



**PLIEGO DE CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EL CONTRATO DE SUMINISTROS PARA LA ADQUISICIÓN DE UN EMULADOR DE CANAL RADIO PARA EL NODO ESFRI-SLICES DE MADRID – FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID MEDIANTE LA ORDEN 1457/2024 DEL CONSEJERO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y UNIVERSIDADES DESTINADA A FINANCIAR LA PARTICIPACIÓN DE IMDEA NETWORKS EN LA ESFRI LLAMADA SLICES, A ADJUDICAR POR PROCEDIMIENTO ABIERTO CON PLURALIDAD DE CRITERIOS.**

**EXPEDIENTE Nº L10/2024**

## **ÍNDICE**

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETO DEL CONTRATO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO .....</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>LUGAR DE ENTREGA.....</b>	<b>7</b>
<b>5.</b>	<b>ADSCRIPCIÓN DE MEDIOS HUMANOS Y MATERIALES .....</b>	<b>8</b>
<b>6.</b>	<b>CUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS APLICABLES .....</b>	<b>8</b>
<b>6.1</b>	<b>PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES .....</b>	<b>8</b>
<b>6.2</b>	<b>AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS .....</b>	<b>9</b>
<b>6.3</b>	<b>PROTECCIÓN DE DATOS Y CONFIDENCIALIDAD DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>9</b>
	<b>ANEXO I: COORDINACIÓN EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES .....</b>	<b>10</b>



Comunidad de Madrid

Financiado por la Comunidad de Madrid mediante la  
Orden de transferencia Nominativa 1457/2024



**PLIEGO DE CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EL CONTRATO DE SUMINISTROS PARA LA ADQUISICIÓN DE UN EMULADOR DE CANAL RADIO PARA EL NODO ESFRI-SLICES DE MADRID – FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID MEDIANTE LA ORDEN 1457/2024 DEL CONSEJERO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y UNIVERSIDADES DESTINADA A FINANCIAR LA PARTICIPACIÓN DE IMDEA NETWORKS EN LA ESFRI LLAMADA SLICES, A ADJUDICAR POR PROCEDIMIENTO ABIERTO CON PLURALIDAD DE CRITERIOS.**

**EXPEDIENTE Nº L10/2024**

## **1. INTRODUCCIÓN**

**SLICES** (Scientific Large-Scale Infrastructure for Computing/Communication Experimental Studies) es una infraestructura de investigación distribuida a gran escala que forma parte de la hoja de ruta **ESFRI** (European Strategy Forum on Research Infrastructures) de la Unión Europea. Su objetivo principal es proporcionar a la comunidad científica y tecnológica europea una plataforma experimental de vanguardia para la investigación y el desarrollo de futuras tecnologías de comunicación e informática.

### **Objetivos de SLICES:**

1. **Impulsar la investigación en redes de próxima generación:** SLICES busca acelerar la investigación en áreas clave como 5G/6G, Internet de las cosas (IoT), computación en la nube y en el borde, inteligencia artificial y aprendizaje automático.
2. **Fomentar la colaboración:** La infraestructura facilita la colaboración entre investigadores, universidades, centros de investigación y empresas de toda Europa, creando un ecosistema de innovación abierto y dinámico.
3. **Proporcionar acceso a recursos de vanguardia:** SLICES ofrece acceso a una amplia gama de recursos experimentales, como plataformas de prueba, entornos de simulación, herramientas de software y conjuntos de datos, que permiten a los investigadores validar sus ideas y desarrollar nuevas tecnologías.
4. **Apoyar la formación y el desarrollo de talento:** La iniciativa promueve la formación de investigadores y profesionales en el campo de las comunicaciones y la informática, asegurando que Europa cuente con el talento necesario para liderar la innovación en estas áreas.
5. **Contribuir al desarrollo económico y social:** Al acelerar la investigación y el desarrollo de tecnologías clave, SLICES busca impulsar la competitividad de la industria europea y contribuir al desarrollo económico y social de la región.

