realizar con los perfiles definidos por el documento “General Environmental Verification Standard (GEVS) for GSFC Flight Programs and Projects” de la NASA (GSFC-STD-7000B, revisión 04-28-2021¹⁵) para el perfil de subsistema y nivel de aceptación.

Requerimiento L8.31: Vacío

El adjudicatario debe verificar el diseño del dispositivo en entornos de vacío de 10^{-6} mbar en una Thermal Vacuum Chamber.

Requerimiento L8.32: Materiales

¹⁴ https://standards.nasa.gov/sites/default/files/standards/GSFC/B/0/gsfc-std-7000b_signature_cycle_04_28_2021_fixed_links.pdf

¹⁵ https://standards.nasa.gov/sites/default/files/standards/GSFC/B/0/gsfc-std-7000b_signature_cycle_04_28_2021_fixed_links.pdf

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe ser compatible con los materiales aceptados presentes en el documento “Standard materials and processes requirements for spacecraft” de la NASA (NASA-STD-6016C, revisión 2021-09-30¹⁶).

Requerimiento L8.33: Plan de verificación

El adjudicatario debe disponer de un plan de verificación ambiental y de ambiente espacio, remarcando la secuencia de tests a realizar y los procesos de verificación del dispositivo. Este plan debe presentar un programa temporal y las características de cada tests a realizar.

Herramientas de desarrollo

Requerimiento L8.34: EGSE

El dispositivo desarrollado por el adjudicatario debe proveer de un Electrical Ground Support Equipment (EGSE) que disponga de las conexiones de:

- alimentación del dispositivo,
- medida de voltaje de la alimentación,
- interfaz de datos, y
- interfaz de instalación de software.

Requerimiento L8.35: Herramientas de programación y debug

El adjudicatario debe proporcionar las herramientas de desarrollo necesarias para poder realizar modificaciones sobre los diferentes software, firmwares y sistemas operativos de los elementos programables del sistema, así como proporcionar los dispositivos o adaptadores hardware para el correcto testeo, debug y programación de las diferentes partes (memorias, CPUs y FPGA). Se priorizarán las herramientas de software libre.

Al menos se requerirán las siguientes herramientas:

- SDK para el desarrollo del sistema operativo del tipo Yocto Project
- SDK para la síntesis y “place and route” de los elementos lógicos de la FPGA
- SDK para el desarrollo del firmware de las CPUs y GPUs
- Herramienta y software para la programación de la FPGA
- Herramienta y software para la programación de las CPUs y GPUs
- Herramienta y software para la programación de memorias.
- Herramienta y scripts para el testeo de los diferentes módulos del sistema.

Fabricación del dispositivo

Requerimiento L8.36: EM y PFM

¹⁶ <https://standards.nasa.gov/sites/default/files/standards/NASA/C//2021-09-30-NASA-STD-6016C-Approved.pdf>

El adjudicatario debe fabricar y entregar dos unidades del dispositivo desarrollado: un Engineering Model (EM) y un Proto Flight Model (PFM) del dispositivo. La verificación térmica y mecánica se realizará con el PFM.

Requerimiento L8.37: Proceso de verificación de la fabricación

El adjudicatario debe concebir un proceso de verificación de la fabricación que asegure:

- la correcta fabricación hardware del dispositivo,
- la correcta integración de los componentes del dispositivo,
- el correcto funcionamiento hardware y software de las interfaces,
- la correcta actualización de software, y
- el correcto cumplimiento de las funcionalidades.

Demostración y verificación del dispositivo

Requerimiento L8.38: Demostración

El adjudicatario debe realizar una demostración en el laboratorio de las funcionalidades del dispositivo desarrollado, una vez su fabricación sea completada.

Gestión de las anomalías

Requerimiento L8.39: Definición de una anomalía

El adjudicatario debe considerar como anomalía los eventos que puedan alterar (1) el funcionamiento y prestaciones de los servicios solicitados en este pliego, y (2) el calendario planificado del desarrollo.

Requerimiento L8.40: Notificación de una anomalía

El adjudicatario debe notificar a i2CAT toda anomalía detectada durante la ejecución del desarrollo antes de que se cumpla un día laboral desde su detección.

Requerimiento L8.41: Valoración de riesgos

El adjudicatario debe mantener un documento, llamado Risk Assessment Report, donde se presente un listado de riesgos que pueden convertirse en anomalías para el desarrollo. Este listado incluye: (1) identificador del riesgo, (2) descripción del riesgo, (3) nivel de severidad del riesgo, (4) nivel de probabilidad del riesgo, (5) índice de riesgo, (6) estado del riesgo, y (7) acción para mitigar el riesgo. La definición de severidad, probabilidad e índice de riesgo debe ser la indicada por los estándares ECSS (Sección 5.2.1.2 del documento ECSS-M-ST-80C del 31 Julio de 2008).

Requerimiento L8.42: Medidas de contingencia

El adjudicatario debe proporcionar un plan de contingencia en caso de fallos o anomalías en los distintos actores implicados.

Requerimiento L8.43: Contenido del plan de contingencia

El plan de contingencia presentado por el adjudicatario debe al menos incluir los siguientes puntos:

- Descripción de la causa de la anomalía detectada
- Impacto en el desarrollo
- Acciones a realizar para la evaluación de la anomalía
- Acciones a realizar para la mitigación de la anomalía
- Descripción de la solución propuesta
- Calendario resultante debido a esta anomalía
- Conclusiones finales

El plan de contingencia es un documento que se crea para cada anomalía y que se va actualizando a lo largo del seguimiento de la anomalía.

Requerimiento L8.44: Seguimiento de la anomalía

El adjudicatario debe respetar el siguiente procedimiento cuando una anomalía sea notificada: (1) reunión de emergencia presentando el plan de contingencia para dicha anomalía, (2) reuniones diarias donde se presenta el estado de la anomalía y las acciones previstas, y (3) reunión final para presentar las conclusiones.

Requerimiento L8.45: Duración máxima para solucionar anomalía

El adjudicatario debe solucionar las anomalías en un máximo de tres semanas. Esta condición puede ser revisable en función de las particularidades de la anomalía, una vez notificada.

- **Entregables:**

Esta sección presenta los entregables asociados a cada lote, y sobre los cuales el progreso y consecución de los objetivos del adjudicatario será evaluado.

