



Universidad del CEMA

Maestría en Dirección de Empresas

Los operadores móviles y la Industria 4.0

Trabajo final

Autor: *Gerardo Gruszka*

Tutor: *Alfredo Roisenzvit*

5 de noviembre de 2021

Este trabajo, y todo lo que soy, es dedicado a mi esposa, Daniela, y a mi hija, Olivia. Gracias por acompañarme y sostenerme durante el desafío que significó realizar una maestría en plena pandemia. ¡Papá vuelve a casa!

A mis padres y primeros maestros, Alicia y Bernardo, por su ejemplo, aliento y consejos.

A mi hermanita Lau. Ya volveremos a estar juntos. Mientras tanto, te veré, todas las noches, en ese instante justo antes de dormir.

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo de mi tutor, Alfredo Roisenzvit, y la paciente labor editorial de Telma Souto. Gracias por enseñarme a perseguir la “belleza de lo simple”.

También agradezco al cuerpo docente y administrativo de la Universidad del CEMA, no sólo por su calidad profesional sino también por su calidez y contención durante estos dos años de estudio.

Mi último agradecimiento es para mis compañeros de la comisión MADE 2021 por las incontables horas dedicadas, materia tras materia y caso tras caso, a la búsqueda de esas semillas de conocimiento que fuimos descubriendo durante cada uno de nuestros encuentros.

Resumen

Las redes móviles han permitido la comunicación personal desde fines del siglo pasado. Con cada evolución, hemos sumado un mayor número de actividades que antes requerían nuestra presencia en alguna oficina o utilizar un dispositivo físicamente anclado en un lugar, más hoy en día, gran parte de nuestra vida cotidiana gira en torno a los teléfonos inteligentes y la tendencia lleva a profundizar este hábito. La continua evolución de las redes móviles expande nuestras capacidades hacia un dominio distinto al individual. Con los avances en inteligencia artificial, el internet de las cosas y los sistemas ciberfísicos, surge la necesidad de interconectar no solo personas, sino también objetos capaces de brindar información o de interactuar con su entorno. Estas tecnologías son habilitadoras de la cuarta revolución industrial, que posibilita el surgimiento de fábricas inteligentes, minería remota y automóviles autónomos, por nombrar algunos ejemplos. Toda esa información, generada desde los más diversos dispositivos, necesita nuevas redes inalámbricas de muy alta capacidad, pero, sobre todo, con una alta flexibilidad para adaptarse a los más variados casos de uso.

Palabras clave: redes celulares, redes privadas, transformación digital, cuarta revolución industrial, industria 4.0, industria móvil

Tabla de contenido

1.	Introducción	1
2.	Objetivo general	3
3.	Desarrollo del tema	4
3.1.	Transformación digital e Industria 4.0	4
3.2.	Las necesidades de las industrias	6
3.2.1.	Desafíos de la convergencia IT/OT	7
3.2.1.1.	La digitalización	7
3.2.1.2.	La mejora de procesos	7
3.2.1.3.	Productividad	10
3.2.1.4.	Sobre la seguridad	12
3.2.1.5.	El desafío organizacional	14
3.3.	La industria de las redes móviles	16
3.3.1.	Impacto de la industria móvil en Latinoamérica y la Argentina	19
3.4.	Redes privadas celulares	22
3.4.1.	El mercado de las redes privadas	25
3.4.2.	Redes privadas, industria móvil y las cinco fuerzas de Porter	27
3.5.	Las redes privadas y el operador telco	32

3.5.1. Redes privadas y modelos de negocio para las telco	34
3.5.2. La “convergencia OT/IT” de la telco	41
Conclusión	45
Referencias	46
Anexo	56
Evolución de las redes celulares	56

1. Introducción

Eran los principios de la década de 2010 y Alan Seery, por entonces jefe de Estrategia de Infraestructura y Comunicaciones de *Rio Tinto Group*, estaba en la mina de hierro en Pilbara¹, noroeste de Australia, buscando entender por qué los camiones autónomos comenzaron, misteriosamente, a dejar de funcionar.

Habiendo examinado los sistemas de comunicaciones existentes, había contado seis diferentes tecnologías de comunicación que soportaban nueve redes desde la cima de una colina. Luego de una extensa investigación, se descubrió que un contratista había puesto en servicio un nuevo enlace WiFi para interconectar dos edificios. La interferencia causada por este enlace había impactado en la red inalámbrica que brindaba servicio a los camiones autónomos y provocado las fallas.

Alan sabía que debía existir una mejor manera. Luego de una auditoría de todas las aplicaciones inalámbricas, resultó obvio para él que solo una solución basada en el uso de espectro licenciado podría proveer la garantía que el negocio necesitaba. Y así fue como nació la primera red 4G privada aplicada a la minería en Australia y en el mundo (Nokia, 2021).

El ejemplo discutido muestra un caso de aplicación de la *Industria 4.0*. Con el advenimiento de la cuarta revolución industrial como impulsor de productividad, muchas industrias (por ejemplo, automotriz, agricultura, *utilities*, entre otras) comienzan a demandar soluciones de redes móviles privadas para apoyar sus procesos de digitalización e incorporación de tecnologías de información a sus operaciones en planta o en campo. No obstante, por razones económicas, regulatorias y estratégicas, el desarrollo de las redes móviles comerciales es impulsado por modelos de inversión

¹ <https://www.riotinto.com/operations/australia/pilbara>

orientados al segmento masivo donde pocos operadores de telefonía celular (*operadores telco*) prestan servicio a millones de usuarios individuales.

Sostenemos que para lograr un desarrollo efectivo de la Industria 4.0 en la Argentina los operadores de telecomunicaciones deberán rediseñar su modelo actual de negocio para competir en este nuevo segmento. A tal fin, buscaremos avanzar la discusión respecto a los compromisos (*trade-offs*) que plantean las redes móviles privadas desde la estrategia de un operador telco en la Argentina y los modelos de negocio que podrían transformar a los operadores de simples proveedores de conectividad a socios tecnológicos de preferencia para la transformación digital de las industrias.

2. Objetivo general

En este trabajo, discutimos el papel de los operadores celulares (telcos) como parte de un ecosistema incipiente de actores, que buscan dotar a las industrias de las herramientas necesarias para transitar su evolución hacia la Industria 4.0; buscamos explicar qué motiva estas necesidades y cómo podrían ser satisfechas a través de una red de colaboración entre múltiples proveedores. Hacemos foco en las redes privadas celulares como plataforma habilitadora de dicha colaboración y en los desafíos planteados por este tipo de soluciones desde el punto de vista de un operador telco; relevamos el estado actual de la oferta y demanda de este tipo de soluciones, y discutimos acerca de las fortalezas y limitaciones de los jugadores clave del sector. Como conclusión, planteamos la necesidad de dotar a las telco de una organización flexible, basada en un posicionamiento holísticamente diferenciado hacia el sector industrial respecto del segmento masivo.

3. Desarrollo del tema

3.1. Transformación digital e Industria 4.0

La economía mundial se mueve cada vez más rápido hacia la digitalización. En un mundo cada vez más globalizado, competitivo y sumamente volátil, las industrias tienen necesidades de lograr mayor productividad. Para ellas la digitalización de sus procesos es una herramienta fundamental para comprender, accionar, automatizar y, de ser necesario, cambiar sus procesos rápidamente, con lo que se gana eficiencia en cada eslabón de su cadena de valor (Soldatos et al., 2019).

Una dificultad que surge es definir de manera precisa el significado de “transformación digital” (en adelante TD), punto sobre el cual la bibliografía académica no logra una postura unánime (Williams y Schallmo, 2018, p. 4). Sostenemos que la digitalización de los procesos, entendida como la traducción de eventos y situaciones dinámicas del mundo físico a modelos de datos capaces de ser transportados y analizados por herramientas informáticas, traerá beneficios económicos y competitivos a las empresas e industrias. Por ejemplo, una línea de producción totalmente digitalizada podrá brindar información en tiempo real acerca de cuánto material está siendo consumido, detectar velozmente piezas defectuosas mediante el uso de visión artificial (*machine vision*) y adaptar automáticamente las cantidades fabricadas ante la aparición de cuellos de botella en algún punto de la cadena de suministro y distribución.

Se podría objetar que muchas de estas actividades ya se realizan, dado que la gran mayoría de las fábricas cuentan con procesos de automatización sofisticados. Cabe entonces preguntarnos, ¿cuál es el aporte de la TD a las industrias? ¿es solamente un caso de automatización llevada al extremo? Entendemos que no; la TD no debiera asociarse a una reingeniería de procesos con el único fin de lograr mayor eficiencia.

Creemos que la oportunidad se encuentra en el volumen que aportan las diversas fuentes de datos generados por los procesos industriales. Este activo permite identificar potenciales relaciones de causa-efecto, muchas veces implícitas, entre múltiples procesos. La TD no solo busca aplicar toda esta riqueza en información a mejorar procesos, sino también, de ser necesario, adaptar los modelos de negocio de una empresa para ajustarse rápidamente a su entorno. Estas mejoras o cambios no se producen solo dentro de la empresa, sino a través de toda su cadena de valor, en busca de llevar los efectos positivos de la colaboración a toda la industria (Bowersox et al., 2005, pp. 22-29).

Parte integral de la TD de las industrias es el concepto de Industria 4.0, nombrado por primera vez en la Feria Industrial de Hannover, Alemania, del año 2011 (Kagermann et al., 2011) al referirse a la aplicación de sistemas ciberfísicos a los procesos industriales en el marco de la cuarta revolución industrial (Wahlster, 2020). No obstante, Klaus Schwab, fundador del Foro Económico Mundial², vuelve a una perspectiva más amplia cuando dice lo siguiente:

Sin embargo, la cuarta revolución industrial no es acerca de conectar máquinas y sistemas inteligentes. Su alcance es más amplio. Los avances tecnológicos surgen de manera simultánea en áreas dispares, que van desde la secuenciación genética a la nanotecnología y desde el uso de energías renovables a la computación cuántica. Es la fusión e interacción de estas tecnologías a través de los dominios físico, digital y biológico, lo que hace a la cuarta revolución industrial fundamentalmente diferente a las revoluciones que la preceden. (Schwab, 2016, p. 12) [traducción propia]

² <https://www.weforum.org/>

Implícita en la mirada de Schwab, resaltamos la complejidad de llevar a la práctica la combinación de estos adelantos cuando los conocimientos necesarios para su integración se extienden abarcando diferentes actores de múltiples industrias. Sobre este punto, ya en un marco local, coincidimos con la visión del Ministerio de Producción argentino cuando dice que “los impactos sobre el mercado de trabajo, la seguridad geopolítica y los debates éticos que la difusión del paradigma 4.0 trae consigo constituyen desafíos ineludibles para los países en desarrollo” (Ministerio de Producción, 2021). En este trabajo, nos proponemos ahondar en el ecosistema necesario para el desarrollo de la Industria 4.0.

3.2. Las necesidades de las industrias

La adopción de sistemas ciberfísicos (CPS) impulsan los procesos de transformación digital de las industrias. Los doctores Baheti y Gill (2011), miembros de la National Science Foundation³ y pioneros en el campo de los CPS, los presentan como el conjunto integrado de tecnologías que median en la interacción bidireccional entre los dominios físico e informático y amplían las capacidades individuales de los integrantes del sistema, sean humanos, cibernéticos o digitales; mediante el intercambio, análisis y utilización veloz de la información generada en dicho sistema. A modo de ejemplo, mencionamos el monitoreo y control en tiempo real de procesos de manufactura automatizada, el control remoto de grúas en puertos, la conducción semiautónoma de vehículos en campos mineros, el *tracking* o seguimiento bienes en aeropuertos o en *warehouses* (Mackenzie y Chappell, 2021).

La integración de los CPS acelera la convergencia entre las tecnologías de información (*IT*) y las tecnologías de operación (*OT*), ya que tiende a borrar las

³ <https://www.nsf.gov/>

fronteras organizacionales entre ellas. Pero esta aceleración conlleva múltiples desafíos para las industrias. En cuanto a las OT, destacamos los retos relacionados a implementar la digitalización y análisis de los datos en tiempo real, el aplicar ese conocimiento a la mejora de los procesos de automatización para lograr mayores eficiencias en la productividad, y el priorizar la seguridad de la operación en un marco de gestión organizacional que potencie las sinergias con el dominio de las IT. En la siguiente sección, ampliaremos estos conceptos.

3.2.1. Desafíos de la convergencia IT/OT

3.2.1.1. La digitalización

La digitalización consiste en traducir atributos físicos a formatos utilizados por sistemas informáticos. Cualquier estímulo relacionado con los sentidos es, *a priori*, factible de ser digitalizado. El reto tecnológico consiste en desarrollar las herramientas que permitan su traducción del dominio físico al digital. Ejemplos corrientes son los sensores de temperatura, humedad y presión (relacionados al sentido del tacto). Otros casos de digitalización conocidos son las imágenes y sonidos (relacionados con la vista y el oído). La tecnología continúa avanzando y tendencias, como la internet de los sentidos, prometen que, en un futuro, los estímulos sensoriales podrán ser digitalizados, analizados y replicados a distancia (*10 Hot Consumer Trends 2030 – The Internet of Senses*, 2021).