Para cumplir estos objetivos, se ha impulsado el desarrollo en distintos países (Francia, Grecia, Chipre, Alemania, Suecia, Suiza, Polonia, Finlandia, Bélgica, Países Bajos, Noruega, Luxemburgo, Polonia, Italia y Hungría, además de España) de una red de nodos interconectados que disponen de una infraestructura básica de investigación más capacidades adicionales.



En el caso de España, hay dos nodos de SLICES. Por un lado, está la instalación SN4I (Redes Inteligentes para la Industria), que es una red de comunicación NFV/SDN habilitada para 5G, que soporta aplicaciones avanzadas de la Industria 4.0 desplegadas entre la Facultad de Ingeniería en Bilbao, el Punto de Presencia de RedIRIS en Leioa y el Centro de Investigación en Fabricación Avanzada Aeronáutica (CFAA) en el Parque Tecnológico de Bizkaia en Zamudio.

Por otro lado, el nodo de SLICES en Madrid, que está desplegándose de forma conjunta por la Universidad Carlos III Madrid y la Fundación IMDEA Networks, plantea el despliegue de una infraestructura de experimentación centrada en tres áreas de actividad:

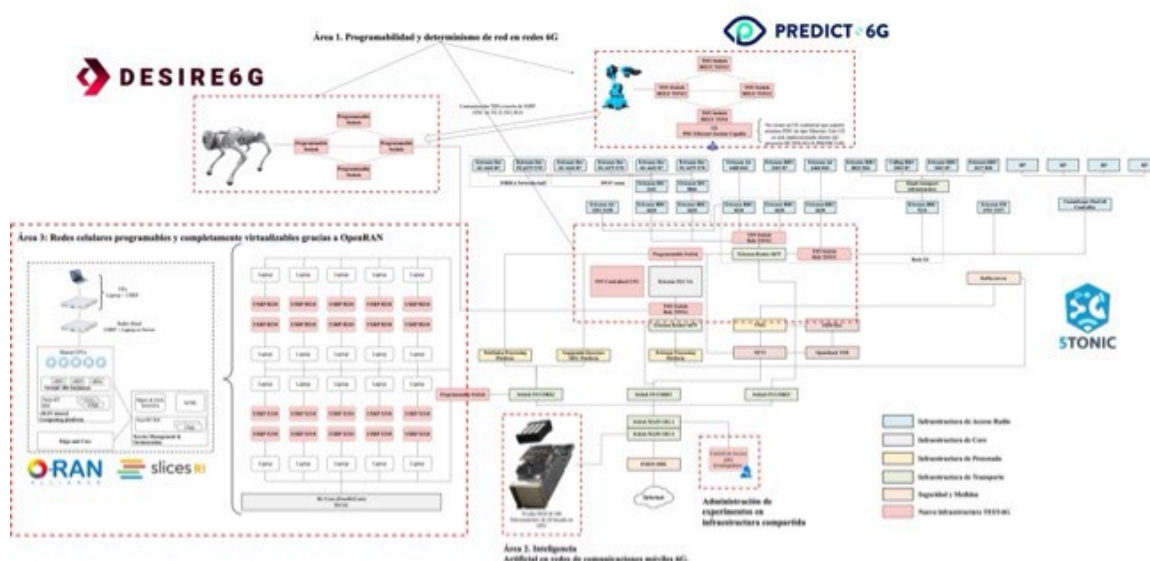
1. *Programabilidad y determinismo de red en redes 6G.* La programabilidad de redes ha sido una característica perseguida y definida ya en 5G. Gracias a ello, en la actualidad existen múltiples interfaces de programación y capacidades habilitadas en servicios de red orientados a facilitar un elevado nivel de programabilidad y flexibilidad de la red. Así mismo, algunos de los nuevos casos de uso objetivo de 6G requieren de redes mucho más predecibles y que se comporten de manera mucho más determinista que las redes 5G. Esto incluye poder proporcionar latencias garantizadas para servicios “en tiempo” y “a tiempo”, así como fiabilidades extremadamente elevadas. En esta área, la infraestructura de SLICES propone la incorporación de switches con soporte P4, switches con soporte IEEE 802.1TSN y unidades de procesador de red (del inglés *Data Processing Units*, DPUs).
2. *Inteligencia artificial en redes de comunicaciones móviles 6G.* Esta área busca facilitar el desarrollo de soluciones basadas en el uso de la inteligencia artificial para abordar distintos aspectos de la operación de las redes 6G, tanto a nivel de red como de servicios y aplicaciones desplegados sobre las mismas. Esto requiere de una infraestructura específica optimizada para la ejecución de soluciones de AI/ML.
3. *Redes celulares programables y complemente virtualizables gracias a Open RAN.* Esta área busca dotar la infraestructura de un conjunto de radios definidas por software que permitan la investigación básica en capa física y en arquitectura Open RAN (O-RAN). Además, como parte de este conjunto, se pondrán a disposición al público múltiples instancias del SLICES-Blueprint. Dicho elemento permite la experimentación federada dentro del marco de SLICES-RI, mediante la disposición de un conjunto de radios definidas por software enmarcadas en un despliegue de red O-RAN.