Entregables correspondientes al **LOTE 1**:

6GSATNET-GS-L1-P2: Mejoras en el núcleo de la red 5G

6GSATNET-GS-L1-P2-A2.1: Estudio de las capacidades de las arquitecturas 6G basadas en NTN

Entregables asociados:

- **6GSATNET-GS-L1-P2-D2.1a-S:**

Título: Documento de diseño y requisitos para el estudio de capacidades de las arquitecturas NTN.

Descripción: Un documento que presenta los requisitos técnicos para la realización del estudio de capacidades. A partir de estos requisitos también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.

Fecha de entrega: 31/12/2023

Tipo de entregable: Documento

Presupuesto asociado (sin IVA): 33.198,00 €

Criterio de aceptación: Un documento que contiene (1) una revisión del estado del arte, (2) identificación de los servicios 5G y 6G objeto estudio, (3) identificación de las métricas de clasificación de los servicios y propuesta de clasificación de los mismos y

(4) metodología de selección de servicios, definición de requerimientos y propuesta de selección de servicios que serán objeto de análisis de arquitecturas. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 1 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R2.1a

R2.1a

Título: Contenido del documento de diseño y requisitos para el estudio de capacidades de las arquitecturas NTN

Descripción: El documento D2.1a-S debe incluir la siguiente información: (1) estado del arte (2) identificación de servicios de 5G/6G, (3) identificación de métricas, y (4) método y selección de servicios objeto posterior de análisis de arquitecturas.

Criterio de aceptación: El documento contiene toda la información requerida, se entrega en formato pdf y está firmado por la entidad de investigación i2CAT y el subcontratista.

Hito asociado: H2.1

H2.1: Entrega del documento de diseño y requisitos para el estudio de capacidades de las arquitecturas NTN - 31/12/2023

- **6GSATNET-GS-L1-P2-D2.1b-S:**

Título: Documento que presenta los resultados del estudio de capacidades de las arquitecturas NTN con servicios móviles.

Descripción: Documento de resultados y análisis del estudio y evaluación de las capacidades de las arquitecturas NTN con relación a los servicios móviles. Específicamente, el documento presenta:

- Un estudio de diferentes arquitecturas NTN y sus capacidades en términos de servicios (por ejemplo, tiempo de revisita, latencia, etc.). Además, el documento brinda una recomendación de despliegues de servicios de acuerdo con cada una de las características de las arquitecturas NTN.
- El resultado de la investigación de un servicio IoT incluye el desarrollo de una solución que permita reducir el consumo de potencia de UEs en el servicio IoT por satélite.
- Datos y código que permiten reproducir o generar nuevas simulaciones como las que soportan los resultados obtenidos.

Fecha de entrega: 31/12/2024

Tipo de entregable: Documento

Presupuesto asociado (sin IVA): 66.394,00 €

Criterio de aceptación: Un documento que contiene (1) el escenario y el procedimiento del análisis, (2) los resultados del análisis realizado, (3) las conclusiones en las que se asignan las capacidades a los servicios de red, (4) la investigación del servicio IoT y (5) la entrega de datos y código para realizar escenarios de simulación. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 1 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R2.1b

R2.1b

Título: El entregable contiene un estudio de las capacidades de la arquitectura de NTN.

Descripción: El entregable D2.1b-S debe incluir la siguiente información: (1) el estudio de capacidades de las arquitecturas NTN basadas en satélite, (2) la investigación del servicio IoT, (3) los datos y código para generar y reproducir simulaciones.

Criterio de aceptación: El documento contiene toda la información requerida, se entrega en formato pdf y está firmado por la entidad de investigación i2CAT y el subcontratista. El código ejecuta correctamente, permite cargar nuevos datos y reproducir los resultados de los escenarios analizados o generar nuevos resultados con nuevos escenarios.

Hito asociado: H2.2a

H2.2a: Documento de resultados y análisis del estudio de capacidades en arquitecturas NTN - 31/12/2024

- **6GSATNET-GS-L1-P2-D2.1c-S:**

Título: Publicación científica del estudio de las capacidades de las arquitecturas NTN.

Descripción: Una publicación científica que presenta las capacidades de las arquitecturas NTN con servicios móviles. Específicamente, el documento presenta un estudio de diferentes arquitecturas NTN y sus capacidades en términos de servicios (por ejemplo, tiempo de revisita, latencia, etc.). Además, el documento brinda una recomendación de despliegues de servicios de acuerdo con cada una de las características de las arquitecturas NTN.

Fecha de entrega: 31/12/2024

Tipo de entregable: Publicación científica

Presupuesto asociado (sin IVA): 33.198,00 €

Criterio de aceptación: Una publicación científica que contiene (1) el escenario y el procedimiento del análisis, (2) los resultados del análisis realizado y (3) las conclusiones en las que se asignan las capacidades a los servicios de red. Esta publicación debe hacerse en una revista científica o como participación en un taller/congreso/simposio. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 1 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R2.1c

R2.1c

Título: El entregable contiene un estudio de las capacidades de la arquitectura de NTN presentado en una publicación

Descripción: La publicación científica D2.1c-S debe incluir la siguiente información: (1) capacidades de las arquitecturas NTN basadas en satélite, (2) servicios de 5G/6G, (3) mapeo entre servicios y capacidades, y (4) conclusiones.

Criterio de aceptación: Una publicación científica en una revista o como participación en un taller/congreso/simposio con actas. Se necesita un documento que justifique su publicación.

Hito asociado: H2.2b

H2.2b: Publicación científica con el estudio de las capacidades de las arquitecturas NTN - 31/12/2024

Entregables correspondientes al **LOTE 2:**

6GSATNET-GS-L2-P3: Operaciones de satélites en el núcleo de la red

6GSATNET-GS-L2-P3-A3.2: Desarrollo de seguridad del orquestador de constelación de satélites

Entregables asociados:

- **6GSATNET-GS-L2-P3-D3.4-S:**

Título: Estudio de amenazas de orquestador unificado.

Descripción: Una publicación científica que presenta un estudio de las amenazas que puede experimentar un orquestador unificado. Este estudio incluye también soluciones potenciales como hoja de ruta tecnológica.

