



## **PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DEL CONTRATO DE SUMINISTRO DE EQUIPOS PARA COMUNICACIONES TÁCTICAS**

**Nº 121/2025**

## ÍNDICE

<b>1. Antecedentes .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Objeto .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Escenarios de funcionamiento .....</b>	<b>5</b>
3.1 Escenario Tipo 1 .....	5
3.2 Escenario Tipo 2 .....	5
3.3 Escenario Tipo 3 .....	6
<b>4. Uso y despliegue operacional de la red táctica .....</b>	<b>8</b>
4.1 Descripción de los elementos de la red táctica .....	8
4.2 Operativa de Instalación y desinstalación del sistema.....	8
4.3 Alcance del área de servicio de la red táctica .....	8
<b>5. Requerimientos del sistema de comunicaciones.....</b>	<b>10</b>
5.1 Requerimientos generales .....	10
5.2 Topología.....	10
5.3 Subsistema radio .....	10
5.4 Servicios de telecomunicaciones .....	11
5.5 Seguridad .....	11
5.6 Especificaciones físicas y autonomía temporal de funcionamiento de la red táctica .....	11
5.7 Integración con otros dispositivos y/o sistemas de telecomunicaciones .....	12
<b>6. Servicio de mantenimiento post-venta .....</b>	<b>14</b>
<b>7. Formación.....</b>	<b>15</b>
<b>8. Condiciones de suministro.....</b>	<b>16</b>
<b>9. Pruebas de aceptación.....</b>	<b>17</b>

## 1. Antecedentes

Canal de Isabel II S.A, M.P. (en adelante Canal), gestiona más de 2.000 kilómetros de galerías visitables que requieren de una atención presencial para su mantenimiento y el de los activos hidráulicos y de telecontrol que discurren por ellas.

Dichas galerías, por su propia naturaleza, constituyen espacios confinados subterráneos en los que no es posible el empleo, por estar fuera de su área de servicio, de sistemas de telefonía móvil comercial convencionales. Es necesario disponer de sistemas de comunicaciones propios que proporcionen servicios alternativos de telecomunicaciones que permitan a los equipos de trabajo que visiten dichas galerías realizar sus actividades con seguridad (al poder comunicar entre ellos y al exterior incidentes o necesidades de soporte o ayuda) y de manera más eficiente (al disponer de servicios de datos que permitan acceder a sistemas informáticos corporativos como el SCADA u otros sistemas de control y supervisión).

Se considera que la opción técnica más adecuada en términos de coste-beneficio para proporcionar el servicio de comunicaciones que se demanda en las galerías subterráneas es un sistema de comunicaciones inalámbricas tácticas que puedan ser desplegadas/instaladas ad-hoc por el propio equipo de trabajo que acceda a la galería de interés y que proporcione una burbuja de conectividad de datos IP de banda ancha y baja latencia que comprenda el área de trabajo y el enlace con otros sistemas de comunicaciones ya disponibles a nivel de calle/exterior.

Canal dispone ya de un sistema de comunicaciones tácticas similar al que demanda el contrato, pero ha quedado obsoleto en cuanto a la reposición de repuestos y mantenibilidad, por lo que se precisa una renovación tecnológica.

## 2. Objeto

El objeto del de contrato es:

- Suministro de un sistema de comunicaciones tácticas de despliegue rápido. El sistema deberá establecer una red de comunicaciones IP de banda ancha y baja latencia, robusta y adaptable a entornos confinados y sin cobertura de servicios de telefonía móvil convencionales, como galerías y colectores. El suministro comprende tanto los nodos y terminales de usuario como los accesorios básicos de baterías, cargadores, unidad de PTT con altavoz y micro, fundas y mecanismos de integración con otras redes de comunicaciones (WiFi) y redes de comunicaciones celulares 5G
- Pruebas de aceptación del suministro del sistema de comunicaciones en los distintos escenarios de funcionamiento identificados y descritos en el apartado 3.
- Servicios de mantenimiento post venta del sistema de comunicaciones suministrado.
- Formación en el uso y manejo de los elementos del sistema de comunicaciones suministrado, así como en su configuración y posibilidades de parametrización.
- Elaboración y entrega de documentación sobre recomendaciones para su uso operativo concreto en los distintos escenarios de funcionamiento identificados incluyendo esquemáticos, manuales de usuario, de configuración, de integración con terceros sistemas y de mantenimiento.