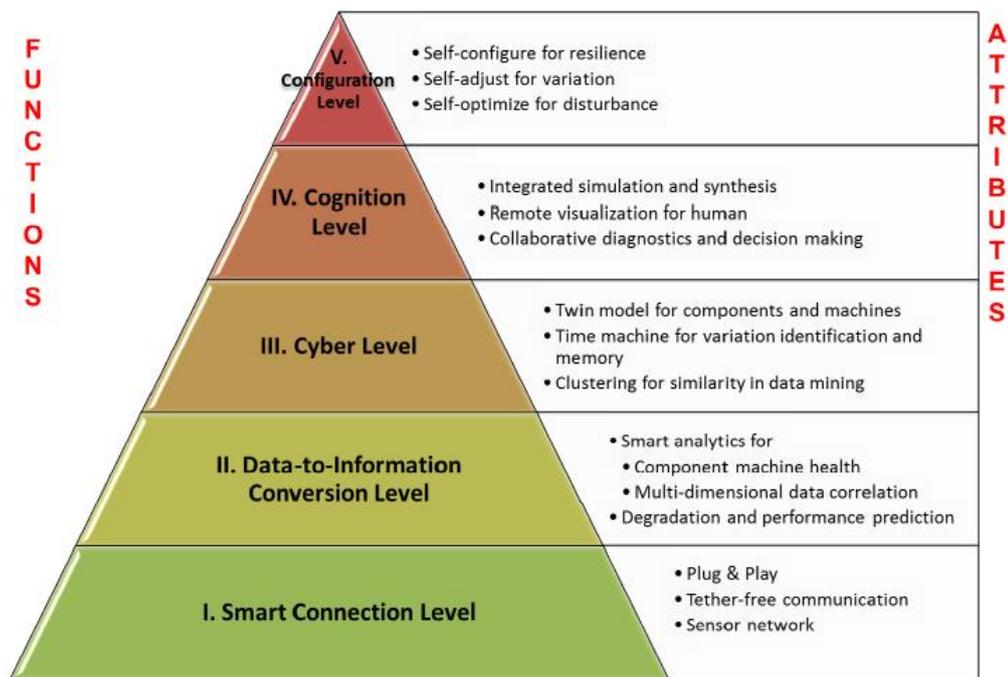
3.2.1.2. La mejora de procesos

Para las industrias, la digitalización provee un mecanismo clave para el control automático, pero esto es sólo el primer paso. Con referencia al marco de las “5 C” (Figura 1) propuesto por Jay Lee, Behrad Bagheri y Hung-An Kao para el desarrollo e implementación de sistemas ciber-físicos (Lee et al., 2015), la digitalización es un

aspecto de nivel I, mientras que los niveles del II al V (“Conversión de dato a información”, “Cibernético”, “Cognitivo”, “Configuración”) requieren de tecnologías más complejas en cuanto a velocidad de transmisión de información y poder de cómputo.

Figura 1

Arquitectura 5 C para implementación de sistemas ciberfísicos



Nota. Extraído de (Lee et al., 2015, p. 19).

Cada nivel adicional se construye sobre los precedentes con lo cual el lograr sistemas de nivel V, plenamente autónomos, requiere bases sólidas desde el primer nivel, con redes inalámbricas (*tether-free*) de fácil despliegue capaces de liberar la planta de cableados complejos que dificultan el rediseño de las líneas de producción. Si bien existen múltiples tecnologías alternativas de redes inalámbricas (por ejemplo, Wifi, Bluetooth, Zigbee) que complementan los atributos de las redes privadas celulares, actualmente no pueden reemplazar las prestaciones de las redes privadas de 5G en

cuanto a fiabilidad y baja latencia. Y esto último es importante para ciertos procesos industriales que requieren de ciclos de tiempo extremadamente cortos entre la manifestación de un evento, su digitalización, análisis, toma de decisión y acción; intervalos que, según su aplicación, pueden estar en el orden de pocos milisegundos, en sintonía con las prestaciones de las redes móviles de 5G. Para poner en contexto la baja latencia requerida por estos casos de uso, tomemos un ejemplo fisiológico familiar. El reflejo rotuliano es aquel que nos lleva a levantar una pierna sin siquiera pensarlo luego de recibir un golpe en la rodilla. Empíricamente, el tiempo de respuesta entre estímulo (el golpe del martillo) y la respuesta (comenzar a levantar la pierna) se encuentra entre los 15 y 30 ms en personas sanas (*Experiment: The Patellar Reflex and Reaction*, s. f.). La 3rd Generation Partnership Project [3GPP]⁴, organismo internacional que nuclea a los principales cuerpos de estandarización en telecomunicaciones a nivel mundial y que define los estándares de las redes móviles, realizó un estudio para caracterizar los diferentes tiempos de retardo que puede introducir una red 5G a efectos de implementar la automatización de fábricas inteligentes y concluyó que este retardo o *latencia* debería estar entre 0,5 y 2 ms (3GPP, 2020, p. 159), es decir un orden de magnitud por debajo de uno de los reflejos más veloces de nuestro sistema nervioso.

Esta ultra-baja latencia (ver Anexo para más detalles) es necesaria para analizar flujos de datos digitales provenientes de diversas fuentes y obtener información relevante para la toma de decisiones. Considerando el volumen de datos generados, se requieren técnicas de inteligencia de datos o macrodatos (*big data*) para la adquisición y procesamiento, complementadas con herramientas de aprendizaje automático (*machine learning*) para la correlación y detección de patrones. Todo este procesamiento insume

⁴ <https://www.3gpp.org/about-3gpp>

tiempos importantes por lo cual la red no puede ser un elemento de alto retardo en este sistema.

3.2.1.3. Productividad

Las mejoras en productividad que la Industria 4.0 traerá son importantes. Las estimaciones del Boston Consulting Group⁵, hechas para Alemania entre 2015 y 2025, muestran mejoras entre un 5 % y un 8 % en las ganancias netas. Estas ganancias vendrían dadas por una mayor eficiencia en los costos de conversión, es decir, los costos de manufactura sin incluir materiales, estimados entre 15 % y 20 %. Se prevé que para implementar las mejoras propias de la Industria 4.0 se deberían invertir €250 mil millones durante 10 años, equivalentes entre un 1 % y 1,5 % de los ingresos totales de la industria. Los ingresos consolidados adicionales se estiman en €30 mil millones por año equivalentes a aproximadamente un 1 % del PBI alemán de 2015 (ver más detalles en Rüßmann et al., 2015).

Continuando el análisis sobre productividad y en referencia al impacto cruzado entre industrias, Bell Labs⁶, uno de los centros de investigaciones tecnológicas más reconocidos a nivel mundial, plantea que los saltos disruptivos de la cuarta revolución industrial serán producto del avance simultáneo en tecnologías digitales aplicadas a diferentes tipos de redes: las redes de energía, las redes del sistema de salud, las redes de transporte y redes de comunicación, a lo que se suman como emergente los ecosistemas de producción y distribución digital de redes y servicios (Saniee et al., 2017). Este análisis no prioriza una red por sobre la otra, sino que plantea el efecto conjunto de refuerzo sinérgico entre todas ellas. Coincidimos con esta observación y creemos que dicho refuerzo terminará sucediendo, apalancado por la ley (empírica) de

⁵ <https://www.bcg.com/>

⁶ <https://www.bell-labs.com/#gref>

Metcalfe, que propone que el valor sistémico de una red crece con el cuadrado de la cantidad de usuarios mientras que su costo lo hace linealmente (Metcalfe, 2013).

Como cierre de esta discusión sobre productividad, podemos citar a ABI Research y Ericsson⁷, quienes calculan que la relación *return of investment vs. cost of inaction* (ROI/COI) para una planta automotriz en Alemania es de 9,2 veces en un término de cinco años. El costo de inacción representa un costo de oportunidad equivalente a 17 500 vehículos en cinco años (Bonte et al., 2020). La Figura 2 muestra que la inversión necesaria para habilitar tecnología de Industria 4.0 en la planta automotriz es de USD 49,7 millones (lo que incluye sistemas de robótica inalámbrica, de monitoreo de entorno, etc.), mientras que los ahorros en costos aportados por estas mejoras estarían en el orden de los USD 505 millones, lo que representaría una mejora del margen bruto de casi 5 puntos.

Figura 2

Impacto económico estimado del Industria 4.0 celular para una fábrica automotriz en Alemania entre 2021 y 2025



⁷ <https://www.ericsson.com/>

Nota. El TCO representa el costo total de propiedad de cierta tecnología y comprende su costo de adquisición, puesta en marcha y operación durante cierto período de tiempo.

Extraído de (Bonte et al., 2020)

Podemos dudar de estos análisis provenientes del sector de las telecomunicaciones, con intereses evidentes en desarrollar nuevos mercados, pero también debemos reconocer que, dentro de las industrias, actores del peso de Volkswagen han comprometido en su *roadmap* de transformación digital inversiones por €4.000 millones entre 2019 y 2023, (Volkswagen, s. f.; Blackman, 2020) en búsqueda de eficiencias en productividad y competitividad.

3.2.1.4. Sobre la seguridad

Debido a la complejidad inherente a las soluciones de automatización industriales, el ecosistema digital emergente constará de una mayor cantidad de actores especializados, lo cual complejizará las cadenas de valor, dado el requerimiento de incentivos de colaboración reales entre cada uno de sus eslabones. Al momento de converger los dominios de IT y OT, parte de la complejidad mencionada repercute como un desafío en materia de seguridad. Podemos identificar dos aspectos clave relacionados con la seguridad digital: (a) mantener los datos generados por la industria dentro de su propio dominio de gestión al resguardo de ser interceptados o manipulados por terceros y (b) mantener segura la infraestructura de OT y procesos asociados frente a ataques que pudieran hacer peligrar la operación.

Desde un punto de vista de seguridad, es razonable mantener el flujo de datos OT generados por la empresa en su ámbito físico de utilización, dado que esto asegura la menor latencia posible y permite que dichos datos solo sean accesibles para la empresa. Sobre este punto, la tensión de la convergencia entre IT/OT se pone de manifiesto al considerar tecnologías de informática en la nube (*cloud computing*),

sumamente utilizadas por dominios de IT como una manera de ganar escalabilidad al mover procesos desde *datacenters* propios hacia infraestructura en nubes públicas de proveedores como Amazon, Microsoft y Google. Aunque las soluciones de estos proveedores, también llamados “hiperescaladores” (Accenture, 2020), suelen tener un grado de seguridad muy alto, las industrias pueden tener sus reparos a la hora de mover sus procesos de OT a la nube como una carga de trabajo similar a un proceso IT por el riesgo de transportarlos hacia infraestructura de terceros susceptible de ser atacada. El desafío estará en cómo manejar las cargas de trabajo OT en ambientes seguros de cloud computing. Consideramos que la tendencia a utilizar infraestructura en la nube se consolidará en el tiempo de la mano de un despliegue desde el cloud (infraestructura de cómputo localizada en *datacenters* de proveedor a cientos o miles de kilómetros de los usuarios) hacia el *edge* (infraestructura similar a la del cloud, pero desplegada en *datacenters* públicos o privados).

Otro aspecto sumamente crítico es la seguridad física del personal en campo o en planta. Una promesa de la Industria 4.0 consiste en automatizar tareas que puedan resultar peligrosas para las personas, por ejemplo, trabajos en altura (comunes en la conducción de grúas portuarias), actividades de minería subterránea, etc. En estos casos, se busca alejar a las personas del área de potencial peligro mediante el uso de un control de guiado remoto o de vehículos semiautónomos. Esto requiere redes inalámbricas confiables, capaces de garantizar conexiones estables y de baja latencia.

El hecho de acercar las OT y hacerlas visibles en un dominio convergente con las IT aumenta la superficie de ataque sobre infraestructura crítica, dado que conectar dispositivos industriales directa o indirectamente a internet plantea un aumento real en la cantidad de puntos de entrada que un atacante podría vulnerar para dañar la capacidad de una industria o, llegado el caso, de un país. Esto no debe considerarse una hipótesis

sino una situación real. Fortinet⁸, proveedor mundial en soluciones de ciberseguridad, comenta que, durante el año 2018, en una muestra de 429 empresas industriales, el 56 % vieron comprometida la seguridad de sus sistemas OT mientras que el 97 % considera que muchos de estos desafíos son resultado directo de la convergencia IT/OT (Fortinet, 2019). Por otra parte, en Estados Unidos, la Cybersecurity and Infrastructure Agency (CISA) emitió una alerta en conjunto con la National Security Agency (NSA) en la que recomienda “la toma de acciones inmediatas para reducir la exposición de las tecnologías de operación y sistemas de control” (CISA, 2020).

Sobre este último punto, las acciones de los países en cuanto a la protección de su infraestructura van más allá de considerar los impactos de ataques provenientes de grupos aislados (*lone wolves*) o ciberterroristas. En el caso de Estados Unidos, se ha prohibido el uso de redes con tecnología de ciertos proveedores de origen chino ante la posibilidad de ser utilizada como plataforma de ataque o control por parte de la República Popular China para lo que habilitaron un fondo de subsidios de USD 1,9 mil millones para “arrancar y reemplazar” (*rip and replace*) tecnología considerada poco confiable (Hardesty, 2021). Consideramos que, si bien las motivaciones geopolíticas detrás de este tipo de decisiones exceden los aspectos meramente técnicos involucrados en el desarrollo de soluciones intrínsecamente seguras, las primeras constituyen una dimensión insoslayable al momento de definir las inversiones necesarias en redes y equipamiento.

