

**PLIEGO DE CLÁUSULAS TÉCNICAS PARTICULARES QUE HABRÁ DE
REGIR EL CONTRATO DE SERVICIOS DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE INTERNET CUÁNTICA Y
VIRTUALIZACIÓN PARA LA CREACIÓN DE UN GEMELO DIGITAL DE RED
QKD PARA LA MAD-QCI (QKD2T), EN EL MARCO DEL PROYECTO
MADQUANTUM-CM Y DEL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN
Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NEXT
GENERATIONEU Y LA COMUNIDAD DE MADRID, A ADJUDICAR POR
PROCEDIMIENTO ABIERTO SIMPLIFICADO CON PLURALIDAD DE
CRITERIOS.**

EXPEDIENTE L13/2023

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	OBJETO DEL CONTRATO	3
3.	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.....	3
4.	PRESTACIÓN DEL SERVICIO	4
4.1	TAREAS A REALIZAR	4
4.2	PROGRAMA DE TRABAJO.....	6
4.3	PERFIL REQUERIDO DEL LICITADOR	6
5.	DIRECCIÓN Y SEGUIMIENTO DEL CONTRATO	6
6.	ADSCRIPCIÓN DE MEDIOS	7
6.1	MEDIOS HUMANOS.....	7
7.	CUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS APLICABLES	8
7.1	SEGURIDAD DEL PERSONAL.....	8
7.2	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	8
	ANEXO I: COORDINACIÓN EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES ..	9

PLIEGO DE CLÁUSULAS TÉCNICAS PARTICULARES QUE HABRÁ DE REGIR EL CONTRATO DE SERVICIOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE INTERNET CUÁNTICA Y VIRTUALIZACIÓN PARA LA CREACIÓN DE UN GEMELO DIGITAL DE RED QKD PARA LA MAD-QCI (QKD2T), EN EL MARCO DEL PROYECTO MADQUANTUM-CM Y DEL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NEXT GENERATIONEU Y LA COMUNIDAD DE MADRID, A ADJUDICAR POR PROCEDIMIENTO ABIERTO SIMPLIFICADO CON PLURALIDAD DE CRITERIOS.

EXPEDIENTE L13/2023

1. INTRODUCCIÓN

Los Planes Complementarios son una herramienta creada por el Gobierno de España para la puesta en marcha de programas de investigación en áreas estratégicas, cogobernados y cofinanciados con las Comunidades Autónomas. Estos planes permitirán establecer colaboraciones y alinear los esfuerzos de la administración central, las comunidades y los fondos europeos ante retos clave de nuestro país, respondiendo a los criterios de la UE para la aplicación de medidas transformadoras para nuestra economía en el Plan de Recuperación.

En total, se han previsto ocho Planes Complementarios hasta 2025, siendo todos ellos cofinanciados con fondos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado por la Unión Europea-*NextGenerationEU*. Cada uno de ellos cuenta con la participación de al menos cuatro Comunidades Autónomas y estará coordinado por el Estado y por una Comunidad.

En 2021 se aprobaron los cuatro primeros Planes Complementarios, dedicados a las áreas de energía e hidrógeno renovable, ciencias marinas, biotecnología aplicada a la salud y comunicación cuántica. El **Plan Complementario de Comunicación Cuántica** busca impulsar el desarrollo y la implementación de tecnologías digitales cuánticas y reforzar la ciberseguridad en España.