SLICES complementará su infraestructura gracias a la integración prevista con la del laboratorio 5TONIC ([www.5tonic.org](http://www.5tonic.org)), siguiendo el esquema que se detalla en la figura:



Comunidad de Madrid

Financiado por la Comunidad de Madrid mediante la Orden de transferencia Nominativa 1457/2024



En este contexto, en el presente concurso público se plantea la adquisición de un equipo emulador de canal radio como un instrumento básico para la experimentación de nuevas tecnologías para 6G.

El suministro del equipo se realiza gracias a la **transferencia nominativa 1457/2024** de la **Comunidad de Madrid**, destinada a financiar la participación de IMDEA Networks en la infraestructura de investigación en redes de comunicación, computación en nube y edge, e Internet de las Cosas (IoT) **SLICES (Scientific Large-scale Infrastructure for Computing/Communication Experimental Studies)**, que forma parte de la hoja de ruta definida por **ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructure)**, con el objetivo de dar un mejor servicio a todo el ecosistema de I+D+I mediante el impulso de las infraestructuras científico-tecnológicas de la región.

## 2. OBJETO DEL CONTRATO

El objeto del contrato es la adquisición de un **equipo emulador de canal radio**, que formará parte del equipamiento de experimentación del nodo SLICES que IMDEA Networks y la Universidad Carlos III están implementando en Madrid.

El objetivo buscado con esta adquisición es el de permitir a los investigadores que utilicen el nodo de SLICES para poder:

- **Replicar canales radio en condiciones similares a las del mundo real:** El emulador puede simular diversos entornos de propagación de ondas de radio, como áreas urbanas densas, interiores de edificios, entornos rurales, etc. Esto permite a los investigadores probar cómo se comportarán las tecnologías 6G en diferentes escenarios sin necesidad de realizar pruebas de campo costosas y lentas.
- **Probar nuevos diseños y algoritmos:** Los investigadores pueden utilizar el emulador para probar nuevos diseños de antenas, modulaciones, protocolos y algoritmos de procesamiento de señal. Esto ayuda a optimizar el rendimiento de las tecnologías 6G antes de implementarlas en dispositivos y redes reales.
- **Evaluar el rendimiento del sistema:** El emulador permite medir parámetros clave como la tasa de error de bit (BER), la velocidad de datos, la latencia y la calidad de la señal.

recibida (RSSI) en diferentes condiciones de canal. Esto ayuda a identificar posibles problemas y cuellos de botella en el sistema.

- **Investigar tecnologías específicas:** El emulador puede ser configurado para estudiar tecnologías específicas de 6G, como MIMO masivo, ondas milimétricas o acceso múltiple no ortogonal (NOMA). Esto permite a los investigadores comprender mejor los desafíos y oportunidades de estas tecnologías emergentes.
- **Acelerar el desarrollo de 6G:** Al proporcionar un entorno de prueba controlado y flexible, el emulador de canal radio puede acelerar significativamente el desarrollo de tecnologías 6G. Esto permite a los investigadores iterar rápidamente en sus diseños y algoritmos, lo que lleva a soluciones más rápidas y eficientes.

El alcance del contrato se refiere no solamente al suministro y soporte de los equipos aquí descritos; también se requiere el transporte y la instalación de los mismos, así como la retirada, en su caso, de los equipos sustituidos por los adquiridos.