Fecha de entrega: 31/12/2023

Tipo de entregable: Publicación científica

Presupuesto asociado (sin IVA): 44.038,00 €

Criterio de aceptación: Una publicación científica que contiene (1) una lista de amenazas que existen en un orquestador unificado y (2) recomendaciones de posibles soluciones para esas amenazas. Esta publicación debe hacerse en una revista científica o como participación en un taller/congreso/simposio. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 2 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R3.4

R3.4:

Título: Contenido del estudio de amenazas del orquestador unificado.

Descripción: La publicación científica D3.4-S debe incluir la siguiente información: (1) descripción del escenario analizado, (2) descripción de las amenazas identificadas, (3) descripción de las posibles soluciones, (4) hoja de ruta tecnológica y (5) selección de una solución a desarrollar.

Criterio de aceptación: Una publicación científica en una revista o como participación en un taller/congreso/simposio con actas. Se necesita un documento que justifique su publicación.

Hito asociado: H3.6

H3.6: Entrega del estudio de amenazas de un orquestador unificado - 31/12/2023

- **6GSATNET-GS-L2-P3-D3.5-S:**

Título: Requerimientos y Diseño de una solución de seguridad para orquestador unificado.

Descripción: Un documento que presenta los requisitos técnicos del orquestador de servicios que unifica las operaciones de infraestructura satelital y terrestre. Estos requisitos se derivan de los del caso de uso. A partir de estos requerimientos, también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.

Fecha de entrega: 15/04/2024

Tipo de entregable: Documento

Presupuesto asociado (sin IVA): 44.038,00 €

Criterio de aceptación: Un documento que contiene (1) una lista de los requisitos técnicos derivados de los casos de uso, (2) el diseño arquitectónico de la solución de seguridad, (3) una compensación de las tecnologías aplicables y (4) el diseño de la solución propuesta. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 2 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R3.5

R3.5:

Título: Contenido de los requisitos y diseño de una solución de seguridad para orquestador unificado.

Descripción: El documento D3.5-S debe incluir la siguiente información: (1) requisitos extraídos del caso de uso y aplicados al mecanismo de seguridad para el orquestador unificado, (2) revisión del estado del arte de esta

tecnología, y (3) diseño de la tecnología a desarrollar. Se debe entregar correctamente el documento D3.5-S (formulario pdf).

Criterio de aceptación: El documento D3.5-S contiene toda la información presentada en la columna "descripción", se entrega en formato pdf y está firmado por la entidad investigadora i2CAT y el subcontratista.

Hito asociado: H3.7

H3.7: Entrega del documento de diseño y requisitos de una característica de seguridad para el orquestador unificado - 15/04/2024

- **6GSATNET-GS-L2-P3-D3.6-S:**

Título: Demostración de laboratorio de la solución de seguridad para orquestador unificado

Descripción: Una demostración del software para abordar un aspecto de seguridad necesario para implementar un orquestador unificado.

Fecha de entrega: 31/12/2024

Tipo de entregable: Demostrador y reporte técnico.

Presupuesto asociado (sin IVA): 132.112,00 €

Criterio de aceptación: Vídeo con la demostración que presenta la solución software. Además, la publicación de este video en dominio público. Se acompaña de un documento de reporte técnico que describe el escenario y demostración realizadas y analiza los resultados obtenidos. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 2 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R3.6

R3.6:

Título: Demostrador de la solución de seguridad para orquestador unificado

Descripción: El demostrador de esta solución de seguridad para orquestador unificado debe cubrir la solución seleccionada definida en D3.5-S. Contará con un entorno satelital emulado/simulado y una infraestructura terrestre, y se ejecutará un ataque representativo para evaluar el rendimiento de la solución implementada. El demostrador verificará el caso de uso definido en el entregable D1.1 del proyecto 6GSatNet, que le será facilitado al adjudicatario por el equipo de i2CAT al inicio de la actividad.

Criterio de aceptación: El demostrador muestra cómo una solución de seguridad desarrollada puede proteger contra una amenaza seleccionada. Se compone un video que muestra el correcto funcionamiento del demostrador y se publica en un dominio público (por ejemplo, un sitio web). Se acompaña de un documento de reporte técnico que describe el escenario y demostración realizados y analiza los resultados obtenidos.

Hito asociado: H3.8

H3.8: Entrega del demostrador del elemento de seguridad – 31/12/2024

Entregables correspondientes al **LOTE 3:**

6GSATNET-SS-L3-P2: Dispositivo de comunicación de satélite a satélite

6GSATNET-SS-L3-P2-A2.3: Desarrollo de un dispositivo ISL flexible para satélites heterogéneos

Entregables asociados:

- **6GSATNET-SS-L3-P2-D2.6-S:**

Título: Requisitos y documento de diseño del dispositivo ISL flexible

Descripción: Un documento que presenta los requisitos técnicos del dispositivo ISL flexible. A partir de estos requisitos también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.

Fecha de entrega: 31/12/2023

Tipo de entregable: Documento

Presupuesto asociado (sin IVA): 45.625,00 €

Criterio de aceptación: Un documento que contiene (1) una lista de los requisitos técnicos derivados de los de casos de uso, (2) el diseño arquitectónico de los protocolos para ISL, (3) un análisis de compromiso de las tecnologías aplicables y (4) el diseño de la solución propuesta. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 3 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R2.7

R2.7:

Título: Contenido del documento de Requisitos y Diseño del dispositivo ISL flexible

Descripción: Un documento que contiene: (1) requisitos extraídos del caso de uso y aplicados al dispositivo ISL flexible, (2) revisión del estado del arte de esta tecnología, (3) un análisis de compromisos de las tecnologías aplicables, y (4) diseño de la solución propuesta. Este documento debe ser entregado correctamente (formulario pdf).

Criterio de aceptación: El documento D2.6-S contiene toda la información presentada en la columna "descripción", se entrega en formato pdf y está firmado por la entidad de investigación i2CAT y el subcontratista.

Hito asociado: H2.11

H2.11: Entrega del documento de Requerimientos y Diseño del dispositivo ISL flexible – 31/12/2023

- **6GSATNET-SS-L3-P2-D2.7-S:**

Título: El prototipo del dispositivo ISL flexible

Descripción: Prototipo (hardware y software) de dispositivo ISL flexible y documento técnico de resultados.

Fecha de entrega: 31/12/2024

Tipo de entregable: Hardware y Software, y documento de resultados.