En el marco de este plan, el Ministerio de Ciencia e Innovación, las Comunidades Autónomas del País Vasco, Cataluña, Galicia, Comunidad de Madrid, Castilla y León y el Consejo Superior de Investigaciones Científica (CSIC) colaborarán para crear una infraestructura de comunicación de alta seguridad en España, apoyar la industria cuántica europea e impulsar un nuevo sector industrial con nuevas empresas en los ámbitos digital y de ciberseguridad. Este Plan Complementario se dirige a un sector estratégico dentro de las tecnologías cuánticas de segunda generación, que se basa en la capacidad de manipular sistemas cuánticos individualmente, alineándose de esta manera con algunas de las iniciativas de I+D+I más ambiciosas de la Unión Europea, como el Quantum Flagship y la creación de una red cuántica paneuropea (EuroQCI). En concreto, EuroQCI se ha diseñado para desplegar una red basada en enlaces terrestres y satélite que conectará, por una parte, a entidades, empresas, administraciones y usuarios; y, por otra, a ordenadores, simuladores y sensores cuánticos, para transportar información y servicios.

Este contrato se enmarca en el CONVENIO de 11 de noviembre de 2022, entre la Comunidad de Madrid y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), para la concesión de una subvención directa para la realización del Proyecto de Comunicaciones Cuánticas de la Comunidad de Madrid en I+D+I dentro del plan complementario en el Área de Comunicación Cuántica en el marco del Componente 17, Inversión 01 del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado por la Unión Europea-Next GenerationEU por importe de 18.570.000 euros; del cual la Fundación IMDEA Networks es beneficiaria (cuya participación es referida en adelante bajo el acrónimo “MADQuantum-CM”).

2. OBJETO DEL CONTRATO

El objeto del presente contrato es la contratación de servicios de Investigación y Desarrollo de tecnologías de Internet cuántica y virtualización para la MAD-QCI (QKD2T), en el marco del Proyecto “MADQuantum-CM”, dentro del marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado por la Unión Europea – Next GenerationEU.

En los apartados siguientes se describen los servicios incluidos en el presente contrato y las condiciones para su desarrollo.

3. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El desarrollo de las nuevas infraestructuras de red de nueva generación, 5G y 6G, no solo ha revolucionado el panorama de la conectividad de los usuarios a alta velocidad a través de redes móviles y fijas. Las tecnologías 5G/6G han supuesto además un cambio disruptivo casi sin precedentes en la manera de proporcionar servicios sobre estas redes, tanto servicios tradicionales de telecomunicación como nuevos servicios de otros sectores (p.ej. servicios de ciudad inteligente, industria conectada, seguridad pública). Para acomodar los exigentes requisitos de calidad impuestos en el diseño de las redes 5G/6G (en términos de velocidad, retardo, resiliencia y disponibilidad), lo que se hace es permitir el despliegue de dichos servicios en localizaciones más cercanas a los usuarios. Para ello, en el futuro se utilizará un modelo de red extremadamente flexible, capaz de integrar recursos de computación, de almacenamiento y de red de diversos operadores de telecomunicaciones y proveedores. Este modelo se sustenta en tecnologías que permiten el reemplazo de los elementos de hardware de red tradicionales por componentes equivalentes que se ejecutan en software (softwarización), con el consiguiente ahorro en costes y el incremento de la flexibilidad a la hora de poder desplegar estos componentes software en distintas localizaciones. Dos de las tecnologías fundamentales para el soporte de softwarización en 5G/6G son la virtualización de funciones de red (NFV, por su denominación en inglés) y las redes programables. No obstante, este modelo crea nuevos retos de conectividad entre componentes software distribuidos, puesto que dicha conectividad deberá satisfacer requisitos apropiados de eficiencia y de seguridad.

En este contexto, el proyecto MADQuantum-CM analizará la aplicación de comunicaciones cuánticas en las infraestructuras de red de nueva generación, 5G y 6G. En particular, se desarrollarán mecanismos para la transmisión eficiente y segura de información entre componentes software distribuidos sobre redes clásicas 5G, mediante la utilización de tecnologías de comunicación cuántica y se desarrollará una prueba de concepto de estos mecanismos en 5TONIC, centro de experimentación avanzado en redes 5G, localizado en las dependencias de IMDEA Networks.