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

### 3. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

Un emulador de canal radio es un dispositivo que simula las condiciones y características de un canal de comunicación inalámbrica en un entorno controlado de laboratorio. Estos emuladores permiten a los ingenieros y desarrolladores probar y evaluar el rendimiento de sistemas de comunicación inalámbrica bajo diversas condiciones de propagación, sin necesidad de realizar pruebas de campo.

Estos emuladores pueden simular varios efectos del canal radio, como:

- Pérdida de trayecto
- Desvanecimiento
- Multitrayecto
- Interferencias
- Ruido
- Efecto Doppler

Al utilizar un emulador de canal radio, los equipos de desarrollo pueden reproducir escenarios específicos de manera consistente y controlada, lo que facilita la optimización y validación de dispositivos y protocolos de comunicación inalámbrica antes de su implementación en entornos reales.

La valoración técnica de los equipos que opten al presente concurso se basará en los valores de los parámetros del emulador en diez categorías distintas que soporte la opción presentada. Estas categorías están ordenadas según la importancia que se les asignará en la valoración de las propuestas presentadas.

#### 1. Rango de Frecuencia:

- **Amplio rango:** El emulador debe cubrir un amplio rango de frecuencias, idealmente desde unos pocos GHz hasta 100 GHz o más, para permitir la investigación en bandas de

frecuencia por debajo de 6 GHz, ondas milimétricas y potencialmente bandas de terahercios para futuras investigaciones.

- **Soporte al rango de frecuencias FR3 de 3GPP:** El rango de frecuencias que va de 7.125 GHz a 24.25 GHz, denominado por 3GPP como FR3 (Frequency Range 3), se considera que es el más adecuado para el despliegue de la nueva generación de comunicaciones móviles 6G, ya que ofrece anchos de banda sustancialmente mayores que los de FR1 (sub-6 GHz) y mejores condiciones de propagación que FR2 (bandas milimétricas).

## 2. Ancho de Banda:

- **Ancho de banda del canal:** Debe ser lo suficientemente amplio para admitir los requisitos de ancho de banda de las tecnologías 6G, que pueden variar desde decenas de MHz hasta varios GHz.
- **Ancho de banda de señal:** El emulador debe poder generar y procesar señales con anchos de banda amplios para simular transmisiones de datos de alta velocidad.

## 3. Número de Canales:

- **Múltiples canales:** El emulador debe admitir múltiples canales de transmisión y recepción para simular escenarios MIMO masivo con un gran número de antenas.

## 4. Modelos de Canal:

- **Variedad de modelos:** El emulador debe ofrecer una amplia biblioteca de modelos de canal predefinidos, como modelos de desvanecimiento, modelos de trayectos múltiples y modelos de entornos específicos (urbanos, rurales, interiores).
- **Soporte de canales de redes no terrestres:** Se valorará, aunque no se considera obligatorio, que el emulador soporte la simulación de canales asociados a res no terrestres, fundamentalmente satélites de órbita baja (LEO) y plataformas de gran altitud (HAPS).
- **Personalización:** Debe permitir la creación y personalización de modelos de canal para simular escenarios específicos y condiciones de propagación únicas.

## 5. Fidelidad del Canal:

- **Precisión:** El emulador debe replicar con precisión las características del canal radio, como la respuesta al impulso del canal, el retardo de propagación, la dispersión del retardo y el efecto Doppler.
- **Resolución:** Debe ofrecer una alta resolución en el dominio del tiempo y la frecuencia para capturar los detalles de los canales de radio de alta frecuencia y ancho de banda.

## 6. Capacidad de Procesamiento de Señales:

- **Procesamiento en tiempo real:** El emulador debe poder procesar señales en tiempo real para simular escenarios dinámicos y móviles.



- **Algoritmos configurables:** Debe permitir la implementación y prueba de diferentes algoritmos de procesamiento de señal, como ecualización, detección, codificación y modulación.

#### 7. Interfaces y Software:

- **Interfaces flexibles:** El emulador debe ofrecer diversas interfaces (Ethernet, fibra óptica, RF) para conectarse a otros equipos de prueba y medición.
- **Software intuitivo:** Debe incluir un software fácil de usar para configurar los parámetros del canal, controlar el emulador y analizar los resultados de las pruebas.