Presupuesto asociado (sin IVA): 137.875,00 €

Criterio de aceptación: Módulos de Hardware y Software que compilan sin errores y pueden ser ejecutados. También debe incluir un manual de usuario que presente (1) el procedimiento de compilación, (2) el proceso de instalación de software adicional, (3) el procedimiento de ejecución de los binarios y (4) el procedimiento de prueba para validarlo. El concepto de dispositivo ISL flexible requiere que varios dispositivos (que utilicen diferentes tecnologías físicas) establezcan enlaces de comunicación con un solo dispositivo que sea capaz de utilizar todas las tecnologías de forma flexible. Por lo tanto, el procedimiento de prueba o demostrador verificará este escenario con dos tecnologías físicas diferentes y comunicando tres dispositivos (el flexible y otros dos). Debe incluir un documento técnico que describa las pruebas realizadas y analice los resultados obtenidos. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 3 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R2.8

R2.8:

Título: Entregable del prototipo de ISL flexible (hardware, software y resultados).

Descripción: Prototipo (hardware y software) de dispositivo ISL flexible y documento técnico de resultados.

Criterio de aceptación: El prototipo desarrollado contiene todo el entorno de software y hardware necesario para ser ejecutado y reproducible. Adicionalmente, un manual de usuario que presenta (1) el procedimiento de compilación, (2) el proceso de instalación de software adicional, (3) el procedimiento de ejecución de los binarios, (4) el procedimiento de prueba para validarlo y (5) documento que refleje la ejecución correcta de dichas pruebas, realizadas por el contratista, siguiendo el procedimiento de prueba. Debe incluir un documento técnico que describa las pruebas realizadas y analice los resultados obtenidos.

Hito asociado: H2.12, H2.13

H2.12: Entrega del prototipo (HW y SW) del dispositivo ISL flexible- 31/12/2024

H2.13: Entrega del documento de resultados y análisis del dispositivo ISL flexible; contiene todos los aspectos relativos al procedimiento de prueba o demostrador realizado y el análisis de sus resultados. – 31/12/2024

Entregables correspondientes al **LOTE 4:**

6GSATNET-SS-L4-P4: Contribuciones de seguridad a las redes satelitales

6GSATNET-SS-L4-P4-A4.1: Estudio de amenazas en el ámbito de redes satelitales heterogéneas

Entregables asociados:

- **6GSATNET-SS-L4-P4-D4.1a-S:**

Título: Estudio de amenazas de redes satelitales heterogéneas - análisis inicial

Descripción: Documento de análisis inicial - CJA.

Fecha de entrega: 30/10/2023

Tipo de entregable: Documento

Presupuesto asociado (sin IVA): 22.500,00 €

Criterio de aceptación: Un documento que contiene (1) la revisión del estado del arte y (2) el CJA¹⁷ de las amenazas que pueden experimentar las redes satelitales heterogéneas. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 4 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R4.1a

R4.1a:

Título: Contenido del documento de análisis inicial

Descripción: Un documento que contiene (1) la revisión del estado del arte y (2) el CJA de las amenazas que pueden experimentar las redes satelitales heterogéneas.

Criterio de aceptación: El documento contiene toda la información requerida, se entrega en formato pdf y está firmado por la entidad de investigación i2CAT y el subcontratista.

¹⁷ Crown Jewels Analysis

Hito asociado: H4.1a

H4.1a: Entrega del análisis inicial del estudio de amenazas de redes satelitales heterogéneas - 30/10/2023.

- **6GSATNET-SS-L4-P4-D4.1b-S:**

Título: Estudio de amenazas de redes satelitales heterogéneas

Descripción: Documento que presenta el TARA¹⁸ realizado, el análisis y resultados del estudio de las amenazas que pueden experimentar las redes satelitales heterogéneas. Este estudio incluye también soluciones potenciales como hoja de ruta tecnológica.

Fecha de entrega: 15/02/2024

Tipo de entregable: Documento

Presupuesto asociado (sin IVA): 30.000,00 €

Criterio de aceptación: Documento que presenta el TARA realizado, el análisis y resultados del estudio de las amenazas que pueden experimentar las redes satelitales heterogéneas. Este estudio incluye también soluciones potenciales como hoja de ruta tecnológica. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 4 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R4.1b

R4.1b:

Título: Contenido del estudio de amenazas de redes satelitales heterogéneas

Descripción: Documento que presenta el TARA realizado, el análisis y resultados del estudio de las amenazas que pueden experimentar las redes satelitales heterogéneas. Este estudio incluye también soluciones potenciales como hoja de ruta tecnológica.

Criterio de aceptación: El documento contiene toda la información requerida, se entrega en formato pdf y está firmado por la entidad de investigación i2CAT y el subcontratista.

Hito asociado: H4.1b

H4.1b: Entrega del estudio de amenazas de redes satelitales heterogéneas - 15/02/2024.

- **6GSATNET-SS-L4-P4-D4.1c-S:**

Título: Publicación del estudio de amenazas de redes satelitales heterogéneas

Descripción: Una publicación científica que presenta el estudio de las amenazas que pueden experimentar las redes satelitales heterogéneas.

Fecha de entrega: 15/02/2024

Tipo de entregable: Publicación científica.

Presupuesto asociado (sin IVA): 22.500,00 €

Criterio de aceptación: Una publicación científica que contiene (1) una lista de amenazas que existen en redes satelitales heterogéneas y (2) recomendaciones de posibles soluciones para esas amenazas. Esta publicación debe hacerse en una revista científica o como participación en un taller/congreso/simposio. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 4 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R4.1c

R4.1c:

Título: Contenido del estudio de amenazas de Unified Orchestrator

¹⁸ TARA; Threat Assessment and Remediation Analysis

Descripción: La publicación científica debe incluir la siguiente información: (1) descripción del escenario analizado, (2) descripción de las amenazas identificadas, (3) descripción de las posibles soluciones y (4) hoja de ruta tecnológica.

Criterio de aceptación: Una publicación científica en una revista (I.F. mayor a 3) o como participación en un congreso/simposio con actas (clasificación A*/A o B en el referencial CORE2021). Se necesita un documento que justifique su publicación.

Hito asociado: H4.1c

H4.1c: Entrega del estudio de amenazas de redes satelitales heterogéneas - 15/02/2024.

