



# Redes privadas de transporte y logística

Una visión general de los retos, los motores del mercado, los casos de uso y las tendencias de las redes privadas en el sector del transporte y la logística.



**Disruptive Analysis**

*Don't Assume*



# Índice

Resumen.....	3
Definición del sector del transporte y la logística.....	4
Principales retos e impulsores del mercado.....	5
Casos de uso de 4G/5G en logística y transporte.....	8
¿Por qué implantar redes privadas? .....	16
Opciones y tendencias del espectro.....	19
Conclusión y perspectivas a largo plazo.....	22



# Resumen

El sector del transporte y la logística es uno de los más prometedores para las redes privadas emergentes LTE y 5G, así como para tecnologías adyacentes como la computación perimetral y las nuevas versiones wifi6E/7.

Los puertos, aeropuertos y almacenes/centros de relleno se encuentran entre los más avanzados hasta ahora, mientras que las estaciones de ferrocarril, los grandes fabricantes aeronáuticos/marinos y otros empiezan a mostrar interés también. Las agencias de autopistas, las redes ferroviarias y los sistemas municipales de tránsito van a la zaga, aunque muestran más interés por la infraestructura de acogida neutral, así como por las futuras versiones especializadas de 5G destinadas a la conectividad entre vehículos o la próxima generación de conectividad ferroviaria.

Las empresas y organismos públicos de este (amplio y diverso) sector están desplegando muchas aplicaciones con exigentes requisitos de conectividad inalámbrica en cuanto al ancho de banda, la latencia predecible, la seguridad y el tiempo de actividad.

Los usos basados en el video, como las cámaras de seguridad o los vehículos teledirigidos, pueden ser importantes impulsores del 5G privado, especialmente cuando los entornos exteriores son inadecuados para el wifi.

Dados los emplazamientos bien definidos y el creciente ecosistema de proveedores, los centros de transporte y los emplazamientos logísticos se están convirtiendo rápidamente en un objetivo clave para los vendedores inalámbricos privados y los integradores de soluciones.

A diferencia de muchas industrias, las empresas y organizaciones de transporte cuentan desde hace tiempo con sofisticadas infraestructuras de red, a menudo integradas con el IdC y los sistemas de

automatización ("OT", o "tecnología operacional"), así como las necesidades más convencionales de TI y telecomunicaciones. Como el ferrocarril, los puertos y los aeropuertos forman parte de las infraestructuras nacionales críticas, a menudo han tenido redes muy resistentes, y a menudo tecnologías o espectro dedicados a necesidades operativas.

Todos estos sectores están cada vez más automatizados y dependen más de los datos, además de enfrentarse a retos crecientes en los ámbitos de la seguridad física y cibernética. También tienen un papel central en los actuales cambios de las cadenas mundiales de suministro, como centros de distribución de contenedores, productos a granel y paquetes más pequeños.

A medida que la telefonía celular 4G y 5G madura, se está "democratizando" más allá de los operadores de redes celulares tradicionales, por los cambios en el espectro local y la disponibilidad de equipos. Las redes privadas ahora son una realidad cada vez más importante.

Todo esto está dando lugar a una coincidencia de oferta y demanda de redes celulares privadas para las comunicaciones in situ del personal, los sistemas de automatización, los vehículos, los sensores del IdC, las cámaras y la infraestructura. En este libro electrónico se describen los principales casos de uso, casos de aplicación y vías hacia la 4G y 5G privadas en los sectores del transporte y la logística. Aunque este informe se centra principalmente en los aspectos radioeléctricos, es importante reconocer que el ecosistema más amplio, desde las redes centrales hasta la computación perimetral/en la nube y la planeación/diseño/sistemas de pruebas, está evolucionando a la par, junto con un enorme ecosistema de integradores de sistemas y especialistas verticales.



# Definición del transporte y el sector logístico



Este libro electrónico abarca numerosos subsectores y tipos de emplazamientos de transporte y logística. Aunque existen algunas características comunes y factores impulsores del mercado, también hay claras diferencias en el tamaño físico y la distribución de los emplazamientos, así como en las plataformas de equipos y aplicaciones, las tecnologías inalámbricas tradicionales y alternativas, la supervisión normativa y el conservadurismo tecnológico.

Los ámbitos clave que se abordan en este libro electrónico incluyen:

- **Los nudos de transporte**, que se refieren a lugares como puertos, aeropuertos, estaciones y estaciones ferroviarias.
- **La logística**, que se refiere a las instalaciones centralizadas para el envío, almacenamiento y clasificación de contenedores y paquetes, como almacenes y centros de cumplimiento/distribución.
- **Las redes de transporte**, incluidas las redes ferroviarias, los sistemas metropolitanos de tránsito y metro ligero, y las redes de carreteras.

También suele haber emplazamientos híbridos, como los enormes "centros" logísticos de FedEx junto a los aeropuertos de Memphis e Indianápolis.

También hay cierto solapamiento con otros sectores, como los grandes centros de fabricación. Por ejemplo, la fabricación y el mantenimiento aeroespacial suelen tener lugar en fábricas y aeródromos combinados, como las instalaciones de Boeing y Airbus. En

líneas ferroviarias privadas, desde lugares remotos o zonas industriales hasta centros de tránsito multimodal en puertos o ciudades.

En el caso de los centros logísticos, hay que tener en cuenta que muchos propietarios de instalaciones disponen también de grandes redes de venta minoristas (como Costco y Walmart), o de otros centros, como los centros de datos AWS de Amazon. Esas operaciones auxiliares y sus aplicaciones específicas no se incluyen directamente en este documento.



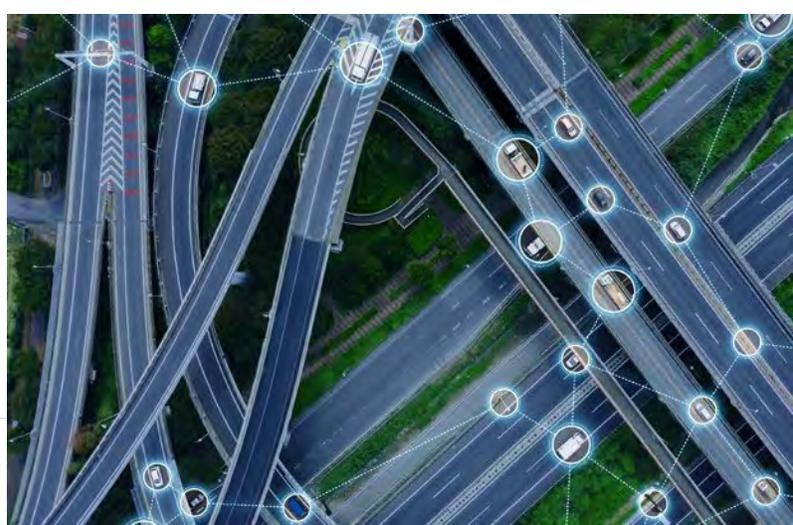
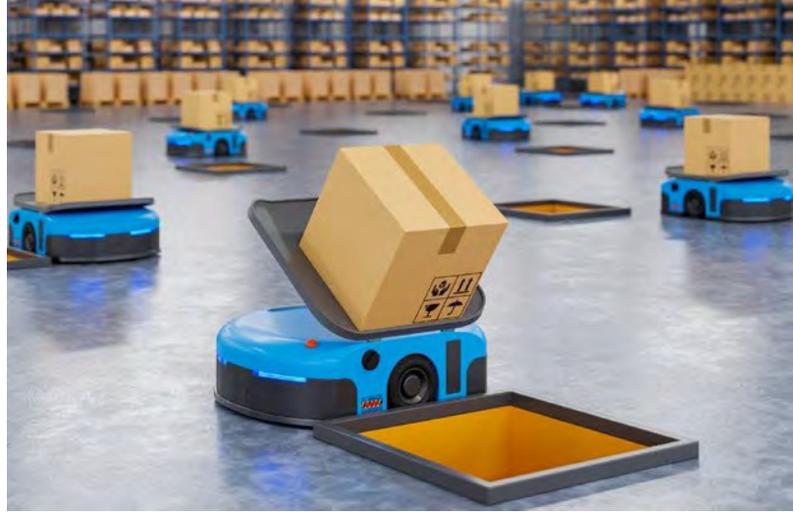
# Principales retos e impulsores del mercado

La demanda de redes privadas para el sector del transporte y la logística viene impulsada en última instancia por una serie de cambios nacionales y mundiales de primer nivel, además de ciertos factores locales como el apoyo político a los "puertos francos" o las zonas empresariales, o los esfuerzos para modernizar las redes ferroviarias.

En términos generales, todo esto crea una mayor necesidad de conectividad, control y flujos de información, lo que se traduce en más redes 4G y 5G, así como wifi, fibra y servicios de red de área extensa.

Algunas de las "megatendencias" clave para la logística y el transporte son:

- **Automatización y robótica:** Como se comenta a lo largo de este eBook, los centros de transporte y los almacenes están cada vez más automatizados. Aunque las grúas portuarias, los sistemas de manipulación de equipajes y los vehículos de guiado automático no son nuevos, se están perfeccionando rápidamente. En particular, los robots y sistemas automatizados utilizan cámaras de video inalámbricas para detectar paquetes, permitir el control remoto y muchos otros usos.
- **Datos y análisis:** Las empresas de transporte y logística están a la vanguardia de las aplicaciones ricas en datos, desde los gemelos digitales de los motores a reacción y las locomotoras de ferrocarril, hasta la programación optimizada y el embalaje de mercancías en almacenes de cumplimiento. Los equipos mejor conectados, los sensores del IdC y la entrada de video pueden mejorar los plazos de entrega, reducir los errores en los envíos, disminuir el consumo de energía y mucho más. Pasajeros: el transporte por carretera debería sufrir menos retrasos, una mayor dispersión de las multitudes y un mejor servicio al cliente.
- **Mantenimiento predictivo y gestión de activos:** Los sistemas de transporte requieren mucho capital. El costo en tiempo de inactividad de un vehículo -o sistema crítico en un





almacén o una terminal de aeropuerto. El uso de información y sensores en red ofrece enormes posibilidades de "mantenimiento predictivo": solucionar problemas emergentes antes que se conviertan en críticos o programar el mantenimiento cuando sea necesario, en lugar de seguir un calendario genérico. Por ejemplo, la incorporación de sensores de vibración y temperatura puede servir de "alerta temprana" cuando se detectan lecturas anómalas. También hay ventajas evidentes para la seguridad en ámbitos como la aviación y el diagnóstico de averías marítimas.

- **Mayor seguridad y productividad de los empleados:** Hay mucha menos tolerancia a los accidentes laborales que en el pasado. Mediante la automatización y una mejor información, las empresas de transporte y logística buscan aumentar la productividad de los trabajadores al tiempo que mejoran la seguridad. Esto abarca muchos aspectos, desde garantizar distancias seguras entre los trabajadores y los vehículos hasta la reacción rápida ante cualquier incidente, pasando por la mejora del mantenimiento de registros y la capacitación. Es esencial una comunicación confiable, tanto por voz (a menudo pulsando para hablar) como por video y acceso móvil a las aplicaciones de la empresa.
- **Cambio climático y descarbonización:** En la próxima década, muchas empresas de transporte y logística se enfrentarán a profundos cambios a medida que el planeta se encamina hacia las emisiones netas de carbono cero. Es probable que los puertos, aeropuertos, centros de distribución y otras instalaciones necesiten nuevas fuentes de energía, como la eólica y la solar, almacenamiento de baterías in situ, quizá instalaciones de hidrógeno y flotas de vehículos y máquinas eléctricos (a menudo autónomos). Se necesitará conectividad para todo eso, además de supervisión, control, recogida de datos y elaboración de informes sobre el uso de la energía.
- **Geopolítica, deslocalización y resistencia de la cadena de suministro:** Acontecimientos recientes como la guerra comercial entre los Estados Unidos y China, la pandemia del virus de la covid y la guerra entre Rusia y Ucrania han puesto de relieve los riesgos que corren las cadenas de suministro mundiales (y a menudo frágiles) ante acontecimientos externos perturbadores. Además de la producción localizada, el transporte y la logística tendrán que ser mucho más eficientes, automatizados y conectados para poder redirigir los envíos, almacenar el inventario y hacer frente a nuevos trámites y requisitos de cumplimiento.
- **Ciberseguridad:** Los centros de transporte y los almacenes forman parte de las infraestructuras críticas nacionales. El aumento de la automatización y de las funciones basadas en la nube plantea retos de seguridad, así como ganancias de eficiencia. Los antiguos sistemas informáticos, de redes y operativos se reforzarán o retirarán si presentan vulnerabilidades, mientras que las redes necesitarán mayor resistencia y redundancia. Las redes inalámbricas podrán utilizarse como reserva en caso de falla de la fibra u otros enlaces.





Combinados, todos estos factores generales, así como las tendencias específicas de cada empresa o país, hacen que las redes deban ser:

- De alta capacidad y baja latencia
- Inalámbricas siempre que sea posible, para permitir la movilidad (por ejemplo, AGVs) y el acceso a lugares donde el tendido de fibra es poco práctico.
- Estandarizadas en la medida de lo posible, con una cadena de suministro diversificada y un amplio abanico de competencias.
- Interoperables en la capa de red y para protocolos de mensajería entre distintos sistemas y socios.
- Disponibles en todas partes, como servicio o en propiedad privada.
- Seguras y resistentes, especialmente en ámbitos sensibles de "infraestructuras críticas" como aeropuertos y ferrocarriles.
- Adecuadas tanto para grandes emplazamientos, como grandes puertos, como para ubicaciones más pequeñas, como estaciones de ferrocarril. En algunos casos, pueden tener que ampliarse a redes nacionales de autopistas y ferrocarriles.
- Con costos más bajos (o al menos previsible) por centro o dispositivo.

También es necesario que los nuevos sistemas de red (como 5G o wifi6/6E) se integren con los tipos de conectividad heredados. Esto abarca muchos tipos

diferentes de redes, tanto por cable como inalámbricas. Muchas de las características más "Industria 4.0" de 5G sólo estarán disponibles en el futuro, con posteriores versiones de 3GPP 16/17/18. Esto significa que a menudo se utilizarán múltiples tecnologías en combinación, con diversos planteamientos de integración o pasarela necesarios. Es probable que se produzcan actualizaciones y renovaciones continuas, así como la incorporación de nuevos casos de uso.

(Además, fuera del alcance de este documento, se están produciendo muchos cambios adicionales en la gestión y el control de las redes, incluidas las redes centrales y los sistemas operativos basados en la nube y perimetrales).





# Casos de uso de 4G/5G en logística y transporte

Dada la estructura del sector y los cambios señalados, en este informe se abordan dos tipos de cuestiones:

- > ¿Qué casos de uso son adecuados para la conectividad celular 4G y 5G?
- > ¿Cuándo es más apropiada una red 4G/5G privada que un servicio de red pública de un operador de celular? [Nota: algunas empresas de telecomunicaciones ahora ofrecen redes totalmente "privadas" a sus clientes empresariales.]

Esta sección destaca algunos de los casos de uso emergentes que pueden beneficiarse de la conectividad celular en los sectores de la logística y el transporte, especialmente para almacenes y centros de cumplimiento, puertos y aeropuertos, que son probablemente los mayores clientes de 4G/5G privado en este momento.

Otros sectores, como las redes ferroviarias y las estaciones, disponen a menudo de sistemas de cobertura celular o de acogida neutra para acceder a las redes celulares públicas, pero son poco comunes los sistemas privados específicos, más allá de

las redes ferroviarias GSM-R tradicionales para comunicaciones operativas críticas. (Futuras variantes de 5G como FRMCS cambiarán esto, pero aún faltan años).

Aunque es probable que haya cientos de aplicaciones en general, y se omiten algunas, como la informática de oficina general, por concisión, las siguientes son típicas de las aspiraciones de muchas empresas de estos sectores.

## Telemetría y control del estado del vehículo

Los vehículos modernos de transporte y logística generan enormes volúmenes de datos, procedentes de motores, baterías, transmisiones, ruedas, sistemas hidráulicos y sensores externos de temperatura, vibración y muchas otras variables. Esto se aplica por igual a grúas portuarias, buques portacontenedores y de pasajeros, locomotoras de tren, camiones y, sobre todo, aviones.

Los datos se utilizan para múltiples fines, desde el mantenimiento preventivo (detectando problemas incipientes antes que se produzcan) hasta el mantenimiento obligatorio de registros. Algunos datos se utilizan inmediatamente por razones operativas, mientras que otros se emplean para optimizar el rendimiento, reducir el consumo de energía, mejorar las prácticas de mantenimiento y alimentar los "gemelos digitales" (consúltelo más adelante).

Los trenes y aviones pueden necesitar una carga rápida por lotes de datos telemétricos cuando llegan a una estación o se detienen en la terminal de un aeropuerto, quizá sólo durante unos minutos. Es posible que los gigabytes o terabytes deban transferirse en un breve periodo de tiempo, sin interrupciones por la congestión del wifi o la contención por el uso de redes celulares públicas.

**Disruptive Analysis**  
© 2022

Nuevas aplicaciones de logística y transporte gracias a la conectividad

<b>Telemetría de vehículos</b> Datos de sensores y video de camiones, grúas, etc.	<b>AGV y control remoto</b> Vehículos automáticos o teledirigidos	<b>RA/VR</b> Realidad aumentada y virtual
<b>Sistemas de automatización</b> Control de almacenes y sistemas de patio	<b>Robótica</b> Robots de almacén	<b>Descargas de software</b> Actualización de sistemas informáticos durante la logística/entrega
<b>Metrología</b> Sistemas de inspección y medición	<b>Ubicación</b> Localización y posicionamiento	<b>Seguridad de los trabajadores</b> Funciones de proximidad y parada de seguridad
<b>Redes de todo el sitio</b> Comunicaciones del personal y acceso a Internet/la nube	<b>Gemelos digitales</b> Datos de sensores y modelos de planta virtual	<b>Videovigilancia</b> Seguridad de los sitios

± drones + 100s más

Marzo 2022 | Copyright Disruptive Analysis Ltd 2022

Aunque algunos datos telemétricos tendrán que transitar por redes públicas 4G/5G celulares o por satélite (por ejemplo, camiones en la carretera o barcos en el océano), una gran cantidad se generará o enviará "dentro del recinto" en puertos, aeropuertos, centros logísticos y otros entornos de propiedad privada. El uso del 5G privado será un importante habilitador para este tipo de aplicaciones.

## Vehículos automatizados o teledirigidos (AGV y teleoperación)

Para desplazar contenedores, paquetes o materiales, ya sea en el interior de edificios de almacenes o en lugares más amplios, como puertos, se utilizan distintos tipos de vehículos móviles y sistemas de manipulación de materiales in situ y localizados. En el interior de los edificios, los vehículos de guiado automático o AGV suelen seguir recorridos específicos y desplazarse bastante despacio por razones de seguridad, separados de los trabajadores humanos. Para zonas exteriores más grandes, como puertos de contenedores, se utilizan unidades móviles mucho más grandes. Las grúas pórtico sobre raíles (RMG) se desplazan por el muelle sobre raíles, mientras que las grúas pórtico sobre neumáticos (RTG) tienen un mayor radio de movimiento en los patios de contenedores.

Se está produciendo un cambio significativo hacia el control remoto o la automatización total de los vehículos autoguiados (AGV) y las grúas. Esto reduce los riesgos de fatiga de los trabajadores, elimina los peligros para la seguridad y facilita los retos de contratación. Utilizan cámaras conectadas (a veces diez o más), además de otros sensores como LiDAR, para analizar su entorno, especialmente para su uso seguro en los mismos espacios que los operadores humanos.



En el futuro, también es probable que los aeropuertos recurran más a remolcadores, tractores de carga y carros portaequipajes automatizados. Algunos ya están controlados a distancia por operadores humanos en la rampa. Con cámaras de alta definición y redes suficientemente capaces, debería ser posible utilizar una torre de control centralizada para las teleoperaciones de un gran puerto o aeropuerto.

El 5G es una opción de conectividad ideal, ya que admite la carga confiable y de alta capacidad de video, así como el enlace descendente de baja latencia para las señales de control en zonas amplias, sobre todo porque la densidad de las cámaras y la altura de algunas grúas suponen un reto para la cobertura wifi. La futura capacidad URLLC (Ultrafiabilidad y baja latencia) permitirá una integración y supervisión más estrechas entre el perímetro y la nube, así como interacciones realizadas con precisión con otras máquinas como cintas transportadoras, sistemas de elevación o puntos de acoplamiento/carga eléctrica.

La importancia crítica y las implicaciones para la seguridad de este tipo de vehículos implicarán probablemente que las redes tengan que tener una cobertura solapada y redundante, en la que cada unidad tenga una buena conectividad con dos o más células.

## Procesos y capacitación en RA/RV

Algunos centros de transporte y logística son los primeros en adoptar la tecnología de realidad aumentada y virtual, un campo que también empieza a englobarse bajo el término "metaverso". Los cascos y lentes de realidad aumentada permiten al personal trabajar con las manos libres en tareas complejas como cargar vehículos o seleccionar los productos adecuados en las estanterías del almacén. Pueden ver los datos de identificación del envío, o ver las instrucciones de mantenimiento visualizadas en sus campos de visión, o consultar a expertos a distancia.

Además de las operaciones sobre el terreno, las aplicaciones XR son útiles para tareas administrativas como el desarrollo de productos y la capacitación. Los diseñadores pueden utilizar la RV para visualizar nuevos interiores de aviones o trenes. Las simulaciones pueden identificar el comportamiento de los pasajeros o el personal en nuevas terminales de aeropuerto o estaciones de ferrocarril. Una amplia variedad de tareas de capacitación pueden beneficiarse de las técnicas de RA/RV.

Aunque las conexiones wifi y por cable tienden a predominar para RA/RV en la actualidad, la conectividad 4G y 5G se está volviendo importante para escenarios al aire libre, o ciertas aplicaciones especializadas. La conectividad celular, así como wifi6/6E, también puede permitir la transmisión de RA en tiempo real, y

algunas tareas gráficas se descargan en recursos informáticos periféricos. Esto reduce la potencia de procesamiento necesaria en el propio auricular o tableta, lo que prolonga la duración de la batería o reduce el peso necesario. La transmisión de datos hápticos (táctiles/sensoriales) también requiere latencias bajas y altas velocidades de transmisión.

Aunque pocos auriculares XR integran chipsets 5G en la actualidad, pueden conectarse a un módem celular o a una pasarela móvil. Los diseños futuros pueden incluir opciones celulares, especialmente para uso empresarial.

## Sistemas de automatización

Además de vehículos móviles y robots, el núcleo de muchas instalaciones logísticas -especialmente almacenes y centros de distribución- es la automatización. Disponen de complejos sistemas de cintas transportadoras, sistemas de clasificación, contenedores de recogida y otros elementos. Sistemas automatizados similares funcionan en las zonas de manipulación de equipajes de los aeropuertos, o en algunas zonas de los puertos y redes ferroviarias.

Estos sistemas requieren aquí múltiples capas de computación y comunicaciones, desde el control de máquinas individuales que utilizan PLC (controladores lógicos programables), hasta cámaras y sensores de peso para identificar envíos concretos o clasificarlos por tipos.

Todo esto requiere conectividad, con requisitos de confiabilidad extremadamente altos, así como necesidades de latencia baja y a menudo determinista, es decir, predecible.

Aunque la fibra, el wifi y diversas soluciones inalámbricas patentadas se han utilizado ampliamente en el pasado, el 5G ofrece la posibilidad de una mayor flexibilidad o menores costos en el futuro. También puede funcionar mejor en entornos con muchos elementos metálicos y ruido electromecánico.

Dicho esto, los almacenes o puertos "solo 5G" son muy poco probables. La mayoría de los proveedores de sistemas de automatización trabajan con múltiples tipos de red, integrando la más adecuada para cada máquina y aplicación.

## Conectividad de inquilinos y pasajeros

Las empresas de transporte y logística pueden tener hasta tres "públicos" distintos para la conectividad:

- Sus propios empleados, sistemas y maquinaria.
- Público en general, especialmente como pasajeros.
- Otros inquilinos comerciales, como minoristas en estaciones de tren, empresas de transporte por carretera o de seguros en puertos, compañías aéreas y de catering en aeropuertos, etc.



Las dos segundas categorías convierten a los propietarios de los emplazamientos en operadores de red "semipúblicos". O bien tienen que proporcionar acceso in situ a los operadores nacionales de telefonía celular 4G/5G, o tal vez integrar a estos grupos en una red celular privada como algún tipo de servicio gestionado. Muchos utilizarán también wifi.

Algunos sitios como los almacenes pueden ser más sencillos, sin necesidad de tratar con grupos de terceros.

Los casos de uso de 4G/5G para "inquilinos y pasajeros" incluirán el uso típico de los teléfonos inteligentes por parte de los consumidores o aplicaciones empresariales utilizadas en esos sectores afines, como el comercio minorista o la hostelería.

Existe un amplio abanico de opciones tecnológicas para la cobertura en campus o interiores y la prestación de servicios inalámbricos de "host neutral" a los operadores de redes celulares. La cobertura celular en buques y aeronaves en mares o espacios aéreos internacionales plantea sus propios retos en materia de redes, que quedan fuera del ámbito de este libro electrónico.

## Robótica

Los robots, tanto "brazos" fijos como unidades móviles, se están adoptando en todo el sector del transporte y la logística. Según las definiciones, algunos de ellos se solapan con otras categorías, como los AGV (vehículos de guiado automático). Las tendencias incluyen:

- "Democratización" de los robots en más sectores de la industria, a medida que bajan los costos y mejoran las necesidades de automatización.
- La escasez de personal en muchos puestos (especialmente las que requieren un trabajo repetitivo y aburrido, o las operaciones en entornos peligrosos o sucios) está impulsando la adopción de robots.
- Los robots industriales están cada vez más interconectados e instrumentados, con sensores, cámaras y sistemas de retroalimentación adicionales, además de grandes flujos de datos y telemetría. Esto requiere conectividad en tiempo real.
- Cada vez mayor relevancia de los "cobots" o robots cooperativos, que trabajan junto con operadores humanos.
- Desarrollo en curso de la "robótica en la nube", para reducir la necesidad de costosos sistemas integrados de detección y cálculo en cada robot.

Los almacenes y centros de distribución están automatizándose especialmente. Por ejemplo, en el

comercio electrónico de consumo y la entrega, es necesario "recoger" varios artículos y combinarlos en paquetes mixtos para su envío. Algunos sitios utilizan estanterías y pasillos tradicionales con palets apilados o cajas grandes, mientras que otros tienen "contenedores" de productos más pequeños que pueden recogerse individualmente desde arriba con un robot.

Los envíos y entregas también deben cargarse y descargarse de camiones y contenedores, una tarea compleja dada la variación de tamaños, pesos y fragilidad, además de la necesidad que los conductores de reparto final puedan extraer paquetes individuales en cada parada de dirección.

Los puertos y aeropuertos también están adoptando una amplia gama de sistemas robóticos, tanto para interactuar con los pasajeros en las terminales como para ocuparse de las funciones operativas. Los casos de uso incluyen:

- Robots de atención al pasajero capaces de interactuar en varios idiomas, facilitar información sobre vuelos y puertas de embarque, guiar a los pasajeros por el aeropuerto hasta los mostradores de servicio, ayudar en la entrega de equipajes, etc.
- Mostradores de facturación móviles capaces de desplazarse automáticamente a zonas congestionadas, para reducir los tiempos de espera.
- Robots de limpieza
- Sistemas de carga y descarga de equipajes y contenedores de carga



Todo esto está impulsando la necesidad de más (y mejor) conectividad inalámbrica para la robótica. Una vez más, el 5G se considera un importante facilitador en muchos casos. La baja latencia y la alta confiabilidad son esenciales para evitar colisiones o permitir el control remoto en caso de problemas. Los almacenes individuales pueden tener miles de robots individuales, repartidos por instalaciones muy grandes, incluidas zonas al aire libre.

Además, la mejora de las capacidades de localización/posicionamiento de 5G es muy importante en los almacenes y también permite que la detección de proximidad entre humanos y robots móviles sea más precisa. El wifi también sigue siendo importante, y versiones posteriores como wifi6E y la futura wifi7 ayudarán, pero puede sufrir congestiones o interferencias en zonas con mucha carpintería metálica.

## Descargas masivas de software

Un nuevo caso de uso de 4G/5G en entornos logísticos es la gestión de las descargas de software en los productos de la cadena de suministro.

En particular, los autos y otros vehículos pueden recibir instalaciones de software personalizadas (o actualizaciones) relevantes para determinados países a su llegada. Por ejemplo, es habitual que haya enormes almacenes de vehículos junto a los puertos de embarque, quizás con miles de autos a la espera de ser entregados.

Los vehículos modernos, al igual que otros productos como los equipos industriales y la electrónica de consumo, pueden tener muchos gigabytes de software integrados en sus sistemas de control. Poder descargar actualizaciones "sobre el terreno" es enormemente útil. Sin embargo, esto puede requerir una capacidad de red considerable, a menudo en zonas exteriores con cobertura limitada de la red pública. La seguridad también es importante.

Las redes privadas 4G/5G ofrecen un mecanismo para este tipo de aplicaciones, sobre todo porque los vehículos suelen llevar módems y una fuente de alimentación integrados. Más allá de los autos, un planteamiento similar podría utilizarse en otros contextos de transporte, como la carga de contenidos en los sistemas de entretenimiento de los aviones o en los "maletines digitales" de los pilotos.

## Metrología

Metrología significa "el estudio de la medición". Es un término amplio que abarca una gran variedad de actividades y sistemas. Sin embargo, en entornos

industriales como el transporte, la logística y la ingeniería suele representar el uso de cámaras o láseres para medir (o inspeccionar) objetos.

En el contexto de este libro electrónico, los ejemplos más importantes de metrología se encuentran en las operaciones de producción y mantenimiento de aviones, trenes y otros vehículos que requieren ingeniería de precisión por motivos de confiabilidad y seguridad.

Por ejemplo, los aviones y sus motores se someten periódicamente a inspecciones para detectar pequeñas grietas u otros signos de posibles fallas. Esto suele hacerse en los grandes hangares de los grandes aeropuertos. Los barcos, locomotoras, camiones, autobuses y otros vehículos también tienen rigurosos regímenes de mantenimiento.

Otro campo de aplicación de la metrología es la logística y el almacenamiento, ya se trate de controles de calidad previos al envío, de la medición del tamaño de los paquetes para una carga eficiente o de casos de uso especializado, como la determinación de la temperatura de productos farmacéuticos y alimentos almacenados.

Algunos dispositivos de medición pueden realizar millones de lecturas por segundo, generando terabytes de datos al día. A esto hay que añadir las transmisiones de video "normales" con fines similares. Estos datos pueden aprovechar planteamientos mejorados por la inteligencia artificial para analizar patrones o detectar fallas que no son visibles para el ojo humano. Los sistemas de visión artificial in situ o en otro emplazamiento de la informática perimetral pueden analizar estos datos, idealmente en tiempo real.



Aunque algunos sistemas de metrología se conectan por cable a otras unidades, también existe la necesidad de portabilidad y movilidad. Estos equipos utilizan cada vez más redes inalámbricas de alto rendimiento y capacidad, sobre todo cuando se combinan con robots o drones. Es probable que el 5G desempeñe un papel importante en algunos entornos, especialmente en lugares difíciles de conectar con fibra.

## Localización y posicionamiento precisos de los activos

La localización de activos y el posicionamiento en tiempo real tienen numerosas aplicaciones en entornos logísticos y de transporte. Los robots y vehículos autoguiados tienen que localizar estanterías o depósitos específicos. También necesitan acoplarse con precisión a las estaciones de carga, registrar con precisión la ubicación de cualquier avería y garantizar distancias seguras con los trabajadores humanos.

Por ejemplo, es necesario rastrear y localizar activos aeroportuarios como cajas de envío de aluminio, carros de equipaje y calzos de ruedas, así como otros activos como carros de equipaje que se desplazan con frecuencia.

Requisitos similares se dan en estaciones de ferrocarril, puertos, centros logísticos y otros emplazamientos similares.

Un posicionamiento preciso puede mejorar la productividad y la utilización de los activos, así como reducir los riesgos de robo mediante la "geovalla" dentro de unos límites especificados. Las tecnologías de seguimiento también contribuyen al mantenimiento preventivo, al garantizar que los artículos se almacenan en los lugares correctos.

Ya es posible utilizar diversas tecnologías inalámbricas (incluidos los despliegues privados de 4G NB- IoT) para el seguimiento de activos, pero el posicionamiento en tiempo real, especialmente en interiores, es difícil.

Las versiones posteriores del 5G, especialmente la versión 17 del 3GPP en adelante, permitirán un seguimiento de la ubicación de gran precisión, con un posicionamiento a escala centimétrica. En una red privada bien diseñada, esto tendría múltiples usos en hangares y terminales de aviación, centros de distribución y otros lugares. La conexión de redes privadas y públicas también podría permitir a los pasajeros seguir el rastro de sus maletas, o a particulares y empresas localizar envíos y entregas de paquetes.

## Sistemas de seguridad para los trabajadores

Una aplicación clave de las redes privadas en el transporte, la logística u otros entornos industriales es permitir a las empresas mantener la seguridad de los trabajadores de forma más eficaz. Esto es importante por razones de reputación, cumplimiento, responsabilidad y otras. Hay una serie de elementos que requieren una buena conectividad:

- ▶ Cámaras de video y análisis utilizados para garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad (por ejemplo, el uso de gorros de seguridad y chamarras de alta visibilidad), o para observar activamente situaciones peligrosas.
- ▶ Sistemas de detección de proximidad y vallas virtuales, que pueden mantener a los robots o vehículos autónomos alejados de los trabajadores humanos.
- ▶ Supervisión en tiempo real de la salud de los trabajadores (control de la frecuencia cardíaca, detección de caídas, etc.), especialmente en las zonas más peligrosas de una obra (por ejemplo, depósitos de combustible o de ferrocarril), o para trabajadores en solitario.
- ▶ Botones de parada de seguridad confiables y conectados de forma inalámbrica: se utilizan para detener los sistemas automatizados si un trabajador está en peligro.

Dependiendo del sitio específico, estas funciones pueden ser necesarias tanto en el interior de edificios como almacenes, como en el exterior de muelles o rampas de aeropuertos, e incluso en zonas subterráneas o en el interior de vehículos.



Ya se pueden adquirir "prendas de trabajo inteligentes", como cascos o chamarras, con radios móviles incorporadas.

El 4G/5G privado permite una conectividad confiable, con cobertura personalizada y garantía de tiempo de actividad que sería difícil obtener de las redes públicas, y en lugares a los que sería difícil llegar con wifi.

## Redes y comunicaciones de personal en toda la empresa

Los puertos, aeropuertos y centros logísticos abarcan zonas de hasta 10 km de ancho. Muchos tienen sus propias redes de carreteras, así como zonas abiertas que pueden abarcar largas distancias a través de pistas de aterrizaje o muelles. Algunos sectores del transporte, como los ferrocarriles y las redes de carreteras, obviamente abarcan distancias aún mayores. El personal, los activos y los vehículos pueden estar alejados del centro de operaciones y necesitan estar localizables y controlados en tiempo real.

En estos lugares, es esencial disponer de redes que abarquen todo el recinto (o "campus") y cubran tanto las zonas exteriores como las interiores. A menudo, una parte o la totalidad del recinto está mal cubierta por las redes celulares públicas.

Se necesita una conectividad confiable en todo el sitio para diversas aplicaciones y funciones de servicio, como:

- Seguimiento/localización de activos
- "Conciencia situacional" de cuestiones medioambientales como el estado del tiempo
- Control de vehículos en todo el recinto
- Cámaras de seguridad, sistemas de detección de intrusos, alarmas, etc.
- Conectividad general de TI, Internet y la nube para los dispositivos portátiles y smartphones de los empleados in situ.
- Comunicaciones críticas para el personal, como voz o video pulsar para hablar (PTT), sistemas de alerta y diversas formas de colaboración y "comunicaciones unificadas".
- Pasarelas y concentradores utilizados para conectar grupos de cámaras, sensores y otros dispositivos.
- Coordinación localizada entre múltiples organizaciones, como la tripulación de conexión, las compañías de combustible, los manipuladores de equipajes, el personal de catering y los limpiadores que "dan la vuelta" a un avión en 20-30 minutos.

Las redes celulares 4G/5G son más flexibles que las radios VHF tradicionales o los sistemas PMR (radio móvil privada) y admiten aplicaciones de datos con una capacidad mucho mayor. El wifi puede utilizarse en emplazamientos pequeños, como ferrocarriles,



pero es menos viable para las instalaciones más grandes. La posibilidad de emitir tarjetas SIM privadas para el personal correspondiente, o contratistas y proveedores, permite crear fácilmente "grupos cerrados de usuarios".

## Sistemas de videovigilancia

Los sectores del transporte y la logística tienen grandes necesidades de videovigilancia, así como de análisis basados en video con fines operativos. Lugares como los puertos, almacenes y aeropuertos tienen necesidades críticas de vigilancia de riesgos para la seguridad y la protección, como amenazas terroristas, incendios, intrusiones y robos u otras actividades ilegales, potencialmente en grandes extensiones de terreno, tanto en interiores como en exteriores. Tanto la vigilancia perimetral como el video local de las zonas más sensibles, como la manipulación de equipajes, son esenciales.

Algunos subsectores, como la fabricación aeronáutica y la construcción naval, afrontan riesgos adicionales de actores geopolíticos o espionaje.

La conectividad inalámbrica con 4G y 5G permite una capacidad adicional para imágenes de alta resolución, así como una latencia reducida. Cada vez más, las cámaras se conectan a activos móviles como vehículos, robots y drones, lo que obviamente requiere acceso inalámbrico. Aunque la mayoría de las cámaras necesitan cableado para el suministro eléctrico, incluso las unidades cableadas pueden conectarse a un concentrador o pasarela habilitados para 5G.



Con el tiempo, la computación perimetral combinado con la visión artificial permitirá una mayor automatización, así como la alerta inmediata de anomalías.

## Otros casos de uso

Hay muchos otros casos de uso de redes privadas y 5G en el transporte y la logística. Algunos serán muy específicos de cada sector. Algunos ejemplos son:

- Los drones se utilizan para diversas tareas, desde la entrega de documentación a los buques que esperan entrar en el muelle hasta la inspección de las existencias de materiales fuera de los almacenes. Algunos utilizarán conexiones 5G para la transmisión de video o el control.
- Acceso inalámbrico fijo desde edificios centrales a otras ubicaciones remotas en grandes emplazamientos, como casetas de vigilancia, hangares o unidades de almacenamiento.
- Redes celulares privadas desplegadas en barcos o en el interior de aviones.
- Tareas de señalización ferroviaria y señalización de vías férreas, incluido el cumplimiento de las necesidades de seguridad específicas del sector.
- Gestión y mantenimiento de carreteras (por ejemplo, conexión de sensores de hielo y niebla)
- Sensores de vigilancia ambiental (por ejemplo, de la contaminación del aire o el agua) en torno a puertos y aeropuertos.



# ¿Por qué implantar redes privadas?

La segunda pregunta antes mencionada es el núcleo de este informe. ¿Por qué estos casos de uso se adaptan mejor al 4G/5G privado que a los servicios de red pública de los ORM?

Hay cinco razones de primer nivel que el análisis disruptivo utiliza para analizar el 5G privado:

- > Cobertura
- > Control
- > Costo
- > Integración en la nube
- > Compensación (o monetización)

En las secciones siguientes se describen con más detalle, tal y como se aplican a los sectores típicos de la logística y el transporte.

## Cobertura

Una de las principales razones para utilizar los servicios 4G/5G privados, en lugar de los públicos de los operadores de redes celulares, son las limitaciones de la cobertura de red. Los ORM tienden a desplegar activos de red en zonas con alta densidad de población o a lo largo de carreteras principales. (A menudo, sus condiciones de licencia del espectro estipulan requisitos de cobertura en materia de población residente.)

Sin embargo, los puertos y los almacenes suelen estar alejados de los grandes núcleos de población y de las zonas residenciales/distritos empresariales habituales. Por eso, las instalaciones de muchas empresas de transporte y logística suelen tener una cobertura relativamente escasa. Incluso donde la cobertura pública es bastante buena -como los aeropuertos- la mayor parte de la planeación de la RAN se centrará en la pista y terminales para pasajeros, en lugar de mantenimiento y otras partes operativas de la zona más amplia del aeródromo.

Además, la cobertura en el interior de los edificios es especialmente escasa en el caso de los almacenes, dado el uso habitual de metal y hormigón en la construcción, el menor número de ventanas en comparación con otros emplazamientos y las diversas formas de apantallamiento y carpintería metálica interna. En los aeropuertos, la manipulación de equipajes y otras funciones de servicio pueden ser subterráneos, mientras que los puertos pueden necesitar una buena cobertura inalámbrica para extenderse sobre extensiones de agua.



Disruptive Analysis  
DART Academy

### Demanda: Las 5 C de la telefonía celular



■ Motivo principal del transporte y la logística

Abril 2022 | Copyright Disruptive Analysis Ltd 2022

## Control

Junto con la cobertura, es el aspecto más importante de las redes privadas para la mayoría de las empresas de transporte y logística. Muchas empresas, especialmente puertos, aeropuertos y los centros logísticos/de distribución automatizados, tienen unos costos extremadamente elevados de cualquier tiempo de inactividad, además de ser muy protectores de la seguridad de la red y de los problemas de seguridad.

Poseer y operar sistemas inalámbricos 4G/5G permite a las empresas definir y optimizar por sí mismas muchos parámetros de la red, asumiendo la responsabilidad directa de la calidad de servicio, la confiabilidad, el rendimiento y la elaboración de informes. Por ejemplo, varios puertos gestionan emplazamientos celulares "totalmente redundantes", en los que cualquier torre individual puede quedar fuera de servicio, pero se mantiene una cobertura y un funcionamiento completos en todo el emplazamiento. Los centros de mantenimiento de aviación, que hacen un uso intensivo del enlace ascendente de video desde los sistemas de inspección por video y metrología, pueden configurar las radios localmente para reflejar el equilibrio del tránsito.

Las redes privadas también significan que las empresas pueden elegir sus propios mecanismos de redundancia y ciberseguridad, ajustándose a las mejores prácticas y normativas específicas del sector. Esto es especialmente importante en ámbitos como el ferroviario, donde existe una larga historia de normas y planteamientos de cumplimiento únicos.

A más largo plazo, algunos de estos sectores podrían adquirir una "porción" personalizada de una red 5G de un operador de celular público a través de diversos canales.

API y capacidades de "exposición a la red", pero este sigue siendo un modelo no probado y solo estará plenamente disponible cuando se generalicen las futuras versiones de la tecnología 5G (versiones de 3GPP 17/18).

También puede ser necesario integrar el dominio celular privado con otros sistemas de conectividad, como los siguientes como PMR/LMR para situaciones críticas o con instalaciones wifi ya existentes. La complejidad añadida y los requisitos de personalización pueden

significar que los operadores públicos de redes 5G no son aptos para esas tareas.

## Costo (y evitación de riesgos)

Tradicionalmente, las empresas de transporte y logística han hecho un uso relativamente limitado de las redes públicas 4G/5G para uso in situ, más allá de las flotas de vehículos, que requieren conectividad in situ y externa, o de las terminales de pasajeros, que han necesitado una buena cobertura de los operadores de redes celulares.

Sin embargo, a menudo han utilizado otros sistemas de radio caros y patentados (y a veces casi obsoletos) para comunicaciones "pulsar para hablar" o conectividad de datos de baja velocidad. Las redes 4G/5G privadas pueden reducir los costos de propiedad y aumentar el caudal de datos para nuevas aplicaciones. Otros posibles ahorros de costos de la telefonía celular privada están relacionados con la reducción de la necesidad de nuevos tendidos de fibra, especialmente para cámaras de seguridad perimetrales o dispositivos del IdC en lugares inaccesibles como tejados.

Los cálculos de costos más complejos pueden llegar en el futuro, cuando los ORM intenten vender servicios 5G gestionados (quizá en forma de "porciones de red") a las empresas de este sector. Estos servicios competirán esencialmente con las ofertas de telefonía celular privada, aunque es probable que haya varios híbridos. De hecho, algunos operadores de redes celulares venden ahora soluciones 4G/5G in situ como redes privadas.

## Nube

Mientras que algunos subsectores, como el ferroviario, se muestran "conservadores" en cuanto a la adopción de tecnologías en la nube, otros, como el logístico, demuestran un vínculo creciente entre las plataformas inalámbricas privadas y en la nube. El punto de intersección





suele implicar el uso de computación perimetral local o casi local. (En particular, Amazon opera sus propios almacenes de distribución, junto con sus servicios en la nube AWS, y ahora sus propias capacidades 5G privadas.)

Aquí hay dos tendencias vinculadas:

- Las redes privadas se habilitan directamente mediante servidores periféricos, que pueden albergar elementos de software como núcleos de red, suministrados mediante virtualización y contenedores. Los centros de transporte son lugares ideales para los nodos de computación perimetral, tanto para sus propios fines como, en términos más generales, porque suelen disponer de un amplio disponibilidad de energía, fibra backhaul y buena seguridad.
- Muchas de las aplicaciones analizadas en este eBook como casos de uso privado de 4G/5G para transporte/logística podrían aprovechar los servidores perimetrales. El análisis de video, la robótica, los vehículos teledirigidos, la supervisión del IdC, el mantenimiento preventivo y los "gemelos digitales" son buenos ejemplos.

En los próximos años, es probable que se produzca una integración aún mayor con las redes privadas y los requisitos de la nube perimetral en los sectores del transporte y la logística.

El énfasis creciente en la automatización y la ciberseguridad impulsará la necesidad de redes inalámbricas mejores (y más resistentes) para los emplazamientos de infraestructuras críticas, a menudo también con una nube/computación "soberana" in situ.

## Compensación/monetización

Algunos de los sectores del transporte aquí contemplados, como los aeropuertos, pueden monetizar directamente la 4G/5G privada ofreciendo servicios de conectividad a inquilinos in situ como aerolíneas, empresas de catering y otros. El aeropuerto de Heathrow en el Reino Unido, por ejemplo, tiene su propia unidad de negocio de telecomunicaciones comerciales, gestionada conjuntamente con el grupo industrial SITA.

También existen redes privadas de telefonía celular en algunos barcos y aviones, que venden servicios de acceso o itinerancia a sus pasajeros.

En el futuro, las redes privadas en los emplazamientos de transporte también podrán ofrecer funciones de anfitrión neutral a los ORM públicos, esencialmente "cobertura como servicio".

# Opciones y tendencias del espectro



## Visión general

Un ingrediente clave para las redes privadas del sector del transporte y la logística es el acceso a un espectro adecuado para los despliegues privados de 4G/5G. Las decisiones y tendencias en este ámbito implican una amplia gama de compromisos en términos de cobertura, capacidad, costo, disponibilidad de dispositivos... y también de política y regulación.

También está directamente relacionado con la importancia y el potencial de las redes privadas "puras" gestionadas por empresas o especialistas, frente a las que se prestan como un servicio gestionado por una empresa de telecomunicaciones que explota principalmente redes 4G/5G públicas.

Aunque la mayor parte del espectro apto para redes celulares se ha adjudicado en régimen de exclusividad regional/nacional a los operadores públicos de telefonía celular (ORM), algunos sectores del transporte, como el ferroviario y el aéreo, han tenido acceso a determinadas bandas dedicadas por razones operativas. Junto con los servicios públicos, el transporte suele considerarse una "infraestructura nacional crítica" y las autoridades reguladoras lo tratan de forma diferente a sectores comerciales como la industria, la logística o las autoridades locales de tránsito. Históricamente, estos últimos grupos han tenido mucho menos acceso directo a las bandas celulares principales sin acuerdos de arrendamiento extraños y complejos.

Esta situación está cambiando rápidamente, ya que

varios reguladores nacionales ofrecen licencias locales o diversas formas de espectro compartido, y las empresas de dispositivos y chips también empiezan a apoyarlas. Como ya se ha dicho, los ORM también están cada vez más abiertos a una serie de nuevos modelos de participación, incluida la creación de redes para campus privados desacopladas de su infraestructura principal macro RAN y core.

Para las redes privadas de los sectores del transporte y la logística existen, en líneas generales, tres opciones de espectro:

- **Banda baja:** A veces se dispone de finas porciones de espectro por debajo de <1GHz, buenas para cubrir amplias zonas, pero de baja capacidad. Estas opciones suelen ser las más adecuadas para comunicaciones críticas (como pulsar para hablar) o sistemas de control y datos de sensores de banda estrecha. Son ideales para redes de carreteras y ferrocarriles, así como para emplazamientos muy grandes, como aeropuertos y puertos.
- **Banda media:** Para cobertura en interiores y en todo el campus, adecuada para almacenes, terminales de pasajeros, estaciones y hangares, el espectro de banda media entre 2-6 GHz suele ser óptimo. Aquí es donde se están produciendo actualmente la mayoría de aplicaciones de 4G/5G privadas.
- **Bandas de ondas milimétricas:** Típicamente en el rango 26-60 GHz, las bandas más altas son objeto de un amplio debate para 5G pero aún poco comunes, aunque en el futuro pueden resultar especialmente útiles para aplicaciones muy concentradas que requieran un enorme ancho de banda. El "margen" adicional también facilita la creación de redes de latencia ultrabaja. Algunos sistemas de cobertura en interiores para aeropuertos utilizan las ondas milimétricas.



En las secciones siguientes se ofrecen más detalles sobre algunas de las bandas específicas disponibles en todo el mundo.

### CBRS y otras opciones de banda media

Cada vez son más los países que ponen a disposición de las empresas y organizaciones de transporte y logística secciones del espectro de banda media para cobertura específica o regional. Por lo general, esto se basa en alguna forma de espectro compartido, con licencias manuales o basadas en bases de datos para zonas específicas y derechos de banda. Sectores como el portuario y el de almacenamiento y logística han sido algunos de los que más han convencido a gobiernos y reguladores de los beneficios económicos potenciales.

Entre los ejemplos más importantes se encuentran:

- **EE. UU. :** En este país, la banda CBRS de 3.55-3.7 GHz está disponible de forma compartida y escalonada, con acceso dinámico gestionado por varios proveedores automatizados de SAS (Sistema de Acceso al Espectro). El nivel superior de usuarios tradicionales (sobre todo la Marina) tiene derechos preferentes, pero varias empresas, entre ellas John Deere, han adquirido PAL (Licencias de Acceso Prioritario), que dan acceso casi garantizado a secciones de la banda por zonas. Esto es muy adecuado para redes privadas y puede complementarse utilizando el nivel GAA (acceso general autorizado) bajo demanda. En la actualidad solo hay equipos 4G LTE disponibles para su uso con CBRS, pero es probable que se amplíe a productos 5G en los próximos uno o dos años. Esta banda ya ha atraído a un gran ecosistema y es probablemente la más cercana al "espectro bajo demanda" y a la amplia democratización de las redes privadas.
- **Alemania:** La banda de 3.7-3.8 GHz se ha reservado para la concesión de licencias de redes privadas localizadas, ya sea con infraestructura 4G o 5G. Los licenciatarios pueden solicitar derechos para ubicaciones específicas del regulador nacional, normalmente para instalaciones del tamaño de un campus. Las empresas manufactureras, especialmente de los sectores de la automoción y la ingeniería, han sido de las más entusiastas a la hora de acogerlas.

- **Francia:** Una sección de 40 MHz de la banda de 2.6 GHz se pone a disposición de las comunicaciones críticas. y el uso industrial de la banda ancha. Aunque los usuarios iniciales eran en su mayoría organizaciones de "infraestructuras" como aeropuertos y ferrocarriles, se ha producido un desplazamiento hacia la industria manufacturera durante 2021 y principios de 2022. Además, algunas de las licencias de banda media 5G de 3.4 a 3.8 GHz de los operadores de redes celulares tienen mandatos reglamentarios de cooperación con empresas en redes privadas.
- **Reino Unido:** La banda de 3,8-4,2 GHz está disponible para el uso local de 5G, siempre que se proteja a los titulares de licencias. También hay pequeñas asignaciones en 1.8 GHz (la banda de guarda original de DECT) y 2.3 GHz. Los operadores públicos, como EE y Vodafone, también están trabajando en despliegues de redes privadas localizadas, incluso para el sector manufacturero.
- **Japón:** Hay espectro disponible entre 4.6 y 4.9 GHz para 5G local.
- **Taiwán:** Hay espectro disponible en la banda de 4.8 GHz para 5G privado.

Otros países europeos y el organismo consultivo de la UE RSPG también han sugerido la banda de 3.8-4.2 GHz para un futuro uso compartido/empresarial. Muchos otros países, como España, India y Arabia Saudí, están llevando a cabo iniciativas reguladoras o consultas sobre opciones de banda media adecuadas para la industria.

En otros mercados existe la posibilidad de arrendar localmente el espectro nacional asignado a los ORM (por ejemplo, en Australia, Suecia y Dinamarca), o que los operadores regionales especializados en redes industriales obtengan licencias ordinarias en zonas poco pobladas (por ejemplo, en partes de Canadá).

La principal excepción es probablemente China, que aún tiende a favorecer la concesión de licencias nacionales a los ORM.

También cabe destacar la posibilidad de utilizar bandas sin licencia de 2.4 GHz, 5 GHz y, cada vez más, 6 GHz para el 4G/5G privado, aunque la falta de protección contra interferencias puede limitar el alcance de las aplicaciones críticas.

## Opciones por debajo de 1 GHz

El espectro de banda baja solo tiene una relevancia limitada para la logística, pero es muy adecuado para las comunicaciones privadas de área extensa en los sectores ferroviario o de carreteras. Su buena propagación en interiores/subterráneos también puede ser útil para IoT y comunicaciones de voz de misión crítica, en algunos casos como aeropuertos.

Varios mercados han puesto estas bandas a su disposición.

- **EE. UU.:** Tras una resolución de la FCC en 2020, varios titulares de licencias tienen acceso al espectro de 900 MHz, con 6 MHz para uso de banda ancha y 4 MHz para banda estrecha. Específicamente, uno de los principales titulares del espectro, Anterix, colabora con varios servicios públicos locales para crear infraestructuras adecuadas. No está claro si se extendería también al sector manufacturero.

- **Noruega:** Varias empresas petroleras y de servicios públicos disponen de espectro de 700 MHz y 900 MHz para redes privadas en alta mar, aunque también puede ser relevante para determinados fabricantes especializados en el sector energético.

También es posible utilizar versiones IoT de banda estrecha de 4G (NB-IoT y LTE Cat-M) en las distintas asignaciones de sub-GHz, con o sin licencia.

## Ondas milimétricas

Varios países, entre ellos Alemania, Reino Unido, Finlandia, Malasia y Japón, han puesto a disposición para uso local espectro de 26 GHz, 28 GHz u otras bandas altas. En los Estados Unidos, Italia y Corea del Sur, algunos operadores de redes celulares también están estudiando oportunidades en torno a las redes privadas de ondas milimétricas. Se trata sobre todo de emplazamientos en interiores o en campus, como almacenes y minas, así como zonas de alta densidad de pasajeros, como las terminales de los aeropuertos. Sin embargo, también hay potencial en zonas como puertos y depósitos ferroviarios.

Los casos clave son el uso local de alta capacidad, como como vehículos teledirigidos o cámaras de alta definición, especialmente cuando se montan en vehículos, grúas o robots.



Disruptive Analysis

Don't Assume

## Lanzamiento de nuevas bandas espectrales para 4G/5G no públicas



Marzo 2021  
Copyright |

# Conclusión y futuro a largo plazo

El sector del transporte y la logística ya es uno de los líderes de la adopción generalizada de redes celulares privadas. Mezcla los primeros sectores que requieren "comunicaciones críticas" con usos más avanzados de 4G/5G privado en el ámbito de la conectividad del IdC/TO (tecnología operativa).



Entre los defensores más acérrimos de la tecnología celular privada se encuentran los puertos y aeropuertos, que combinan múltiples usos de alto valor en campus de tamaño medio, con altos niveles de la habilidad técnica existente y del uso de la conectividad inalámbrica. Muchas de las funciones más valiosas tienen lugar en exteriores, donde el wifi y la fibra son malas alternativas.

Los almacenes y centros de distribución modernos constituyen otra categoría en la que la tecnología 4G/5G privada se ha adoptado rápidamente, ayudada por los altos niveles de automatización y una explosión de nuevas instalaciones en el auge del comercio electrónico y la entrega, diseñadas desde cero en torno a robots y sistemas del IdC.

Aunque este informe se ha centrado en los aspectos radioeléctricos de la 4G/5G privada, es importante reconocer que el ecosistema más amplio, desde las redes centrales hasta la informática perimetral y los sistemas de planeación/diseño/pruebas, está evolucionando a la par, junto con una enorme gama de integradores de sistemas y especialistas verticales.

La madurez de la tecnología 5G de nivel empresarial es cada vez mayor, especialmente con las funciones relacionadas con el transporte de la versión 16/17/18 del 3GPP. Junto con la disponibilidad de espectro local o específico, debería haber un sano dinamismo continuado durante muchos años. Para

2025 puede haber miles de redes privadas en el transporte y la logística, y quizá decenas de miles.

Además, aunque las instalaciones logísticas y de almacenamiento nuevas pueden ser "primarias 5G", en la mayoría de los casos habrá instalaciones importantes de otras tecnologías de red. Los puertos, aeropuertos, estaciones de ferrocarril y organizaciones similares mantendrán una compleja gama de tecnologías de red e inalámbricas para diferentes fines, desde la conectividad wifi para los pasajeros hasta sistemas de radar y protocolos específicos de control del tránsito de trenes/aéreo. También habrá muchos proveedores tradicionales, como empresas de sistemas de aviación o de fabricación de trenes, que a menudo actuarán como canales o integradores de sistemas de conectividad (a menudo de marca propia). El sector del 5G tiene que adaptarse a estos proveedores tradicionales o moverse en torno a ellos.

**Tabla:** Ejemplos de despliegues/pruebas de transporte/logística privada 4G/5G

Empresa	País	Sector/finalidad	Espectro/Propietario
Puerto de Southampton	Reino Unido	Cobertura del transporte/almacenamiento de automóviles	Local compartido 3.4-3.8 GHz
Aeropuerto de Heathrow	Reino Unido	Vehículos de rampa y otros usos	3.5 GHz (banda 3UK)
Aeropuerto de Bruselas	Bélgica	Muchos usos: cámaras de seguridad, IdC, control de drones, vehículos automatizados, etc.	3.5 GHz (LTE + 5G)
Aeropuerto CDG de París	Francia	Comunicaciones de voz y datos en grupo en la puerta de embarque para la rotación de aeronaves. También uso en hangar	Pruebas LTE + 5G a 2.6 GHz
Lufthansa Technik	Alemania	Mantenimiento de motores a reacción/inspección a distancia	Banda privada 5G de 3.7 GHz
Londres St Pancras Stn	Reino Unido	Monitorización del estado del IdC en estaciones ferroviarias	3.8-4.2 GHz 5G
Centros de distribución de Amazon	Reino Unido	Control de camiones/cámaras fuera del almacén de Amazon	CBRS LTE privado
Ferrovial/Silvertown Tnl	Polonia	Automatización de la construcción de túneles de carretera/datos	3.8-4.2 GHz 5G privado
Tokyu Railways	Japón	Prueba de cámaras 5G + IA para la detección de anomalías en las vías + plataforma para el cierre seguro de puertas	Se cree que será la banda local 5G de 4.6-4.9 GHz
Puerto de HaminaKotka	Finlandia	Vídeo y análisis, vehículos, PTT para trabajadores, etc.	LTE privado a 2.6 GHz
Puerto de Rotterdam	Países Bajos	Vehículos de manipulación de contenedores	3.7-3,8 GHz LTE local
Saab	Suecia	Fabricación aeroespacial con IdC	1.8 GHz LTE, 3.7 GHz 5G
Zyter	EE. UU.	Sistema de almacén inteligente, con AGV, RA/RV, gemelo digital y sensores del IdC	LTE CBRS privado
Ondas Networks	EE. UU.	Comunicaciones críticas para los ferrocarriles de clase 1	LTE privado de 900 MHz

Fuente: *Análisis disruptivo*



**iBwave**

[www.ibwave.com](http://www.ibwave.com)