El desarrollo de un gemelo digital de red QKD se presenta como una aportación de gran valor para la integración de tecnologías de comunicaciones cuánticas en el contexto de las infraestructuras de red de nueva generación, 5G/6G. La necesidad de este gemelo digital surge debido a que los dispositivos QKD son de elevado coste y su disponibilidad es limitada, lo que dificulta la realización de investigaciones con topologías de redes QKD complejas, como las que se encuentran en los ecosistemas de MADQuantum-CM. Al permitir la creación y configuración automatizada de redes QKD en un entorno de laboratorio, el gemelo digital brinda la posibilidad de llevar a cabo experimentos y pruebas exhaustivas, sin la necesidad de contar con un número significativo de dispositivos QKD reales. Esto no solo supone un ahorro en costes, sino también una mayor flexibilidad y escalabilidad para el estudio de interacciones y desafíos asociados a la integración de comunicaciones cuánticas en las redes de próxima generación 5G/6G.

El proyecto QKD2T desarrollará un gemelo digital de red QKD que permitirá la configuración automatizada de redes QKD en entornos de laboratorio, emulando ataques de escucha pasiva sobre canales cuánticos y cumpliendo con estándares de ETSI para la entrega de claves criptográficas.

Además, QKD2T desplegará un ecosistema cloud native multi-dominio basado en Kubernetes asegurando la comunicación aislada entre clusters de Kubernetes y sobre el que se integrarán tecnologías cuánticas para securizar las comunicaciones entre clusters dentro del ecosistema 5G/6G.

Finalmente, se diseñará y desplegará un entorno de validación en laboratorio para verificar la funcionalidad de los desarrollos y se brindará soporte para la integración con dispositivos QKD reales y el mantenimiento de los sistemas implementados. En conjunto, este proyecto busca avanzar en el campo de las comunicaciones cuánticas y su aplicación en entornos 5G/6G, potenciando la seguridad y confidencialidad de las comunicaciones.

4. PRESTACIÓN DEL SERVICIO

4.1 TAREAS A REALIZAR

El adjudicatario se responsabilizará de la ejecución de las tareas que se describen en este apartado.

Las tareas principales a realizar serán las siguientes:

- Diseño y desarrollo de un gemelo digital de red QKD. El gemelo digital posibilitará la creación y configuración automatizada de redes QKD en un entorno de laboratorio, usando tecnologías de virtualización NFV (Network Functions Virtualization) y tecnologías de emulación de software cuántico. El gemelo digital será compatible con las especificaciones del grupo de estandarización ETSI Industry Specification Group (ISG) QKD, en particular con aquellas relativas a las interfaces estándar para entregar material de claves criptográficas a las aplicaciones. Asimismo, incluirá un módulo de *eavesdropping* para emular ataques de escucha pasiva sobre los canales cuánticos.
- Diseño y desarrollo de un ecosistema cloud native multi-dominio basado en Kubernetes, con soporte de comunicaciones aisladas entre clusters de Kubernetes e integrado con el gemelo digital de red QKD, de modo que se puedan securizar las comunicaciones entre clusters mediante tecnologías cuánticas.

- Diseño y despliegue de un entorno de validación (testbed) en los laboratorios de la Fundación sobre el que poder verificar la funcionalidad y operación de los desarrollos de las tareas anteriores. Esta tarea incluye la adquisición, instalación y configuración del equipamiento hardware y del software necesarios en los laboratorios de la Fundación, por cuenta de la entidad adjudicataria del proyecto, debiendo estar dicho equipamiento disponible durante el periodo de ejecución del mismo.
- Proporcionar soporte durante la ejecución del proyecto a la integración de los desarrollos de las tareas anteriores con dispositivos QKD reales, así como con la red de comunicaciones cuánticas desplegada por el proyecto MADQuantum-CM.
- Proporcionar soporte al mantenimiento y operación de los desarrollos realizados durante la ejecución del proyecto.