Entregables correspondientes al **LOTE 5:**

6GSATNET-SS-L5-P4: Contribuciones de seguridad a las redes satelitales

6GSATNET-SS-L5-P4-A4.2: Desarrollo de mecanismos de seguridad distribuida para ISL

Entregables asociados:

- **6GSATNET-SS-L5-P4-D4.2-S:**

Título: Requerimientos y Diseño de la solución de seguridad para redes satelitales heterogéneas.

Descripción: Un documento que presenta los requisitos técnicos de la solución de seguridad para redes satelitales heterogéneas. A partir de estos requisitos también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.

Fecha de entrega: 31/12/2023

Tipo de entregable: Documento.

Presupuesto asociado (sin IVA): 47.884,00 €

Criterio de aceptación: Un documento que contiene (1) una lista de los requisitos técnicos derivados de los casos de uso, (2) el diseño arquitectónico de la solución de seguridad, (3) análisis de las contrapartidas de las tecnologías aplicables y (4) el diseño de la solución propuesta. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 5 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R4.2

R4.2:

Título: Contenido del documento de Requisitos y Diseño de la solución de seguridad para redes satelitales heterogéneas

Descripción: El documento D4.2-S debe incluir la siguiente información: (1) requisitos extraídos del caso de uso y aplicados a la solución de seguridad para redes satelitales heterogéneas, (2) revisión del estado del arte de esta tecnología, y (3) diseño de la tecnología a desarrollar. Este documento debe ser entregado correctamente (formulario pdf).

Criterio de aceptación: El documento D4.2-S contiene toda la información presentada en la columna "descripción", se entrega en formato pdf y está firmado por la entidad de investigación i2CAT y el subcontratista.

Hito asociado: H4.2

H4.2: Entrega de los Requerimientos y Diseño de una solución de seguridad para redes satelitales heterogéneas– 31/12/2023

- **6GSATNET-SS-L5-P4-D4.3-S:**

Título: Demostrador de laboratorio de la solución de seguridad para redes satelitales heterogéneas.

Descripción: Una demostración de la solución de seguridad que proporciona autenticación satelital distribuida e integridad y confidencialidad de los datos.

Fecha de entrega: 31/12/2024

Tipo de entregable: Demostrador y reporte técnico.

Presupuesto asociado (sin IVA): 127.116,00 €

Criterio de aceptación: Vídeo con la demostración que presenta la solución software. Se acompaña de un documento de reporte técnico que describe el escenario y demostración realizado y analiza los resultados obtenidos. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 5 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R4.3

R4.3:

Título: Demostrador de la solución de seguridad para redes satelitales heterogéneas

Descripción: El demostrador de esta solución de seguridad para redes satelitales heterogéneas debe cubrir la solución seleccionada definida en D4.2-S. Contará con un entorno satelital emulado/simulado y se ejecutará un ataque representativo para evaluar el rendimiento de la solución implementada. El demostrador verificará el caso de uso definido en el entregable D1.1 del proyecto 6GSatNet, que le será facilitado al adjudicatario por el equipo de i2CAT al inicio de la actividad.

Criterio de aceptación: El demostrador muestra cómo una solución de seguridad desarrollada puede proteger contra una amenaza seleccionada. Se compone un video que muestra este demostrador y se publica en un dominio público (por ejemplo, un sitio web). Se acompaña de un documento de reporte técnico que describe el escenario y demostración realizados y analiza los resultados obtenidos.

Hito asociado: H4.3, H4.4

H4.3: Entrega del demostrador de la solución de seguridad – 31/12/2024

H4.4: Entrega del documento de resultados y análisis de la solución de seguridad para redes satelitales heterogéneas – 31/12/2024

Entregables correspondientes al **LOTE 6:**

6GSATNET-SES-L6-P2: Mejoras en el enlace de servicio para aplicaciones NTN

6GSATNET-SES-L6-P2-A2.1: Mecanismos para comunicaciones masivas

Entregables asociados:

- **6GSATNET-SES-L6-P2-D2.1-S:**

Título: Documento de requisitos y de diseño de los mecanismos de comunicaciones masivas.

Descripción: Documento que presenta los requisitos técnicos de los mecanismos de comunicaciones masivas. A partir de estos requisitos también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.

Fecha de entrega: 31/12/2023

Tipo de entregable: Documento

Presupuesto asociado (sin IVA): 71.875,00 €

Criterio de aceptación: Un documento que contiene (1) Una lista de los requisitos técnicos derivados de los de casos de uso, (2) el diseño arquitectural de los mecanismos para comunicaciones masivas, (3) una valoración de los beneficios obtenidos en las tecnologías aplicables, y (4) el diseño de la solución propuesta. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 6 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R2.1

R2.1

Título: Contenido del documento de Requisitos y Diseño de los mecanismos de comunicaciones masivas

Descripción: El documento D2.1-S debe incluir la siguiente información: (1) requisitos extraídos del caso de uso y aplicados a los mecanismos de comunicaciones masivas, (2) revisión del estado del arte de esta tecnología, y (3) diseño de la tecnología a desarrollar. Este documento debe ser entregado correctamente (formulario pdf).

Criterio de aceptación: El documento D2.1-S contiene toda la información, se entrega en formato pdf y está firmado por la entidad investigadora i2CAT y el subcontratista.

Hito asociado: H2.1

H2.1: Entrega del documento de requisitos y de diseño de los mecanismos de comunicaciones masivas - 31/12/2023

- **66GSATNET-SES-L6-P2-D2.2-S**

Título: Demostrador de los mecanismos para comunicaciones masivas.

Descripción: Una demostración del sistema de comunicación masiva. Este demostrador debe cubrir el caso de uso definido, y se llevará a cabo en un ambiente de laboratorio.

Fecha de entrega: 31/12/2024

Tipo de entregable: Demostrador y reporte técnico

Presupuesto asociado (sin IVA): 143.750,00 €

Criterio de aceptación: (1) Documento resumen a modo de presentación ejecutiva y (2) demostrador que presenta el desarrollo del software y que compila sin errores. Se acompaña de un documento de reporte técnico que describe el escenario y demostración realizados y analiza los resultados obtenidos. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 6 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R2.2

R2.2:

Título: Demostrador de los mecanismos de comunicaciones masivas

Descripción: El concepto de mecanismos para comunicaciones masivas requiere que un mismo satélite sirva a un gran número de UE. En este demostrador, se pueden utilizar técnicas de simulación para representar los UE y el satélite. El demostrador evaluará así la implementación en un entorno emulado o simulado. El demostrador verificará el caso de uso definido tal como se describe en el entregable D1.1 del proyecto 6GSatNet, que le será facilitado al adjudicatario por el equipo de i2CAT al inicio de la actividad.