3.2.1.5. El desafío organizacional

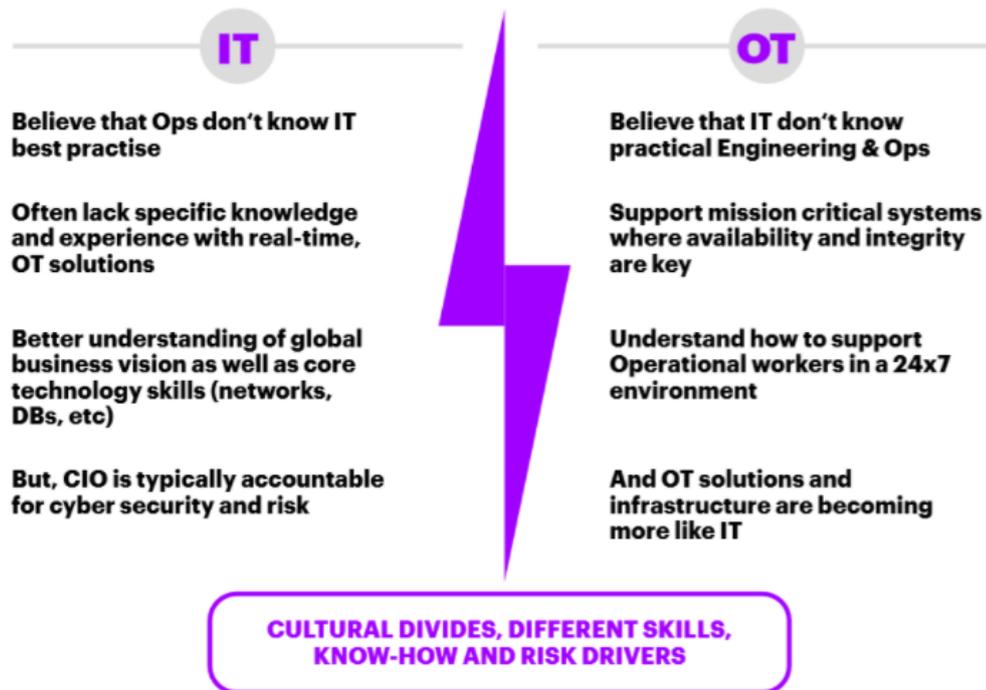
Tradicionalmente, las áreas de IT y OT se organizaban de manera independiente alrededor de objetivos, procesos, tecnologías y proveedores distintos. Conceptualmente

⁸ <https://fortinet.globalgate.com.ar/>

podemos observar las siguientes diferencias aparentemente “irreconciliables” entre ambos dominios. En la Figura 3, Simon Coombs, líder de Intelligent Operations para Industrias de Accenture, propone “eliminar los silos entre IT y OT” (Coombs, 2020).

Figura 3

Principales diferencias culturales entre IT y OT



Nota. Extraído de (Coombs, 2020).

Aunque estamos de acuerdo con la necesidad de lograr una mayor integración entre los procesos de IT y OT, no debemos minimizar el impacto en las personas responsables de ejecutar dichos procesos. El éxito final de esta integración requerirá cambios en las formas y objetivos de trabajo. Coincidimos con Rob Hayes (2020), Director de Cibernética en Deloitte, cuando argumenta que, en esencia, el más importante desafío de la transformación digital está en el éxito de adopción organizacional, lo que pone la cultura corporativa por encima o mejor dicho como habilitadora de las mejoras tecnológicas.

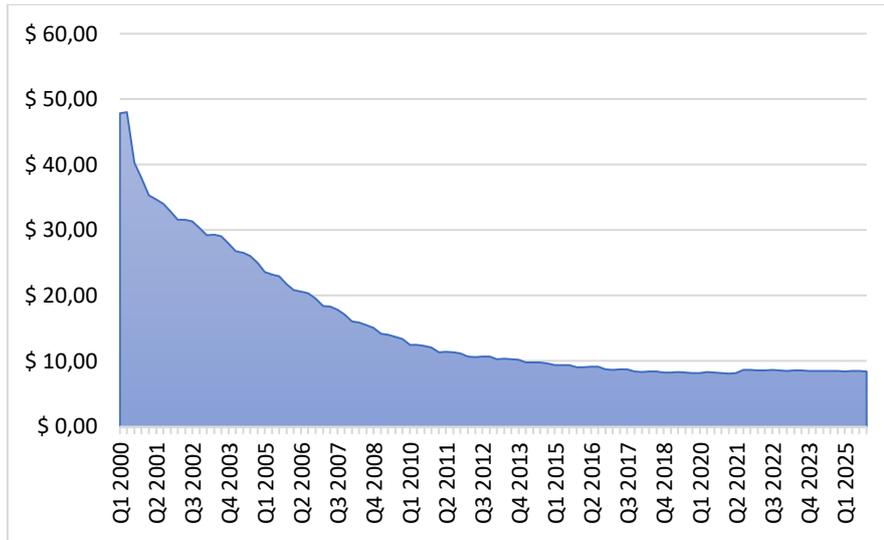
3.3. La industria de las redes móviles

A lo largo de los años⁹, la industria de las redes móviles fue evolucionando gracias a los avances tecnológicos y la masividad dada por mayores economías de escala. No obstante, la propuesta de valor subyacente de las telco se basa en gran medida en ofrecer un servicio de conectividad, lo que se entiende como la capacidad de establecer vínculos de comunicación entre usuarios a través de redes celulares de telefonía o datos. La monetización es una función de la intensidad de utilización de la red por parte del usuario, con lo cual las estrategias de los operadores se enfocan en la captura de la mayor cantidad de suscriptores y en la construcción de redes en zonas de densidad poblacional atractiva, utilizando tecnologías que tiendan a disminuir los costos por unidad de tráfico cursado. La competencia entre prestadores dada por la *comoditización* de la oferta lleva a la búsqueda de propuestas diferenciales en un entorno donde los ingresos medios disminuyen, mientras que la penetración del servicio es cada vez mayor, lo que reduce la tasa de crecimiento como podemos observar en la Figura 4, que representa la evolución del ingreso promedio mensual por usuario celular (*average revenue per user – ARPU*) percibido por los prestadores móviles a nivel global.

⁹ Para más detalles del camino de evolución de las redes celulares, consúltese el Anexo.

Figura 4

Evolución global del ARPU mensual (en USD) para la industria celular

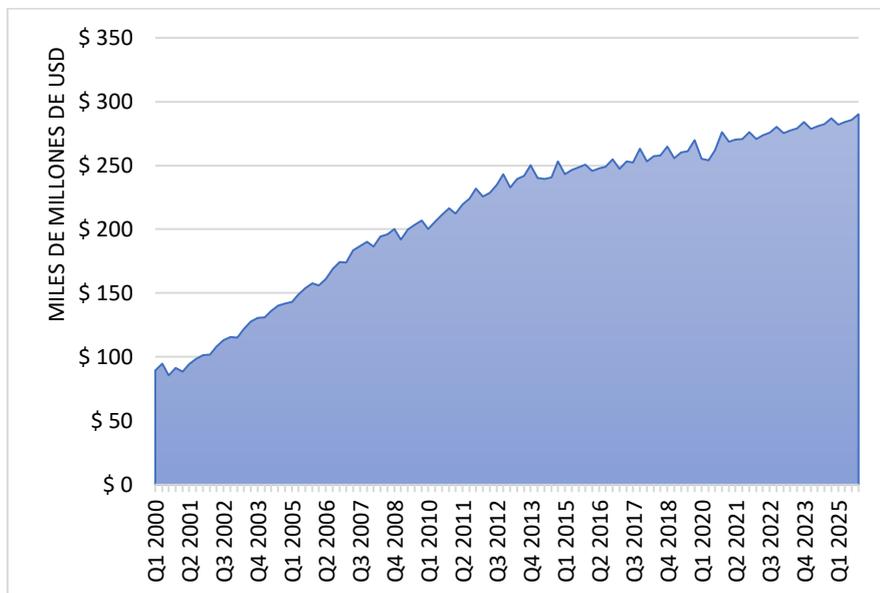


Nota. Con datos de GSMA Intelligence (GSMA, s. f.).

Por otra parte, los ingresos totales de los operadores a nivel mundial muestran una desaceleración debida no solo a la baja en el ARPU, sino también a una penetración cada vez mayor del servicio, tal como se puede apreciar en la Figura 5.

Figura 5

Ingresos totales percibidos por los operadores celulares en el mundo (en USD)

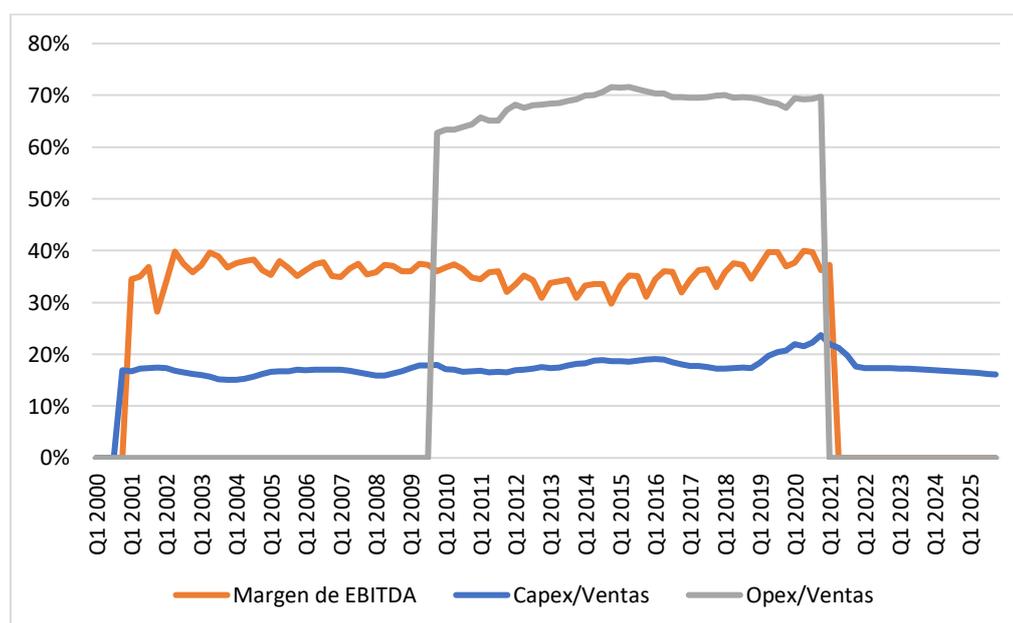


Nota. Con datos de GSMA Intelligence (GSMA, s. f.).

Esta situación plantea un fuerte desafío para la industria telco dado que, si bien ha conseguido mantener un margen de ingresos antes de intereses, depreciaciones, impuestos y amortizaciones (*EBIDTA*) razonable, que oscila entre un 30 % y un 40 %, los requerimientos en inversiones representan un 20 % de su ingreso con una tendencia a crecer debido a la necesidad de contar cada vez con mayor cantidad de radiobases. A esta necesidad de inversión, debemos agregar que los gastos operativos representan un 70 % de sus ingresos (Figura 6). La oferta de redes privadas orientadas a un segmento más acotado, pero con mayor capacidad económica, podría ser una nueva avenida ingresos para los operadores telco.

Figura 6

Margen de EBIDTA y ratios de inversión - operación



Nota. Con datos de GSMA Intelligence (GSMA, s. f.). De momento no se cuentan con estimaciones de la ratio de inversión ni del margen de EBIDTA más allá del 2021 pero podemos extrapolar que seguirán una tendencia similar a las series históricas.

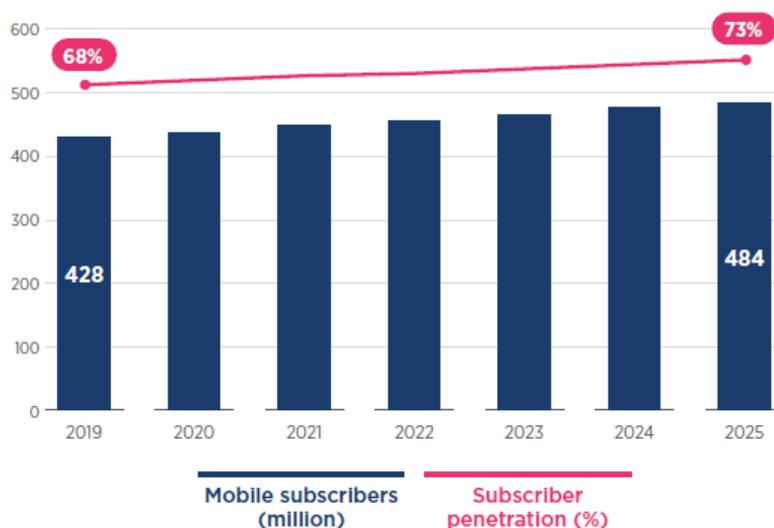
3.3.1. Impacto de la industria móvil en Latinoamérica y la Argentina

La industria de las telecomunicaciones tiene un impacto importante en las economías nacionales. En el año 2019, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) realizó un estudio econométrico en el que concluyó que un aumento del 10 % en penetración del servicio móvil, genera un crecimiento de entre el 1,8 % y el 2 % en el PBI de acuerdo con el nivel de ingreso per cápita (ITU, 2019). En su reporte del año 2020 acerca del impacto económico del ecosistema móvil en Latinoamérica, la GSMA¹⁰ cuantifica la contribución de la industria celular en USD 421 mil millones, equivalentes al 7 % del PBI consolidado de Latinoamérica (Okeleke y Suardi, 2020).

Sin alcanzar aún la penetración poblacional completa, se seguirán sumando nuevos usuarios en los próximos años (Figura 7). Para el caso de Argentina, GSMA estima que se sumarán 6 millones de nuevos usuarios entre 2019 y 2025, lo que lleva la tasa de penetración del servicio del 70 % al 79 % (Okeleke y Suardi, 2020).

Figura 7

Cantidad de usuarios móviles (en millones) en Latinoamérica vs. penetración



Nota. Extraído de (Okeleke y Suardi, 2020).

¹⁰ <https://www.gsma.com/aboutus/>

Por otra parte, Nokia y OMDIA¹¹ enriquecen este análisis, ya que estiman el impacto económico del ecosistema 5G en ciertos países de Latinoamérica y argumentan que, solo en Argentina, se generarían un total de USD 302 mil millones entre el 2020 y el 2035 (Swain et al., 2020). Estos valores requieren cautela, dado que sugieren cierta causalidad entre los despliegues de redes 5G y los procesos propios de la transformación digital de las industrias que, como analizaron (Campbell et al., 2017), no solo tienen tasas de adopción y refuerzo complejas de predecir, sino, además, requieren de un desarrollo orgánico dentro de un entramado tecnológico, económico y social.