Se establecerán los siguientes hitos y medios de supervisión que se requerirán para su correcta verificación:

No	Descripción	Método de verificación
M1	Desarrollo de gemelo digital de red QKD	Modelos preliminares. Estado del arte, análisis y primer estudio de aplicabilidad de algoritmos y soluciones existentes. El documento definirá las métricas y las pruebas que se realizarán para validar los modelos con respecto a los enfoques más avanzados. Presentación de casos de uso. REPOSITORIO SOFTWARE OPEN SOURCE
M2	Diseño de ecosistema cloud native multi-dominio basado en Kubernetes.	Informe sobre el diseño del ecosistema cloud native multi-dominio desarrollado, incluyendo la versión final de la arquitectura que permita identificar adecuadamente los diferentes módulos a desplegar y desarrollar, en particular aquellos relacionados con la comunicación entre clusters de Kubernetes. DOCUMENTO CONFIDENCIAL
M3	Entorno de validación (testbed) en los laboratorios de la Fundación.	Despliegue de testbed basado en el gemelo digital y en el ecosistema cloud native multi-dominio. La creación del testbed incluye la adquisición, instalación y configuración del equipamiento hardware y del software necesarios en los laboratorios de la Fundación, por cuenta de la entidad adjudicataria del proyecto. La demostración permitirá verificar la funcionalidad y operación de los desarrollos anteriores en los laboratorios de la Fundación. DEMOSTRACIÓN
M4	Sumario de actividades de operación	Pruebas y actividades de operación desarrolladas. Breve resumen de los diferentes experimentos realizados sobre la infraestructura de validación desplegada. DOCUMENTO CONFIDENCIAL

Las fechas para la verificación de cada hito se establecerán en el Programa de Trabajo al comienzo del contrato.

4.2 PROGRAMA DE TRABAJO

Los licitadores deberán presentar un Programa de Trabajo, en el que consten las tareas que considere necesario realizar para atender el contenido del trabajo proponiendo, en su caso, los plazos parciales correspondientes a cada tarea. A estos efectos, se utilizarán como unidades de tiempo la semana y el mes. El programa de trabajo reflejará las fechas o plazos marcados en el presente pliego, y contendrá, como mínimo, la fijación de los trabajos, las operaciones más importantes, el equipo de trabajo y su cualificación, los medios a emplear y los plazos parciales.

Se incluirán todos los hitos relacionados en el apartado 4.1. del presente pliego, indicando los medios de verificación con los que se acreditará cada cumplimiento.

Si para el desarrollo de los trabajos se precisare establecer por el adjudicatario contactos con entidades u organismos públicos, necesitará la previa autorización de la Fundación.

Una vez adjudicado el contrato, y en un plazo no superior a 15 días hábiles desde su firma, el adjudicatario presentará el Programa de Trabajo definitivo que habrá de someter a la aprobación de la Fundación, y que servirá de base para la ejecución del mismo. La Fundación resolverá sobre el mismo, pudiendo imponer al programa de trabajo presentado la introducción de modificaciones, ampliaciones y el grado de definición que estime necesario para el cumplimiento del contrato.

Cada vez que se modifiquen las condiciones contractuales, el adjudicatario queda obligado a la actualización y puesta al día de este programa.

4.3 PERFIL REQUERIDO DEL LICITADOR

Es requisito indispensable que el licitador acredite el cumplimiento del perfil en la forma prevista en los criterios de solvencia técnica recogidos en el apartado 6 de la cláusula 1 del Pliego de Cláusulas Jurídicas Particulares.

Se establece el siguiente perfil de referencia para las entidades que concurran a la licitación:

Idóneamente, aunque no de forma excluyente, el perfil del licitador requerido sería el de un centro académico y/o de investigación que cuente con excelentes conocimientos en tecnologías 5G, virtualización, gestión y orquestación de servicios de red, plataformas cloud native, y tecnologías de Internet cuántica, así como experiencia constatable en el diseño, implementación y explotación de testbeds y entornos de validación 5G y actividad en el área de I+D / I+D+i en proyectos I+D internacionales, nacionales o regionales.