Criterio de aceptación: El demostrador muestra cómo el mismo satélite sirve a una gran cantidad de UE en un entorno emulado o simulado. Se compone un

video que muestra este demostrador y se publica en un dominio público (por ejemplo, un sitio web). Se acompaña de un documento de reporte técnico que describe el escenario y demostración realizados y analiza los resultados obtenidos.

Hitos asociados: H2.2

H2.2: Entrega del demostrador de mecanismos para comunicaciones masivas - 31/12/2024

- **6GSATNET-SES-L6-P2-D2.3-S**

Título: Documento de resultados y análisis de los mecanismos de comunicaciones masivas.

Descripción: Documento que presenta los resultados de los mecanismos de comunicaciones masivas. Específicamente, los resultados corresponden a la verificación del software desarrollado en un escenario representativo (derivado de la definición de caso de uso).

Fecha de entrega: 31/12/2024

Tipo de entregable: Publicación científica

Presupuesto asociado (sin IVA): 71.875,00 €

Criterio de aceptación: una publicación que contiene (1) una visión general del sistema de comunicación masiva, (2) una revisión del estado del arte, (3) resultados de las pruebas realizadas y (4) dicha publicación debe hacerse en una revista científica o como participación en un taller/congreso/simposio. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 6 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R2.3

R2.3

Título: Contenido del documento de resultados y análisis de los mecanismos de comunicación masiva.

Descripción: La publicación científica debe incluir la siguiente información: (1) una visión general del sistema de comunicación masiva, (2) una revisión del estado del arte y (4) resultados de las pruebas realizadas.

Criterio de aceptación: Una publicación científica en una revista o como participación en un taller/congreso/simposio con actas. Se necesita un documento que justifique su publicación.

Hitos asociados: H2.3

H2.3: Entrega del documento de resultados y análisis de los mecanismos de comunicaciones masivas - 31/12/2024

Entregables correspondientes al **LOTE 7:**

6GSATNET-SES-L7-P2: Mejoras en el enlace de servicio para aplicaciones NTN

6GSATNET-SES-L7-P2-A2.2: Modos de ahorro de energía sincronizados con los satélites

Entregables asociados:

- **6GSATNET-SES-L7-P2-D2.4-S**

Título: Requisitos y documento de diseño de los modos de ahorro de energía

Descripción: Un documento que presenta los requisitos técnicos de los modos de ahorro de energía. A partir de estos requisitos también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.

Fecha de entrega: 31/12/2023

Tipo de entregable: Documento

Presupuesto asociado (sin IVA): 41.281,00 €

Criterio de aceptación: Un documento que contiene: (1) una lista de los requisitos técnicos derivados de los de casos de uso descritos en el entregable D1.1 del proyecto 6GSatNet, que le será facilitado al adjudicatario por el equipo de i2CAT al inicio de la actividad, (b) el diseño arquitectónico de los modos de ahorro de energía, (3) compromisos (ventajas y desventajas) obtenidos en las tecnologías aplicables y (4) el diseño de la solución propuesta. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 7 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R2.4

R2.4

Título: Contenido del documento de Requisitos y Diseño de los modos de ahorro de energía

Descripción: Contenido de los Requisitos y Diseño El documento D2.4-S debe incluir la siguiente información: (1) requisitos extraídos del caso de uso y aplicados a los modos de ahorro de energía, (2) revisión del estado del arte de esta tecnología, y (3) diseño de la tecnología a desarrollar. Este documento debe ser entregado correctamente (formulario pdf).

Criterio de aceptación: El documento D2.4-S contiene toda la información, se entrega en formato pdf y está firmado por la entidad investigadora i2CAT y el subcontratista.

Hito asociado: H2.6

- **H2.6:** Entrega del documento de requisitos y de diseño de los modos de ahorro de energía – 31/12/2023

- **6GSATNET-SES-L7-P2-D2.5-S**

Título: Documento y demostrador de los modos de ahorro de energía

Descripción: Una demostración del modo de ahorro de energía. Este demostrador debe cubrir el caso de uso definido, y se llevará a cabo en un ambiente de laboratorio.

Fecha de entrega: 31/12/2024

Tipo de entregable: Demostrador y reporte técnico

Presupuesto asociado (sin IVA): 82.563,00 €

Criterio de aceptación: (1) Documento resumen a modo de presentación ejecutiva y (2) demostrador que presenta el desarrollo del software y que compila sin errores. Se acompaña de un documento de reporte técnico que describe el escenario y demostración realizadas y analiza los resultados obtenidos. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 7 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R2.5

R2.5

Título: Demostrador de los mecanismos para los modos de ahorro de energía.

Descripción: Los modos de ahorro de energía para el concepto de satélite requieren que los UE terrestres sincronicen sus modos de energía con los contactos del satélite (de forma autónoma). En este demostrador, se utilizarán dos UE y un satélite emulado/simulado. Estos UEs estarán ubicados (virtualmente) en diferentes áreas, y se realizará la verificación de esta

sincronización de contactos. El demostrador verificará el caso de uso definido en el entregable D1.1 del proyecto 6GSatNet, que le será facilitado al adjudicatario por el equipo de i2CAT al inicio de la actividad.

Criterio de aceptación: El demostrador muestra cómo dos UE pueden sincronizar sus modos de energía según los contactos del satélite. Se compone un video que muestra este demostrador y se publica en un dominio público (por ejemplo, un sitio web). Se acompaña de un documento de reporte técnico que describe el escenario y demostración realizados y analiza los resultados obtenidos.

Hito asociado: H2.7

- **H2.7:** Entrega del demostrador de modos de ahorro de energía – 31/12/2024

- **6GSATNET-SES-L7-P2-D2.6-S**

Título: Documento de resultados y análisis de los modos de ahorro de energía

Descripción: Documento que presenta los resultados de los modos de ahorro de energía. Específicamente, los resultados corresponden a la verificación del software desarrollado en un escenario representativo (derivado de la definición de caso de uso). Alternativamente, los resultados logrados en los modos de ahorro de energía para satélites pueden ser parte de una contribución en la estandarización de NTN (por ejemplo, en 3GPP).