Sobre este último punto, consideramos correcto lo expresado por el Ministerio de Desarrollo Productivo de Argentina (Ministerio de Producción, 2021) cuando comenta en su Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0 lo siguiente:

Los países en vías de desarrollo inician la carrera a la economía 4.0 desde un punto de partida más alejado de la vanguardia tecnológica, con sistemas de innovación más débiles y con menos coordinación entre el sector productivo y el científico, con menor capacidad de inversión y financiamiento, y con una estructura social más vulnerable. Alcanzar una economía 4.0 supone resolver una cantidad de problemas estructurales e institucionales para encaminar las soluciones necesarias. (p. 17)

Consideramos que para el caso de la Argentina las oportunidades existen y coincidimos con la postura del Ministerio respecto a que deberían apalancarse en fortalezas claras como ser el fuerte desarrollo del capital humano dedicado a tecnologías de información y comunicación (TIC) y el alto despliegue en redes inalámbricas, mientras que será necesario lidiar con las debilidades evidentes en materia macroeconómica y financiera (Ministerio de Producción, 2021, p. 18).

¹¹ <https://omdia.tech.informa.com/>

Otro punto que consideramos una debilidad es la falta de estabilidad del marco regulatorio argentino respecto a políticas orgánicas que fomenten el crecimiento del sector de las telecomunicaciones como un motor del desarrollo económico del país. Las regulaciones en cuanto a uso y asignación de espectro radioeléctrico, su acceso con base en procesos de licitación y las obligaciones emergentes deben brindar un marco de previsibilidad temporal alineado a una industria de alta necesidades en cuanto a capital. Los anuncios (Secretaría de Innovación Pública de la Nación, 2021) respecto a modificaciones del Reglamento de Espectro son fundamentales para el futuro de la industria, pero resultan contradictorios con disposiciones que implican, por ejemplo, un control del Estado respecto a la libertad de fijar precios establecida en el decreto de necesidad y urgencia 690/20 (InfoLEG - Ministerio de Justicia y Derechos Humanos - Argentina, 2020) y avalado por el Congreso Nacional (*Bicameral Avaló el DNU que Declara Esencial Los Servicios de Internet, Telefonía y TV Paga.*, 2020). La judicialización de estas normas y las eventuales medidas cautelares otorgadas (Rumi, 2021; Tellez Tejada, 2021) no alcanzan para disminuir las dudas sobre el futuro de la industria y reducir la incertidumbre sobre la capacidad de las empresas para generar el financiamiento que sustente las inversiones necesarias.

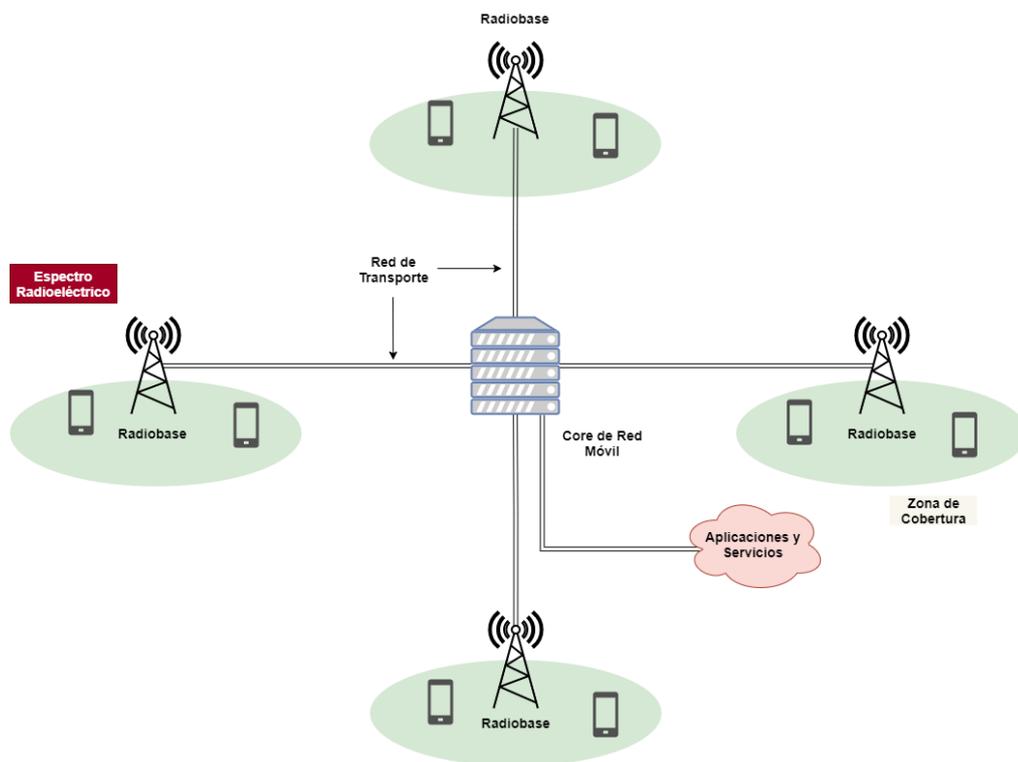
Puesta de lado la discusión política, social y económica local, aunque con el reconocimiento de su alto nivel de influencia en todo análisis, nos proponemos, desde las fortalezas reconocidas, el discutir el papel de los operadores móviles en la Argentina como uno de los habilitadores del desarrollo de la Industria 4.0. A tal fin, analizaremos a continuación a la industria de las redes móviles desde un marco estratégico orientado al segmento industrial sobre la base de un producto/servicio específico: las redes privadas celulares.

3.4. Redes privadas celulares

Las redes celulares, tanto de uso público como privado, comparten ciertas similitudes. Ambas utilizan el mismo marco tecnológico y estandarización descrito en el Anexo. En términos simples, podemos referirnos a la Figura 8 para describir los componentes básicos de las redes celulares.

Figura 8

Diagrama simplificado de una red móvil celular



Las redes celulares constan de radiobases capaces de conectar inalámbricamente dispositivos por medio de ondas radioeléctricas que utilizan frecuencias de uso exclusivo para cada prestador de servicio (operador telco). Dichas frecuencias son asignadas por un ente regulador mediante licitaciones públicas y representan una barrera de acceso tanto natural (la cantidad de espectro disponible para asignar es escaso), como financiera (los costos del licenciamiento, puesta en servicio y operación son altos). Las radiobases se despliegan para crear zonas de cobertura y llevan el acceso a la red a los

lugares donde se requiera dar servicio. El *core* de la red móvil consiste en los sistemas que posibilitan la autorización para utilizar la red y acceder a los servicios provistos por ella (por ejemplo, acceso a internet, telefonía, etc.). Se ubican en oficinas técnicas centrales (datacenters). Las distancias entre el core y las radiobases son variables y pueden alcanzar varios cientos de kilómetros lo cual requiere el tendido de redes de transporte capaces de unir estos elementos, normalmente, a través de fibra óptica o radioenlaces.

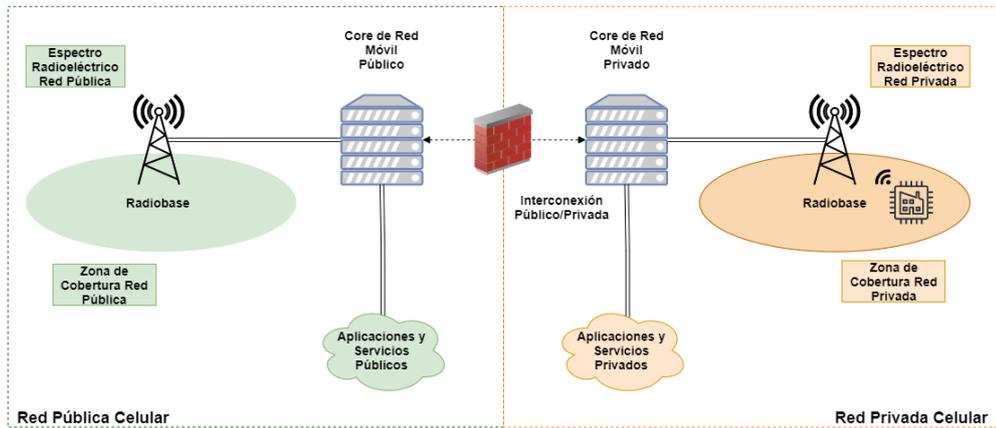
El principal atributo de las redes privadas celulares es el uso dedicado y exclusivo de una parte o del conjunto completo de la infraestructura de red con el objetivo de implementar un servicio de conectividad móvil separado del público. Por medio de esta segregación, se ofrece una propuesta diferenciada al usuario industrial basada en una calidad de servicio acorde a la criticidad de sus procesos.

Según 5G Américas¹², organización regional que nuclea a proveedores y prestadores de servicios móviles, las redes privadas deberán ofrecer cobertura garantizada aún en zonas de baja densidad poblacional; control independiente de la red para implementar funcionalidades no disponibles en redes públicas; calidad de servicio y alta confiabilidad para soportar procesos industriales en planta; y seguridad respecto al acceso de los usuarios a la red como así también sobre la integridad y privacidad de los datos por ellos cursados. Un caso extremo de separación se muestra en la Figura 9, en la cual la red privada se construye en su totalidad con recursos independientes de la red pública.

¹² <https://www.5gamericas.org/>

Figura 9

Red celular privada - despliegue Standalone



Nota. Existen casos en que usuarios de una red privada pueden requerir servicios de la red pública. Por ejemplo, el caso de usuarios privados que requieren telefonía o acceso a internet fuera del área de cobertura de la red privada. Ante esas situaciones es factible definir acuerdos de interconexión entre ambas redes. Diagrama basado en (5G Américas, 2020).

El ejemplo de la Figura 9 marca una segregación física total de activos, pero tal como podemos ver en la Tabla 1, existen opciones intermedias en donde las redes públicas y privadas pueden compartir algunos de ellos (por ejemplo, espectro, radiobases o core móvil). Independientemente del modelo de despliegue elegido, las necesidades son conceptualmente las mismas.

Tabla 1*Redes privadas - escenarios de operación*

Arquitectura funcional	Espectro	Oportunidad de negocio
Despliegue Standalone	Licenciado	Desplegado por MNO
	No Licenciado	Desplegado por MNOs o no-MNO
	Compartido	Desplegado por no-MNO
Red pública-privada con despliegue compartido de radiobases	Licenciado	Desplegado por MNO
	No Licenciado	Desplegado por MNO o no-MNO
	Compartido	Desplegado por no-MNO
Red pública-privada con despliegue compartido de radiobases y core distribuido	Licenciado	Desplegado por MNO
	No Licenciado	

Nota. Adaptado de (5G-ACIA, 2019). MNO corresponde a las siglas de *Mobile Network Operator*, otra forma habitual de designar a los operadores telco, que específicamente se dedican a comercializar el uso de redes móviles celulares. Por otra parte, un *no-MNO* corresponde a una empresa que, sin ser un prestador de servicios móviles incumbente, cuenta con los recursos necesarios para desplegar y ofrecer redes móviles celulares a otras empresas.

En el siguiente apartado, analizaremos en más detalle cómo se interrelacionan los conceptos vistos hasta el momento dentro de la industria de servicios móviles en busca de un mayor entendimiento en el posicionamiento estratégico de las telco en la Industria 4.0.

3.4.1. El mercado de las redes privadas

Los campos de aplicación de las redes privadas para la industria son diversos. El TM Forum¹³, organización que agrupa a más de 850 compañías de la industria de las telecomunicaciones con el propósito de facilitar la transformación digital, resume las principales ramas industriales en donde las redes privadas serían necesarias. Los puertos

¹³ <https://www.tmforum.org/>

comerciales (más de 2900 a nivel mundial), los aeropuertos (más de 40 000 terminales), minería, petróleo y gas (más de 4000 locaciones), manufactura (solo la industria automotriz posee más de 500 plantas en el mundo), *utilities* (empresas proveedoras de servicios públicos, como electricidad, gas y agua potable para uso residencial o comercial) y educación (entre 25 000 y 40 000 universidades) (Newman y Bushaus, 2021).

Entendemos que las redes privadas de 5G para uso industrial plantean una oportunidad de crecimiento para las telco por sobre su propuesta de valor actual. No obstante, las estimaciones de firmas especializadas en cuanto al tamaño del mercado son dispares y no permiten dimensionamientos claros. Analysis Mason¹⁴ sostiene que los ingresos provenientes de redes privadas de 4G y 5G serán de USD 9 mil millones entre 2020 y 2025, con despliegues que crecerán de 500 a 14 000 redes en el mismo período (Mackenzie y Chappell, 2021). Grand View Research¹⁵ estima que el mercado global de redes privadas 5G a 2021 es de USD 1200 millones con un CAGR del 39,7 % en los próximos 7 años, lo que totaliza un valor de USD 14 284 millones en 2028 (*Private 5G Network Market Size / Industry Report, 2021-2028*, 2021), mientras que ABI Research¹⁶ sostiene que, solamente habiendo considerado ventas en equipamiento, las redes privadas de 5G habrán generado USD 64 000 millones en ingresos al año 2030 (*Private Cellular Networks to Generate Over US\$64 Billion in Equipment Revenues by 2030*, 2020).

Por otra parte, Nokia plantea un enfoque de tamaño de mercado sobre la base de la cantidad global de radiobases dedicadas a redes privadas según el tipo de industria, totalizando 14,58 millones de radiobases. A modo de referencia, el despliegue actual de

¹⁴ <https://www.analysismason.com/>

¹⁵ <https://www.grandviewresearch.com/>

¹⁶ <https://www.abiresearch.com/>

radiobases en todas las redes públicas del mundo se estima en 7 millones (Blackman, 2021d; *Private Wireless Explained*, s. f.).

Aunque estos valores parecen auspiciosos, las fuentes no dejan de ser actores fuertemente involucrados en desarrollar nuevos mercados para sus productos o servicios orientados a redes celulares (ya sea proveedores de infraestructura o consultoras especializadas). Consideramos que si bien estos análisis podrían dar cotas máximas, la conversión a ventas podría ser una fracción, dado que no toda plaza industrial existente implica una necesidad de red privada. Estos argumentos plantean una duda razonable acerca de cuál podría ser la demanda esperada y qué motiva su interés en las redes privadas que creemos conveniente abordar en más detalle en las próximas secciones.