5. DIRECCIÓN Y SEGUIMIENTO DEL CONTRATO

Con el fin de evaluar la correcta evolución del Proyecto, se constituirá un Comité de Seguimiento del Proyecto, que estará compuesto por:

- Director del Proyecto: persona responsable del Proyecto designada por la Fundación.
- Jefatura del Proyecto: persona responsable del equipo de trabajo por parte de la entidad adjudicataria.

Este Comité convocará las reuniones que considere oportunas y adecuadas, siendo sus principales atribuciones:

- Establecer las directrices generales de realización del proyecto.

- Seguimiento continuo de la evolución del Proyecto, prestando especial atención al cumplimiento de hitos y objetivos marcados en las planificaciones.
- Identificación, análisis y mitigación de riesgos potenciales.
- Resolución de discrepancias en la ejecución del Proyecto.
- Aprobación de los documentos y entregables presentados.

En los plazos previstos, la persona nombrada por la entidad adjudicataria para ejercer la Jefatura del Proyecto entregará al Director del Proyecto nombrado por la Fundación los entregables señalados para su verificación y control.

Tras cada posible modificación, la entidad adjudicataria entregará toda la documentación generada en el mismo formato que en el momento de la recepción.

Durante la ejecución de los trabajos, la entidad adjudicataria se compromete en todo momento a facilitar a las personas designadas por la Dirección del Proyecto a tales efectos, la documentación e información que éstas soliciten para disponer de un pleno conocimiento de las circunstancias en que se desarrollan los trabajos, así como de eventuales problemas que puedan plantearse y de los métodos y herramientas utilizados para resolverlos.

Asimismo, el personal designado por la Dirección del Proyecto podrá realizar cuantas consultas que estime oportunas para el mejor seguimiento y control de los trabajos, debiendo la entidad adjudicataria efectuar la monitorización periódica del estado y progreso del Proyecto de acuerdo a la planificación inicial y a las normas e instrucciones que con esta finalidad se establezcan para el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la Unión Europea.

6. ADSCRIPCIÓN DE MEDIOS

6.1 MEDIOS HUMANOS

Los medios humanos que sea preciso contratar, de acuerdo con la legislación laboral vigente, para el correcto desempeño para el desarrollo del servicio objeto del contrato, de acuerdo con las cláusulas jurídicas y técnicas particulares que rigen el correspondiente contrato, serán por cuenta exclusiva del adjudicatario.

Se establecen los medios humanos que, como mínimo, se deberán adscribir a la ejecución del contrato, sin perjuicio que el contratista decida ampliarlos o incrementarlos para mejorar la calidad del servicio a prestar. Para la correcta ejecución de este contrato, se requerirá por parte del contratista los siguientes medios humanos que deberán ser adscritos al contrato:

- Presencia de, al menos, dos PhDs (Philosophy Doctors) asociados al proyecto con experiencia demostrable de participación en, al menos, 5 proyectos de investigación de la UE, nacionales o regionales sobre tecnologías de virtualización / gestión y orquestación de redes en los últimos 5 años.
Para acreditar el cumplimiento de este requisito, el licitador deberá presentar una declaración firmada por el representante de la entidad en la que se muestre entidad financiadora del proyecto, nombre del proyecto, fecha de ejecución e importe.

El adjudicatario mantendrá con respecto al personal que emplee en el servicio todos los derechos y deberes inherentes a su condición de patrono a tenor de la legislación laboral y social actualmente vigentes o que, en lo sucesivo, pueda promulgarse sin que pueda alegarse derecho alguno de dicho personal con relación a la Fundación, ni exigirle a ésta responsabilidad de

cualquier tipo como consecuencia de las obligaciones existentes entre el adjudicatario y sus empleados, aun cuando las incidencias que lo afecten sean por causas directas o indirectas del cumplimiento, incumplimiento, rescisión o interpretación del contrato.