Fecha de entrega: 31/12/2024

Tipo de entregable: Publicación científica o contribución a estándares

Presupuesto asociado (sin IVA): 41.281,00 €

Criterio de aceptación: una publicación científica que contiene: (1) una visión general del modo de ahorro de energía, (2) una revisión del estado del arte, (3) los resultados de las pruebas realizadas. Esta publicación debe hacerse en una revista científica o como participación en un taller/congreso/simposio. Alternativamente, los resultados logrados en los modos de ahorro de energía para satélites pueden ser parte de una contribución en la estandarización de NTN (por ejemplo, en 3GPP). El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 7 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R2.6

R2.6

Título: Contenido del documento de resultados y análisis de los modos de ahorro de energía

Descripción: La publicación científica debe incluir la siguiente información: (1) una visión general del modo de ahorro de energía, (2) una revisión del estado del arte y (4) los resultados de las pruebas realizadas. En caso de que se haga una contribución a la norma, esta debe realizarse en un grupo de normalización (por ejemplo, 3GPP) y se debe entregar un documento oficial.

Criterio de aceptación: Una publicación científica en una revista o como participación en un taller/congreso/simposio con actas. Se necesita un documento que justifique su publicación. La aportación a un estándar debe ser verificada con un documento oficial.

Hito asociado: H2.8

- **H2.8:** Entrega del documento de resultados y análisis de los modos de ahorro de energía – 31/12/2024

Entregables correspondientes al **LOTE 8:**

6GSATNET-SES-L8-P3: Nuevos servicios desplegados desde sistemas satelitales

6GSATNET-SES-L8-P3-A3.1: Desarrollo de una arquitectura de carga útil flexible

Entregables asociados:

- **6GSATNET-SES-L8-P3-D3.1-S:**

Título: Requisitos y documento de diseño de la arquitectura de carga útil flexible

Descripción: Un documento que presenta los requisitos técnicos de la carga útil flexible. A partir de estos requisitos también se presenta en el mismo documento el diseño de la solución propuesta.

Fecha de entrega: 31/12/2023

Tipo de entregable: Documento

Presupuesto asociado (sin IVA): 75.125,00 €

Criterio de aceptación: Un documento que contiene (1) una lista de los requisitos técnicos derivados de los casos de uso, (2) el diseño arquitectónico de la carga útil flexible, (3) un análisis de compromisos de las tecnologías aplicables y (4) el diseño de la solución propuesta. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 8 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R3.1

R3.1:

Título: Contenido del documento de Requisitos y Diseño de la arquitectura de carga útil flexible.

Descripción: El documento D3.1-S debe incluir la siguiente información: (1) requisitos extraídos del caso de uso y aplicados a la carga útil flexible, (2) revisión del estado del arte de esta tecnología y (3) diseño de la tecnología a desarrollar. Este documento debe ser entregado correctamente (formulario pdf).

Criterio de aceptación: El documento D3.1-S contiene toda la información, se entrega en formato pdf y está firmado por la entidad de investigación i2CAT y el subcontratista.

Hito asociado: H3.1

H3.1: Entrega de los requisitos y documento de diseño de la arquitectura de carga útil flexible – 31/12/2023.

- **6GSATNET-SES-L8-P3-D3.2-S:**

Título: El prototipo de carga útil flexible.

Descripción: Prototipo (hardware y software) de una carga útil flexible y documento técnico de resultados.

Fecha de entrega: 31/12/2024

Tipo de entregable: Hardware y Software, y documento de resultados

Presupuesto asociado (sin IVA): 225.375,00 €

Criterio de aceptación: Módulos de Hardware y Software que compilan sin errores y pueden ser ejecutados. También debe incluir un manual de usuario que presente (1) el procedimiento de compilación, (2) el proceso de instalación de software adicional, (3) el procedimiento de ejecución de los binarios y (4) el procedimiento de prueba para validarlo. El entregable deberá satisfacer los requerimientos del lote 8 presentados en la sección anterior.

Requisito asociado: R3.2

R3.2:

Título: Entregable del prototipo de carga útil flexible (hardware, software y resultados).

Descripción: Prototipo (hardware y software) de una carga útil flexible y documento técnico de resultados.

Criterio de aceptación: El prototipo desarrollado contiene todo el entorno de software y hardware necesario para ser ejecutado y reproducible. Adicionalmente, un manual de usuario que presenta (1) el procedimiento de compilación, (2) el proceso de instalación de software adicional, (3) el procedimiento de ejecución de los binarios, (4) el procedimiento de prueba para validarlo y (5) documento que refleje la ejecución correcta de dichas pruebas, realizadas por el contratista, siguiendo el procedimiento de prueba. Debe incluir un documento técnico que describa las pruebas realizadas y analice los resultados obtenidos.

Hito asociado: H3.2, H3.3

H3.2: Entrega del prototipo (HW y SW) de carga útil flexible – 31/12/2024

H3.3: Entrega del documento de resultados y análisis del dispositivo de carga útil flexible; contiene todos los aspectos relativos al procedimiento de prueba o demostrador realizado y el análisis de sus resultados. – 31/12/2024

6. Formas de seguimiento y control de la ejecución de las condiciones

El órgano de contratación designará a una persona que asumirá el control y la coordinación de la ejecución contractual con la empresa contratista a fin de tratar directamente las cuestiones relacionadas con el desarrollo normal de las tareas indicadas en este pliego.

La empresa contratista debe designar a una persona responsable a quien encargar la gestión de la ejecución del contrato y que deberá garantizar la calidad de la prestación objeto de este pliego, tratando directamente las cuestiones relacionadas con el desarrollo normal de las tareas indicadas en este pliego con la persona interlocutora designada por el órgano de contratación.

Las personas referidas anteriormente se reunirán con una periodicidad mínima de 30 días para supervisar, controlar y tratar cualquier aspecto vinculado con el desarrollo del contrato, a fin de asegurar que el mismo se está ejecutando conforme a lo establecido en el presente pliego.