3.4.2. Redes privadas, industria móvil y las cinco fuerzas de Porter

En su trabajo original, (Porter, 1979) plantea que “la esencia de una formulación estratégica está en lidiar con la competencia” (p. 137), propone las cinco fuerzas, que moldean la naturaleza y el grado de competición en la industria bajo análisis, y extiende los aspectos competitivos más allá de los actores incumbentes. Estas fuerzas representan a los clientes, los proveedores, potenciales actores entrantes a la industria, la disponibilidad de sustitutos, y el nivel de competencia entre las empresas ya existentes; el balance resultante de estas tensiones define en última instancia los rendimientos que la industria puede ofrecer.

Comprendemos que la industria móvil es única, más sostenemos que el posicionamiento estratégico del operador deberá adaptarse en función del segmento por el cual compite, en busca de armonizar los trade-offs entre segmentos de usuarios objetivo. Para resaltar las diferencias emergentes de cada mercado, elaboramos una comparación (Tabla 2) sobre la cual buscaremos extraer algunas conclusiones.

Tabla 2

Análisis de la industria móvil - segmento masivo vs. industrial

	Segmento masivo	Segmento industrial
Definición de cliente	Individuos mayores de edad con necesidad de acceder a servicios de internet o voz desde cualquier lugar en donde se encuentre.	Empresas de diferentes industrias (por ejemplo, manufactura, mining/oil/gas, etc) con necesidad de mejorar su productividad mediante el uso de tecnologías de Industria 4.0
Propuesta de valor principal	Brindar un servicio de conectividad con la mejor cobertura y calidad por un precio razonable.	Habilitar un ecosistema digital inalámbrico seguro, robusto y confiable que permita la transformación digital de los procesos industriales de manera costo efectiva en las zonas de cobertura requeridas por la empresa.
Amenaza de nuevos competidores	Se requiere espectro radioeléctrico licenciado y alto capital para el despliegue y operación de las redes. Obligaciones regulatorias fuertes. Esto desalienta la entrada de nuevos competidores de peso. La figura del “operador virtual” posibilita la aparición de nuevos actores con posibilidad de brindar servicio sobre infraestructura de operadores incumbentes (por ejemplo, <i>Tuenti</i>).	El uso de espectro licenciado constituye una barrera de entrada alta. Pero esto podría cambiar de acuerdo con la tendencia mundial de asignar porciones de espectro independiente para el despliegue de redes privadas por parte de industrias.
Poder de negociación de los proveedores	La estandarización e interoperabilidad dificulta la diferenciación entre proveedores. Se requiere una alta inversión en I+D para lograr ventajas competitivas crecientes. Predominan las condiciones de precio y financiación como diferencial, los costos de cambio de proveedor suelen ser medios a altos lo que tiene como resultado una oferta limitada a pocos proveedores. El poder de negociación es medio.	Similar al segmento masivo, con el agregado de una oferta secundaria emergente de proveedores de infraestructura orientada a este tipo de clientes. El poder de negociación de los proveedores es limitado.

	Segmento masivo	Segmento industrial
Poder de negociación de los compradores	Para el segmento masivo, el servicio móvil es prácticamente un <i>commodity</i> . Los usuarios pueden elegir entre varios oferentes con un costo de cambio bajo. El poder de negociación es alto.	Para el segmento industrial, la oferta de proveedores es variada pero los costos de cambio son altos dado que afectan de manera directa la operación subyacente. El precio no suele ser un factor determinante. El poder de negociación es medio.
Amenaza de sustitutos	No se perciben sustitutos importantes al servicio celular de conectividad móvil. Las redes wifi de cobertura amplia no representan una amenaza fuerte en el segmento masivo debido a su bajo desempeño en movilidad	Wifi (en particular Wifi 6) podría ser un sustituto parcial a las redes privadas celulares. Es de esperar que parte de las necesidades de conectividad inalámbrica industrial en fábricas tienda a cubrirse con este tipo de redes.
Rivalidad entre competidores existentes	La competencia es alta y el mercado se organiza como oligopolio sin un líder determinado. Se busca la diferenciación consolidando múltiples servicios bajo una misma oferta (telefonía fija, internet fijo, servicio móvil, TV). Resulta complejo lograr una ventaja competitiva sostenida en el tiempo.	El mercado de oferta en redes privadas es incipiente. La potencial subsegmentación de la demanda industrial podría propiciar la especialización en ciertos rubros.

Como conclusiones principales en el segmento masivo, podemos mencionar que la industria móvil opera en un entorno de uso intensivo de capital, dentro de un marco regulatorio que dificulta la entrada de nuevos jugadores y en donde las empresas de servicios configuran un oligopolio fuertemente competitivo debido a la dificultad en diferenciación y bajos costos de cambio de prestador. Esta fuerte competencia se traduce en rendimientos medios en comparación con otras industrias. En sintonía con esto, Aswath Damodaran, profesor de finanzas de la *Stern School of Business* de la Universidad de Nueva York, muestra en su relevamiento global de enero de 2021 que el retorno del capital invertido (*ROIC*) para la industria de servicios de telecomunicaciones

fue del 10,27 %, mientras que el promedio de todas las industrias fue del 8,86 % (Damodaran, 2021).

El segmento industrial presenta oportunidades para crear nuevas fuentes de ingresos y los operadores telco móviles podrían apalancarse en el alto capital que representan sus redes actuales. El despliegue de redes privadas es una decisión estratégica emergente de la transformación digital de los procesos industriales con un eventual costo de recambio alto debido al potencial impacto negativo en la ejecución de dichos procesos. Ante tal situación, las industrias y los operadores móviles deberían implementar acuerdos de largo plazo para la prestación de servicios de redes privadas y priorizar los conocimientos en el despliegue y operación de redes. Pero este último punto se balancea con una tendencia mundial a licenciar parte del espectro radioeléctrico para uso exclusivo de las industrias, en vez de atribuirlo a redes móviles comerciales. Según la Global Mobile Supplier Association [GSA], en la actualidad existen 626 empresas que ya han desplegado o cuentan con licencia para desplegar redes privadas móviles de cuarta o quinta generación (GSA, 2021).

Esta tendencia configura un nuevo escenario de competencia para las telco que, ante una baja a la barrera de entrada representada por nuevos usuarios del espectro, comenzarán a competir con otros actores en la provisión de redes privadas. Esta nueva competencia podría incluir a los proveedores actuales de infraestructura de redes (por ejemplo, Nokia, Huawei, Ericsson, ZTE, Mavenir), pero también sumaría a los *system integrators*, es decir empresas de consultoría dedicadas a integrar productos y servicios de diferentes proveedores que conforman una solución o sistema único para un cliente; dentro de estas empresas se encuentran, entre otras, Tech Mahindra, Accenture, Deloitte e IBM. Otra fuente de competencia para las telcos serán las grandes empresas de control industrial con la capacidad de desarrollar el *know-how* interno para montar redes

privadas por cuenta propia, como, por ejemplo, Siemens, Saab, Airbus, Volkswagen y John Deere (Siemens, 2021; Scherling, 2020; DeGrasse, 2021; Blackman, 2019; Marek, 2020). A esta lista debemos agregar empresas, como Amazon, Google y Microsoft, que poseen la capacidad de proveer infraestructura de nube sobre la cual desplegar redes privadas celulares de manera sumamente eficiente (Priyanggoro et al., 2021; Seal, 2021; Brockway, 2021), lo que genera sinergias con procesos de IT que también tienden a ser migrados a este tipo de proveedores.

La exclusividad de uso de espectro radioeléctrico es uno de los principales diferenciales con el que hoy cuentan las telco. Si bien en la Argentina no existe a la fecha una regulación sobre la asignación de espectro para uso exclusivo en redes privadas, el ente regulador se encuentra trabajando en una nueva reglamentación que, entre otras disposiciones, podría habilitarlo (Secretaría de Innovación Pública de la Nación, 2021). Pero otro diferencial de suma importancia son los recursos hoy disponibles por las telco, sobre los cuales se podrían montar soluciones de redes privadas con relativa facilidad, esto incluye tanto a la infraestructura actual (radiobases, tendidos de fibra óptica, datacenters), como al capital humano altamente especializado en tecnologías y servicios celulares. No obstante, sostenemos que el conocimiento puro sobre un tema no necesariamente implica que las telco estén listas para aplicarlo al segmento industrial. De hecho, existen dudas acerca de la manera en que las telco podrían encarar los despliegues de redes privadas.

Durante la edición 2021 del *Private Networks Forum*¹⁷, Andreas Mueller, *Chief Expert Communication Technologies for the IoT* en Bosch y *Chairman* del 5G Alliance for Connected Industries and Automation [5G-ACIA¹⁸] comentó “*you can’t just take*

¹⁷ <https://www.privatenetworksforum.com/>

¹⁸ <https://5g-acia.org/>

equipment from public networks and paint it yellow” (Curran, 2021; Appledore Research, 2021), con lo que daba a entender que las necesidades de la industria requieren no solo una respuesta técnica por parte de las telco, sino una actitud de mayor cercanía y colaboración para comprender a las industrias. Afirmamos que la dificultad del operador radica en cómo posicionarse frente a esta necesidad desde un lugar más allá del proveedor de conectividad masiva orientado a dar servicio relativamente homogéneo a millones de individuos. El segmento industrial demanda un papel de habilitador tecnológico hacia la cuarta revolución industrial. Independientemente de las bondades del 4G o 5G, las industrias necesitan del acompañamiento y co-creación de soluciones productivas. Durante el mismo evento, Chris White, *Electrification and Global Engineering Alignment Manager* para Europa de la Ford Motor Company reconocía a las telco por ayudar a la industria a entender la tecnología del 5G, pero subrayaba que “*5G is just an enabler. There is no business case for 5G*” (Blackman, 2021a).

3.5. Las redes privadas y el operador telco

Hemos subrayado que las diferentes necesidades de los segmentos masivo e industrial plantean estrategias de posicionamiento distintas sobre un modelo de negocio que las telco deben balancear para minimizar los descalces entre actividades clave propios de las tensiones que podrían surgir entre ambos segmentos. A continuación, desarrollaremos los trade-offs entre las propuestas de valor aplicadas a la marca, el soporte al cliente y la infraestructura de red.

Respecto a la marca, surge un desafío: cómo capitalizar la imagen de una empresa que presta servicios a millones de usuarios y que ahora propone un uso exclusivo para un cliente industrial. Aunque pueden existir unidades de negocio agrupadas sobre marcas independientes para cada segmento, la propuesta de valor al

usuario industrial debería apalancarse en los beneficios de una red de gran cobertura, pero buscando diferenciarla de la oferta ofrecida al segmento masivo. Esto podría lograrse con despliegues de infraestructura independientes o con *Service Level Agreements* que, contractualmente, garanticen el servicio provisto por la telco. La estrategia de marca debe instrumentar una separación clara entre las propuestas de valor para evitar confundir o, peor aún, ahuyentar al segmento industrial con mensajes o atributos de marca “masiva” disonantes en la oferta.

Cuando nos referimos al trade-off de soporte al cliente, debemos reconocer que las problemáticas de cada segmento al momento de requerir soporte son distintas. Los usuarios del segmento industrial requieren de asesoramiento especializado, tiempos de respuesta inmediatos y flexibilidad para proveer soluciones específicas. Todo esto enmarcado en relaciones de largo plazo orientadas a mejoras continuas en la productividad. Dentro de la telco, la organización que brinda este soporte debe conocer no solo el producto o servicio brindado, sino también la motivación y expectativas específicas de la industria usuaria. Tal nivel de conocimiento personalizado es poco frecuente en el segmento masivo donde las problemáticas tienden a ser más uniformes dado que la oferta, de por sí, carece de una alta diferenciación. El trade-off requiere separar los canales de atención, soporte técnico y fuerza de ventas de cada segmento y dotarlos con recursos distintos en cuanto a conocimiento técnico, capacidades de resolución y de negociación.

En cuanto al despliegue de red y las soluciones de infraestructura, las redes privadas constituyen un servicio emergente para las telco, pero no siempre podrían alinearse con los procesos y decisiones tomadas al momento de construir la red comercial para el segmento masivo. Por ejemplo, las industrias del *Oil & Gas* y Minería requieren cobertura en zonas remotas en las cuales los operadores telco carecen de

infraestructura necesaria. Comprendemos que la inversión en construir la red formará parte de un plan de negocios específico para dicho proyecto, no obstante, las soluciones de infraestructura podrían diferir de las utilizadas en redes comerciales ya que el equipamiento desplegado en datacenters no necesariamente sea el más adecuado para garantizar un correcto funcionamiento en plataformas petroleras o en minas a cielo abierto. Esto amplía las opciones de proveedores para las telco, pero también podría aumentar la complejidad de operar implementaciones de múltiples proveedores. Otro punto para tomar en cuenta es que el usuario industrial podría requerir a la telco una solución de infraestructura en particular, por ejemplo, si una empresa multinacional tuviera preferencias sobre ciertos proveedores por motivos técnicos, operativos o estratégicos. Ejemplo de esto último podría ser una multinacional que excluya explícitamente a proveedores de ciertos países por cuestiones contractuales o geopolíticas.

Las telco deberían comprender que, mientras sigan posicionando su discurso solo desde los tecnicismos de una red más veloz o de mayores capacidades, les será complejo ir más allá de lo que ese discurso implica: la habilidad de realizar conexiones sin preguntarse para qué, desde dicha conectividad, proporcionar mayor valor agregado.