### 3. Escenarios de funcionamiento

Los escenarios de funcionamiento tipo quedan definidos por la geometría de las galerías gestionadas por Canal. Esta geometría, juntos con los materiales de construcción y fabricación de los distintos elementos presentes en cada tipo de galería van a determinar las condiciones de propagación de la señal radio y, en último término, la distancia de cobertura máxima exigible del sistema de comunicaciones demandado para cada tipo de escenario.

#### 3.1 Escenario Tipo 1

El escenario tipo 1 es el correspondiente al de una galería de abastecimiento (ver ilustración 1), dicha galería suele tener una sección transversal de tipo semicircular (en algunos casos cuadrada) y un diámetro de unos 3 metros. Dentro de la galería suele haber una tubería metálica que ocupa un tercio de toda la sección y que, por tanto, afecta notablemente a las condiciones de propagación.

El acceso a la galería se realiza por medio de pozos de registro. El perfil longitudinal de la galería suele ser rectilíneo, pero en muchos casos hay curvas y cambios de nivel que perjudican la propagación de la señal radio.

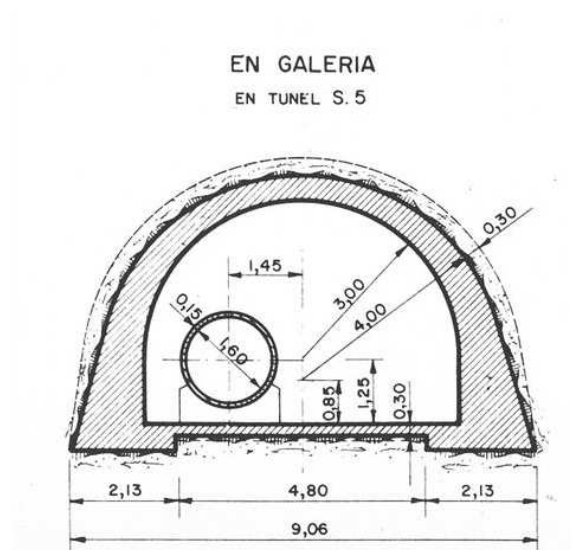
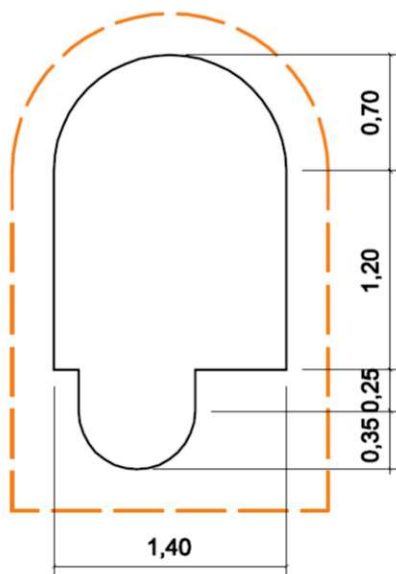


Ilustración 1. Sección transversal de una galería tipo 1

#### 3.2 Escenario Tipo 2

El escenario tipo 2 es el de un colector de aguas residuales, en este caso el perfil transversal es de dimensiones más pequeñas que la galería y no hay elementos internos que impidan la propagación (salvo el curso de las aguas negras). En la siguiente figura se presenta un perfil tipo.

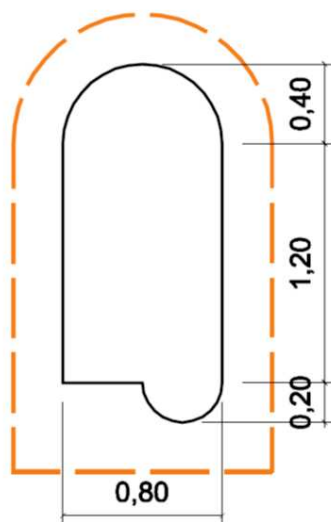


**Ilustración 2.** Sección transversal de una galería tipo 2

El acceso al colector de galería se realiza por medio de pozos de registro. El perfil longitudinal suele ser sinuoso, presentando bastante curvas.

### 3.3 Escenario Tipo 3

El escenario tipo 3 también es el de un colector de aguas residuales, en este caso el perfil transversal es de dimensiones más pequeñas aún que el de tipo 2 y, aunque no hay elementos internos que impidan la propagación, una persona colocada entre dos repetidores ocupa casi toda la sección transversal produciendo una atenuación importante de la señal. En la siguiente figura se presenta un perfil tipo.



**Ilustración 3.** Sección transversal de una galería tipo 3

---

El acceso al colector se realiza por medio de pozos de registro. El perfil longitudinal suele ser sinuoso, presentando bastante curvas y cruces con otros colectores.

Experiencias previas han demostrado que en las frecuencias de trabajo que se contemplan (1.500-3.000 MHz), ante cambios de dirección o nivel debe fijarse un repetidor.

## 4. Uso y despliegue operacional de la red táctica

### 4.1 Descripción de los elementos de la red táctica

La red táctica demandada está formada por dos tipos de nodos funcionales:

- Nodo de usuario: terminal para los usuarios que permiten el uso de las facilidades de comunicación de voz y datos que permite la red táctica de su área de cobertura.
- Nodo repetidor o de red: nodos que se comunican entre ellos (nodo con nodo) y también con los terminales de usuario y permiten extender el área de cobertura de la red enrutando el tráfico de voz y datos generado por los nodos de usuario entre los distintos nodos repetidores. El empleo y configuración de los nodos repetidores intermedios debe ser sencillo y no requerir conocimientos específicos de radiocomunicaciones.

Un kit de red táctica como la demandada por el contrato estará formado por, al menos, dos nodos de usuario y 7 nodos repetidores. Aunque se diferencia el tipo de nodo por función (usuario o repetidor) esta puede ser implementada por el mismo hardware de nodo. En ese caso ese tipo de nodo con doble función deberá cumplir las características técnicas y funcionales que se demanden a ambos tipos de nodo.

### 4.2 Operativa de Instalación y desinstalación del sistema

La operativa contemplada de despliegue de la red táctica demandada consiste en que el equipo de trabajo que accede a la galería subterránea disponga de un nodo de usuario que mantenga un enlace de telecomunicaciones con el segundo nodo de usuario disponible para el personal que se quede a la entrada de la galería. A medida que el equipo vaya avanzando por la galería deberá situar los nodos repetidores intermedios a medida que se vaya perdiendo la señal del nodo anterior (ya sea por motivo de la distancia o por existencia de curvas en la galería, cambio de nivel o cualquier otra circunstancia). Desde esta manera siempre se mantendrá la comunicación de voz y datos entre ambos nodos de usuario al emplear los nodos repetidores intermedios como nodo intermedio de salto.

No se puede asumir la presencia una infraestructura física existente para la colocación de los nodos repetidores, pero es factible que una vez identificados los puntos donde se precisa la repetición, se señalice y se instale un punto de anclaje que facilite la colocación del repetidor en futuros accesos a la misma galería. Por ello, el equipo debe dar una información al operario de donde instalar el repetidor con un funcionamiento estable

El manejo de los repetidores debe ser sencillo y no requerir conocimientos específicos de radiocomunicaciones.

Una vez completado el trabajo por el equipo en la zona de actuación designada se realizará el proceso inverso. Es decir, el equipo de trabajo retornará al punto de entrada a la galería por el mismo camino, recogiendo todos los repetidores intermedios instalados, verificado el mantenimiento de la conectividad con el nodo de usuario emplazado a la entrada de la galería.

### 4.3 Alcance del área de servicio de la red táctica

Un kit de red táctica como el enunciado en el apartado 4.1 deberá permitir el enlace entre los dos nodos de usuario del mismo, uno a la entrada de la galería y otro empleado por el equipo de trabajo que mueve por la misma, con las siguientes distancias lineales entre ellos según el tipo de escenario:



- 6 km para el escenario tipo 1.
- 800 m para el escenario tipo 2.
- 400 m para el escenario tipo 3.

Dado que cada galería tiene sus propios condicionantes adicionales al tipo de emplazamiento en que quede categorizada se admite una desviación de hasta el 30% en las distancias anteriormente indicadas.

## 5. Requerimientos del sistema de comunicaciones

### 5.1 Requerimientos generales

El sistema debe garantizar la comunicación de voz con baja latencia y el intercambio de datos IP de banda ancha entre el personal operativo en el interior, y entre este y el personal de apoyo en el exterior. Las capacidades de datos deberán soportar, como mínimo, la transmisión voz, vídeo en tiempo real y de cualquier otro tipo de tráfico IP.

El sistema de comunicaciones objeto de suministro permitirá conformar una red táctica ad-hoc (MANET) en malla (mesh), auto-configurable y auto-reparable. La red se compondrá de nodos de radio portátiles que pueden ser utilizados como terminales personales por los operarios o desplegados como puntos de repetición para extender la cobertura.

### 5.2 Topología

- **Topología en malla dinámica distribuida:** los nodos de la red (terminales personales y repetidores) actuarán como pares, capaces de originar, recibir y retransmitir tráfico de forma automática. La red deberá formarse dinámicamente a medida que los nodos se encienden y se mueven, sin necesidad de un controlador central.
- **Auto-reparación:** si un nodo se desconecta o falla, la red deberá redirigir el tráfico de forma transparente e instantánea a través de rutas alternativas para mantener la conectividad de los nodos restantes.
- **Despliegue lineal y en red:** aunque el despliegue principal en las galerías será secuencial, la tecnología deberá soportar topologías no lineales (p.ej., en cruces de colectores) sin degradación del rendimiento
- **Escalabilidad:** El sistema deberá ser escalable para operar con un mínimo de 12 nodos entre usuarios y repetición de forma simultánea sin degradación de la gestión de la red.

### 5.3 Subsistema radio

- El subsistema radio de cada uno de los nodos de la red táctica deberá estar optimizado para entornos de alta dispersión y sin línea de vista (NLOS), permitiendo mantener enlaces estables en condiciones de propagación difíciles como las presentes en túneles y galerías. Deberá emplear técnicas transmisión beamforming y MIMO, necesarias para transmitir con la máxima eficiencia direccional la potencia de la onda radio y para recibir y reconstruir la señal de la forma más robusta posible, incluso en condiciones de propagación muy deficientes por el impacto de la propagación multitrayecto presente en las galerías y colectores con las geometrías propias de los escenarios descritos en el apartado 3.
- El subsistema radio deberá autoconfigurarse y adapta a las condiciones de la red de forma constante y automática a través de mecanismos de modulación y codificación adaptativa (Adaptive Modulation and Coding - AMC) que equilibren, en función de las condiciones del enlace
- Potencia de transmisión radio entre 2 y 4 W, al menos. Debe ser configurable en fracciones del anterior intervalo.

- Frecuencia de trabajo: comprendida entre 1.000 y 2.500 MHz.

#### 5.4 Servicios de telecomunicaciones

- **Voz:** Deberá soportar comunicaciones de voz de baja latencia, tanto en modo semidúplex (Push-to-Talk) como full-dúplex, entre cualquier par de terminales de usuario. Se requiere un mínimo de 6 canales de voz (talkgroups) simultáneos.
- **Datos:** El sistema deberá proporcionar un caudal de datos IP útil (throughput) de al menos **8 Mbps** en condiciones de enlace óptimas. En el escenario más desfavorable (nodo más alejado tras 6 saltos), el throughput mínimo garantizado será de **2 Mbps**.
- **Servicios IP:** Deberá ser nativo IP (soportando IPv4 e IPv6) y permitir la transmisión simultánea de voz y todo tipo de tráfico de datos (TCP/UDP), incluyendo streaming de vídeo, datos de sensores y navegación web.

#### 5.5 Seguridad

- Todas las transmisiones de voz y datos en el interfaz aire de la red deberán estar protegidas mediante un cifrado de extremo a extremo robusto, basado en algoritmos estándar de la industria, y como mínimo, con un grado de protección equivalente a AES 256.

#### 5.6 Especificaciones físicas y autonomía temporal de funcionamiento de la red táctica

- **Portabilidad:** El peso total del conjunto de elementos de un kit de la red táctica (nodos, tanto de dos nodos de usuario como de los siete nodos de repetición/red) de la red táctica que deberá ser objeto de suministro, incluidas baterías y accesorios no superará los 20 kg, incluidas las baterías para su funcionamiento y excluidos accesorios no esenciales. El sistema debe ser transportable en bolsa y mochila de dimensiones que permitan introducirlo por un pozo de registro (60 cm de diámetro).
- **Protección Ambiental:** Todos los nodos (tanto de usuarios como de repetición / extensión de la burbuja de cobertura) deberán tener un grado de protección mínimo de IP65 contra la entrada de polvo y agua.
- **Autonomía:** Todos los nodos deberán tener una autonomía mínima de 4 horas bajo un perfil de uso operativo que comprenda la monitorización y gestión interna de la red de forma continua y un 5% de tiempo en conversación vocal.
- **Anclaje y sujeción:** los nodos repetidores deberán disponer de un punto de sujeción para su ubicación en algún punto de la pared de la galería.

#### 5.7 Gestión y Operatividad

- **Software de Gestión de Red:** Con el suministro de terminales de usuario se incluye el suministro y licenciamiento perpetuo para, al menos, 1 usuario, de una aplicación de software que permita la monitorización y gestión de la red en tiempo real desde un ordenador portátil conectado a cualquier nodo. Dicho software deberá mostrar en una interfaz gráfica, como mínimo:
  - Topología de la red con todos los nodos y estado de los enlaces.

- Calidad de cada enlace (expresada en un valor medible como RSSI, SNR o similar).
- Estado de la batería de cada nodo.
- Caudal de datos (throughput) por nodo y por enlace.

Adicionalmente se deberá incluir el software de parametrización y configuración de nodos que sea necesario.

- **Indicadores de señalización de ayuda al despliegue:** Para facilitar la instalación, los nodos deberán proporcionar al operario una indicación visual clara e intuitiva (por ejemplo, mediante LEDs de colores) sobre la calidad del enlace con la red existente, permitiendo identificar el punto óptimo para colocar el siguiente nodo como aquel anterior a la ubicación en el que la comunicación comience a degradarse de manera significativa y/o sea ya imposible. Asimismo, deben existir indicadores del estado del sistema de alimentación.
- **Arranque Rápido:** El tiempo desde el encendido de un nodo hasta estar completamente operativo en la red no será superior a **45 segundos**

## 5.8 Accesorios

El contrato contempla el suministro de una serie de accesorios y elementos auxiliares enunciados en el Anexo II del PCAP del contrato (baterías adicionales, cargadores, cables de configuración, fundas, unidad externa PTT, maleta de transporte de un kit de red táctica, etc.) Dichos accesorios deberán ser adecuados y compatibles con los modelos de nodos de la red táctica objeto de suministro.

Las cámaras, ítem 5, deberán ser adecuadas para su uso personal táctico (ligera y compacta con base integrable en la ropa y/o EPI del operario) y deberán generar un stream de video de tipo Full HD (1920x1080 px) o superior y elevada sensibilidad para trabajar en escenarios de baja iluminación, distribuido como un stream H.264 o formato más evolucionado haciendo uso de las facilidades de transporte de datos de la red táctica.

## 5.9 Integración de nodos de usuario con otros dispositivos y/o sistemas de telecomunicaciones

- **Interfaz Física:** Cada nodo de radio de tipo usuario deberá disponer, como mínimo, de una interfaz de datos estándar Ethernet (bien de manera integrada, bien a través de un adaptador externo) para la conexión de dispositivos de terceros y uso, por ellos, de los servicios de transmisión IP de la red táctica suministrada
- **Integración con otros sistemas de telecomunicaciones:** Será, asimismo, posible interconectar un nodo con un punto de acceso hotspot WiFi o Gateway WiFi 5G que permita la integración entre la red táctica y otros sistemas de telecomunicaciones (bien de manera integrada, bien a través de un adaptador externo -dongle- que será suministrado al precio propuesto por el adjudicatario para el ítem 8 del Anexo II – Modelo de Proposición económica del PCAP.

La actividad de ingeniería requerida por el adjudicatario para hacer efectiva dicha integración con el resto de la red de telecomunicaciones de Canal será abonada al precio ofertado por el adjudicatario para el ítem 12 del Anexo II – Modelo de Proposición económica del PCAP por

cada uno de los terceros sistemas de telecomunicaciones con los se implemente y parametrize dicha integración.

El suministro del punto de acceso WiFi y/o terceros dispositivos está fuera del alcance del contrato.

## 6. Servicio de mantenimiento post-venta

Dentro del alcance del proyecto está el mantenimiento de los dispositivos suministrados, por lo que se ha incluido la demanda de un servicio de ampliación de la garantía que incluye la reparación de los equipos durante tres años, computables desde la recepción de los equipos por parte de Canal de Isabel II.

La garantía estándar, y que se considera incluida en el precio de cualquier ítem objeto de suministro por un plazo de 3 (tres) años desde su suministro, tiene por objeto cubrir los funcionamientos anómalos de los equipos suministrados, inherentes a un defecto de fabricación, actualizaciones necesarias para subsanar un mal funcionamiento y en general de cualquier avería que, en uso normal y responsable, deje de funcionar en ese periodo de garantía.

Adicionalmente a esta garantía estándar el contrato demanda un servicio de ampliación de garantía que cubra la reparación de las averías que se produzcan por una rotura por caída, golpes o cualquier uso no imputable al fabricante o al fallo de cualquier elemento mecánico que deje de funcionar por un accidente.

Este servicio de garantía ampliada se abonará anualmente al precio ofertado por el adjudicatario para el ítem 13 y dará derecho a Canal a la reparación de un máximo de 2 averías por accidente, en cómputo anual, sobre los elementos de tipo nodo de usuario (ítem 1) o repetidor (ítem 7) por cuenta del adjudicatario, incluyendo posibles gastos adicionales correspondientes a envío y aduana que también están contemplados dentro del precio de dicho ítem 13 y, por tanto, también correrán por cuenta del adjudicatario.

---

## 7. Formación

A demanda de Canal de Isabel II, S.A., M.P., será acordada la celebración, en el plazo máximo de 1 mes de la solicitud, de una actividad de formación destinada a dar a conocer al personal designado en el uso y manejo de los equipos, incluida su parametrización y gestión y las distintas modalidades de interconexión de voz y datos que estos permiten, así como recomendaciones de uso operativo y mantenimiento básico.

Esta actividad formativa tendrá una duración de 1 jornada laboral y tendrá lugar en las oficinas centrales de Canal de Isabel II, S.A., M.P en C/ Santa Engracia 125 de Madrid que pondrá a disposición del adjudicatario la sala y medios de proyección y recursos docentes que sean necesarios.

## 8. Condiciones de suministro

El adjudicatario contará con un plazo máximo de 2 meses naturales, a partir de la recepción de cada solicitud, para realizar la entrega de cualquier ítem susceptible de ser suministrado conforme a lo requerido a este Pliego de Prescripciones Técnicas y el Anexo II del Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares. Este periodo será aplicable a todos los equipos y accesorios que formen parte del alcance del suministro y, adicionalmente, a aquellos suministros relacionados con la ejecución de los servicios de post-venta y reparación de equipamiento que sean requeridos. Todos los costes relacionados de transporte, incluidos hipotéticos aranceles e impuestos adicionales al I.V.A será por cuenta del adjudicatario y se consideran incluidos en el precio ofertado en el Anexo II del Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares del contrato.

Los equipos se entregarán debidamente empaquetados para su protección durante el transporte y claramente identificados. Las entregas serán siempre realizadas en horario de 9-14 h. en día laborable según calendario laboral de la dirección de entrega:

- Oficinas centrales de Canal de Isabel II, S.A., M.P en C/ Santa Engracia 125 de Madrid



## 9. Pruebas de aceptación

Las pruebas de aceptación del kit de red táctica suministrado consistirán en la verificación, en el lugar de entrega y en presencia del personal designado por Canal de Isabel II, S.A., M.P., de que todos los equipos y accesorios cumplen con los requisitos y especificaciones técnicas detalladas en el contrato, así como la de validación de la solución propuesta en al menos una galería de tipo 1 y otra de tipo 2 o 3 seleccionadas como representativas por Canal de Isabel II, S.A., M.P. Estas pruebas de validación se realizarán de manera coordinada con el adjudicatario en el plazo de 1 mes tras la puesta a disposición de Canal de Isabel II, S.A., M.P. del material constitutivo de un kit de red táctica.

Durante estas pruebas, se comprobará el correcto funcionamiento de los dispositivos, su integración con los sistemas existentes y la disponibilidad de la documentación técnica y manuales de usuario. Solo tras la superación satisfactoria de estas comprobaciones, especialmente en lo concerniente al área de servicio que es posible cubrir con el kit, se considerará formalmente aceptada la entrega y se dará por completado el suministro correspondiente y, por tanto, será posible su facturación.

El total de actividades descritas en este apartado será abonado al adjudicatario usando el precio ofertado para el ítem 14 enunciado en el Anexo II – Modelo de Proposición Económica del PCAP tras la finalización, a satisfacción de Canal, de dichas pruebas de aceptación.

Firmado electronicamente por: Rafael Martín  
Espiga  
En la fecha y hora 02.10.2025 08:39:49  
Rafael Martín Espiga

JEFE DE ÁREA DE TELECOMUNICACIONES

Firmado electronicamente por: FRANCISCO  
JAVIER FERNÁNDEZ DELGADO  
En la fecha y hora 02.10.2025 10:02:52

Francisco Javier Fernández Delgado  
SUBDIRECTOR DE TELECONTROL

Firmado electronicamente por: JUAN  
SÁNCHEZ GARCÍA  
En la fecha y hora 03.10.2025 09:16:04

Juan Sánchez García  
DIRECTOR DE INNOVACIÓN E INGENIERÍA