A los efectos anteriores, se evaluará el seguimiento y control del cumplimiento de cada requerimiento técnico para cada lote de la siguiente manera:

- El adjudicatario deberá aportar periódicamente una planificación de las actividades relacionadas con cada entregable, con especificación de las fechas de inicio y fin.
- El adjudicatario se somete al cumplimiento de las obligaciones, plazos y resultados contenidos en este Pliego y en la documentación análoga que obre en su poder, de manera que cualquier cambio tendrá que ser notificado a la entidad contratante y validado posteriormente por ésta.
- El adjudicatario, durante la ejecución del contrato, deberá tener implementado un plan de contingencia, que permita detectar cualquier incidencia, siendo responsable de su resolución cuando le sea imputable.

- El adjudicatario podrá ser requerido para habilitar un canal de comunicación, que permita una interacción fluida con la entidad contratante, para dilucidar la consecución de los hitos y objetivos establecidos en la definición del proyecto y asegurar su control y calidad.
- Sin perjuicio de lo establecido en los apartados precedentes, se podrán incluir nuevas medidas de seguimiento y control o modificar las establecidas en el presente Pliego, cuando se estime oportuno.

7. Documentación técnica a aportar por las empresas licitadoras

Las especificaciones técnicas propuestas por la empresa licitadora en su oferta se convertirán en condiciones de obligado cumplimiento a lo largo de la ejecución del contrato si ésta se convierte en la adjudicataria.

A fin de acreditar el cumplimiento de cada especificación técnica exigida en este pliego, la empresa licitadora deberá realizar una propuesta en relación a los criterios que dependen de un juicio de valor, de acuerdo a los parámetros establecidos en el Anexo 1 del presente Pliego, a incluir en el Sobre nº 2.

Barcelona, 5 de mayo de 2023

El órgano de contratación

Sr. Josep Paradells Aspas

Director

Sr. Joan Manel Martín Almansa

Director Ejecutivo

ANEXO 1. MODELO/ ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA PARA CRITERIOS EVALUABLES MEDIANTE JUICIO DE VALOR (SOBRE 2)

El/la Sr./Sra., con domicilio a efectos de notificaciones en calle núm., teléfono núm. y con NIF, [en caso de actuar por representación: como de, con poderes otorgados ante el notario de, Sr./Sra., el día, núm. de protocolo] habiendo tenido conocimiento de las condiciones y requisitos que se exigen para poder ser adjudicatario/a del LOTE ... del contrato de Servicios de investigación aplicada sobre 6G para la contribución del despliegue de redes de satélites en el paradigma de las redes no terrestres considerando contribuciones al segmento tierra, servicio y espacio, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia - NextGenerationEU a través de los Proyectos: 6GSatNet - GS: Contribuciones al segmento tierra (TSI-063000-2021-1); 6GSatNet - SS: Contribuciones al segmento espacio (TSI-063000-2021-5); y 6GSatNet - SeS: Contribuciones al segmento servicio (TSI-063000-2021-8), con número de expediente 2023050200, mediante procedimiento abierto sujeto a regulación armonizada, de acuerdo con los criterios de adjudicación del contrato evaluables mediante juicio de valor según lo dispuesto en el PCAP, DECLARA que se compromete a ejecutarlo con estricta sujeción a la siguiente propuesta técnica:

1) Solución técnica ofertada:

Debe incluir:

- Una propuesta de oferta a los trabajos solicitados que se van a realizar, junto con un plan de ejecución.

1.1) Trabajos solicitados que se van a realizar

Debe incluir:

- *Una propuesta de oferta a los trabajos solicitados que se van a realizar, definiéndolos con nivel de detalle y calidad. Se busca asegurar que la propuesta técnica contribuye al desarrollo de nuevas capacidades que, o bien optimicen tecnologías existentes de forma sustancial, o bien transformen las capacidades existentes de forma muy significativa con el uso de nuevos paradigmas tecnológicos. Se valorará la contribución de esas tecnologías en resultados que impacten de forma real y detallada en la vida del ciudadano.*

Se debe considerar que:

- *Para la valoración del nivel de detalle de la oferta en respuesta a los trabajos a realizar, se tendrá en cuenta que el licitador realice una definición de manera precisa y concreta de los objetivos que persiguen, identificando indicadores cuantificables que permitan valorar la*

consecución dichos objetivos y se apreciará el grado de conocimiento del estado de la técnica.

- Para la valoración del nivel de calidad de la oferta en respuesta a los trabajos solicitados, se tendrá en cuenta que el licitador realice una descripción de la oportunidad de innovación que éstos representan con indicación del valor añadido de la propuesta sobre los mínimos requisitos planteados en las actividades que se licitan.

1.2) Plan de ejecución

Debe incluir:

- Una planificación detallada, incluyendo sus actividades principales, que le permitan prestar adecuadamente el servicio en el tiempo estipulado y considerar la viabilidad de la creación e implantación de la solución, así como del mantenimiento de ésta en el largo plazo.
- Esta planificación deberá contener:
 - (i) Una descripción detallada de la organización del equipo de trabajo que ejecutará el servicio.
 - (ii) Una identificación y plan de mitigación de riesgos asociados al proyecto.
 - (iii) El listado de entregables que permita verificar la ejecución efectiva de las tareas.

Se debe considerar que:

- Para la valoración del nivel de calidad del plan de ejecución, se tendrá en cuenta que el licitador realice una propuesta con nivel de detalle de las actividades planificadas, su coherencia con el resto de la oferta, su adecuación a la planificación general del proyecto, así como su aplicabilidad real.

2. Experiencia del licitador

Debe incluir:

- Una memoria que incorpore la experiencia del licitador en los últimos 5 años (2018-2022) en proyectos de investigación en torno a la tecnología 5G, con particular énfasis en proyectos de la 5G PPP del Programa Horizon 2020. Se busca asegurar que el licitador disponga de suficiente experiencia previa en proyectos de similar complejidad y características científicas dentro del ámbito tecnológico de la actividad a realizar.

Se debe considerar que:

- Para la valoración de este criterio, se tendrá en cuenta el volumen de proyectos que el licitador haya completado con éxito, así como las entidades con las que se ha colaborado; el impacto de los resultados, medibles en conocimiento generado e imputable a la participación en proyectos de 5G; se valorará el rol ocupado en los proyectos, atendiendo a la calidad y relevancia de las posiciones de responsabilidad de gestión en los proyectos participados y la participación de mujeres en dichos roles; así como la relevancia temática de los proyectos respecto al trabajo a ejecutar en la licitación, que redunde en un valor añadido en el desarrollo de las actividades concretas previstas en la licitación.



[Lugar, fecha y firma]