3.5.1. Redes privadas y modelos de negocio para las telco

Habiendo considerado un ecosistema en donde coexisten múltiples actores (grandes empresas industriales, proveedores de infraestructura de red, systems integrators e hiperescaladores) que interactúan de manera colaborativa, nos preguntamos qué funciones podría asumir un operador telco para crear mayor valor. En este entorno, los conceptos tradicionales de cadena de valor (Porter, 1980) o redes de valor (Stabell y Fjeldstad, 1998) no capturan de forma clara cómo estructurar los diferentes engranajes que articulan el valor entregado al usuario. El concepto de red

privada requiere de complementos para materializar el valor esperado por un usuario industrial, pero, a su vez, complementa a otras soluciones. A modo de ejemplo, automatizar una fábrica requiere de robots, sistemas de gestión en tiempo real, redes de alta velocidad y algoritmos de inteligencia artificial. Ninguno de ellos por sí solo es suficiente para materializar una automatización profunda. Es en la suma de estas tecnologías, actuando de forma armónica, en donde materializamos el valor esperado.

Proponemos un modelo de ecosistema como base para discutir las funciones y modelos de negocio para las telco. En este contexto, un ecosistema se puede definir como un grupo de empresas que, sobre la base de una estructura de relaciones y acuerdos, crean valor en función de atributos complementarios y, en cierta medida, únicos (Jacobides et al., 2018). La exclusividad de los atributos no significa necesariamente su escasez, pero sí un alto grado de especialización en su provisión. Por ejemplo, proveedores de soluciones de IoT puede haber muchos, pero quizás alguno sea sumamente efectivo en soluciones orientadas al control de robots de soldadura. Dentro de un ecosistema, la especialización conlleva a una definición clara de roles siempre y cuando no exista solapamientos entre sus integrantes, pero la complejidad de interacción surge cuando los actores del ecosistema, además de complementarse para brindar una solución, también ofrecen sustitutos a la propuesta de valor de otro actor del mismo ecosistema. Un proveedor de infraestructura de red podría ofrecer su experiencia para diseñarlas y desplegarlas, y competir, así, con habilidades que propias de una telco. Un system integrator podría lograr acuerdos con un hiperescalador para brindar soluciones de redes privadas *end-to-end* con infraestructura en la nube, y sustituir de esta manera los papeles tanto de las telco como de proveedores de infraestructura tradicionales (Priyanggoro et al., 2021). En nuestra opinión, la fuerza estabilizadora del ecosistema estará, en última instancia, en las industrias que utilizarán estas redes. Son los usuarios

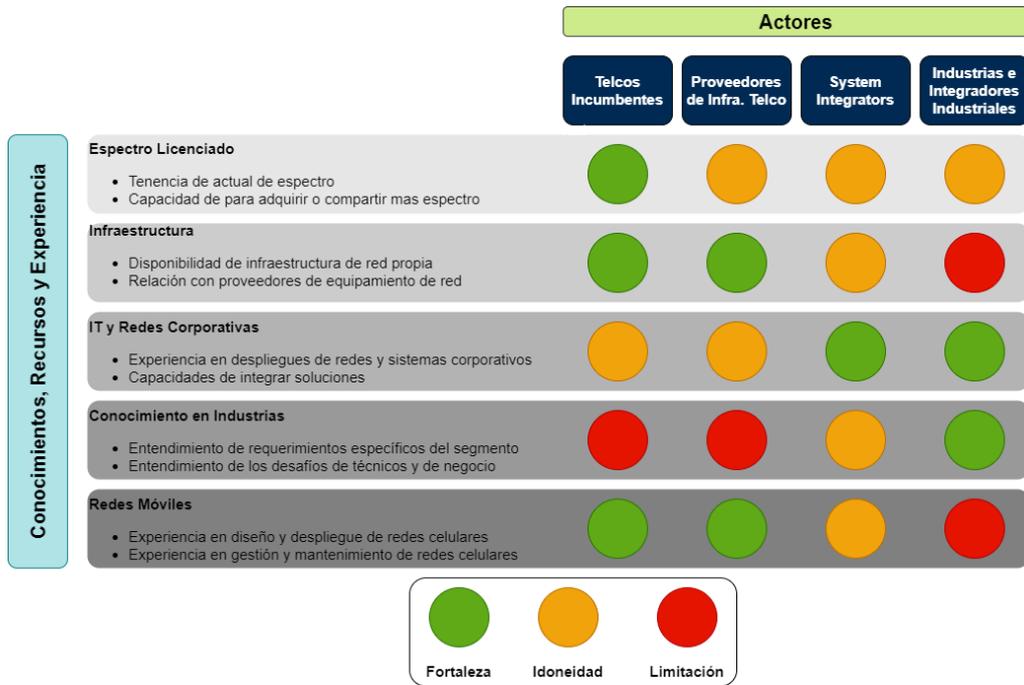
finales quien terminarán moldeando e influenciando en los modelos de negocios que sustenten al ecosistema. Los actores deberían identificar en qué aspectos pueden colaborar y en cuáles podrían llegar a competir en busca de la manera de maximizar activamente tanto la creación de valor total para los usuarios finales como sus propios beneficios.

Cabe preguntarnos en esta instancia qué grado de especialización tienen los actores de nuestro ecosistema y, más importante aún, si dicha especialización es un atributo único, difícilmente replicable por los demás participantes. La respuesta, lamentablemente es que, a priori, no existe una combinación de atributos que no pueda, en cierta medida, ser replicada por otros. Pero sí es posible matizar algunos aspectos clave en cuanto a conocimientos, recursos y experiencia de cada actor. La Figura 10 es una adaptación que resume lo relevado por STL Partners¹⁹ acerca de las fortalezas y limitaciones de los actores del ecosistema (Ali, 2021, p. 11). Esto nos permite identificar las áreas complementarias y en las cuales la competencia entre “socios” podría surgir.

¹⁹ stlpartners.com

Figura 10

Fortalezas y limitaciones de los principales actores del ecosistema de redes privadas



Para las telco, el contar con espectro e infraestructura desplegada provee un diferencial sumamente difícil de igualar por otros actores. STL Partners pareciera sugerir un potencial solapamiento de competencias entre las telco y sus proveedores de infraestructura. Aunque dicho “conflicto de intereses” podría darse, entendemos que no sería un posicionamiento sencillo de ocupar por los fabricantes. Creemos que su estructura de negocios suele estar fuertemente orientada a atender telcos y, aunque pueden realizar tareas de diseño y provisión de servicios, podrían carecer de suficiente capacidad en recursos humanos para soportar la operación diaria de redes privadas en forma local. En este aspecto, las telco estarían mejor posicionadas.

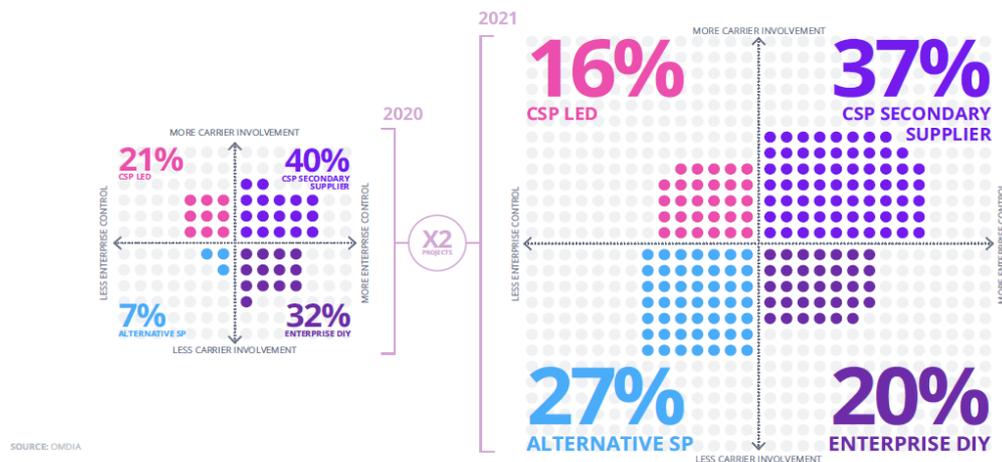
Pero esto no necesariamente implica que la discusión esté resuelta para las industrias. En un relevamiento hecho por OMDIA y BearingPoint²⁰ entre 2020 y 2021 (Tomasi et al., 2021), se cuantificaron alternativas en cuanto a despliegues de redes

²⁰ www.bearingpoint.com

privadas considerando el nivel de involucramiento de las telco y la necesidad de las industrias por mantener el control de estos despliegues, y resultó una matriz de cuatro posibilidades: (a) Despliegues liderados por telcos, (b) despliegues donde la telco tiene un papel secundario, (c) despliegues realizados por la industria sin involucrar a una telco, y (d) despliegues realizados por integradores alternativos. La Figura 11 resume la cantidad de proyectos relacionados con redes privadas de 5G en 2020 (a la izquierda) y en 2021 (a la derecha).

Figura 11

Cantidad de proyectos de redes privadas 5G, 2020 vs. 2021



Nota. Extraído de (Tomasi et al., 2021).

La complejidad de desplegar y administrar las redes privadas desalienta a las industrias a embarcarse por su cuenta en este tipo de proyectos (*do it yourself*) y vemos que el total porcentual de este tipo de iniciativas cayó doce puntos entre 2020 y 2021. Pero contra lo que cabría esperar, la demanda para las telco también decreció. Las iniciativas de 5G redes privadas lideradas por telcos cayeron cinco puntos, mientras que el 37% de los proyectos tiene a las telcos en un papel secundario. El segmento con mayor variación en la demanda es el de integradores alternativos a las telco con un crecimiento interanual de veinte puntos.

Ante la pregunta ¿qué motiva a las industrias a relegar o directamente prescindir de las telcos? No tenemos una respuesta única y concluyente, pero sí podemos conjeturar cuestiones relacionadas con el posicionamiento de estas empresas respecto a los otros actores del ecosistema y las necesidades de las industrias. OMDIA encuestó a diferentes actores sobre la función de las telco, incluidos los systems integrators y proveedores de infraestructura tanto de alcance global como especializados, quienes destacaron el know-how tecnológico y la fuerte presencia local de las telco como fortalezas, pero subrayaron la falta de foco y entendimiento de un segmento con necesidades que van más allá del tradicional papel en cuanto a conectividad (Tomasi et al., 2021, p. 14). Esa falta de cercanía podría llevar a las industrias a confiar sus procesos en actores capaces de brindar un foco mayor para acompañarlas en sus procesos de transformación.

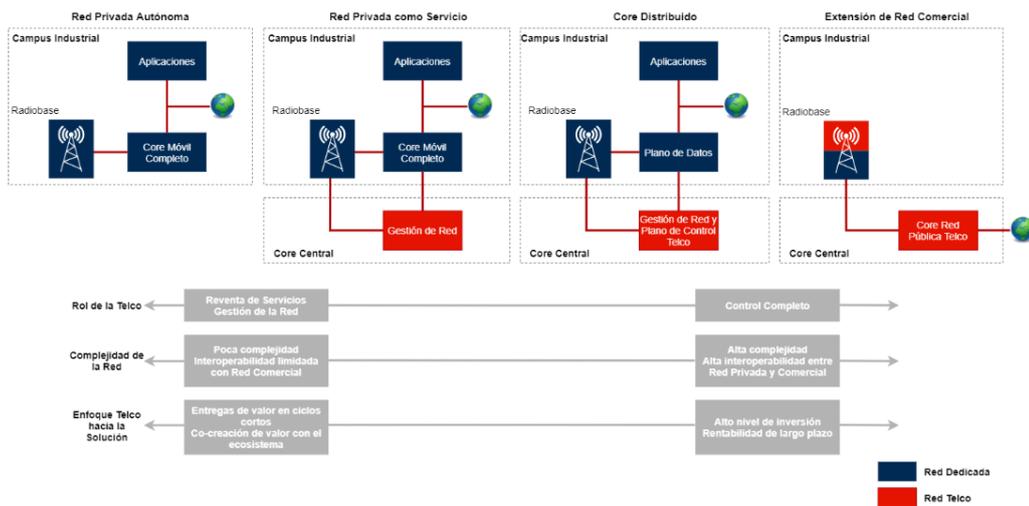
Entendemos esta postura, más creemos que las telco podrían tener una mayor relevancia. En una reciente entrevista, Bernd Gross, *Chief Technology Officer* de Software AG²¹, consideraba que la fuerte presencia local y el conocimiento operativo de las telco representaba una mejor elección para las industrias al momento de operar las redes privadas comparadas con los systems integrators los cuales tienden a ser muy efectivos en consultorías de diseño e ingeniería, pero pueden carecer de la capacidad de gestión diaria (Blackman, 2021b).

En cuanto a los diferentes papeles que el operador podría asumir, estos dependerán en gran medida de las necesidades específicas de cada usuario. El TM Forum y Nokia identifican cuatro tipos de despliegue de red privada y las distintas funciones que un operador telco podría ocupar, resumidos en la Figura 12.

²¹ www.softwareag.com

Figura 12

Opciones de arquitecturas de redes privadas y roles del operador telco



Nota. Adaptado de (Newman y Bushaus, 2020, p. 24).

El máximo control del sistema por parte de la industria requiere de una red completamente separada de la red comercial (“Red privada autónoma” en la figura anterior), provista o no por la telco. Dicho control trae aparejada una mayor complejidad operativa para la industria, ya que deberá contar con conocimientos sobre cómo gestionar una red celular completa. El operador telco puede ofrecer servicios de gestión de red, dado que el diseño y operación de redes es parte de su *core business*. Pero, nuevamente, saber un tema no implica poder aplicarlo de manera inmediata a cualquier situación. Toda la experiencia adquirida por las telco en el diseño de redes comerciales debe adaptarse al alto grado de personalización requerido por las industrias. Esto requiere de colaboración en la co-creación de soluciones con el usuario industrial para lograr una integración efectiva de la red y sus aplicaciones locales.