#### 8. Escalabilidad y Modularidad:

- **Escalabilidad:** El emulador debe ser escalable para admitir futuras expansiones y actualizaciones a medida que evolucionan las tecnologías 6G.
- **Modularidad:** Debe ser modular para permitir la adición de nuevas funcionalidades y capacidades según sea necesario.

#### 9. Soporte y Mantenimiento:

- **Soporte técnico:** El proveedor del emulador debe ofrecer soporte técnico y actualizaciones de software para garantizar el funcionamiento continuo y la adaptación a los avances en la investigación de 6G.

#### 10. Formación:

- **Formación inicial:** El proveedor debe ofrecer un curso de formación presencial o en línea dirigido al personal técnico designado por el comprador. La formación cubrirá los aspectos teóricos y prácticos necesarios para la correcta utilización del equipo.
- **Documentación técnica:** El proveedor debe proporcionar al comprador un conjunto completo de documentación técnica en inglés, incluyendo manuales de usuario, guías de instalación y configuración, y documentación de referencia sobre el funcionamiento del equipo.

El proveedor indicará en la oferta una descripción detallada de las características del equipo ofertado en las diez categorías que se indican en el pliego técnico.

Por otro lado, se permitirá la oferta tanto de **equipos nuevos** como de **equipos reacondicionados** lo cual deberá indicarse en la memoria técnica presentada por el licitador.

#### 4. LUGAR DE ENTREGA

La entrega de los equipos se debe realizar en la siguiente dirección:

Universidad Carlos III de Madrid  
Avenida de la Universidad, 30  
28911 Leganés (Madrid)

La entrega se realizará en el edificio del Campus que se indique en su momento.

La entrega deberá realizarse a portes pagados en la dirección de entrega indicada.

La empresa adjudicataria se encargará de retirar los embalajes y demás residuos que se puedan generar, y los costes deben estar incluidos en el precio.

Tanto la entrega de los equipos como la retirada de los embalajes y demás residuos debe realizarse dentro del plazo de ejecución del contrato.

En caso de ser necesario, el adjudicatario del contrato tramitará los permisos necesarios a las Administraciones correspondientes, para todas aquellas actuaciones que los requieran. Los costes de los mismos serán por cuenta de la empresa adjudicataria.

## **5. ADSCRIPCIÓN DE MEDIOS HUMANOS Y MATERIALES**

Los medios humanos y materiales que sea preciso contratar, de acuerdo con la legislación laboral vigente, para el correcto desempeño de los servicios asociados al equipamiento objeto del contrato acordado con la Fundación, de acuerdo con las cláusulas administrativas y técnicas particulares que rigen el correspondiente contrato, serán por cuenta exclusiva del adjudicatario.

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.

## **6. CUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS APLICABLES**

### **6.1 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



**Comunidad de Madrid**

Financiado por la Comunidad de Madrid mediante la  
Orden de transferencia Nominativa 1457/2024



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**.

## **6.2 AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS**

El adjudicatario del contrato tramitará los permisos necesarios a las Administraciones correspondientes, para todas aquellas actuaciones que los requieran, los costes de los mismos serán por cuenta de la empresa adjudicataria.

## **6.3 PROTECCIÓN DE DATOS Y CONFIDENCIALIDAD DE LA INFORMACIÓN**

En ningún caso, debido a la confidencialidad de la información, la empresa adjudicataria podrá utilizar la documentación generada o la información a la que tenga acceso para un fin distinto del indicado en este pliego.

La empresa adjudicataria se compromete expresamente al cumplimiento de lo dispuesto en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, y a formar e informar en las obligaciones que de esta norma dimanen.

En cumplimiento de lo dispuesto en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, la entidad adjudicataria y el personal que tenga relación directa o indirecta con la prestación prevista en este contrato, guardarán secreto profesional sobre los datos personales, todas las informaciones, documentos y asuntos a los que tenga acceso o conocimiento durante la vigencia del contrato, estando obligados a no hacer públicos o enajenar cuantos datos conozcan como consecuencia o con ocasión de su ejecución, incluso después de finalizar el plazo contractual.



## **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 cuál 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.