Todos aquellos acuerdos que pudieran darse entre sindicatos y las empresas adjudicatarias del servicio, al margen de lo establecido en los convenios colectivos, deberán ser comunicados previamente a la Fundación IMDEA Networks. Dichos acuerdos vincularán únicamente a la empresa adjudicataria.

El adjudicatario se compromete a retribuir adecuadamente al personal que contrate asumiendo de forma directa y no trasladable a la Fundación IMDEA Networks el coste de cualquier mejora en las condiciones de trabajo o en las retribuciones de dicho personal, tanto si dichas mejoras son consecuencia de convenios colectivos, pactos, o acuerdos de cualquier índole que puedan conllevar o conlleven equiparación a otras situaciones, como si lo fuera por la integración del Centro a otro organismo de la Administración Pública, de modo que en ningún caso podrán repercutir dichas modificaciones en un incremento del precio de adjudicación.

7. CUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS APLICABLES

7.1 SEGURIDAD DEL PERSONAL

En caso de que el servicio se desarrolle en las instalaciones de la Fundación, con carácter obligatorio el personal de la empresa adjudicataria adscrito al servicio deberá conocer el Plan de Emergencia del Centro y los Protocolos que le serán facilitados por la Fundación, así como las actualizaciones debido a cambios producidos en todas las instalaciones durante la vigencia del contrato. El personal de la empresa adjudicataria deberá acreditar estar en conocimiento de dicho plan y deberá participar en las funciones que allí se establezcan.

7.2 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

La entidad que resulte adjudicataria deberá estar al corriente en el cumplimiento de sus obligaciones en materia de prevención de riesgos laborales de acuerdo con la Ley. En un plazo no superior a quince días naturales desde la comunicación de la adjudicación, la entidad deberá aportar a la Fundación la documentación relativa a la evaluación de riesgos y planes de prevención de todos los puestos de trabajo necesarios para la prestación del servicio.

Asimismo, antes del comienzo de su actividad deberá comunicar los nombres de las personas que actúen como delegados de prevención.

El adjudicatario está obligado a dar cumplimiento al deber de coordinación de actividades en materia de prevención de riesgos, conforme al artículo 24 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales, y al R.D. 171/2004, de 30 de enero, tal como se indica en el **Anexo I**.

CONFORME:

POR EL ADJUDICATARIO

FECHA Y FIRMA

POR LA FUNDACIÓN

FECHA Y FIRMA

ANEXO I: COORDINACIÓN EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

La finalidad de este protocolo es establecer un acuerdo de colaboración en materia de Prevención de Riesgos entre La Fundación y sus Empresas Colaboradoras, para el desarrollo de las obligaciones establecidas en el artículo 24 "Coordinación de Actividades Empresariales" de la LPRL y en el RD 171/2004 que lo desarrolla.

Dentro de la coordinación de actividades, se establece el sistema de acreditación y control, en materia de Prevención Riesgos, de los trabajadores pertenecientes a la Empresa adjudicataria y sus subcontratas, que van a desarrollar los servicios contratados por la Fundación en el centro de trabajo propio de esta entidad.

La acreditación de los trabajadores es consecuencia de la planificación de la prevención resultante de la evaluación de riesgos de los trabajos contratados, que realizará la Empresa. Como consecuencia de la misma, se acreditará si cada trabajador es "apto para su trabajo habitual" o, si fuera necesario, que es "apto para trabajos que impliquen un riesgo especial", indicando claramente cual es este riesgo especial. Además, será utilizada para conocer los nombres de las personas designadas por la Empresa como Responsables en materia de prevención de riesgos durante la ejecución de los servicios contratados por La Fundación.

La Empresa adjudicataria evaluará y conservará toda la documentación necesaria para, en cualquier momento, garantizar y demostrar las aptitudes acreditadas para cada trabajador, independientemente de que éstos pertenezcan directamente a la Empresa o a cualquiera de sus subcontratas.