En el otro extremo, aquellas aplicaciones que no requieran estar confinadas al campus industrial pueden utilizar una red privada como extensión de la red comercial. En este caso, el operador telco define una red privada virtual de uso lógico exclusivo para la industria, pero implementada sobre recursos físicos de la red comercial. En esta

opción, el operador ofrece su capacidad de conectividad existente utilizando infraestructura ya desplegada. La industria no posee el mismo nivel de control sobre el tráfico de datos, con lo cual estas alternativas estarían acotadas a aplicaciones de baja criticidad y contratos de nivel de servicio que garanticen la correcta prestación. Aunque desde un punto de vista de infraestructura esta opción es muy rentable para los operadores, ya que gran parte de la inversión se encuentra en la forma de una red pública disponible, sigue representando un desafío operativo al momento de definir cómo gestionar múltiples redes privadas en armonía con la gestión del servicio comercial. Sobre este punto, el TM Forum menciona la posibilidad de contar con equipos dedicados a la gestión de este tipo de despliegues (Newman y Bushaus, 2021, p. 18) para asegurar el foco en el desempeño de estas redes. Sobre este punto coincidimos, pero reconocemos que esto representa un cambio importante en la forma de organizar el soporte operativo de una telco orientada al segmento masivo.

Como cierre de esta sección, creemos que el sector recién está comenzando a entender las redes privadas como parte de un ecosistema en formación, y podría ser demasiado pronto para vislumbrar un escenario estable, mas consideramos que las telcos deberían ir adaptando su modelo de negocio para lograr la flexibilidad necesaria tanto en el segmento masivo como de cara a las industrias. La creación de nuevas unidades de negocio podría ayudar para dotar a las telcos del foco requerido en cada segmento siempre que reconozcan y minimicen los trade-off comentados. Este escenario está siendo implementado por operadores como AT&T, Telefónica, Verizon y Vodafone (Blackman, 2021c).

3.5.2. La “convergencia OT/IT” de la telco

La transformación digital no es exclusividad del sector industrial. Un correlato de lo estudiado en la sección 3.2.1 se produce dentro de las telcos y tiene impacto

directo en su estrategia de posicionamiento. Dentro de los operadores móviles, se observa una tendencia a la convergencia entre las áreas encargadas de los sistemas informáticos de la compañía con las áreas responsables por las redes de telecomunicaciones. Esta convergencia resulta de la necesidad de simplificar el diseño de nuevos productos y servicios que permitan acelerar el *time-to-market* y así mismo se apalanca en una convergencia tecnológica en cuanto a infraestructura.

Las soluciones de infraestructura de redes telco, hasta hace poco tiempo, un nicho acotado de proveedores con una interoperabilidad limitada, se abren al paradigma *cloud native* sostenido por los avances en la virtualización de funciones de red sobre infraestructura de datacenter, similar al camino recorrido por aplicaciones de IT, y de la mano de nuevos proveedores que buscan competir con jugadores ya establecidos. Con la maduración de la 5G y el auge de los ecosistemas de redes abiertas soportados por organizaciones como la Open RAN Alliance²² [O-RAN], Telecom Infra Project²³ [TIP] y Linux Foundation²⁴ [LF]; se comienzan a ver despliegues de redes móviles en entornos de nube pública o privada (*Rakuten Launches Rakuten Symphony to Accelerate Adoption of Cloud-Native, Open RAN-Based Mobile Networks Worldwide, 2021; DISH and AWS Form Strategic Collaboration to Reinvent 5G Connectivity and Innovation, 2021*). Para la telco, la adopción de estas tecnologías permitirá aumentar la eficiencia al simplificar la infraestructura de servidores, acelerar el despliegue de nuevas mejoras en las redes utilizando conceptos de DevOps, adoptando organizaciones centradas en principios del agilismo.

En el frente externo a los telcos, este tipo de tecnología acelera el surgimiento de competidores que pueden acceder a soluciones de infraestructura de red móvil en la

²² o-ran.org

²³ telecominfraproject.com

²⁴ lfnetworking.org

nube de forma relativamente sencilla y proveer servicios de redes privadas a industrias con un posicionamiento estratégico específicamente acotado a este tipo de servicios. A modo de ejemplo, Edzcom²⁵ es un proveedor de redes privadas finlandés. Su misión es “(sic) to empower enterprises with connectivity solutions and enable their ambitious digitalisation goals” («Edzcom Mission», s. f.). Su *staff* cuenta con poco más de treinta expertos con conocimientos en diseño y operación de redes móviles. Esta compañía fue adquirida en julio de 2020 por Cellnex²⁶ («EDZCOM Is Now a Part of Cellnex», 2020), una empresa europea líder en la construcción y mantenimiento de infraestructura celular para alquiler. De esta manera, esta Cellnex se posiciona hacia el segmento industrial con una propuesta de valor mayor que la mera provisión de infraestructura, mientras que Edzcom gana acceso a doce mercados europeos por fuera de Finlandia mediante la capilaridad lograda por Cellnex, compitiendo con los operadores telco incumbentes, pero con una estructura de alto foco en la industria. Es este tipo de propuesta la que actualmente genera el atractivo relevado por OMDIA en la Figura 11.

Ante estas amenazas de nuevos entrantes, los operadores telco necesitan evolucionar su posicionamiento y ganar eficiencia en un entorno competitivo complejo. Pero no vemos a esta evolución como un desafío exclusivamente tecnológico. Las necesidades de los usuarios se multiplican y, por momentos, divergen. Ya no es suficiente brindar cada vez mayor velocidad; las industrias demandan mayor cercanía con sus socios tecnológicos y las telcos se encuentran inmersas en un proceso de cambio para dejar de ser *communication service providers* y transformarse en *digital service providers* evolucionando la propuesta de valor del mero transporte de datos a

²⁵ edzcom.com

²⁶ cellnextelecom.com

través de una red, a la generación de servicios basados en la información que esos datos contienen.

Conclusión

Los operadores telco pueden ser una fuerza importante en el desarrollo de la cuarta revolución industrial. Pero su éxito dependerá de la adaptación hacia una estrategia con la cual poder competir contra empresas específicamente organizadas para satisfacer las necesidades de las industrias. La cadena de valor actual deberá modificarse para proporcionar la flexibilidad, velocidad y acompañamiento que este segmento requiere; esto podría generar tensiones en el modelo de negocios actual y ocasionar descalces en actividades clave. La gestión de los trade-offs entre posicionamientos diversos podría mitigarse generando unidades de negocio independientes pero capaces de encontrar puntos comunes de sinergia sobre los cuales constituir una ventaja competitiva difícil de replicar por sus competidores actuales y futuros.

Referencias

- 3GPP. (2020). *Study on Communication for Automation in Vertical Domains* (Technical Report (TR) 22.804). 3rd Generation Partnership Project (3GPP).
http://www.3gpp.org/ftp//Specs/archive/22_series/22.804/
- 5G Américas. (2020). *5G Technologies for Private Networks*. 5G Américas.
<https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2020/10/InDesign-5G-Technologies-for-Private-Networks-WP.pdf>
- 5G-ACIA. (2019). *5G Non-Public Networks for Industrial Scenarios*. https://5g-acia.org/wp-content/uploads/2021/04/WP_5G_NPN_2019_01.pdf
- 10 Hot consumer trends 2030 – The internet of senses*. (2021, junio 30).
<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/consumerlab/reports/10-hot-consumer-trends-2030>
- Accenture. (2020, diciembre 8). *Híper Escaladores de Cloud* | Accenture.
<https://www.accenture.com/cl-es/insights/cloud/hyperscale-cloud-journey>
- Ali, A. (2021). *Private Networks: Lessons So Far and What Next*.
<https://stlpartners.com/research/private-networks-lessons-so-far-and-what-next/>
- Appledore Research. (2021, mayo 25). Best quote so far at @rcrwirelessnews #Private #Networks event: @bosch sees great potential for #5G in #manufacturing but: «you can't just take equipment from public networks and paint it yellow».
@A_Mueller_5G <https://t.co/HPVTg9spwW> [Tweet]. @AppledoreVision.
<https://twitter.com/AppledoreVision/status/1397226206173573126>
- Baheti, R., y Gill, H. (2011). The impact of control technology: Cyber-physical systems. *IEEE Control Systems Society*, 1-6.

- Bicameral Avaló el DNU que Declara Esencial Los Servicios de Internet, Telefonía y TV Paga.* (2020, agosto 24).
https://www.diputados.gov.ar/prensa/noticias/noticias-podio/noticias_1375.html
- Blackman, J. (2019, abril 12). *Volkswagen to build private 5G networks from 2020; invites tenders from kit vendors.* Enterprise IoT Insights.
<https://enterpriseiotinsights.com/20190412/channels/news/volkswagen-to-build-private-network-from-2020>
- Blackman, J. (2020, febrero 10). *VW and BMW raise industrial 5G stakes – how German car giants are tooling up for Industry 4.0.* Enterprise IoT Insights.
<https://enterpriseiotinsights.com/20200210/channels/fundamentals/vw-and-bmw-raise-industrial-5g-stakes>
- Blackman, J. (2021a, mayo 25). *Enterprises don't understand the tech or ROI – Ford on what to fix with private 5G.* Enterprise IoT Insights.
<https://enterpriseiotinsights.com/20210525/channels/news/enterprises-dont-understand-the-tech-or-the-business-case-ford-on-what-to-fix-with-private-5g>
- Blackman, J. (2021b, julio 22). *SIs in trouble, hyperscalers indifferent – the case for carrier-led private 5G.* Enterprise IoT Insights.
<https://enterpriseiotinsights.com/20210722/lte/integrators-in-trouble-hyperscalers-disinterested-case-for-carrier-led-private-5g>
- Blackman, J. (2021c, julio 29). *Boom year for private 5G? Telcos restructure to take enterprise bull by network horns.*
<https://enterpriseiotinsights.com/20210729/channels/news/a-boom-year-for-private-5g-telcos-restructure-to-take-enterprise-bull-by-network-horns>
- Blackman, J. (2021d, julio 29). *MNOs vs NEPs vs SIs – the pitched battle (in numbers) over private 5G management—Enterprise IoT Insights.*

<https://enterpriseiotinsights.com/20210729/channels/news/mnos-vs-neps-vs-sis-the-pitched-battle-in-numbers-over-private-5g-management>

Bonte, D., Saunders, J., Mavrakis, D., y Martin, R. (2020). *Smart Manufacturing and How to Get Started – The Implementation and ROI of Industry 4.0 use cases.*

https://www.ericsson.com/49e337/assets/local/internet-of-things/docs/coi-part-2-final-report.pdf?_ga=2.138875507.1198371982.1630692067-274100348.1628171924

Bowersox, D. J., Closs, D. J., y Drayer, R. W. (2005). The digital transformation: Technology and beyond. *Supply Chain Management Review*, 9(1), 22-29.

Brockway, T. (2021, junio 16). *Unlocking the enterprise opportunity with 5G, edge compute, and cloud.* <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/unlocking-the-enterprise-opportunity-with-5g-edge-compute-and-cloud/>

Campbell, K., Diffley, J., Flanagan, B., Morelli, B., O’Neil, B., y Sideco, F. (2017). *The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy.*

<https://cdn.ihs.com/www/pdf/IHS-Technology-5G-Economic-Impact-Study.pdf>

CISA. (2020, julio 23). *NSA and CISA Recommend Immediate Actions to Reduce Exposure Across Operational Technologies and Control Systems | CISA.*

<https://us-cert.cisa.gov/ncas/alerts/aa20-205a>

Cisco Annual Internet Report (2018–2023). (2020). Cisco.

<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.pdf>

Concepción de las IMT – Marco y objetivos generales del futuro desarrollo de las IMT para 2020 y en adelante (Recomendación UIT-R N.º 2083-0; M). (2015). UIT.

https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-S.pdf

- Coombs, S. (2020, octubre 15). *The 7 Best Practices for IT-OT Convergence* / *Accenture*. WordPressBlog. <https://www.accenture.com/us-en/blogs/industry-digitization/the-7-best-practices-for-it-ot-convergence>
- Curran, R. (2021). *Private Networks* (p. 8).
- Damodaran, A. (2021, enero). *Margins and ROC*.
<https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/pc/datasets/EVAGlobal.xls>
- DeGrasse, M. (2021, mayo 3). *Ericsson deploys private network for Airbus*.
FierceWireless. <https://www.fiercewireless.com/private-wireless/ericsson-deploys-private-network-for-airbus>
- DISH and AWS Form Strategic Collaboration to Reinvent 5G Connectivity and Innovation*. (2021, abril 21). About DISH. <https://about.dish.com/news-releases?item=123502>
- EDZCOM is now a part of Cellnex. (2020, julio 23). *Edzcom*.
<https://www.edzcom.com/edzcom-is-now-a-part-of-cellnex/>
- Edzcom Mission. (s. f.). *Edzcom*. Recuperado 9 de octubre de 2021, de <https://www.edzcom.com/about-us/>
- Ericsson Mobility Report June 2021*. (2021). Ericsson.
<https://www.ericsson.com/4a03c2/assets/local/mobility-report/documents/2021/june-2021-ericsson-mobility-report.pdf>
- Experiment: The Patellar Reflex and Reaction*. (s. f.). Recuperado 11 de octubre de 2021, de <https://backyardbrains.com/experiments/Musclekneejerk>
- Five ways to a better 5G*. (2021). Ericsson.
<https://www.ericsson.com/49944f/assets/local/reports-papers/consumerlab/reports/2021/five-ways-to-a-better-5g-report.pdf>

