

## Recomendación

### **UIT-T Y.4601 (01/2023)**

SERIE Y: Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet, redes de próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes

Internet de las cosas y ciudades y comunidades inteligentes  
– Servicios, aplicaciones, computación y proceso de datos

---

**Requisitos y marco de capacidades de un gemelo digital para la lucha inteligente contra los incendios**



RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y

**INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET, REDES DE PRÓXIMA GENERACIÓN, INTERNET DE LAS COSAS Y CIUDADES INTELIGENTES**

|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN</b>   |                      |
| Generalidades  | Y.100-Y.199          |
| Servicios, aplicaciones y programas intermedios  | Y.200-Y.299          |
| Aspectos de red  | Y.300-Y.399          |
| Interfaces y protocolos  | Y.400-Y.499          |
| Numeración, direccionamiento y denominación  | Y.500-Y.599          |
| Operaciones, administración y mantenimiento  | Y.600-Y.699          |
| Seguridad  | Y.700-Y.799          |
| Características  | Y.800-Y.899          |
| <b>ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET</b>   |                      |
| Generalidades  | Y.1000-Y.1099        |
| Servicios y aplicaciones   | Y.1100-Y.1199        |
| Arquitectura, acceso, capacidades de red y gestión de recursos   | Y.1200-Y.1299        |
| Transporte   | Y.1300-Y.1399        |
| Interfuncionamiento  | Y.1400-Y.1499        |
| Calidad de servicio y características de red   | Y.1500-Y.1599        |
| Señalización   | Y.1600-Y.1699        |
| Operaciones, administración y mantenimiento  | Y.1700-Y.1799        |
| Tasación   | Y.1800-Y.1899        |
| Televisión IP sobre redes de próxima generación  | Y.1900-Y.1999        |
| <b>REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN</b>  |                      |
| Marcos y modelos arquitecturales funcionales   | Y.2000-Y.2099        |
| Calidad de servicio y calidad de funcionamiento  | Y.2100-Y.2199        |
| Aspectos relativos a los servicios: capacidades y arquitectura de servicios                                      | Y.2200-Y.2249        |
| Aspectos relativos a los servicios: interoperabilidad de servicios y redes en las redes de la próxima generación | Y.2250-Y.2299        |
| Mejoras de las NGN   | Y.2300-Y.2399        |
| Gestión de red   | Y.2400-Y.2499        |
| Redes de potencia de cálculo   | Y.2500-Y.2599        |
| Redes basadas en paquetes  | Y.2600-Y.2699        |
| Seguridad  | Y.2700-Y.2799        |
| Movilidad generalizada   | Y.2800-Y.2899        |
| Entorno abierto con calidad de operador  | Y.2900-Y.2999        |
| <b>REDES FUTURAS</b>   | Y.3000-Y.3499        |
| <b>COMPUTACIÓN EN LA NUBE</b>  | Y.3500-Y.3599        |
| <b>MACRODATOS</b>  | Y.3600-Y.3799        |
| <b>REDES DE DISTRIBUCIÓN DE CLAVES CUÁNTICAS</b>   | Y.3800-Y.3999        |
| <b>INTERNET DE LAS COSAS Y CIUDADES Y COMUNIDADES INTELIGENTES</b>   |                      |
| General  | Y.4000-Y.4049        |
| Definiciones y terminologías   | Y.4050-Y.4099        |
| Requisitos y casos de utilización  | Y.4100-Y.4249        |
| Infraestructura, conectividad y redes  | Y.4250-Y.4399        |
| Marcos, arquitecturas y protocolos   | Y.4400-Y.4549        |
| <b>Servicios, aplicaciones, computación y proceso de datos</b>   | <b>Y.4550-Y.4699</b> |
| Gestión, control y calidad de funcionamiento   | Y.4700-Y.4799        |
| Identificación y seguridad   | Y.4800-Y.4899        |
| Evaluación y valoración  | Y.4900-Y.4999        |

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

## Recomendación UIT-T Y.4601

### Requisitos y marco de capacidades de un gemelo digital para la lucha inteligente contra los incendios

#### Resumen

En la Recomendación UIT-T Y.4601 se especifican los requisitos y el marco de capacidades de un gemelo digital para la lucha inteligente contra los incendios.

Un gemelo digital, o réplica digital, es una representación digital de un objeto que reviste interés y, en función del ámbito específico de aplicación, puede requerir diferentes capacidades, como la sincronización entre el objeto físico y su representación digital o el funcionamiento en tiempo real (véase la Recomendación UIT-T Y.4600).

A través del despliegue de la tecnología de la Internet de las cosas (IoT) y el proceso de integración de la información, un gemelo digital puede proporcionar una representación digital fiel del escenario de un incendio, permitir una convergencia dinámica entre la entidad física y la entidad digital, conseguir una comprensión y un control completos del pasado, el presente y el futuro de un escenario de un incendio. El estado actual de las técnicas de lucha contra los incendios no ofrece una capacidad completa de medición y detección dinámicas, ni una capacidad de predicción. No es capaz de proporcionar información en tiempo real, ni una visibilidad adecuada de la interacción entre el personal y el escenario del incendio.

Mediante el despliegue de pasarelas, sensores, redes de alta calidad, simulaciones de múltiples ámbitos físicos, análisis y predicciones dinámicas y visualizaciones tridimensionales (3D), los gemelos digitales para la lucha inteligente contra los incendios permiten ofrecer servicios inteligentes como el seguimiento del personal, la supervisión de los riesgos, el análisis dinámico del escenario de un incendio, la optimización de la estrategia de rescate, la simulación previa, la reconstrucción histórica de los escenarios, etc. Estos servicios inteligentes pueden ayudar a mejorar los procesos de toma de decisiones y a reducir el número de víctimas.

#### Historia \*

| Edición | Recomendación | Aprobación | Comisión de Estudio | ID único           |
|---------|---------------|------------|---------------------|--------------------|
| 1.0     | ITU-T Y.4601  | 2023-01-30 | 20                  | 11.1002/1000/15077 |

#### Palabras clave

Capacidades, gemelo digital, Internet de las cosas, lucha inteligente contra los incendios, requisitos.

---

\* Para acceder a la Recomendación, sírvase digitar el URL <https://handle.itu.int/> en el campo de dirección del navegador, seguido por el identificador único de la Recomendación.

## PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no se pronuncia en lo que respecta a la existencia, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reclamados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patentes/derechos de autor de *software*, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar las correspondientes bases de datos del UIT-T disponibles en el sitio web del UIT-T en <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2023

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 1 Alcance .....   | 1             |
| 2 Referencias .....   | 1             |
| 3 Definiciones.....   | 1             |
| 3.1    Términos definidos en otros documentos.....  | 1             |
| 3.2    Términos definidos en la presente Recomendación .....  | 2             |
| 4 Abreviaturas y acrónimos .....  | 2             |
| 5 Convenios .....   | 3             |
| 6 Introducción de los gemelos digitales para la lucha inteligente contra los incendios ..                 | 3             |
| 7 Requisitos de un sistema de lucha inteligente contra los incendios .....                                | 4             |
| 7.1    Requisitos para los dispositivos.....  | 5             |
| 7.2    Requisitos para la red .....   | 6             |
| 7.3    Requisitos para los gemelos digitales.....   | 6             |
| 7.4    Requisitos para las aplicaciones .....   | 7             |
| 8 Marco de capacidades de un sistema de lucha inteligente contra los incendios.....                       | 7             |
| 8.1    Capacidades de la capa de dispositivo.....   | 8             |
| 8.2    Capacidades de la capa de red .....  | 10            |
| 8.3    Capacidades de la capa de soporte de aplicaciones y de soporte de servicios.....                   | 10            |
| 8.4    Capacidades de las aplicaciones .....  | 12            |
| Apéndice I – Casos de utilización de un gemelo digital en la lucha inteligente contra los incendios ..... | 13            |
| I.1    Monitorización del escenario del incendio.....   | 13            |
| I.2    Desarrollo de estrategias de rescate y formación .....   | 13            |
| Bibliografía .....  | 15            |



# Recomendación UIT-T Y.4601

## Requisitos y marco de capacidades de un gemelo digital para la lucha inteligente contra los incendios

### 1 Alcance

En la presente Recomendación se especifican los requisitos y el marco de capacidades de un gemelo digital, o réplica digital, para la lucha inteligente contra los incendios.

Estos requisitos y el marco de capacidades se basan en el modelo de referencia de la IoT [UIT-T Y.4000] y los requisitos comunes de la IoT [UIT-T Y.4100]. Están centrados en los aspectos técnicos de los gemelos digitales para la lucha contra los incendios.

El alcance de la presente Recomendación incluye los siguientes puntos:

- Introducción de los gemelos digitales para la lucha inteligente contra los incendios.
- Requisitos de los gemelos digitales para la lucha inteligente contra los incendios.
- Marco de capacidades de los gemelos digitales para la lucha inteligente contra los incendios.

En el Apéndice se incluyen casos de utilización de gemelos digitales para la lucha inteligente contra los incendios.

### 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [UIT-T Y.4000] Recomendación UIT-T Y.4000/Y.2060 (2012), *Visión general de la Internet de las cosas*
- [UIT-T Y.4100] Recomendación UIT-T Y.4100/Y.2066 (2014), *Requisitos comunes de la Internet de las cosas*
- [UIT-T Y.4113] Recomendación UIT-T Y.4113 (2016), *Requisitos de red para la Internet de las cosas*
- [UIT-T Y.4401] Recomendación UIT-T Y.4401/Y.2068 (2015), *Marco funcional y capacidades de la Internet de las cosas*

### 3 Definiciones

#### 3.1 Términos definidos en otros documentos

La presente Recomendación utiliza los siguientes términos definidos en otros documentos:

**3.1.1 aplicación** [b-UIT-T Y.2091]: Conjunto estructurado de capacidades que proporcionan una funcionalidad de valor agregado soportada por uno o más servicios, que pueden estar soportados por una interfaz API.

**3.1.2 dispositivo** [b-UIT-T Y.4000]: En el contexto de la Internet de las cosas se trata de un equipo con las capacidades obligatorias de comunicación y las capacidades opcionales de detección, accionamiento y adquisición, almacenamiento y procesamiento de datos.

**3.1.3 gemelo digital** [b-UIT-T Y.4600]: Representación digital, o réplica digital, de un objeto que reviste interés.

NOTA – Puede ser necesario que un gemelo digital disponga de diferentes capacidades (por ejemplo, su sincronización o el funcionamiento en tiempo real) en función de los ámbitos específicos de aplicación.

**3.1.4 pasarela** [b-UIT-T Y.4101]: Unidad en la Internet de las cosas que interconecta los dispositivos con las redes de comunicación. Realiza la traducción necesaria entre los protocolos utilizados en las redes de comunicación y en los dispositivos.

**3.1.5 Internet de las cosas (IoT)** [UIT-T Y.4000]: Infraestructura mundial para la sociedad de la información que propicia la prestación de servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) gracias a la interoperabilidad de tecnologías de la información y la comunicación presentes y futuras.

NOTA 1 – Gracias a la identificación, la adquisición y el procesamiento de datos y a las capacidades de comunicación, IoT hace pleno uso de los objetos para ofrecer servicios a todo tipo de aplicaciones, garantizando a su vez el cumplimiento íntegro de los requisitos de seguridad y privacidad.

NOTA 2 – Desde una perspectiva más amplia, IoT puede considerarse una noción con repercusiones tecnológicas y sociales

**3.1.6 sensor** [b-UIT-T Y.4105]: Dispositivo electrónico que detecta una condición física o un componente químico y transmite una señal electrónica proporcional a la característica observada.

**3.1.7 objeto** [UIT-T Y.4000]: En el contexto de la Internet de las cosas, se trata de un objeto del mundo físico (objetos físicos) o del mundo de la información (objetos virtuales) que se puede identificar e integrar en las redes de comunicaciones.

## 3.2 Términos definidos en la presente Recomendación

En la presente Recomendación se define el siguiente término:

**3.2.1 gemelo digital para la lucha inteligente contra los incendios:** Gemelo digital para dar soporte a los servicios de la lucha inteligente contra los incendios.

NOTA – Un gemelo digital para la lucha inteligente contra los incendios, que proporciona una representación digital del estado pasado, presente y futuro de un escenario de incendio, permite ofrecer los servicios inteligentes que ayudan a mejorar los procesos de toma de decisiones y a reducir el número de víctimas.

## 4 Abreviaturas y acrónimos

En la presente Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas y acrónimos:

|      |  |
|------|--|
| 2D   | Bidimensional  |
| 3D   | Tridimensional   |
| CCTV | Circuito cerrado de televisión   |
| EHS  | Medio ambiente, salud y seguridad ( <i>environment, health, and safety</i> )               |
| IoT  | Internet de las cosas ( <i>Internet of things</i> )  |
| NFV  | Virtualización de las funciones de red ( <i>network functions virtualization</i> )         |
| PM   | Partículas en suspensión ( <i>particulate matter</i> )                                     |
| RSSI | Indicador de intensidad de la señal recibida ( <i>received signal strength indicator</i> ) |
| SDN  | Redes definidas por <i>software</i> ( <i>software defined network</i> )                    |

|      |   |
|------|---|
| SSAS | Soporte de servicios y soporte de aplicaciones ( <i>service support and application support</i> ) |
| TOA  | Tiempo de llegada ( <i>time of arrival</i> )  |

## 5 Convenios

En esta Recomendación:

La expresión "se requiere" o "debe" indica que el requisito es absolutamente obligatorio y debe aplicarse sin excepción si se pretende declarar la conformidad con este documento.

La expresión "se recomienda" indica que se trata de un requisito recomendado pero que no es absolutamente obligatorio. Su cumplimiento no es, por tanto, indispensable para poder declarar la conformidad.

La expresión "puede opcionalmente" o "puede" indica que un requisito opcional que se permite, sin que ello signifique que se recomienda. No implica que el fabricante deba ofrecer esta opción y que el operador de red/proveedor de servicio tenga la posibilidad de activarla. Significa, más bien, que el fabricante tiene la opción de proporcionar esta función sin que ello afecte a la conformidad con la presente especificación.

## 6 Introducción de los gemelos digitales para la lucha inteligente contra los incendios

Según el Informe Estadístico Mundial sobre Incendios de la Asociación internacional de servicios contra incendios y de rescate (CTIF), los incendios provocan cada año 40 000 muertos y 50 000 heridos en todo el mundo [b-CTIF-Informe-25]. Con el fin de reducir el número de víctimas, los organismos de lucha contra incendios en cada país se han enfocado en el desarrollo de sistemas de extinción de incendios que mejoren la seguridad de los bomberos y la eficacia de los servicios. Sin embargo, el estado actual de las técnicas de lucha contra los incendios no ofrece una capacidad completa de medición y detección dinámicas, ni una capacidad de predicción.

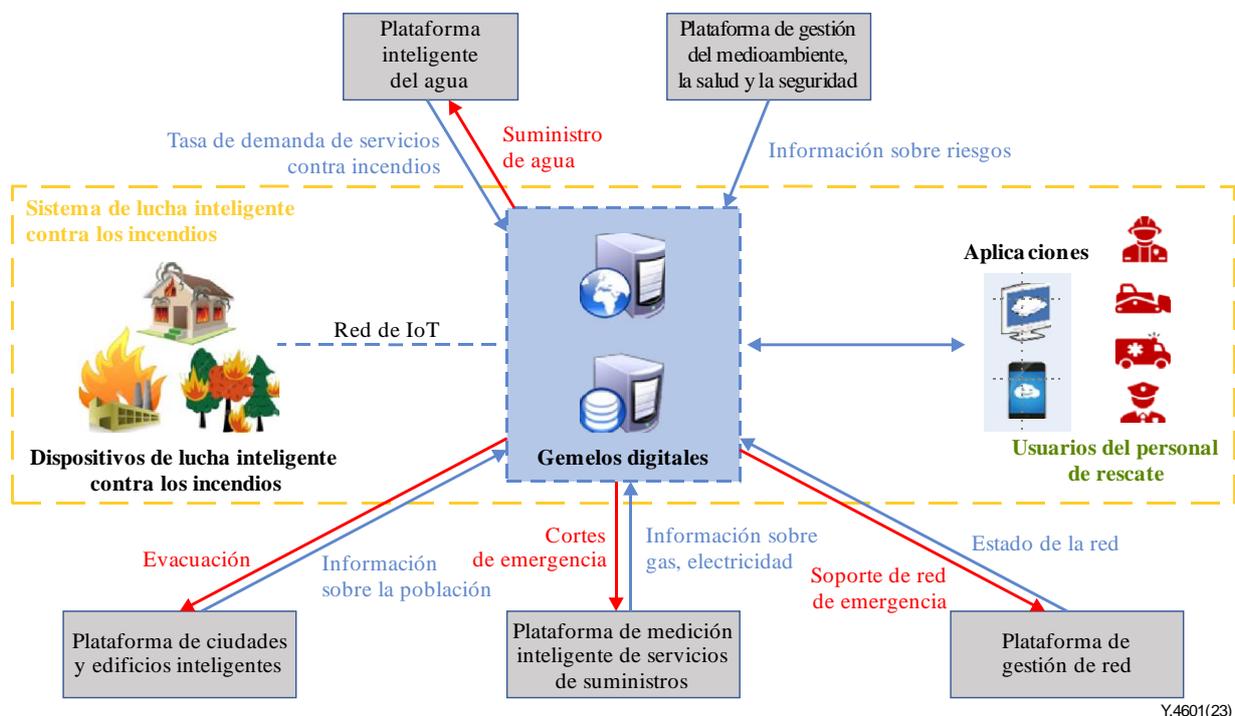
El sistema de lucha contra los incendios basado en la IoT proporciona fundamentalmente funcionalidades de protección contra los incendios (es decir, detectores de humo, extintores inteligentes de incendios, instrucciones sobre rutas de evacuación) para reducir el tiempo de respuesta y el tiempo de evacuación. Algunas tecnologías de lucha inteligente contra los incendios proporcionan esquemas o mapas del escenario del incendio, pero no actualizan el estado del mismo, que cambia continuamente debido a los efectos del fuego.

Un gemelo digital puede utilizarse para apoyar los servicios inteligentes de lucha contra los incendios (lucha inteligente contra los incendios).

NOTA 1 – Un gemelo digital es una representación digital, o réplica digital, de un objeto que reviste interés y, en función de los ámbitos específicos de aplicación, puede ser necesario que disponga de diferentes capacidades, como la sincronización entre el objeto digital y su representación digital o el funcionamiento en tiempo real [b-UIT-T Y.4600].

Un gemelo digital para la lucha inteligente contra los incendios utiliza los datos del escenario del incendio para analizarlo, simularlo y modelarlo y proporcionar así una representación digital del estado previo, del actual y del futuro de dicho escenario. Integra varias tecnologías independientes en un sistema global. El objetivo de un gemelo digital para la lucha inteligente contra los incendios es ayudar a los bomberos a mejorar el conocimiento de la situación, comprender el entorno del incendio y mejorar la capacidad del servicio contra incendios. Algunos ejemplos de estos servicios son, entre otros, el seguimiento del personal, la supervisión de los riesgos, el análisis del escenario del incendio, la optimización de la estrategia de rescate, la simulación previa y la reconstrucción histórica del escenario.

En la Figura 1 se muestra el diagrama conceptual general de un gemelo digital para la lucha inteligente contra los incendios.



Y.4601(23)

**Figura 1 – Diagrama conceptual general de un gemelo digital para la lucha inteligente contra los incendios**

Un dispositivo de lucha inteligente contra los incendios consta de sensores ambientales, sensores del personal de intervención y una pasarela para la conexión con el gemelo digital. Los dispositivos de lucha inteligente contra los incendios pueden medir el estado del entorno, como por ejemplo la temperatura, la posición, la concentración de O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> y la velocidad del viento, así como las constantes vitales del personal de intervención.

NOTA 2 – El personal de rescate puede incluir los bomberos, los ingenieros, los grupos médicos y otros grupos relacionados con la intervención.

La red permite la interacción entre los dispositivos de lucha inteligente contra los incendios y los gemelos digitales para la lucha contra los incendios.

La parte del gemelo digital del sistema de lucha inteligente contra los incendios se encarga de recopilar y gestionar los datos medioambientales, los datos del personal de intervención y los datos de las demás plataformas que se muestran en la Figura 1. También lleva a cabo la modelización, la visualización, la simulación y la predicción con el fin de monitorizar el escenario del incendio y desarrollar la estrategia de rescate, y finalmente proporciona información de la monitorización del escenario del incendio, estrategias de rescate y órdenes a los equipos de rescate.

NOTA 3 – En lo que respecta a las otras plataformas, los gemelos digitales pueden recopilar información de estas otras plataformas, como la tasa de demanda de servicios contra incendios, información sobre riesgos, información sobre la población, información sobre el gas y el estado de la red, que contribuye a la elaboración de una estrategia de rescate. También puede enviar solicitudes a otras plataformas para que se presten servicios de emergencia, como el envío de agua, una evacuación, cortes de emergencia y el soporte de la red de emergencia.

## 7 Requisitos de un sistema de lucha inteligente contra los incendios

Además de los requisitos comunes especificados en [UIT-T Y.4000] [UIT-T Y.4100] [UIT-T Y.4113], en las cláusulas 7.1 a 7.4 se incluyen requisitos específicos para un sistema de lucha inteligente contra los incendios.

## 7.1 Requisitos para los dispositivos

Los requisitos de los dispositivos de un sistema de lucha inteligente contra los incendios son los siguientes:

### 1) Generales

- Todos los dispositivos deben comunicar su estado y los datos recogidos a los dispositivos móviles del equipo de rescate y al gemelo digital.
- Se recomienda que todos los dispositivos puedan realizar un autodiagnóstico y una autocalibración para garantizar un funcionamiento normal.

### 2) Dispositivos sensores

- Los sensores ambientales deben recoger información actualizada sobre el estado del incendio, incluyendo, entre otros, la ubicación geográfica, la temperatura, la dirección de propagación y la intensidad del fuego.
- Los sensores ambientales deben recoger información actualizada del entorno, incluyendo, entre otros, el viento, la temperatura ambiente y el tiempo.

NOTA – En los edificios en llamas, los gases tóxicos, el humo y las llamas impulsadas por el viento que se propagan rápidamente por los pasillos y las escaleras pueden causar víctimas sin previo aviso.

- Los sensores ambientales deben recoger información actualizada de los efectos del incendio, incluyendo, entre otros, la concentración de gases peligrosos (CO<sub>2</sub>/CO) y las respuestas estructurales (deformación geométrica, fragilidad y fusión de las vigas de madera, vigas de acero, ladrillos, bosques, etc.).
- Los sensores ambientales deben recoger información actualizada sobre el personal en el escenario del incendio, como su posición, cantidad, datos de movimientos de las víctimas y de los bomberos. En estas tecnologías se incluyen, entre otras, la tecnología de redes multimedios inalámbricas de alta velocidad de datos [b-IEEE 802.15.3], la tecnología de redes inalámbricas de baja velocidad [b-IEEE 802.15.4] y las cámaras de supervisión.
- Los sensores ambientales deben estar repartidos para abarcar el entorno completo.
- Los sensores personales son necesarios para recoger información actualizada de los bomberos, como sus constantes vitales (nivel de oxígeno en sangre, nivel de CO en sangre, latidos del corazón, respiración y temperatura corporal), la posición y los parámetros ambientales del entorno relacionados con la salud de los bomberos.
- Los sensores deben transmitir la información actualizada recopilada a todos los bomberos y los centros de gestión.
- Se recomienda que los sensores proporcionen una función de filtrado de las falsas alarmas.

### 3) Dispositivos móviles

- Los dispositivos móviles deben soportar múltiples interfaces de entrada, como botones físicos y reconocimiento automático de voz.
- Los dispositivos móviles deben permitir la visualización de vídeo e imágenes, el almacenamiento de datos, la conexión en red, la representación de modelos tridimensionales (3D), la descarga de aplicaciones y funcionalidades de actualización.

### 4) Dispositivos de pasarela

- Los dispositivos de pasarela deben soportar o conectarse a una red aislada. Los dispositivos de pasarela pueden soportar, opcionalmente, la segmentación de red o utilizar una separación física para evitar cualquier interferencia desde la red pública.

## 7.2 Requisitos para la red

Los requisitos de red de un sistema de lucha inteligente contra los incendios son los siguientes:

- 1) La red debe permanecer aislada de la red pública. Se recomienda el soporte de la tecnología de aislamiento físico, mientras que la tecnología de segmentación de la red puede soportarse de manera opcional. Entre los ejemplos de tecnologías de segmentación de red se incluyen, entre otros, las redes definidas por *software* (SDN) [b-SD-RAN V1.0] y la visualización de funciones de red (NFV) [b-ETSI GS NFV 002]. Los ejemplos de tecnologías de aislamiento físico incluyen, entre otros, la separación física (air-gap) [b-DiFazio], las pasarelas a nivel de aplicación [b-NEXTEP] y las pasarelas a nivel de circuito [b-NEXTEP].
- 2) La red debe proporcionar la información relacionada con la ubicación, como el indicador de intensidad de la señal recibida (RSSI), el tiempo de llegada (TOA), el desplazamiento de frecuencia y el desplazamiento de fase, que pueden utilizarse para el cálculo de la posición del dispositivo [b-Telink].

## 7.3 Requisitos para los gemelos digitales

Los requisitos de los gemelos digitales de un sistema de lucha inteligente contra los incendios son los siguientes:

- 1) Generales
  - Debe localizarse cada dispositivo y vincularlo con su estado en tiempo real.  
NOTA – Por ejemplo, el gemelo digital monitoriza también, la posición de los bomberos y les avisa cuando están cerca de una zona peligrosa o de un riesgo potencial.
  - Debe soportarse la navegación y el posicionamiento en interiores y exteriores.
  - Deben monitorizarse las condiciones de salud de los bomberos y avisarles cuando sus signos vitales se acerquen a los umbrales críticos.
  - Debe almacenarse toda la información y los modelos en una base de datos local segura y actualizarse una copia en una ubicación remota.
  - Debe almacenarse la información del escenario pasado del incendio para futuras prácticas.
  - Debe compartirse la información sobre el escenario del incendio y enviarla al personal implicado con el fin de ayudar a los equipos de apoyo adicionales a entender la situación como, por ejemplo, a la policía, el grupo de ingenieros y la ayuda médica.
  - Debe compartirse la información del escenario del incendio y de las solicitudes con otras plataformas inteligentes con el fin de efectuar los cortes de emergencia o realizar los envíos.
  - Debe proporcionarse un preprocesamiento de los datos antes de la modelización y la simulación; dicho preprocesamiento incluye, entre otras cosas, la depuración de los datos, la extracción y el análisis de los mismos.
- 2) Modelización de múltiples ámbitos físicos
  - Debe soportarse la modelización de la arquitectura, la topografía y/o la estructura del entorno.
  - Debe soportarse la modelización de las propiedades químicas y físicas de los elementos peligrosos (inflamable, combustible, tóxico, etc.).
  - Debe soportarse la modelización de diversas propiedades del entorno como la geometría, el peso, la estructura y las propiedades físicas y químicas de los materiales.
  - Debe soportarse la modelización de los equipos de los bomberos y su mecanismo de funcionamiento.

- Se recomienda realizar una representación del escenario, proporcionando la visualización del escenario del incendio para los equipos de intervención y de apoyo.
- 3) Simulación de múltiples ámbitos físicos
- Debe soportarse la simulación analítica del escenario real del incendio a partir de los datos procedentes de los sensores.
  - Debe proporcionarse una predicción de la evolución del escenario del incendio a partir de los datos obtenidos de los sensores; estas predicciones deben incluir, entre otras cosas, la respuesta estructural, la intensidad del incendio, las trayectorias del fuego y la velocidad de propagación.
  - Debe soportarse la simulación de la optimización de la estrategia de emergencia.
  - Debe soportarse un espacio de simulación para crear diferentes escenarios virtuales del incendio.
- 4) Visualización
- Debe soportarse la visualización de la arquitectura, la topografía o la estructura del entorno en modo tridimensional (3D) y bidimensional (2D).
  - Debe soportarse la visualización de todo el personal, los dispositivos, los equipos, los peligros y el entorno en el escenario del incendio a través de una interfaz gráfica de usuario.
  - Debe soportarse la visualización del estado del personal, los equipos, los dispositivos, los peligros y el entorno en el escenario del incendio.
  - Debe soportarse la visualización de la interacción física entre los objetos y el entorno (actual y previsto).
  - Debe soportarse la visualización de la navegación y la localización en interiores y exteriores.
  - Debe soportarse la visualización de la estrategia de optimización.
  - Debe soportarse la visualización de las repercusiones de los cambios de estrategia.

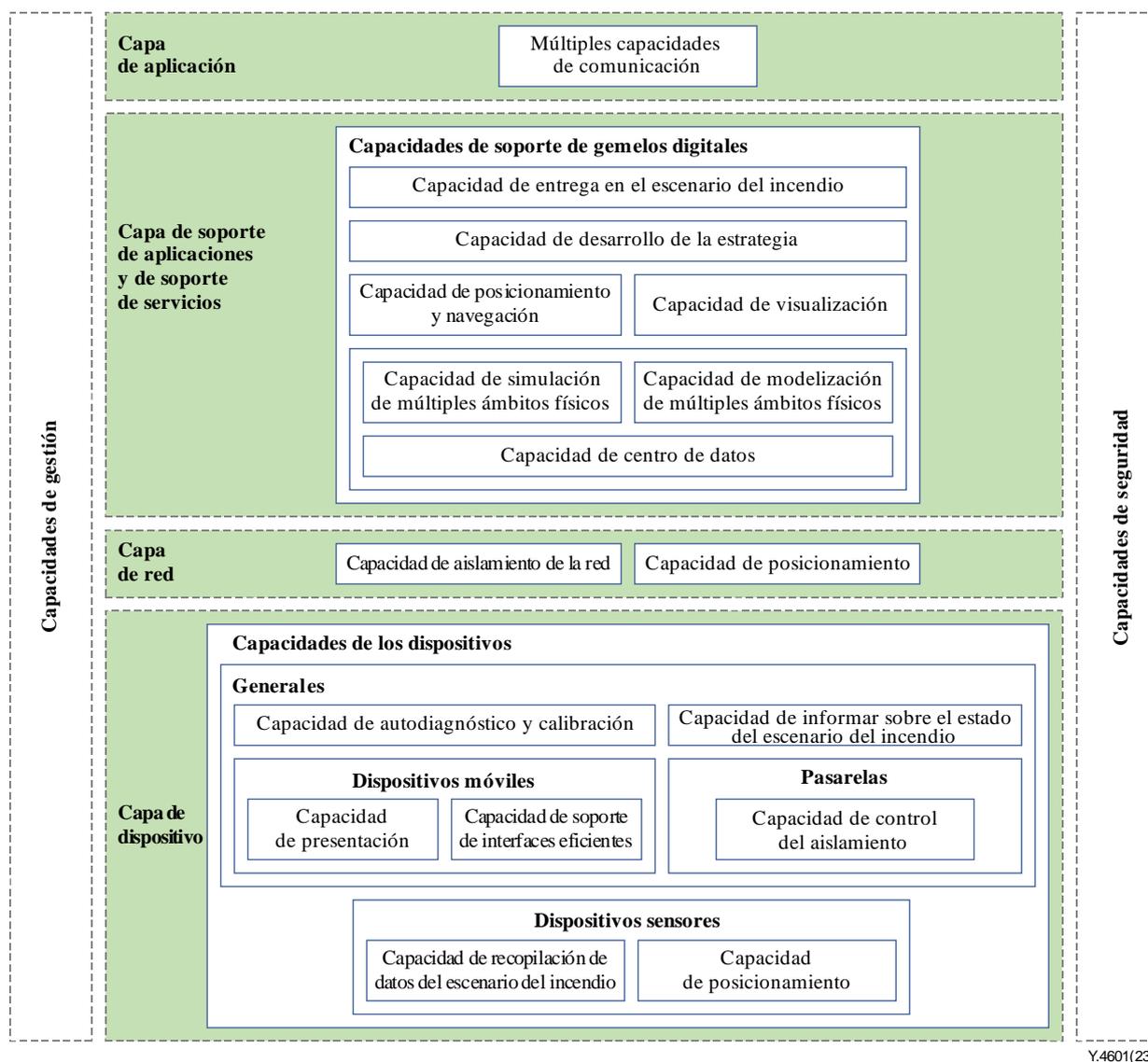
#### **7.4 Requisitos para las aplicaciones**

Los requisitos de las aplicaciones de un sistema de lucha inteligente contra los incendios son los siguientes:

- Las aplicaciones deben soportar múltiples modos de entrada/salida, lo que puede contribuir a minimizar el número de pasos para hacerlas funcionar.
- Las aplicaciones deben soportar múltiples modos de comunicación para poder facilitar la comunicación entre el personal de intervención pertinente.

### **8 Marco de capacidades de un sistema de lucha inteligente contra los incendios**

A partir del modelo de referencia de la IoT especificado en [UIT-T Y.4000], la Figura 2 muestra el marco de capacidades de un sistema de lucha inteligente contra los incendios, que consta de cuatro capas y de dos grupos transversales de capacidades. Además de las capacidades comunes de la IoT especificadas en [UIT-T Y.4401], el sistema de lucha inteligente contra los incendios requiere capacidades adicionales o ampliadas, como se muestra con los rectángulos con líneas continuas de la Figura 2.



**Figura 2 – Marco de capacidades de un sistema de lucha inteligente contra los incendios**

Los siguientes apartados describen las capacidades de un sistema de lucha inteligente contra los incendios.

## 8.1 Capacidades de la capa de dispositivo

### 8.1.1 Generales

#### 1) Capacidad de autodiagnóstico y calibración

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.1.(1), la capacidad de autodiagnóstico y calibración garantiza la operación y el funcionamiento normales de los dispositivos, incluyendo, entre otros, los siguientes aspectos:

- Realización de autodiagnósticos y de una autocalibración en base a un algoritmo almacenado, o invocando el soporte de la capa de soporte de servicios y de soporte de aplicaciones (SSAS).
- Realización de una autocalibración de forma automática y periódica en base a la referencia y la configuración almacenadas previamente cuando se detecta un dato anómalo.
- Realización de autodiagnósticos de forma automática y periódica analizando el estado de funcionamiento de los dispositivos y detectando datos anómalos.

## 2) Capacidad de informar sobre el estado del escenario del incendio

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.1.(1), la capacidad de informar sobre el estado del escenario del incendio comunica los datos esenciales a otras capacidades para ayudar a los usuarios a comprender el estado de los dispositivos, incluyendo, entre otros, los siguientes aspectos:

- Permitir que los dispositivos notifiquen los datos del escenario del incendio a la capacidad de soporte del gemelo digital y a los dispositivos móviles del equipo de intervención.
- Permitir que los dispositivos comuniquen la información del mal funcionamiento de la escena del incendio y el resultado de la calibración a la capacidad del centro de datos.

### 8.1.2 Dispositivos sensores

#### 1) Capacidad de recopilación de datos del escenario del incendio

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.1.(2), las capacidades de recopilación de datos en el escenario del incendio permiten a los dispositivos sensores monitorizar y recopilar información en el escenario del incendio, incluyendo, entre otros, los siguientes aspectos:

- Recopilación de información del escenario del incendio relacionada con el entorno ambiental, como dirección del viento, temperatura del ambiente y condiciones meteorológicas.
- Recopilación de información del escenario del incendio relacionada con el estado del mismo, como la distribución estática y dinámica de la temperatura, la longitud de las llamas y la energía liberada por el incendio.
- Recopilación de información del escenario del incendio relacionada con los efectos del mismo, como la concentración de gases peligrosos ( $\text{CO}_2/\text{CO}$ /cianuro de hidrógeno), y las respuestas estructurales a partir de la medición de las inclinaciones, la medición de la presión, la medición dinámica de la compresión, la medición de la vibración, la temperatura, el flujo magnético, etc.
- Recopilación de información en el escenario del incendio relacionada con los efectos de la estrategia de rescate, como la concentración de partículas en suspensión (PM), las fugas y la humedad.
- Recopilación de la información en el escenario del incendio relacionada con las constantes vitales de los equipos de rescate, como el oxígeno en sangre, el CO en sangre, los latidos del corazón, la respiración y la temperatura corporal.

#### 2) Capacidad de posicionamiento

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.1.(2), la capacidad de posicionamiento permite a los dispositivos sensores detectar las posiciones y los movimientos basándose en los principios físicos y en las coordenadas almacenadas de la capacidad de centro de datos. Dichos dispositivos incluyen, entre otros, un circuito cerrado de televisión (CCTV), sensores de presión, sensores de proximidad de ultrasonidos y referencias inerciales.

#### 3) Capacidad de filtrado de falsas alarmas

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.1.(2), la capacidad de filtrado de las falsas alarmas permite a los dispositivos sensores retrasar de forma intencionada la alarma de incendio antes de que se verifique el estado del mismo.

NOTA – Cuando se detecta una situación anómala, los dispositivos sensores se comunican con los sensores del entorno para confirmar la veracidad de la alarma de incendio. Si se confirma el incendio en la capa de dispositivos, se activará una alarma de incendio inmediatamente, de lo contrario, los sensores deben enviar el registro de la alarma de incendio, el resultado del autodiagnóstico, el resultado de la autocalibración y los datos de los sensores del entorno a la plataforma del gemelo digital para una segunda comprobación.

### **8.1.3 Dispositivos móviles**

#### 1) Capacidad de presentación

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.1.(3), la capacidad de visualización permite a los dispositivos móviles de los bomberos mostrar la información en formato de texto, audio, imagen o vídeo.

#### 2) Capacidad de soporte de interfaces eficientes

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.1.(3), la capacidad de soporte de interfaces eficientes permite a los equipos de rescate interactuar eficientemente entre sí y con el sistema de lucha inteligente contra los incendios, incluyendo, entre otros:

- soporte de entrada/salida por voz;
- soporte de entrada de imágenes y vídeos;
- soporte de entrada por tecla física.

### **8.1.4 Pasarelas**

#### 1) Capacidad de control del aislamiento

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.1.(4), la capacidad de control del aislamiento permite a las pasarelas soportar tecnologías de aislamiento de red. Dichas tecnologías incluyen la segmentación de la red, el filtrado de paquetes y diferentes tipos de cortafuegos.

## **8.2 Capacidades de la capa de red**

#### 1) Capacidad de aislamiento de la red

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.1.(1), la capacidad de aislamiento de la red permite aislar las redes respecto de la red pública; dichos métodos incluyen, entre otros, los cortafuegos a nivel de red, los conmutadores virtuales, las VLAN y el aislamiento físico.

#### 2) Capacidad de posicionamiento

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.1.(2), la capacidad de posicionamiento permite a la red utilizar un formato de transmisión de datos y un tratamiento de la señal adecuados para comunicar la información del punto de acceso a la capacidad de soporte del gemelo digital, como ubicación, frecuencia, hora de llegada de la señal e indicador de intensidad de la señal recibida (RSSI).

NOTA – La capacidad de posicionamiento utiliza normalmente tres o más puntos de acceso conocidos como nodos de referencia, y luego emplea un método de posicionamiento para calcular la ubicación exacta.

## **8.3 Capacidades de la capa de soporte de aplicaciones y de soporte de servicios**

#### 1) Capacidad de centro de datos

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.1.(2), la capacidad de centro de datos controla los datos entre las diferentes capacidades de los dispositivos, las redes y las aplicaciones, y proporciona el procesamiento de los datos antes de su modelización o simulación posterior. La capacidad de centro de datos incluye, entre otros, los siguientes aspectos:

- supervisión del estado de funcionamiento y la configuración de los dispositivos y la red en tiempo real;
- supervisión de los datos del entorno procedentes de los sensores;
- recopilación de datos de otras plataformas o servidores conectados;
- envío de comandos a otras plataformas o servidores conectados para el soporte de los servicios de emergencia;
- acondicionamiento de los datos en bruto y validación de la exactitud de los datos.

## 2) Capacidad de simulación de múltiples ámbitos físicos

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.3.(3), la capacidad de simulación de múltiples ámbitos físicos analiza los datos del escenario del incendio basándose en la simulación matemática de las interacciones físicas y/o químicas. Dicha capacidad incluye, entre otros, los siguientes aspectos:

- procesamiento de los datos recopilados con el soporte de ecuaciones estadísticas y de probabilidad;
- procesamiento de los datos recopilados con modelos y teorías físicas y/o químicas, como la termodinámica, la aerodinámica, la mecánica, la toxicología, la fisiología humana, la química y la ciencia de los materiales;
- procesamiento matemático de los datos recopilados para simular las interacciones entre los efectos de las fuerzas reales. Esta capacidad incluye, entre otras cosas, el análisis de elementos finitos y la teoría del funcional de la densidad.

## 3) Capacidad de modelización de múltiples ámbitos físicos

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.3.(2), la capacidad de modelización de múltiples ámbitos físicos permite a la capacidad de soporte de gemelos digitales para la lucha inteligente contra los incendios construir los modelos de escenarios de incendios reales, de escenarios de incendios pasados y de escenarios de posibles incendios, incluyendo, entre otros, los siguientes aspectos:

- construcción de modelos descriptivos 2D/3D de las personas, los equipos, los dispositivos y las estructuras del entorno en los escenarios de los incendios, como la geometría, la ubicación y la forma de los objetos;
- construcción de modelos físicos y/o químicos 3D de las personas, los equipos, los dispositivos y el entorno, vinculados con los principios y los mecanismos, como las propiedades físicas y químicas de los materiales.

## 4) Capacidad de visualización

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.3.(4), la capacidad de visualización permite a la capacidad de soporte de un gemelo digital visualizar los modelos, los datos y los resultados de la simulación, incluyendo, entre otros, los siguientes aspectos:

- visualización de las propiedades del escenario del incendio;
- visualización de las propiedades de los objetos y de las personas en el escenario del incendio;
- visualización del resultado de la simulación en una presentación básica para mejorar la interpretación de los sistemas y los conjuntos de datos complejos;
- visualización de los efectos de la estrategia de rescate;
- visualización del movimiento de los equipos de rescate y de las víctimas en el escenario del incendio.

## 5) Capacidad de posicionamiento y navegación

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.3.(1), la capacidad de posicionamiento y navegación permite a la capacidad de soporte de un gemelo digital monitorizar la ubicación y el movimiento de los objetos, y dar soporte a la orientación de la navegación, incluyendo, entre otros aspectos:

- solicitud de información sobre la ubicación del personal, los dispositivos, el incendio, los peligros y los equipos, y seguimiento de su posición en tiempo real;
- orientación de los desplazamientos de los equipos de intervención en función de la evolución prevista del escenario del incendio;
- planificación y búsqueda de la ruta óptima (en cuanto a tiempo y seguridad) en función del estado del escenario del incendio en tiempo real.

#### 6) Capacidad de desarrollo de la estrategia

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.3.(1), la capacidad de desarrollo de estrategias desarrolla y optimiza las estrategias de rescate, incluyendo, entre otras, los siguientes aspectos:

- desarrollo de estrategias de rescate como la entrada de los rescatadores, su salida, la secuencia de la intervención y los equipos transportados con el fin de minimizar las víctimas;
- análisis de los posibles efectos de las estrategias de rescate desarrolladas;
- clasificación de las estrategias de rescate elaboradas en función de los efectos previstos, como tiempo consumido, posibles víctimas, pérdida de activos y porcentaje de éxito, y selección de las estrategias óptimas de acuerdo con los requisitos;
- combinación de los valores óptimos de los efectos previstos y las estrategias de rescate anteriores para optimizar la estrategia de rescate.

#### 7) Capacidad de entrega en el escenario del incendio

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.3.(2), la capacidad de entrega en el escenario del incendio envía los datos, las instrucciones y los comandos a los dispositivos y al personal pertinente, incluyendo, entre otros, los siguientes:

- envío de la información de posición, los datos del entorno y las constantes vitales de los bomberos al equipo de rescate;
- envío de alarmas cuando los equipos de rescate se acercan a un entorno peligroso o potencialmente peligroso;
- envío de alarmas cuando las constantes vitales del equipo de rescate se acercan a un umbral crítico;
- envío de comandos y estrategias a los equipos de rescate junto con el mejor resultado posible que se prevé con la simulación de múltiples ámbitos físicos;
- envío de solicitudes a las otras plataformas conectadas en el momento oportuno, con el fin de transmitir instrucciones en función del estado del incendio.

### **8.4 Capacidades de las aplicaciones**

#### 1) Múltiples capacidades de comunicación

De acuerdo con los requisitos del apartado 7.4, las numerosas capacidades de comunicación permiten que los miembros del equipo de rescate comuniquen entre sí y con la plataforma de soporte del gemelo digital de diferentes maneras, incluyendo, entre otros, los siguientes aspectos:

- soporte de reconocimiento automático de voz;
- soporte de llamadas selectivas, llamadas de grupo, del servicio de difusión entre los miembros del equipo de rescate y a la plataforma de soporte del gemelo digital.

## Apéndice I

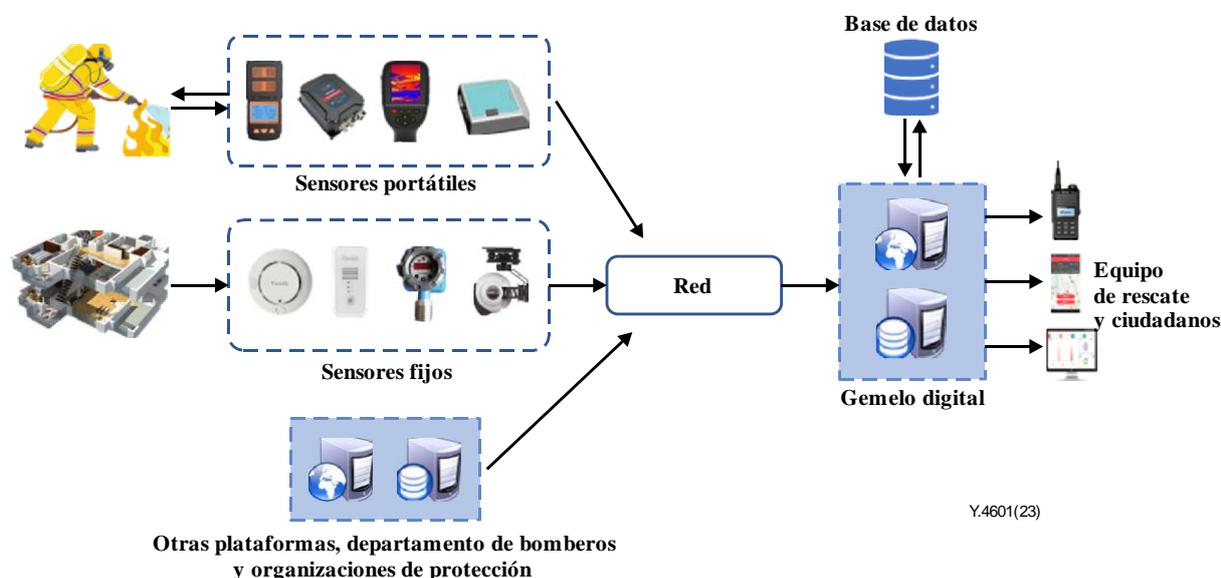
### Casos de utilización de un gemelo digital en la lucha inteligente contra los incendios

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

#### I.1 Monitorización del escenario del incendio

Cuando se produce un incendio, el gemelo digital de la lucha inteligente contra los incendios utiliza los sensores y la red para recabar información sobre el entorno y las posiciones. A continuación, la plataforma recurre a una arquitectura predefinida o a un modelo topológico para visualizar la información ambiental y de posición en el modelo. Así, el modelo refleja de forma intuitiva el estado en tiempo real del escenario del incendio.

Como se muestra en la Figura I.1, los sensores portátiles se encargan de recoger la ubicación, las constantes vitales y la información del entorno del equipo de rescate; los sensores fijos se encargan de recoger la información de los gases peligrosos, las temperaturas, el humo, las estructuras del entorno y la posición de las personas del entorno. A continuación, la información se transmite al gemelo digital para la lucha inteligente contra los incendios a través de la red. El gemelo digital asocia entonces la información del entorno y de las personas con el modelo predefinido de la arquitectura o la topología para visualizar el escenario del incendio. De este modo, el departamento de bomberos y el equipo de rescate son conscientes de la situación en el escenario del incendio.



Y.4601(23)

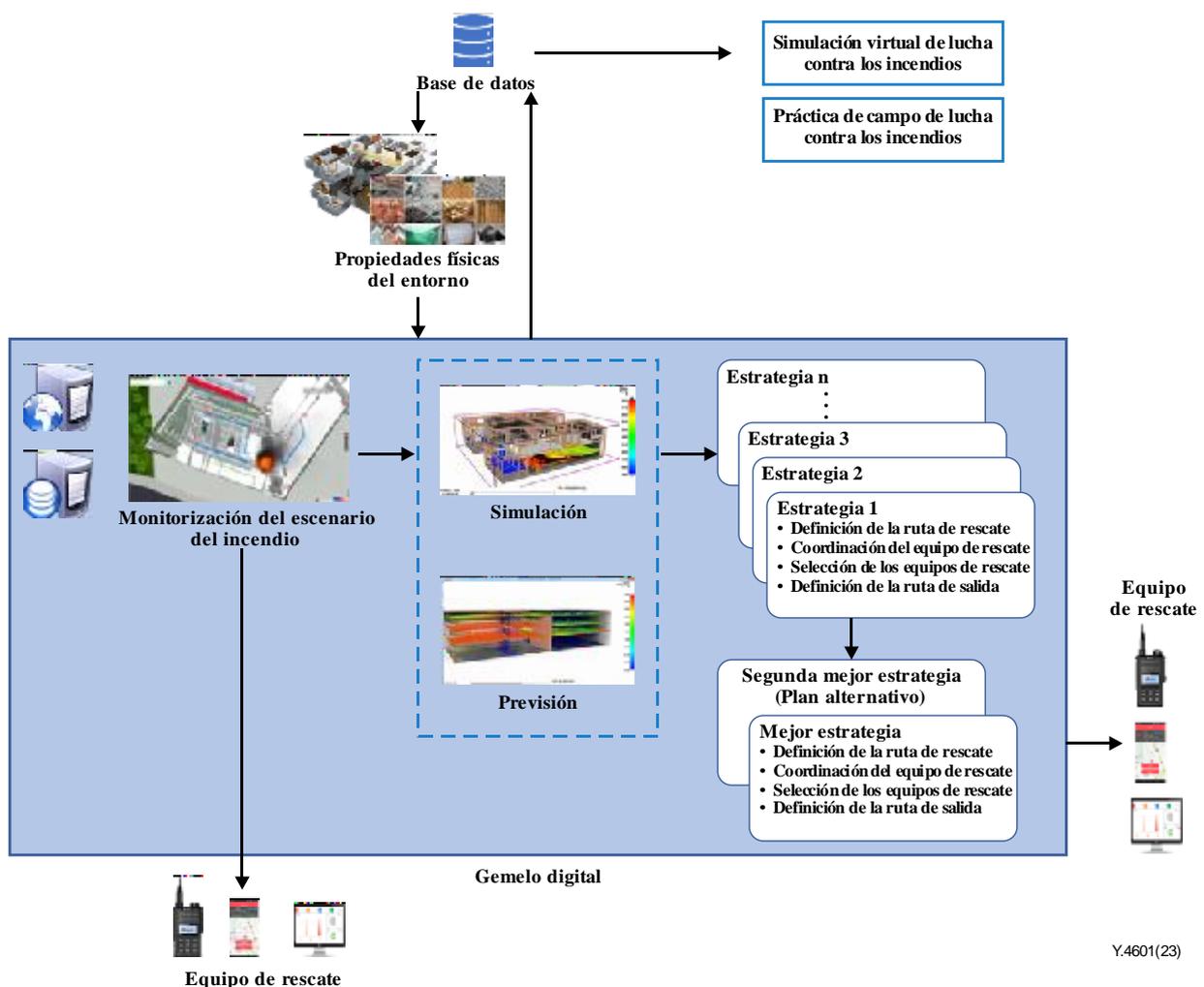
Figura I.1 – Monitorización del escenario del incendio

#### I.2 Desarrollo de estrategias de rescate y formación

Como se muestra en la Figura I.2, una vez que el gemelo digital ha adquirido la información del escenario del incendio, asocia toda la información al modelo predefinido del entorno para la monitorización del escenario del incendio. El gemelo digital utiliza la modelización y la simulación de múltiples ámbitos físicos en base a las propiedades almacenadas de los materiales del entorno para construir un escenario virtual de la aparición de los incidentes provocados por el fuego, donde la simulación proporciona información sobre los efectos de los incidentes y de otros peligros para el personal de intervención en el escenario del incendio.

El gemelo digital también proporciona una previsión de la evolución del escenario del incendio para el personal de rescate a fin de ayudarle a evitar los posibles riesgos provocados por la topografía o los cambios estructurales del incendio. Como se muestra en el recuadro punteado de la Figura I.2, como ejemplo, la simulación puede predecir que el fuego se extenderá a las otras tres plantas en una hora, y que el edificio de la izquierda sufrirá una intensidad de fuego mayor: esta predicción puede, por tanto, informar de los riesgos potenciales y del límite del tiempo del rescate al equipo de intervención. El gemelo digital puede a continuación desarrollar una estrategia de rescate basada en la simulación en tiempo real y en la previsión futura: el gemelo digital puede desarrollar múltiples estrategias, pero sólo envía la mejor y la segunda mejor estrategia al equipo de rescate en base a la evaluación exhaustiva del tiempo consumido, las posibles víctimas, la pérdida de activos y la probabilidad de éxito.

La simulación también puede utilizarse en la formación para ofrecer a los alumnos la experiencia de situaciones de emergencia en un entorno seguro, delimitado, repetible, controlable y medible, lo que tiene una gran importancia práctica. La simulación se basa en los datos de escenarios históricos de incendios y en escenarios realistas posibles.



Y.4601(23)

**Figura I.2 – Desarrollo de estrategias de rescate y formación**

## Bibliografía

- [b-UIT-T Y.2091] Recomendación UIT-T Y.2091 (2011), *Términos y definiciones aplicables*
- [b-UIT-T Y.4101] Recomendación UIT-T Y.4101/Y.2067 (2017), *Requisitos y capacidades de pasarela comunes para las aplicaciones de Internet de las cosas*
- [b-UIT-T Y.4105] Recomendación UIT-T Y.4105/Y.2221 (2010), *Requisitos para el soporte de los servicios y aplicaciones de redes de sensores ubicuos en el entorno de las redes de próxima generación*
- [b-UIT-T Y.4600] Recomendación UIT-T Y.4600 (2022), *Requisitos y capacidades de un sistema gemelo digital para ciudades inteligentes*
- [b-IEEE 802.15.3] IEEE 802.15.3-2016, *IEEE Standard for High Data Rate Wireless Multi-Media Networks* <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7524656>>
- [b-IEEE 802.15.4] IEEE 802.15.4-2015, *IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks* <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7460875/definitions#definitions>>
- [b-ETSI GS NFV 002] ETSI GS NFV 002 V1.2.1 (2014), *Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework* <[https://docbox.etsi.org/isg/nfv/open/Publications\\_pdf/Specs-Reports/NFV%20002v1.2.1%20-%20GS%20-%20NFV%20Architectural%20Framework.pdf](https://docbox.etsi.org/isg/nfv/open/Publications_pdf/Specs-Reports/NFV%20002v1.2.1%20-%20GS%20-%20NFV%20Architectural%20Framework.pdf)>
- [b-CTIF-Informe-25] Asociación internacional de servicios contra incendios y de rescate (2020), *World Fire Statistics No.25* <[https://www.ctif.org/sites/default/files/2020-06/CTIF\\_Report25.pdf](https://www.ctif.org/sites/default/files/2020-06/CTIF_Report25.pdf)>
- [b-DiFazio] Gary DiFazio (2019), Belden Industrial Cybersecurity – *What is Network Air-gapping?* <<https://www.belden.com/blogs/industrial-security/network-air-gapping>>
- [b-NEXTEP] NEXTEP Broadband (2001), *Firewall Architecture* <[http://www.tech2u.com.au/products/dsl/pdf/Firewall\\_Architecture.pdf](http://www.tech2u.com.au/products/dsl/pdf/Firewall_Architecture.pdf)>
- [b-SD-RAN V1.0] ONF SD-RAN 1.0 (2021), *A cloud-native platform for software-defined RAN consistent with O-RAN* <<https://www.helpnetsecurity.com/2021/01/27/onf-sd-ran/>>
- [b-Telink] Telink (2019), *Indoor Positioning 101* <<https://www.telink-semi.com/indoor-positioning-101/>>



## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

|                |   |
|----------------|---|
| Serie A        | Organización del trabajo del UIT-T  |
| Serie D        | Principios de tarificación y contabilidad y cuestiones económicas y políticas de las telecomunicaciones/TIC internacionales   |
| Serie E        | Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos   |
| Serie F        | Servicios de telecomunicación no telefónicos  |
| Serie G        | Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales  |
| Serie H        | Sistemas audiovisuales y multimedia   |
| Serie I        | Red digital de servicios integrados   |
| Serie J        | Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia   |
| Serie K        | Protección contra las interferencias  |
| Serie L        | Medio ambiente y TIC, cambio climático, ciberdesechos, eficiencia energética, construcción, instalación y protección de los cables y demás elementos de planta exterior |
| Serie M        | Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes  |
| Serie N        | Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión  |
| Serie O        | Especificaciones de los aparatos de medida  |
| Serie P        | Calidad de la transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes de líneas locales   |
| Serie Q        | Conmutación y señalización, y mediciones y pruebas asociadas  |
| Serie R        | Transmisión telegráfica   |
| Serie S        | Equipos terminales para servicios de telegrafía   |
| Serie T        | Terminales para servicios de telemática   |
| Serie U        | Conmutación telegráfica   |
| Serie V        | Comunicación de datos por la red telefónica   |
| Serie X        | Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad   |
| <b>Serie Y</b> | <b>Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet, redes de próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes</b>           |
| Serie Z        | Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación  |