- Fortinet. (2019). *Independent Study Pinpoints Significant SCADA/ICS Security Risks*.
Fortinet. <https://www.fortinet.com/content/dam/fortinet/assets/white-papers/WP-Independent-Study-Pinpoints-Significant-Scada-ICS-Cybersecurity-Risks.pdf>
- GSA. (2021). *Private Mobile Networks: Executive Summary – September 2021*.
<https://gsacom.com/technology/5g/>
- GSMA. (s. f.). *GSMA Intelligence*. Recuperado 29 de agosto de 2021, de
<https://www.gsmaintelligence.com/>
- Guide to the use of the ITU-R texts relating to the terrestrial component of IMT*. (2021).
ITU - WP 5D. <https://www.itu.int/oth/ROA060000AA/en>
- Hardesty, L. (2021, julio 14). *FCC sets date to begin reimbursement for Huawei rip and replace program*. FierceTelecom. <https://www.fiercetelecom.com/telecom/fcc-sets-date-to-begin-reimbursement-for-huawei-rip-and-replace-program>
- Hayes, R. (2020). *Managing the successful convergence of IT and OT*. Deloitte.
<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Risk/gx-deloitte-managing-the-successful-convergence-of-it-and-ot.pdf>
- Hillebrand, F., Rosenbrock, K. H., y Hauser, H. (Eds.). (2013). *The Creation of Standards for Global Mobile Communication: GSM, UMTS, and LTE from 1982 to 2012*. Hillebrand Consulting Engineers GmbH.
- InfoLEG - Ministerio de Justicia y Derechos Humanos—Argentina*. (2020, agosto 21).
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/340000-344999/341372/norma.htm>
- ITU. (2019). *The Economic Contribution of Broadband, Digitization and ICT Regulation—Econometric Modelling for the Americas*. ITU Publicatuibs.
https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-EF.BDT_AM-2019-PDF-E.pdf

- Jacobides, M. G., Cennamo, C., y Gawer, A. (2018). Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39(8), 2255-2276.
<https://doi.org/10.1002/smj.2904>
- Kagermann, H., Lukas, W.-D., y Wahlster, W. (2011, abril 1). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. *VDI-Nachrichten*, 13-2011.
https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf
- Lee, J., Bagheri, B., y Kao, H.-A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
<https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Mackenzie, M., y Chappell, C. (2021). *What are private LTE/5G networks and why are they important?* (p. 6).
https://www.analysismason.com/contentassets/98be4966ae4f7ea55cc475af92c28d/analysys_mason_private_lte_5g_networks_feb2021_rdme0_rma18.pdf
- Marek, S. (2020, noviembre 18). *John Deere to use CBRS for private 5G networks in its factories*. Light Reading. <https://www.lightreading.com/aiautomation/john-deere-to-use-cbrs-for-private-5g-networks-in-its-factories/d/d-id/765523>
- Metcalfé, B. (2013). Metcalfé's Law after 40 Years of Ethernet. *Computer*, 46(12), 26-31. <https://doi.org/10.1109/MC.2013.374>
- Ministerio de Producción. (2021). *Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0*.
Ministerio de Desarrollo Productivo - Argentina.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_de_desarrollo_productivo_argentina_4.0.vf__2.pdf

- Newman, M., y Bushaus, D. (2020). *The Role of the Telco*.
<https://inform.tmforum.org/research-reports/enterprise-5g-the-role-of-the-telco/>
- Newman, M., y Bushaus, D. (2021). *Mobile private networks: Exploring the CSP opportunity*. 46.
- Nokia. (2021, enero 4). *Private Wireless Explained*. Nokia.
<https://www.nokia.com/about-us/newsroom/articles/private-wireless-explained/>
- Okeleke, K., y Suardi, S. (2020). *The Mobile Economy Latin America 2020*. 44.
- Patil, C., Karhe, R., y Aher, M. (2012). Development of mobile technology: A survey. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 1(5).
- Porter, M. E. (1979). How Competitive Forces Shape Strategy. *Harvard Business Review*, 57(2), 137-145.
- Porter, M. E. (1980). *Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors*. Free Press.
- Private 5G Network Market Size | Industry Report, 2021-2028*. (2021, abril).
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/private-5g-network-market>
- Private Cellular Networks to Generate Over US\$64 Billion in Equipment Revenues by 2030*. (2020, octubre 20). <https://www.abiresearch.com/press/private-cellular-networks-generate-over-us64-billion-equipment-revenues-2030/>
- Private Wireless Explained*. (s. f.). Nokia. Recuperado 14 de agosto de 2021, de <https://www.nokia.com/about-us/newsroom/articles/private-wireless-explained/>
- Priyanggoro, S., Khan, A. A., Bajpai, R., y Tiwari, A. (2021, septiembre 1). *Scalable Mobile Private 4G and 5G Network Services on AWS from Deloitte*. Amazon

Web Services. <https://aws.amazon.com/blogs/apn/scalable-mobile-private-4g-and-5g-network-services-on-aws-from-deloitte/>

Rakuten Launches Rakuten Symphony to accelerate adoption of cloud-native, Open RAN-based mobile networks worldwide. (2021, agosto 4). Rakuten Group, Inc. https://global.rakuten.com/corp/news/press/2021/0804_04.html

Rumi, M. J. (2021, febrero 2). Telecomunicaciones: La Justicia dictó una cautelar contra el DNU que regula los precios. *La Nación*. <https://www.lanacion.com.ar/economia/telecomunicaciones-justicia-dicto-cautelar-dnu-regula-precios-nid2590288/>

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., y Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing*. Boston Consulting Group. https://image-src.bcg.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm9-61694.pdf

Saniee, I., Kamat, S., Prakash, S., y Weldon, M. (2017). Will productivity growth return in the new digital era? An analysis of the potential impact on productivity of the fourth industrial revolution. *Bell Labs Technical Journal*, *PP*, 1-1. <https://doi.org/10.15325/BLTJ.2017.2714819>

Scherling, Å. (2020). *Saab is first with full-scale operation via private network for 5G*. <https://www.combitech.com/news-inspiration/press/press-releases/saab-is-first-with-full-scale-operation-via-private-network-for-5g/>

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.

Seal, T. (2021, junio 29). *Google Pushes Deeper Into Telecom Industry With 5G Partnership—Bloomberg*. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-06-29/google-pushes-deeper-into-telecom-industry-with-5g-partnership>

- Secretaría de Innovación Pública de la Nación. (2021, agosto 20). *Consulta pública para la actualización del reglamento de espectro*. Argentina.gob.ar.
<https://www.argentina.gob.ar/noticias/consulta-publica-para-la-actualizacion-del-reglamento-de-espectro>
- Sharma, P. (2013). Evolution of Mobile Wireless Communication Networks 1G to 5G as well as Future Prospective of Next Generation Communication Network. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 2(8), 47-53.
- Siemens. (2021). *A 5G network for every factory*. Siemens.Com Global Website.
<https://new.siemens.com/global/en/company/stories/industry/industrial-5g-the-wireless-network-of-the-future.html>
- Soldatos, J., Lazaro, O., y Cavadini, F. (2019). *The Digital Shopfloor: Industrial Automation in the Industry 4.0 Era* (pp. 1-496). <https://doi.org/10.13052/rp-9788770220408>
- Stabell, C. B., y Fjeldstad, Ø. D. (1998). Configuring value for competitive advantage: On chains, shops, and networks. *Strategic Management Journal*, 19(5), 413-437.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199805\)19:5<413::AID-SMJ946>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199805)19:5<413::AID-SMJ946>3.0.CO;2-C)
- Swain, W., Lopes, A., y Agnese, S. (2020). *Why 5G in Latin America?* OMDIA.
<https://onestore.nokia.com/asset/207751>
- Tellez Tejada, N. (2021, junio 24). Tarifas en Argentina: Dos nuevas cautelares recaen sobre el DNU 690 y la Justicia revalidó la que había otorgado a Telecom. *TeleSemana.com*. <https://www.telesemana.com/blog/2021/06/24/tarifas-en-argentina-dos-nuevas-cautelares-recaen-sobre-el-dnu-690-y-la-justicia-revalido-la-que-habia-otorgado-a-telecom/>

Tomasi, P., Talmesio, D., y Kirchheimer, E. (2021). *CSPs' readiness to reap the benefits of 5G – a year on*. OMDIA. <https://www.bearingpoint.com/tr-tr/about-us/news-and-media/press-releases/csp-share-of-enterprise-5g-deals-down-5-in-2021/>

Volkswagen. (s. f.). *Volkswagen invests up to €4 billion in digitalization*. Recuperado 4 de septiembre de 2021, de <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/06/volkswagen-invests-up-to-4-billion-euro-in-digitalization.html>

Wahlster, W. (2020). *Prof. Wolfgang Wahlster on Industry 4.0* (E. Doležalová y T. Becker) [TecniCall]. <https://ricaip.eu/prof-wolfgang-wahlster-on-industrie-4-0/>

Williams, C., y Schallmo, D. (2018). *History of Digital Transformation* (pp. 3-8). https://doi.org/10.1007/978-3-319-72844-5_2

Anexo

Evolución de las redes celulares

El desarrollo de las redes de comunicaciones móviles se enmarca en el concepto de las llamadas “generaciones” (Patil et al., 2012; Sharma, 2013), donde cada una de ellas engloba una serie de estándares adoptados por fabricantes de infraestructura, de terminales y operadores de servicio. Cada generación introdujo nuevas funcionalidades respecto a la anterior. La primera generación (1G) surgió en la década de 1980 y estableció el concepto de “comunicaciones personales”, permitiendo a los individuos hablar telefónicamente aún fuera de sus hogares u oficinas. Existieron muchos estándares de 1G en diferentes regiones del mundo, pero la escasa o nula interoperabilidad entre los mismos impedía desarrollar economías de escala tendientes a masificar la adopción.

El 2G surgió a principios de la década de 1990 y, si bien contó con varios ejemplos de estandarización tecnológica (Sharma, 2013), la interoperabilidad continuó siendo un desafío. No obstante, en esta generación se comenzaron a sentar las bases para el desarrollo de una economía de escala mayor gracias a los esfuerzos de estandarización de la Comunidad Europea que resultaron en el estándar GSM por parte de la ETSI²⁷, el cuál logró trascender las fronteras de Europa con un alto grado de penetración global. De la mano del 2G, la telefonía celular logró masificarse y los usuarios de dicho servicio tuvieron acceso no sólo a llamadas telefónicas sino también a envío de mensajes de texto cortos (*SMS*) y un uso incipiente de internet móvil de la mano de evoluciones de la red GSM hacia el 2.5G como ser GPRS y EDGE (Hillebrand et al., 2013).

²⁷ <https://www.etsi.org/>

Hacia fines del siglo pasado, con el objetivo del desarrollo de la 3G, los organismos de estandarización regionales comenzaron a agruparse en consorcios a efectos de desarrollar estándares con capacidad de aplicación mundial, siendo el más representativo el 3rd Generation Partnership Project (3GPP)²⁸. En paralelo, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)²⁹, dependiente de las Naciones Unidas, comenzó el estudio formal de los servicios de comunicaciones móviles con el objetivo de identificar porciones de espectro radioeléctrico a nivel mundial, armonizando el uso de estos servicios a escala global. La UIT no define los estándares tecnológicos detrás de cada generación, no obstante, sí define los objetivos que deberán brindar y homologa las propuestas técnicas realizadas por organizaciones como el 3GPP. Las recomendaciones de la ITU para los Sistemas de Telecomunicaciones Móviles Internacionales (“IMT Systems”) definen mundialmente los atributos de cada generación móvil a partir del 3G (*Guide to the use of the ITU-R texts relating to the terrestrial component of IMT*, 2021).

Hasta la 4G, las tecnologías en redes móviles se diseñaron para satisfacer individuos con necesidades cada vez mayores en cuanto a uso de datos. El surgimiento de aplicaciones *over-the-top* de video, las redes sociales y la hiperconectividad requirieron tecnologías capaces de procesar cada vez más tráfico de forma costo efectiva. Esta tendencia a una mayor demanda de tráfico continuará acentuándose en los años por venir (*Cisco Annual Internet Report (2018–2023)*, 2020; *Ericsson Mobility Report June 2021*, 2021) ya sea debido a mejoras en servicios actuales (por ejemplo, *streaming* de videos en 4K y 8K) o al surgimiento de nuevas maneras de interactuar con

²⁸ <https://www.3gpp.org/about-3gpp>

²⁹ <https://www.itu.int/es/Pages/default.aspx>

el mundo, por ejemplo, a través de la Realidad Virtual o la Realidad Aumentada (VR/AR) (*Five Ways to a Better 5G*, 2021).

Con el advenimiento de la cuarta revolución industrial, la visión de la UIT para las tecnologías de 5G representa un cambio de paradigma respecto a las generaciones que la precedieron al incorporar la necesidad de interconectar de manera rápida y confiable no sólo individuos sino también máquinas, colaborando en la transformación digital de las industrias (*Concepción de las IMT – Marco y objetivos generales del futuro desarrollo de las IMT para 2020 y en adelante*, 2015).

Autorizaciones para publicar los trabajos finales

En una hoja separada deberán figurar los párrafos correspondientes (que se encuentran debajo) con la decisión sobre la publicación. Debe incluir firma (digital o agregar la firma escaneada en fondo blanco al documento como una imagen y luego convertirlo en PDF), aclaración y DNI del autor.

La hoja de autorizaciones debe colocarse al final del trabajo.

Elegir la opción correspondiente en cada punto:

- **Repositorio Institucional:**

Autorizo a la Universidad del CEMA a publicar y difundir en el **Repositorio Institucional** de la Universidad de la Biblioteca con fines exclusivamente académicos y didácticos el Trabajo Final de mi autoría.

- **Catálogo en línea:**

Autorizo a la Universidad del CEMA a publicar y difundir en el **Catálogo en línea** (acceso con usuario y contraseña) de la Biblioteca con fines exclusivamente académicos y didácticos el Trabajo Final de mi autoría.

- **Página web UCEMA:**

Autorizo a la Universidad del CEMA a publicar y difundir en la **página web de la Universidad** como Trabajo destacado, si el mismo obtuviese la distinción correspondiente, con fines exclusivamente académicos y didácticos el Trabajo Final de mi autoría.

Nombre y apellido: Gerardo Gruszka
DNI: 24.940.322
Carrera: MADE
Firma:

