

Infraestructuras, hardware & IoT:

oportunidades clave en la
industria y los servicios 4.0

Tabla de contenidos

01.	Introducción	03
02.	Los conceptos básicos del IoT	05
	2.1 Impacto económico del IoT	05
	2.2 Componentes básicos del IoT	06
	2.3 Los dispositivos de IoT	07
	2.4 El IoT y otras tecnologías	08
	2.5 Clasificación del IoT según la tecnología habilitadora	08
03.	La evolución del mercado del IoT: del ruido y la sobreexpectación a los fundamentos (sólidos)	10
04.	Soluciones de IoT: identificación de oportunidades	22
05.	Perspectivas del mercado del IoT: desde las soluciones al tamaño y la madurez del mercado	27
06.	Los retos de la dinámica de mercado del IoT	32
07.	Observaciones finales	39
	Anexo: Tecnologías de apoyo al IoT.	41

01

Introducción

El objetivo de este artículo es aportar una evaluación cualificada de las prometedoras oportunidades que surgen del ecosistema del internet de las cosas (IoT, por las siglas en inglés de Internet of Things) a corto y medio plazo, con el propósito final de poder asesorar sobre inversiones y la creación de empleo y empresas en este ámbito. La previsión, o simplemente la proyección, de desarrollos futuros de las tecnologías de la información (TI) es más un arte que una ciencia, así que muchas de nuestras afirmaciones conllevan un alto grado de incertidumbre y cautela. Sin embargo, esperamos que esta investigación, basada en una revisión crítica de las principales estadísticas e informes económicos y de mercado, en entrevistas con expertos en este campo —desarrolladores, emprendedores y capitalistas de riesgo— y en nuestra propia experiencia en el negocio del IoT, la elaboración de políticas y el análisis económico, permita contar con una imagen más clara del sector del IoT en un horizonte temporal de 3-7 años.

Nos centraremos en el IoT —es decir, en soluciones basadas en máquinas que hablan con máquinas— y en su interacción con otros desarrollos de las TI (hardware, software, servicios) desde una perspectiva global, aunque presentaremos algunas características y retos particulares para el caso de los países de renta media.

El apartado 2 de este informe describe con detalle los diferentes componentes y los fundamentos de la conectividad y la comunicación del IoT. Con esto no solo se pretende aclarar algunos conceptos, sino sobre todo identificar con mayor facilidad oportunidades de negocio e inversión que a menudo se desdibujan bajo la etiqueta del IoT. Como insistiremos, el IoT es mucho más que dispositivos, y asignamos el mismo grado de importancia a las comunicaciones, la informática y la analítica. En el apartado 3 se describe la dinámica corporativa y de mercado del IoT utilizando varias fuentes sólidas. Una vez más, debemos ser precavidos, ya que la mayoría de ellas utilizan diferentes definiciones y con frecuencia distintos conceptos. Complementamos este apartado con una perspectiva del contexto económico y competitivo, que incluye los movimientos de las grandes empresas tecnológicas en el ecosistema digital.

El apartado 4 presenta un panorama cualitativo de un amplio conjunto de oportunidades según las velocidades de conexión. A continuación, nos centramos en tres ámbitos en los que, en nuestra opinión, se observa un mayor potencial y están menos saturados: las soluciones de planeamiento urbano y las ciudades inteligentes (smart cities), la automatización y la atención médica. En el apartado 5 presentamos algunas cifras sobre estas tendencias del IoT que se basan en proyecciones hasta 2030 realizadas por analistas, que incluyen el tamaño y la madurez del mercado según nuestros propios criterios. Esto permite pronosticar unas tasas de crecimiento sólidas —pero no exponenciales— para el IoT en la mayoría de los segmentos. Los retos, que van del uso de la energía a los datos (la privacidad, la seguridad), la fragmentación de las plataformas, la conectividad y la escalabilidad, se describen en el apartado 6. Por último, basándonos en las interconexiones que existen entre la tecnología, la sociedad y el planeta, el apartado 7 cierra el artículo describiendo algunas de las innovaciones más prometedoras del IoT verde.

En general, nuestro análisis es cautelosamente optimista respecto al IoT. De hecho, las soluciones de IoT cuyo objetivo es hacer nuestros hábitats más inclusivos y sostenibles, nuestras vidas más fáciles y saludables, y la

producción más inteligente y eficiente están floreciendo en todo el mundo. Pero nuestra interpretación de las pruebas también recomienda una importante dosis de realismo, porque, hasta ahora, el mercado del IoT no ha conseguido los resultados que se esperaban hace apenas unos años. Los contextos económico y financiero actuales refuerzan esta valoración.



02

Los conceptos básicos del IoT

Definición del IoT. *El internet de las cosas conecta los mundos digital y físico mediante la recopilación, medición y análisis de datos, con el fin de predecir y automatizar procesos empresariales. Se refiere a productos que están conectados a una red, por ejemplo a internet, la intranet de una empresa o una red que utilice protocolos de comunicación industrial. Un dispositivo de IoT puede ser cualquier cosa, desde un teléfono inteligente a una turbina eólica o un frigorífico, siempre que se comunique con una "base central" para enviar o recibir datos. Los datos pueden utilizarse para mejorar las características técnicas o la usabilidad de un producto o para ofrecer nuevos servicios a los clientes, o pueden venderse a un tercero¹.*

2.1 Impacto económico del IoT.

El IoT puede servir para varios fines, pero la mayoría de ellos suceden en tiempo real y aumentan el proceso de automatización de los procesos de las fábricas y de los servicios en las ciudades. Su lógica económica está motivada por tres razones principales:

I. Aumenta la productividad:

Las máquinas pueden comunicarse entre ellas, de modo que son bastante más eficientes y producen resultados mejores y más rápidos.

II. Reduce los costes:

El IoT mejora la eficiencia de los sistemas, ahorrando tiempo y energía.

III. Retain customers:

Las empresas pueden acceder, fácilmente y en tiempo real, a los datos y la información, lo que ayuda a adaptar las respuestas para mejorar la calidad y la satisfacción del cliente.

1. Deloitte (varios años), Deloitte Insights. Última consulta el 2 de octubre de 2022.

2.2 Componentes básicos del IoT

El IoT va mucho más allá de unos dispositivos conectados, y las oportunidades de inversión y las dinámicas de mercado deben analizarse teniendo en cuenta toda su cadena de valor. Partiendo de la taxonomía desarrollada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y el análisis realizado por I-Scoop², en esta cadena de valor y en la interacción con los ecosistemas digitales se incluyen:

I. Cosas.

Cualquier cosa puede ser etiquetada o conectada, desde sensores y electrodomésticos hasta ganado etiquetado. Los dispositivos pueden contener sensores o se pueden incorporar materiales de detección a los dispositivos y objetos.

II. La conectividad, que es el núcleo del IoT.

La conexión a varios niveles es necesaria, dada la cantidad y pluralidad de dispositivos de IoT, sensores y otros sistemas electrónicos, y hardware conectado.

III. Comunicación.

Los dispositivos se conectan para poder comunicar datos. La comunicación puede producirse en distancias cortas, o en distancias largas o muy largas. Por ejemplo: Wi-Fi (fidelidad inalámbrica), LPWA (red de baja potencia y área amplia), tecnologías como LoRa (largo alcance) o NB-IoT (internet de las cosas de banda estrecha).

IV. Los datos.

Funcionan como el pegamento del internet de las cosas, el primer paso hacia la acción y la inteligencia.

V. La inteligencia.

Se desarrolla a partir de las capacidades de los dispositivos de IoT y del análisis del big data (también de la inteligencia artificial).

2. I-Scoop (varios años), Reporting on digital transformation, Industry 4.0, Internet of Things, and emerging technologies in context. Última consulta el 2 de octubre de 2022.

VI. La acción.

Acciones manuales o decisiones automáticas basadas en datos y alertas, como las que se producen en una fábrica inteligente, mediante la automatización.

VII. El ecosistema.

El lugar que ocupa el internet de las cosas desde la perspectiva de otras tecnologías, comunidades y objetivos, y el panorama en el que encaja el IoT: la dimensión del internet de todo, la dimensión de la plataforma y la necesidad de asociaciones sólidas.

2.3 Los dispositivos de IoT

Probablemente la parte más conocida del IoT, también son muy variados. Entre ellos, según la UIT, se encuentran:

I. Dispositivos para el transporte de datos.

Acoplados a un objeto para conectarlo con redes de comunicación (por ejemplo, módems).

II. Dispositivos para la adquisición de datos.

Que leen/escriben y tienen la capacidad de interactuar con objetos físicos; por ejemplo, registradores de datos (dataloggers) que miden la temperatura de las vacunas y transmiten los datos a la nube a través de un módem.

III. Dispositivos de detección y actuación.

Que detectan o miden información procedente de su entorno y la convierten en señales electrónicas. También pueden convertir las señales electrónicas de las redes de comunicación en operaciones. Por ejemplo, un sensor de temperatura que, de acuerdo con unos parámetros, activa una válvula.

IV. Dispositivos genéricos.

Con capacidad de procesamiento y comunicación que pueden transmitir a una red utilizando tecnologías alámbricas e inalámbricas, entre los cuales hay equipos y aplicaciones de diversos tipos, como máquinas industriales, electrodomésticos y teléfonos inteligentes.

2.4 El IoT y otras tecnologías.

El IoT está relacionado con otras tecnologías, y creemos que es ahí donde se crea gran parte del valor añadido que da lugar a importantes sinergias. En concreto, según los cuatro pilares de la International Data Corporation³, el IoT contribuye y se basa en:

I. El big data y la analítica.

Que permiten tomar decisiones en tiempo real y proporcionan el motor para impulsar nuevas fuentes de datos.

II. La nube.

Que permite cargas de trabajo variables procedentes de puntos finales conectados y la escalabilidad y flexibilidad cruciales para la avalancha de datos que se espera de estos puntos finales.

III. La movilidad.

Que mejora los procesos de campo y conecta los puntos finales desde diversas ubicaciones (a menudo remotas).

IV. Lo social.

Que da salida a respuestas automatizadas procedentes de puntos finales conectados hacia quienes están interesados, bien sean usuarios finales o quienes toman decisiones.

2.5 Clasificación del IoT según la tecnología habilitadora

El IoT puede clasificarse dentro de las tecnologías y los servicios habilitadores, como los denomina GSMA (2022)⁴, un segmento que comprende una gran variedad de servicios que no suelen ser visibles para los usuarios pero resultan esenciales para las infraestructuras de internet y los servicios online, junto con la ya mencionada nube, la analítica o la publicidad, entre otros (Tabla 1).

3. Yashkova, O. y A. Das (2022), IDC's Worldwide Internet of Things and Intelligent Edge Infrastructure Taxonomy. IDC, doc # US49027022.

4. GSMA (2022), The Internet value chain. Kearney y GSM Association, Londres.

Tabla. 1

La cadena de valor de internet

	Derechos de contenido	Servicios Online	Tecnologías y servicios habilitadores	Conectividad de acceso a internet	Interfaz del usuario
Derechos premium - Video - Deportes - Música - Editorial - Juegos e.j. BBC, Bloomberg, Discovery, Universal, Electronic Arts	Venta minorista electrónica (B2B, B2C) - Mercados online - Intercambio B2B de empresa a empresa) e.j. Amazon, Alibaba	Viajes electrónicos - Reservas - Intercambio de bienes y servicios de viaje personales e.j. Airbnb, Uber	Diseño y alojamiento e.j. SquareSpace, 1&1 Plataformas de pago e.j. Stripe, Alipay	Acceso móvil e.j. Vodafone, China Mobile, Axiata, MTN, Telefonica, Verizon Wireless Torres móviles e.j. Celinex, American Towers, Crown Castle	Dispositivos de hardware - Teléfonos inteligentes - Tabletas - Televisores inteligentes - Streamers de medios - Consoles - Dispositivos inteligentes e.j. Apple, Samsung, LG, Google, Roku, Lenovo, Fitbit
	Video - Video bajo demanda de suscripción (SVOD) - Video bajo demanda (VoD) abierto/publicidad e.g. Netflix, YouTube	Audio - Música en streaming - Radio online - Podcasts e.j. Spotify, SoundCloud	Plataformas y servicios de infraestructuras de nube e.j. Azure, AWS Plataformas de IoT Gestión de SIM, plataformas de aplicaciones, agregación de datos e.j. Bosch, IRI Voracity		
	Edición - Edición comercial - Libros electrónicos Kindle, DMGT, WSJ	Juegos: - Plataformas de videojuegos - Ocasional/In App Steam, Xbox Live King	Analítica e.j. Adobe, Webtrends		
	Apuestas Best365, Betfair	Búsquedas Google, Bing, Baidu, Yandex	Servicios de publicidad online - AgenciasOnline - Redes e intercambios online - Servidores de anuncios e.j. Xaxis, double-click, Appnexus		
Creado para lo digital - Profesional - Creadores de contenidos e influencers e.j. BuzzFeed, Fullscreen, PewDiePie	Social Facebook, Twitter, Tinder, TenCent, LinkedIn	Comunicación y colaboración: WhatsApp, Slack, Teams	Servicios de distribución de contenido - Red central e intercambio - Redes de distribución de contenido - Optimización del contenido e.g. Akamai, Zayo, Equinix	Acceso fijo e.j. AT&T, BT, Orange, Verizon, Telstra, Liberty Global Satélite e.j. OneWeb, Starlink, Eutelsat	Software y sistemas: - Sistemas operativos - Tienda de aplicaciones - Licencias de software e.j. Apple, Microsoft, Google, McAfee
	Información y fuentes Google Maps, Wikipedia, Factiva	Servicios de software basados en la nube Salesforce.com, Office365, Xero			
	Otros servicios online - Tareas, e.j. TaskRabbit, Urban Co. - Salud y bienestar, e.j. Strava - Hogar inteligente, e.j. Nest				

Tabla 1: Fuente. GSMA (2022), The Internet Value Chain

03 La evolución del mercado del IoT: del ruido y la sobreexpectación a los fundamentos (sólidos)

Las proyecciones del tamaño del mercado, e incluso las estimaciones del tamaño del mercado actual, o del número de dispositivos conectados, varían notablemente en función de las diferentes fuentes.

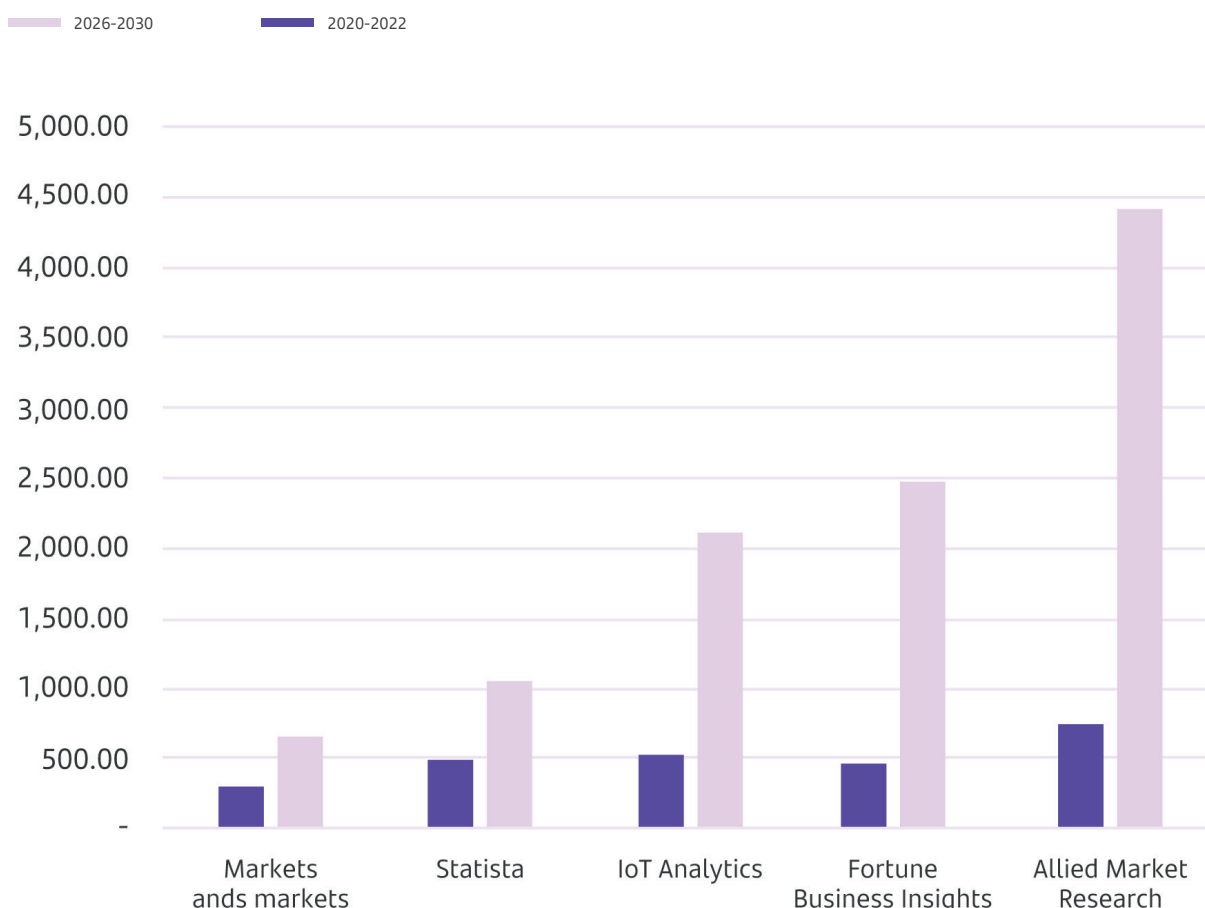
Para contar con un orden de magnitud del tamaño del mercado actual y de su potencial, hemos recopilado cinco de las fuentes más respetadas y seguidas por los inversores, que son Allied Market Research, Fortune Business Insights, IoT Analytics, Market and Markets y Statista (véase la figura 1)⁵. En el límite inferior, según Market and Markets, se espera que el tamaño del mercado del IoT pase de los 300.300 millones de dólares en 2021 a los 650.500 millones en 2026, con una tasa de crecimiento anual compuesto (TCAC) del 17%. Asimismo, Statista prevé que el mercado del IoT pase de 496.600 millones de dólares en 2022 a 1.058.300 millones (TCAC del 11%), es decir, que el tamaño del mercado se duplique en diez años.

En la parte más optimista, IoT Analytics pronostica que el tamaño del mercado del IoT pasará de 525.000 millones de dólares en 2022 a 2.111.900 millones en 2027 (TCAC del 22%). Fortune Business Insights prevé que se crezca desde los 478.400 millones de dólares en 2022 a los 2.465.300 millones en 2029 (TCAC del 26%). Por último, en 2020 Allied Market Research valoró el mercado del IoT en 740.400 millones de dólares y estima que alcance los 4.421.000 millones en 2030 (TCAC del 20%). Además, las estimaciones de GSMA (2022) sobre los móviles conectados al IoT muestran un TCAC del 16%. Esta tendencia es más dinámica que la de otras tecnologías y servicios habilitadores, y algo superior al crecimiento general de la cadena de valor de internet (15%). Pero, en realidad, es mucho menos dinámica que los servicios online, liderados por el comercio electrónico y la publicidad, y más recientemente los juegos, que en el mismo periodo presentaron un crecimiento anual del 57%.

5. Statista (2022), "Internet of Things (IoT)". Digital and Trends presentación.

Figura. 1

Estimaciones y proyecciones de los ingresos anuales totales del IoT (miles de millones de dólares)



En resumen, en la actualidad el mercado del IoT se valora en unos 300.000-700.000 millones de dólares y se convertirá en un mercado de 1-3 billones de dólares en 2030, gracias a unas tasas de crecimiento sólidas, aunque no exponenciales. Al igual que otros, debe superar muchos retos, como los riesgos relacionados con la ciberseguridad, el despliegue y la interoperabilidad (más sobre esto en el apartado 5). Utilizaremos Statista para el resto del informe, dada su abundancia de detalles por sectores y geografías (figura 2).

Figura 1: Fuente: elaboración propia a partir de informes de analistas.

Figura. 2

Proyecciones de ingresos anuales totales de IoT en todo el mundo, Statista

Ingresos anuales totales del internet de las cosas (IoT) en todo el mundo entre 2019 y 2030 (en miles de millones de dólares)

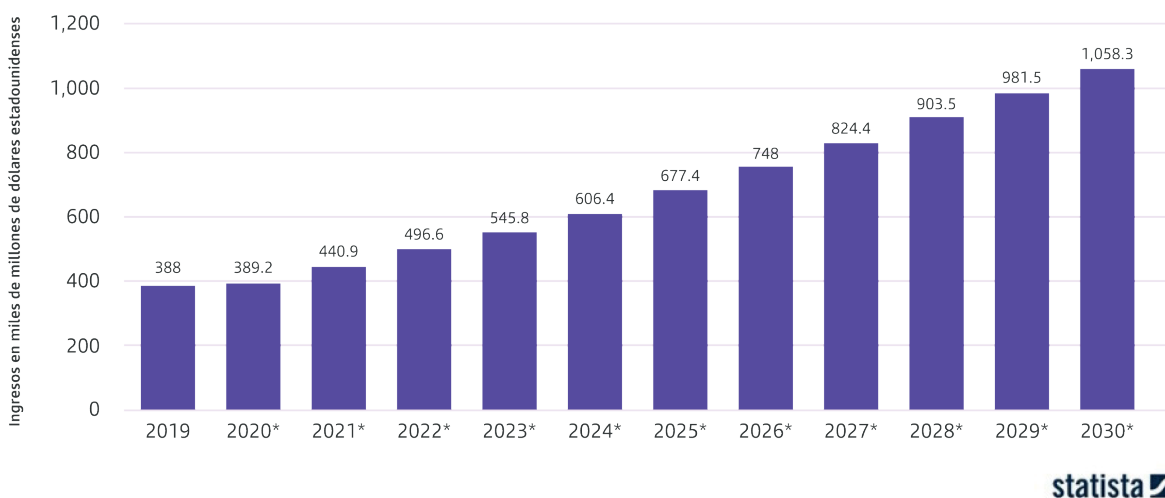
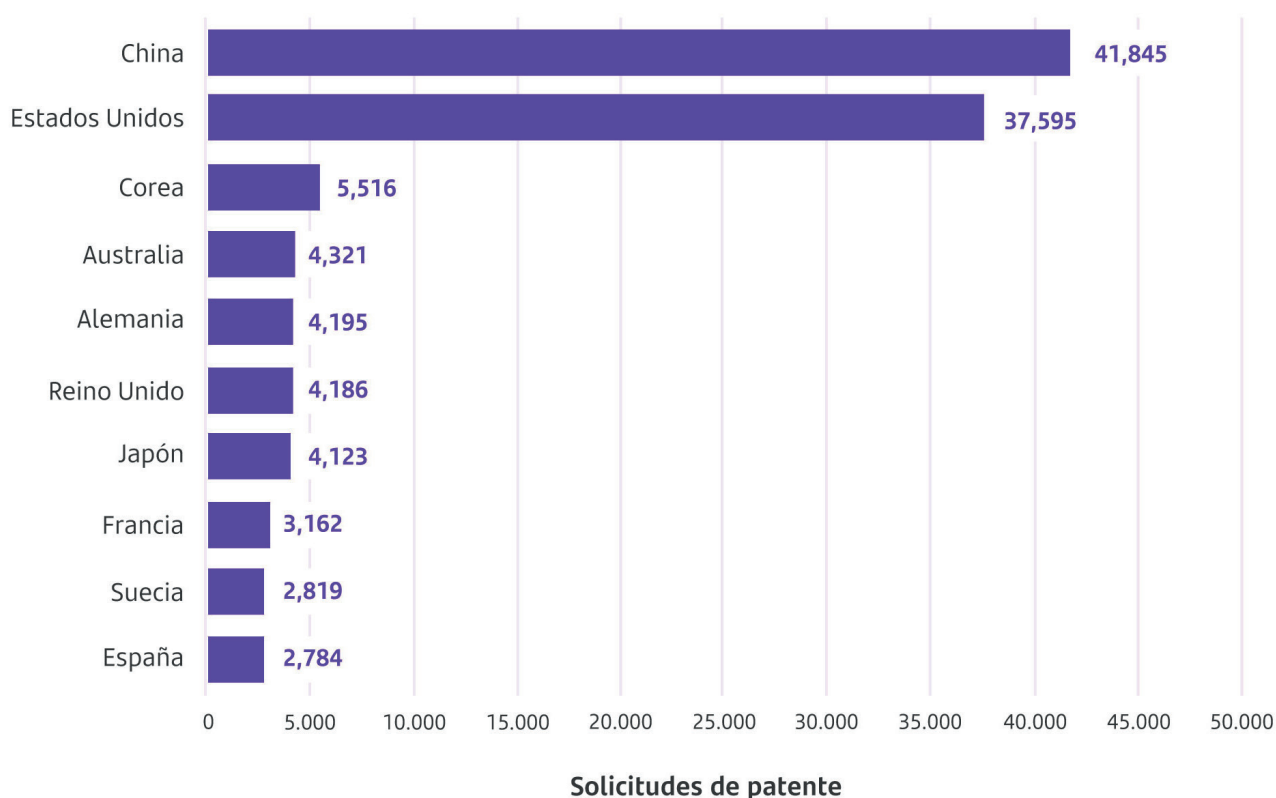


Figura 2: Fuente. Statista (2022). Nota(s): en todo el mundo; 2019-2030; los ingresos esperados se definen como el gasto anual de los consumidores finales en hardware de IoT, conectividad y servicios. Las conexiones IoT se definen como conexiones de detección remota y dispositivos reales.

En cuanto a regiones, si se utilizan las patentes como indicador, China es el mercado más grande, seguido por Estados Unidos, Corea y Europa (véase la figura 3). Aun reconociendo muchas de las limitaciones de las estadísticas sobre patentes, consideramos que esto puede aportar a los inversores una base adicional para juzgar los proyectos de IoT de pequeña capitalización y una ratio precio-beneficio (P/B) relativamente baja (Hirschey y Richardson, 2004)⁶. La información en el ámbito de la empresa es limitada, sobre todo en China. A pesar de ello, la tabla 2 recoge las principales empresas de IoT en todo el mundo.

Figura. 3

Número de solicitudes de patente de IoT en todo el mundo hasta 2019, por país



6. Hirschey, M. and V.J. Richardson, (2004). "Are scientific indicators of patent quality useful to investors?", *Journal of Empirical Finance*, 11(1), 91/107.

Figura 3: Fuente. Statista (2022)

Tabla. 2

Principales empresas de IoT en el mundo hasta 2022

Empresas	País	Empleados	Ingresos (Miles de millones)	Año de fundación de la empresa matriz
Huawei	China	10.000+	92.6	1987
Bosch (IoT Suite)	Alemania	10.000+	78.7	1906
Siemens (IoT Analytics)	Alemania	10.000+	71.9	1847
IBM	EE.UU	10.000+	60.5	1911
Cisco	EE.UU	10.000+	51.5	1984
SAP	Alemania	10.000+	30.8	1972
ARM (IoT Security)	Reino Unido	5.000-10.000	2.7	1990
iTechArt	EE.UU	1.800+	0.54	2002
Vates	EE.UU	550	0.07	1991

Tabla 2: Fuente: elaboración propia a partir de Bloomberg, Growjo, RCR Wireless news y la web de ARM.

Una mirada al entorno externo: la competencia entre las grandes tecnológicas y las tendencias de inversión

El análisis de las grandes empresas tecnológicas puede arrojar algo de luz sobre los cambios en el mercado y las oportunidades (disponibles y perdidas). Una vez más, los datos son escasos debido a la falta de detalle en la mayoría de los informes financieros públicos, por lo que deben utilizarse métodos alternativos. Según un análisis bastante innovador de *The Economist* (2022)⁷, el rápido crecimiento de datos sobre el número de adquisiciones e inversiones y las palabras en los perfiles de LinkedIn de los empleados que trabajan en las "cinco grandes" (Alphabet, Apple, Amazon, Meta y Microsoft) muestran un movimiento claro hacia la robótica, la atención sanitaria, el metaverso, la tecnología financiera (fintech), los coches, las criptomonedas y la informática cuántica. Por lo tanto, las grandes plataformas tecnológicas, además de cierta competencia central (relacionada con la nube y la publicidad) y algunos movimientos muy mediáticos (el streaming y los medios de comunicación), están entrando en el IoT, o se están acercando mucho a segmentos del IoT.

En términos más generales, el informe de la GSMA (2022) sobre el valor de internet confirma que Apple, Google y Microsoft están entrando en el mercado del IoT (figura 4). Es probable que esto sea un efecto secundario de algunos movimientos estratégicos, pero muestra cómo el IoT, sin ser el centro, sí impulsa importantes sinergias con otros negocios digitales exponenciales.

7. *The Economist* (2022), "What America's largest technology firms are investing in". 22 de Enero.

Figura. 4

Ilustración de las carteras de servicios de los principales actores digitales seleccionados

Apple

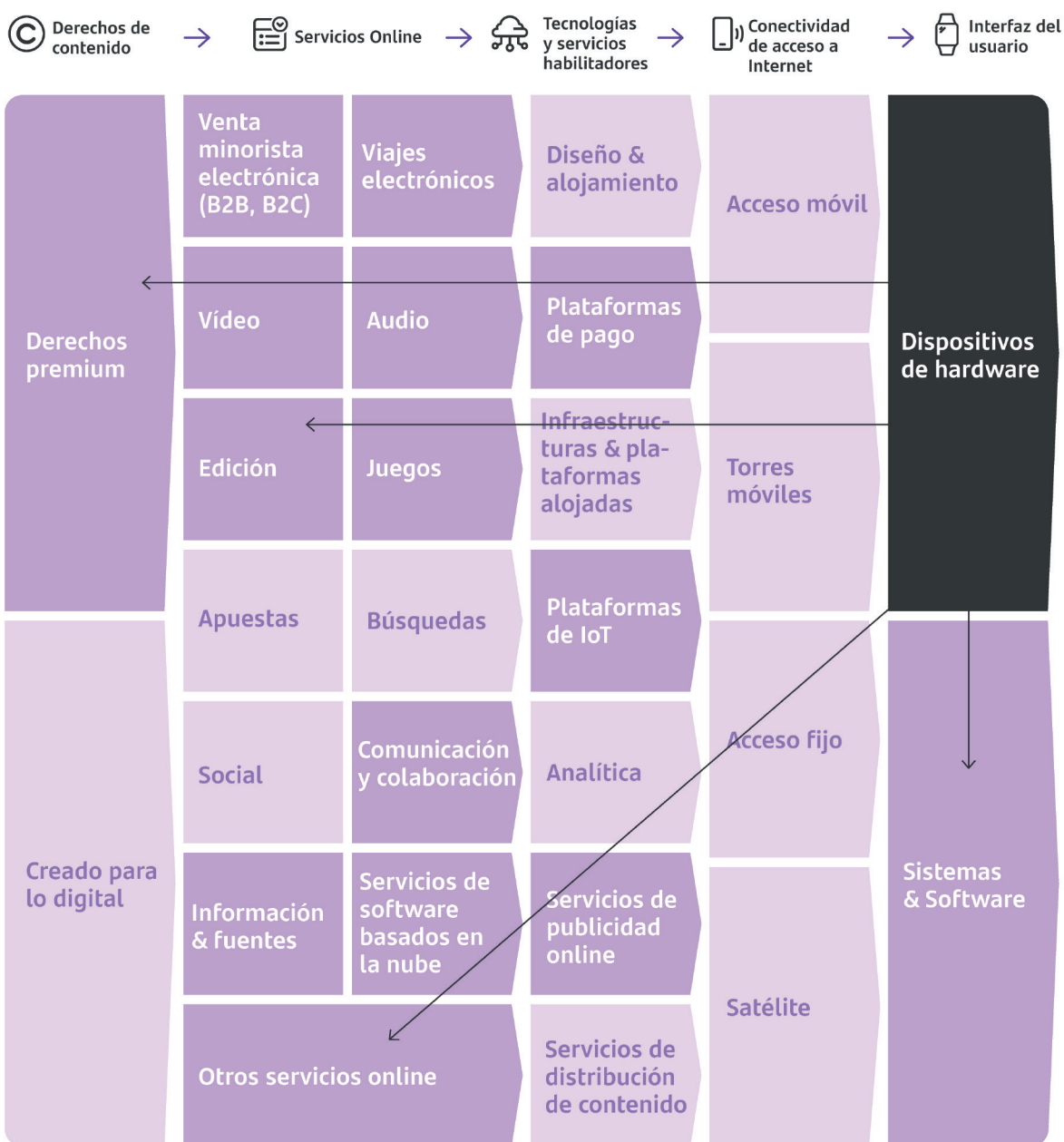


Figura 4. Fuente: GSMA (2022), The Internet Value Chain

TenCent

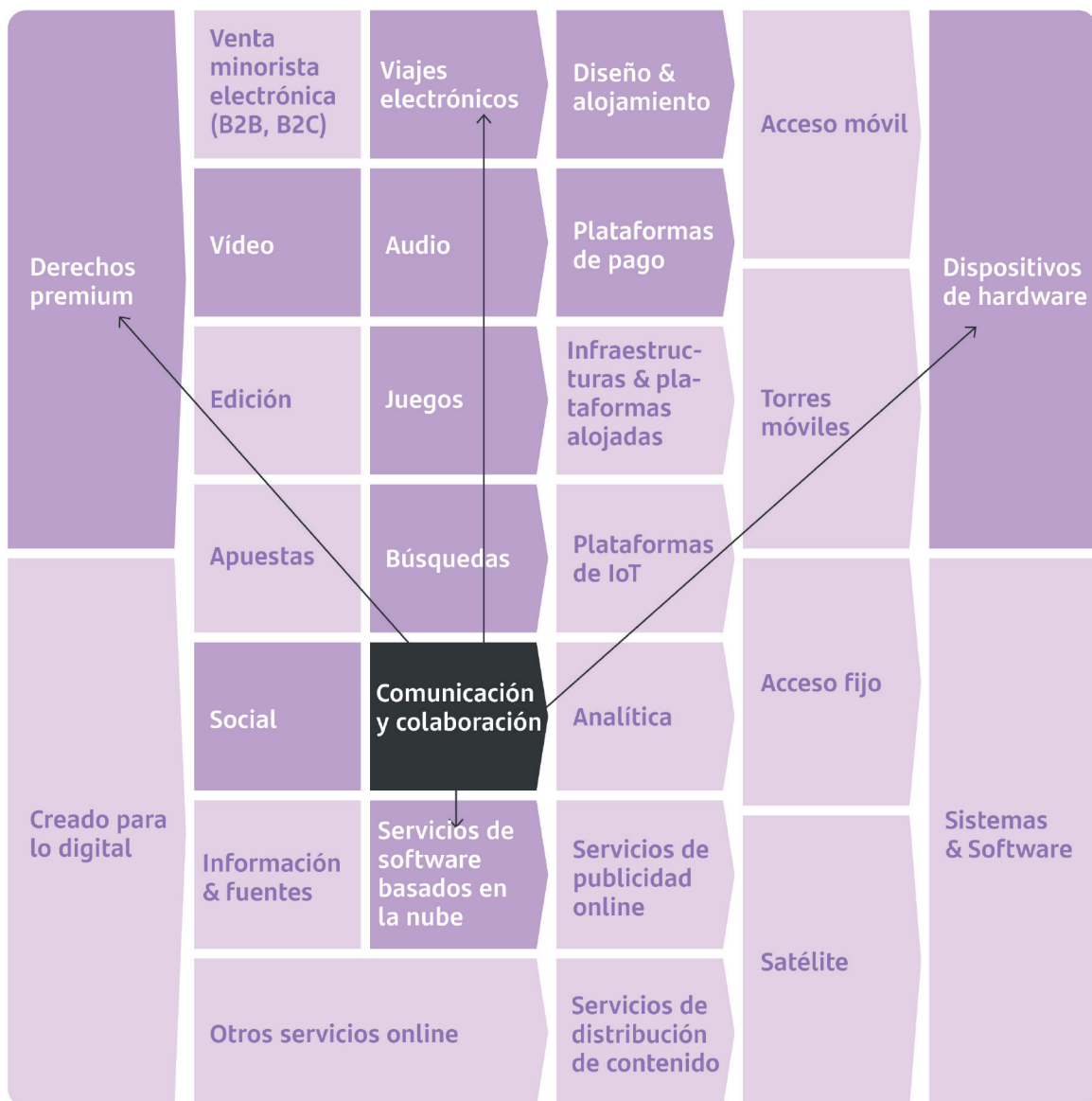


Figura 4. Fuente: GSMA (2022), The Internet Value Chain

Amazon

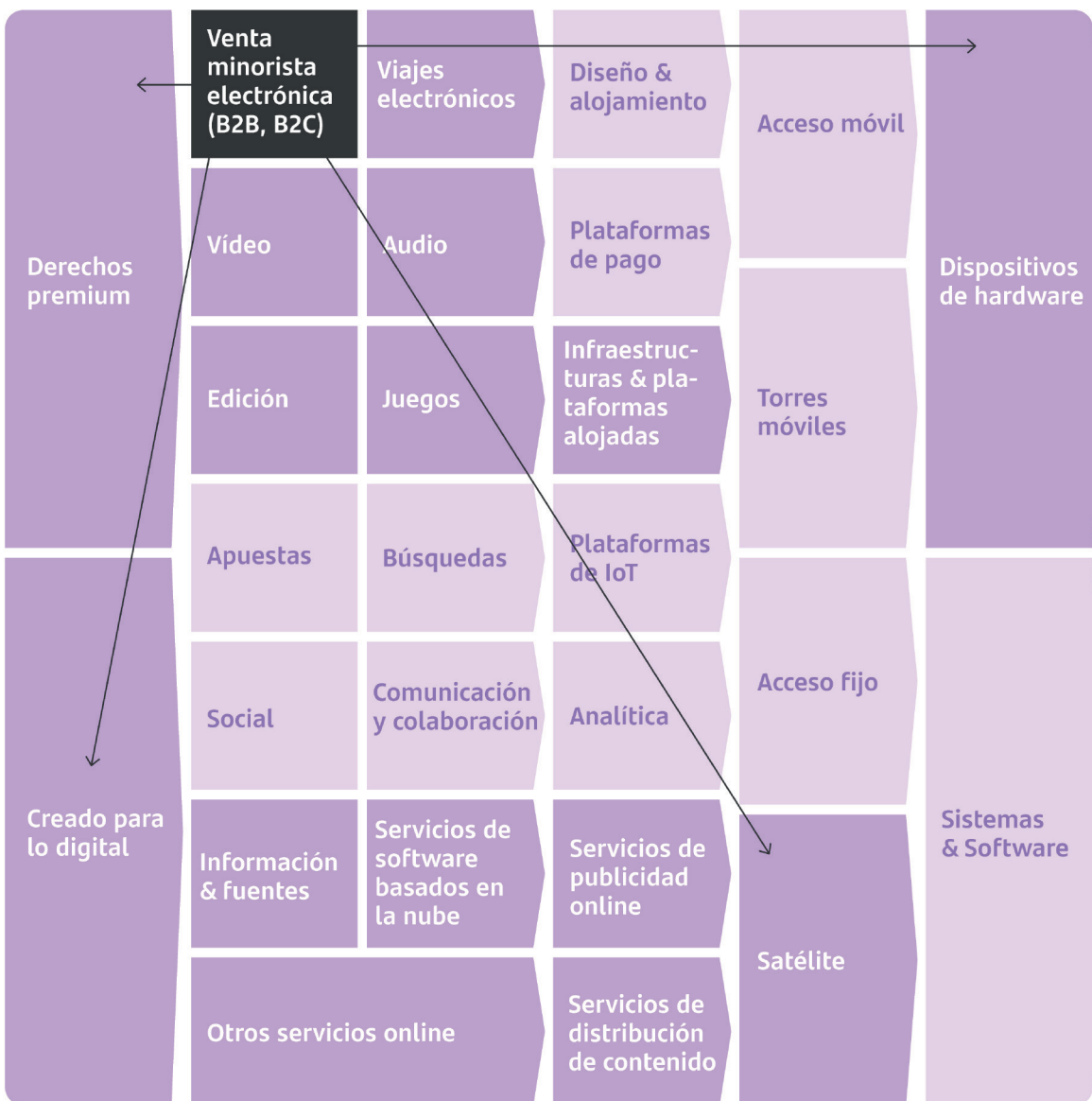


Figura 4. Fuente: GSMA (2022), The Internet Value Chain

Google

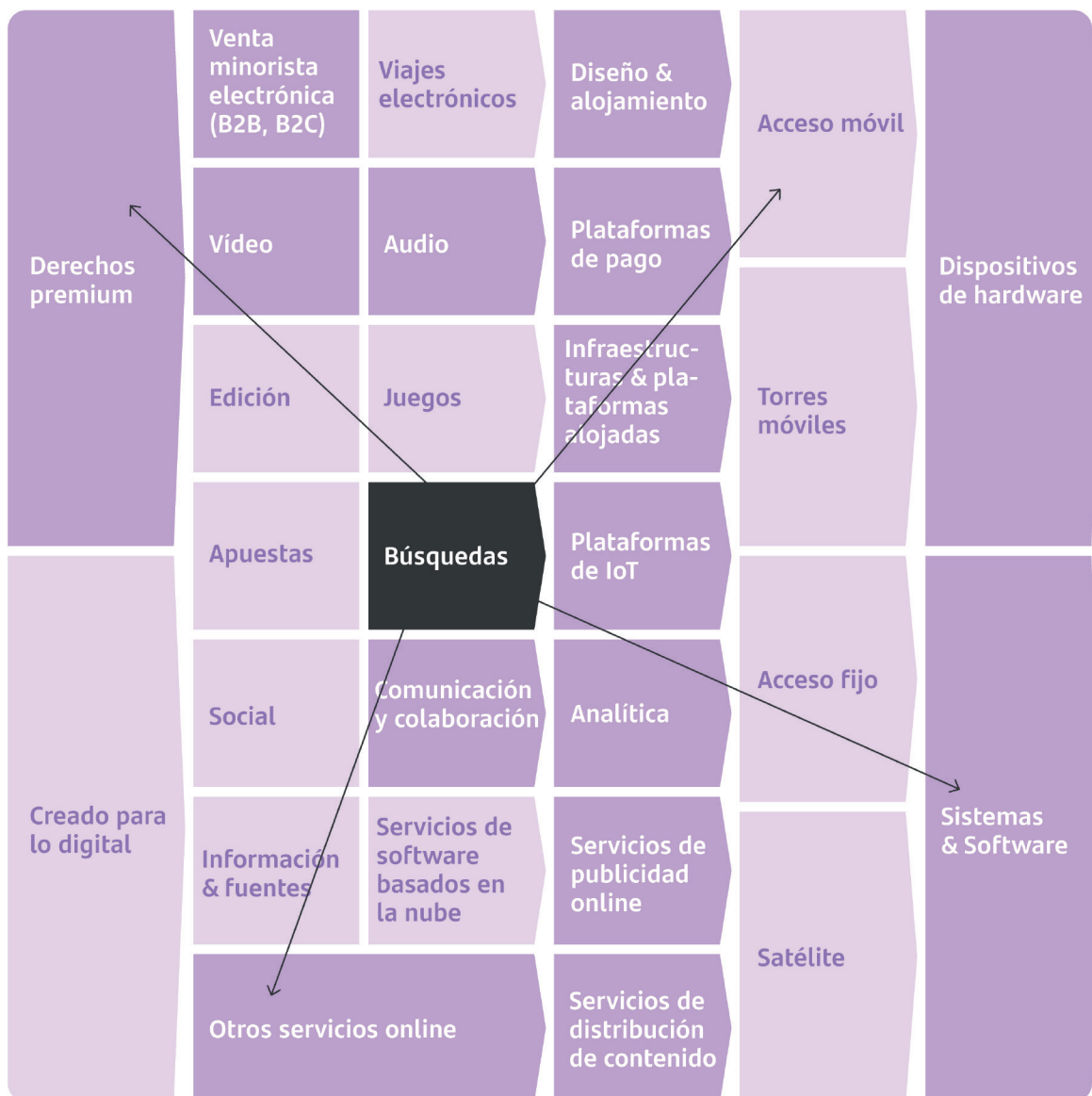


Figura 4. Fuente: GSMA (2022), The Internet Value Chain

Microsoft

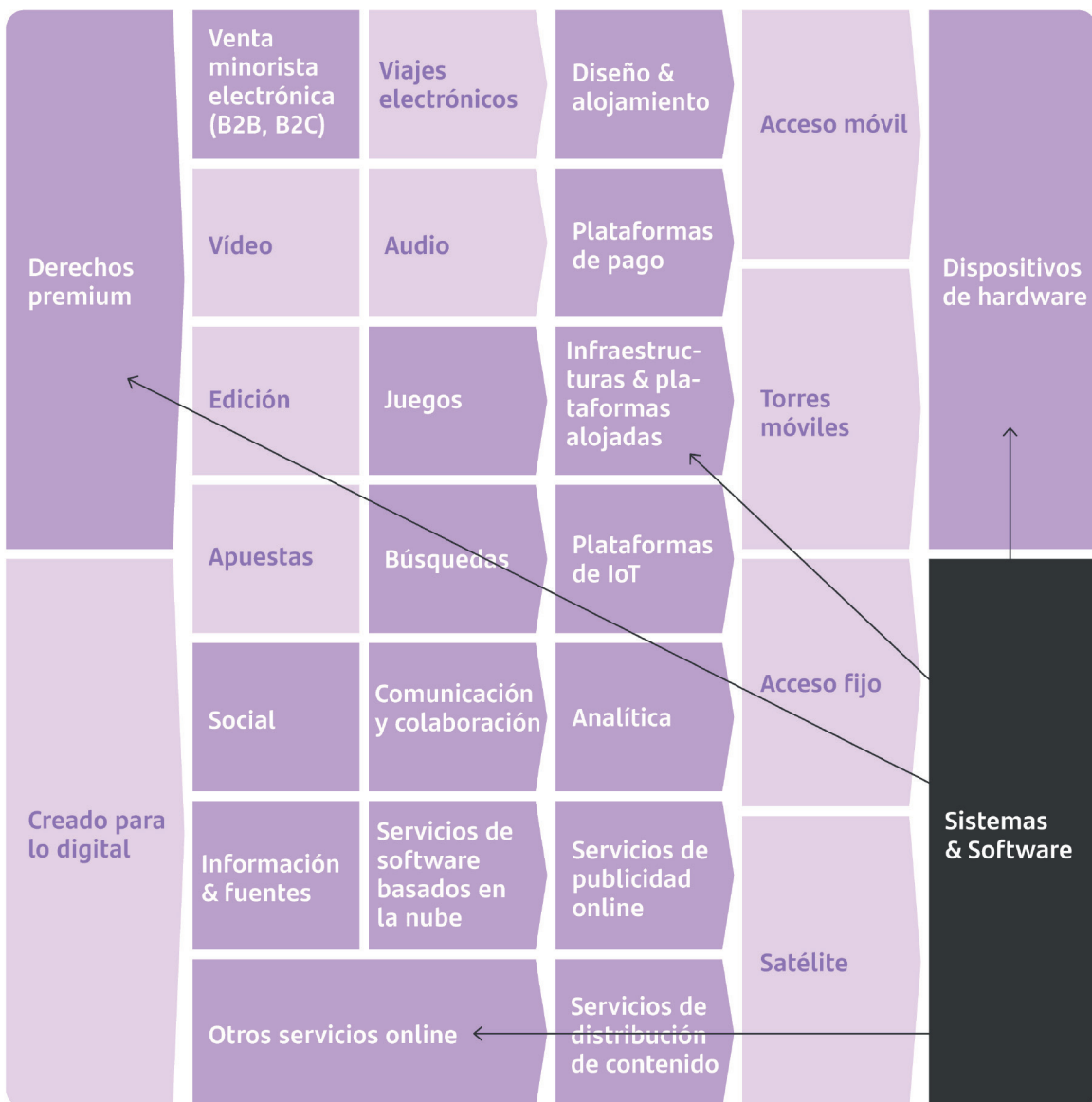


Figura 4. Fuente: GSMA (2022), The Internet Value Chain

Las tasas de crecimiento bajas y las elevadas y persistentes tasas de inflación previstas en todo el mundo anticipan un endurecimiento mayor y persistente de la situación financiera a escala global, con una huída hacia la calidad en la mayoría de las estrategias de inversión, tanto en términos regionales como sectoriales. Esto reducirá significativamente la financiación para el emprendimiento de alto riesgo, y es probable que exija, de una forma más tradicional, periodos más cortos antes del punto de equilibrio y un menor capital semilla. La evolución de Softbank, más allá del impacto de la nueva regulación, es quizá uno de los ejemplos más claros del nuevo tono del mercado.⁸ Según Reuters, Masayoshi Son, fundador y consejero delegado del gigante japonés, desveló en una conferencia telefónica con motivo del cierre de su ejercicio fiscal de 2022 que el grupo SoftBank, en conjunto, había perdido 13.150 millones de dólares. Solo sus dos Vision Fund, que representan el 50% del valor neto de los activos de SoftBank, perdieron entre los dos 27.400 millones de dólares.

En el caso del IoT, al ser intensivo en capital y necesitar una inversión inicial relativamente alta en infraestructuras y dispositivos de comunicación, el contexto no es especialmente bueno. Pero dentro del ecosistema digital, su tendencia más sólida, sumada a las interacciones con muchos de los demás servicios, podría representar un verdadero activo. Y una vez desplegada la infraestructura, los ingresos del IoT son recurrentes.



8. The Economist (2022), "After a bruising year, SoftBank braces for more pain". 16 de mayo; y The Economist (2022), "The great Silicon Valley shake-out". 28 de junio.

04 Soluciones de IoT: identificación de oportunidades

Recientemente, Madden (2021),⁹ de Mobile Experts, concluyó ocho estudios de mercado vertical individuales sobre el IoT celular y descubrió diferentes dinámicas de crecimiento y modelos de negocio. Cada mercado individual está impulsado por fuerzas diferentes, y cada ámbito de mercado tiene sus propios retos en materia de regulación, modelo de negocio o áreas técnicas que impulsan el crecimiento potencial.

- La **agricultura** cuenta con aplicaciones básicas (sensores de humedad) y muy sofisticadas (automatización de vehículos), pero su crecimiento ha sido relativamente lento.
- La **automatización de los edificios** empezó con los detectores de humo y otros sensores sencillos gracias a subvenciones importantes.
- El infoentretenimiento y la telemática del **automóvil**. Su adopción se ha convertido en estándar en la mayoría de los coches. La adopción adicional de la comunicación entre vehículos (V2V) se acabará produciendo.
- Las **aplicaciones para el seguimiento de activos (maquinaria)** están creciendo de manera constante, pero no tan rápido como muchos esperaban debido a la limitación que supone el coste de los dispositivos.
- Las aplicaciones para **ciudades inteligentes** no han proliferado. El alumbrado público se ha adoptado a cierta escala, pero no se ha producido un cambio a múltiples aplicaciones y casos de uso.
- Los **servicios eléctricos públicos** están avanzando, sobre todo en China, donde los servicios de agua, gas y electricidad siguen de manera estricta las prioridades ordenadas por el Estado.

9. Madden, J. (2021), Cellular IoT devices. MEXP-C-IOT-21. Informe de Mobile Experts elaborado para Intel Corporation.

- Las aplicaciones de **atención sanitaria** han cambiado con rapidez durante la COVID, con el auge de las máquinas CPAP, una aplicación sanitaria de monitorización remota, y otras aplicaciones de monitorización.
- El **consumo**. Las aplicaciones de consumo sencillas, como los electrodomésticos, han progresado de una manera increíble. Los **hogares inteligentes**, vinculados a aplicaciones de atención sanitaria, son probablemente uno de los espacios más prometedores, dados las tasas urbanas y el envejecimiento.

Como se ha destacado en el apartado 2, la conectividad es uno de los cuatro componentes clave del IoT (junto con los dispositivos, la informática y la analítica), pero a diferencia de lo que se suele creer, la baja velocidad no es un impedimento para muchas soluciones basadas en el IoT. A partir de la taxonomía de Thales, las soluciones según la velocidad se resumen en la Tabla 3:

Tabla. 3

Soluciones basadas en el IoT según la velocidad

Velocidad máxima	IoT inteligente de velocidad media	IoT de misión crítica (múltiples usuarios, con diferentes tecnologías inalámbricas, en el mismo espectro)	Pequeños conjuntos de datos eficientes (transmisión de datos energéticamente eficiente en plataformas IoT)
Infoentretenimiento del automóvil	Telemática	Servicios de emergencia	Rastreo
Teléfonos inteligentes	Hogar inteligente	Drones/vehículos aéreos no tripulados (VANT)	Sensores conectados
Juegos conectados	Venta al por menor conectada	Industrial	Agricultura conectada
Informática	Medidor inteligente (smart metering)	Vehículos autónomos	Medidor sencillo
Realidad aumentada	Ciudad inteligente	Infraestructuras esenciales	-
-	Sistemas de alarma	V2X (vehículo a todo)	-
-	Salud electrónica	-	-

Posibles casos de uso del IoT

Las soluciones IoT afectan a muchos sectores y se basan en la analítica de la información recogida mediante sensores que contribuye a aumentar la eficiencia en la toma de decisiones en tiempo real, la productividad de las empresas a través del mantenimiento preventivo, el control de las cadenas de suministro y la logística, la mejora de los procesos repetitivos, los ajustes de costes y calidad y la recopilación de datos diversos y complejos en sectores como el de la salud, el medioambiente y la automoción, entre otros.

Tabla. 4

Posibles casos de uso del IoT por sectores, McKinsey Global Institute

Sector	Soluciones posibles	Ancho de banda	Alcance	Fiabilidad	Capacidad
Agricultura	Optimización del rendimiento, monitorización remota	Bajo	Corto	Alta	Baja
Automoción	Mantenimiento predictivo	Bajo	Medio Largo	Alta	Baja
Ciudades	Control del tráfico, seguridad	Bajo	Medio Largo	Alta	Baja Media
Construcción	Mantenimiento predictivo y operaciones especiales	Bajo	Largo	Media	Baja
Consumidor	Productividad, personalización, energía, monitorización	Medio	Corto	Media	Baja
Defensa	Gestión de activos, monitorización remota	Medio	Largo	Alta	Media
Atención sanitaria	Monitorización remota, seguridad	Bajo	Medio Corto	Media	Baja
Seguros	Gestión de activos	Bajo	Largo	Media	Baja Media
Manufactura	Optimización de operaciones, mantenimiento predictivo	Bajo	Medio Corto	Alta	Baja
Minería	Mantenimiento y operaciones proactivos	Bajo	Medio Largo	Alta	Baja Media
Petróleo y gas	Rendimiento de producción y prevención	Bajo	Medio Largo	Alta	Baja
Servicios públicos	Gestión de activos, monitorización remota, control energético	Bajo	Largo	Alta	Baja
Transporte y logística	Mantenimiento y operaciones proactivos, logística, automatización	Medio	Largo	Alta	Baja

Tabla 4: Fuente. Adaptado a partir de Alsen, Patel y Shangkuan (2017).

Soluciones de IoT seleccionadas

I. Planeamiento urbano y ciudades inteligentes.

Las ciudades inteligentes son el desarrollo que más depende de las soluciones de IoT. La movilidad y el transporte urbanos para evitar la congestión del tráfico y la contaminación, la gestión de la energía y el medioambiente o la automatización de los edificios concentran desarrollos prometedores gracias a sensores que miden en tiempo real el peso, la temperatura y los flujos de personas y vehículos. En todo el mundo (sobre todo en las economías de renta alta) se desarrollan ejemplos de soluciones basadas en el IoT para lograr ciudades más habitables, desde la geolocalización de los precios de las gasolineras hasta los horarios del transporte colectivo (Valencia, España), las plazas de aparcamiento disponibles en tiempo real (San Francisco, EE. UU.), las bicicletas eléctricas (Londres, Reino Unido) o la recogida inteligente de residuos (Seúl, Corea).

II. Productividad y automatización.

Productividad: la integración de plataformas, datos, objetos y personas para la gestión del riesgo, la predicción del mantenimiento, el aumento de la eficiencia, la trazabilidad y la transparencia. El acceso a información precisa y su gestión, que ayuda a planificar mejor y monitorear de manera eficaz todo el proceso de producción. La monitorización en tiempo real, la detección de anomalías y las alertas, la predicción de fallos. Un tiempo de inactividad menor para las máquinas y menos cuellos de botella en las líneas de suministro.

Ejemplos: Caterpillar (EE. UU.) registró una eficiencia del 45% en su producción gracias al uso del IoT. Airbus (Europa) lanzó una iniciativa de manufactura digital llamada Factory of the Future para optimizar las operaciones y aumentar la capacidad de producción. ABB (Suiza) está utilizando el IoT industrial para la producción conectada de petróleo y de gas. El acceso remoto a los datos permite una detección más temprana, un mejor diagnóstico y, por lo tanto, facilita un servicio más rápido que se traduce en una operación más rentable. John Deere (EE. UU.) ha implementado tecnología telemática para aplicaciones de mantenimiento predictivo.

III. Atención sanitaria.

Los dispositivos IoT brindan nuevas oportunidades para que los profesionales de la salud supervisen a los pacientes, así como para que los pacientes se monitoricen a sí mismos. Los datos proporcionados por esos dispositivos y, más concretamente, el análisis y la utilización del conocimiento derivado de los datos, son transformadores. Así, se consigue una reducción de costes, la disminución de errores, la mejora de la experiencia del paciente, la reducción de los ingresos y reingresos hospitalarios, un diagnóstico más rápido de las enfermedades y una mejor gestión de los medicamentos y los equipos.

Ejemplos: La monitorización remota de los pacientes, en relación con la glucosa, el ritmo cardíaco, la depresión y el estado de ánimo, y el seguimiento de la enfermedad de Parkinson. Los sensores ingeribles o la cirugía robótica.



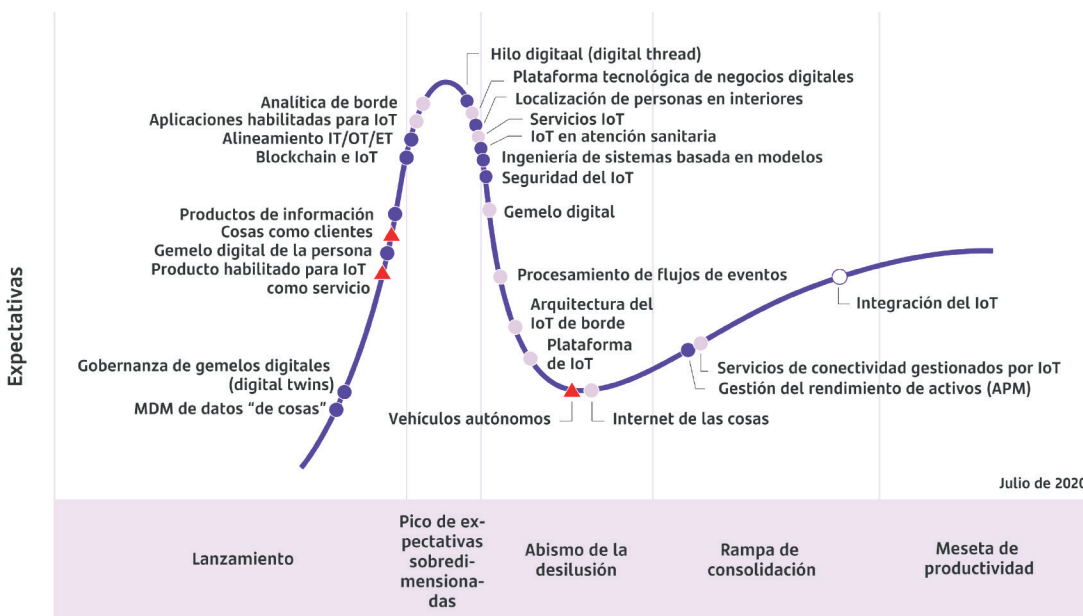
05 Perspectivas del mercado del IoT: desde las soluciones al tamaño y la madurez del mercado

En 1999, Bill Joy habló en el Foro Económico Mundial de Davos sobre la tecnología dispositivo a dispositivo (D2D) y Kevin Ashton mencionó el “internet de las cosas” en el título de una presentación en Procter & Gamble. Pasados más de veinte años, algunas soluciones del IoT están mostrando cierto grado de saturación.

Según el ciclo de sobreexpectación (*hype cycle*) de Gartner (2020), tecnologías como la integración del IoT y la gestión del rendimiento de los activos (APM, por sus siglas en inglés) están cerca de la meseta de productividad, pero muchas otras aún están evolucionando hacia la madurez tecnológica, como el blockchain y el IoT (Figura 5).

Figura. 5

Ciclo de sobreexpectación para el internet de las cosas, 2020



10. Gartner (2020), Hype cycle for the Internet of Things. 15 de Julio.

Figura 5: Fuente. Gartner (2020).

Si nos fijamos en algunas cifras concretas, y siempre partiendo de Statista (2022), los ingresos totales del IoT (recogidos en la figura 2) para los próximos años pueden analizarse especificando los sectores y servicios en los que influye. Al hacer esto, **la optimización de las operaciones, la productividad humana, la salud y el mantenimiento basado en la condición**, concentran la mayor parte del valor económico del IoT, hasta un 83% del total. A partir de los casos de uso, se observan resultados principalmente en la industria; **fábricas, salud humana, lugares de trabajo, ciudad y entornos de venta al por menor** (figura 6), como se indica en el apartado 4. En concreto, la automatización en las fábricas, la salud humana y las ciudades inteligentes son los ámbitos más desarrollados y representan el 54% del valor de mercado proyectado. Una vez más, existe un alto grado de incertidumbre, ya que, según estimaciones de Statista, el valor económico potencial del IoT para 2030 oscila entre los 5,5 y los 12,5 billones de dólares.

Figura. 6

Valor económico potencial según el caso de uso del IoT en 2030, Statista

Valor económico potencial del IoT en todo el mundo, según caso de uso (en miles de millones de dólares)

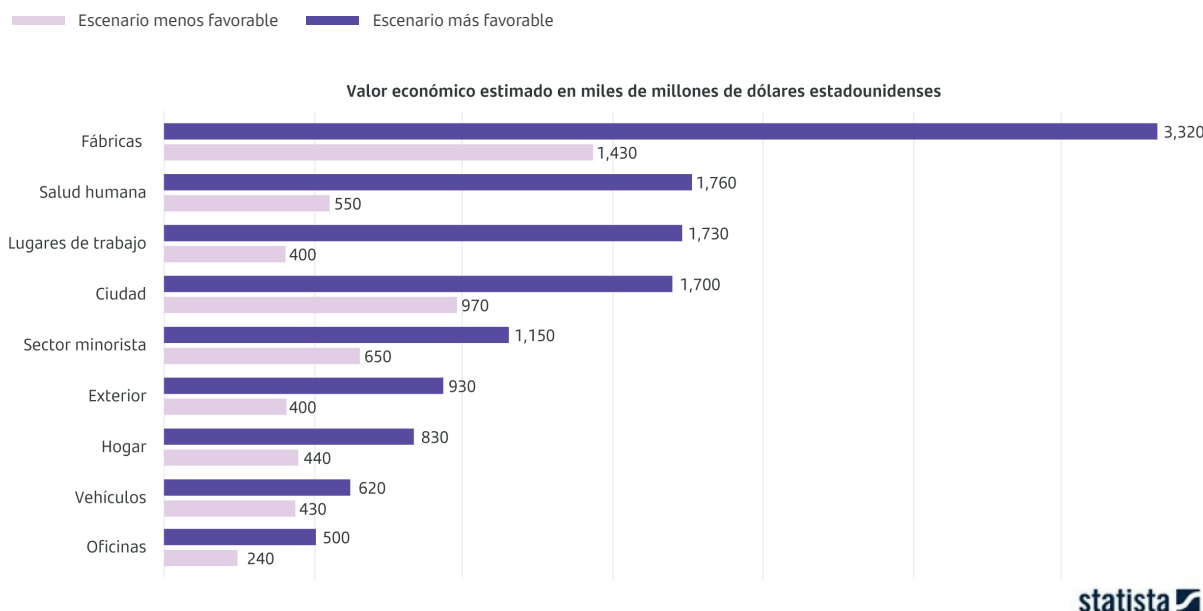


Figura 6: Fuente. Statista (2022). Note(s): En todo el mundo; noviembre de 2021.

“Incluso en el escenario más pesimista, el valor económico potencial del IoT supera ampliamente los 5 billones.”

Si nos centramos en los *gadgets*, el número de dispositivos por sector crecerá en más de 15.900 millones en diez años, lo que supone un aumento de más del 150% entre 2020 y 2030, mientras que los ingresos crecerán un 100% (figura 8), lo que una vez más demuestra la naturaleza no exponencial de los mercados del IoT. Estas proyecciones también anticipan una disminución de los dispositivos en sectores como los servicios públicos, la construcción y el transporte; mientras, el consumo y la manufactura se beneficiarán de unas tasas de crecimiento sólidas y aceleradas, lo que confirma las oportunidades en la automatización de procesos, las fábricas, las ciudades y la salud basada en el paciente.

Figura. 7

Dispositivos de IoT conectados en todo el mundo por sectores, Statista

Number of Internet of Things (IoT) connected devices worldwide from 2019 to 2030, by vertical (in millions)

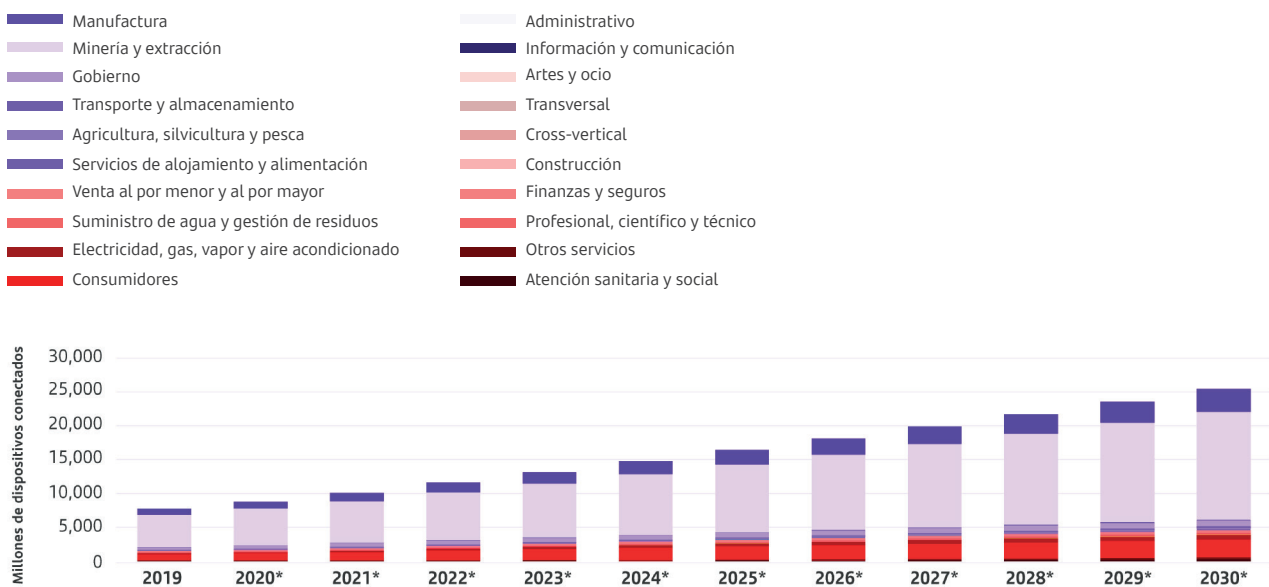


Figura 7: Fuente. Statista (2022). Nota(s): En todo el mundo; de 2019 a 2030; las conexiones de IoT previstas se definen como conexiones de detección remota y dispositivos reales. Esto incluye dispositivos de agregación asociados como dispositivos hub. Fuente(s): Transforma Insights.

Por último, la figura 8 ilustra el posicionamiento de las tecnologías de acuerdo con el nivel de madurez, el nivel de adopción por sectores y el tamaño del mercado según nuestro criterio, que suele utilizarse para adoptar decisiones y estrategias de inversión. Según este análisis, basado en nuestra interpretación de informes de los principales analistas, en entrevistas y en la experiencia en el sector, la mayoría de las oportunidades de inversión deberían surgir de startups que ofrecen soluciones de IoT para la manufactura, la automatización, la atención sanitaria y las ciudades inteligentes.

Figura. 8

Potencial, madurez y adopción del mercado del IoT

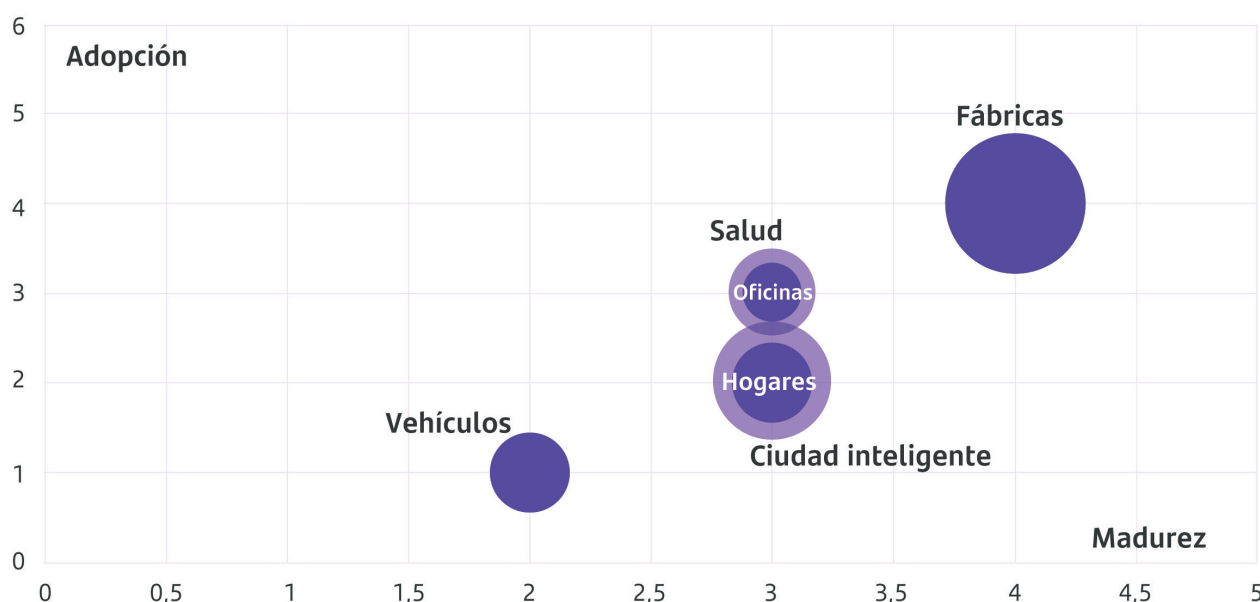


Figura. 8: Nota: El tamaño de las burbujas representa el potencial de mercado en 2030, que va desde 1,4 billones de dólares en el caso de las fábricas a 240.000 millones en el de las oficinas.
Fuente: Elaboración propia.

06

Los retos de la dinámica de mercado del IoT

Incluso cuando los dispositivos, la comunicación, la informática y la analítica están alineados e implementados, los desarrollos de IoT se enfrentan a desafíos notables, muchos de ellos comunes a otros segmentos digitales innovadores, debidos a (siguiendo a Deloitte, 2020,¹¹ y nuestra propia evaluación):

I. La energía:

Las fuentes de la red eléctrica son constantes, pero a menudo son poco prácticas o caras. Las baterías representan una alternativa conveniente, pero su duración, carga y sustitución pueden suponer un problema fundamental, sobre todo en zonas remotas; esto puede constituir una limitación para las empresas en términos de sostenibilidad medioambiental y gestión de costes. Algunos analistas, en una línea más optimista, han llamado a esta década la “década de la batería” (Smith, 2022)¹², porque los dispositivos de “alimentación y almacenamiento de energía” serán la llamada tecnología de uso general, que liderará los próximos desarrollos digitales.

II. La ciberseguridad:

La escasa capacidad de memoria de estos dispositivos puede limitar la capacidad de proporcionar una recogida de datos segura y fiable, porque existe una correlación entre el nivel de seguridad y los requisitos de memoria y ancho de banda.

III. La privacidad:

Aunque los datos son un elemento clave para las tecnologías IoT, en general falta transparencia sobre quién tiene acceso a estos datos y cómo se utilizan para desarrollar productos y servicios, o se venden a terceros. En este sentido, fruto del impulso político de la Unión Europea, cabe esperar una mayor regulación en todo el mundo, que podría afectar a los modelos de negocio existentes, y potenciales.

11. Deloitte (2020), Internet of Things (IoT). The rise of the connected world. Deloitte Touche Tohmatsu India.

12. Smith, N. (2022), “Decade of the battery”, Noahpinion, 29 de Agosto.

IV. La interoperabilidad:

La mayoría de los sistemas de sensores que funcionan hoy en día están patentados (de marca o estándar) y diseñados para aplicaciones específicas, lo que conlleva la fragmentación de las plataformas. Esto provoca problemas de interoperabilidad en los sistemas de sensores relacionados con la comunicación, el intercambio, el almacenamiento y la seguridad de los datos y la escalabilidad.

V. La escalabilidad:

El potencial de crecimiento y expansión de los proyectos de IoT se encuentra intrínsecamente limitado por las inversiones iniciales en infraestructuras y los costes de sustitución (tiempo y dinero) de los dispositivos obsoletos; además de las limitaciones derivadas de la falta de interoperabilidad. De hecho, GSMA (2022) estima que desde 2015 los servicios habilitadores (el segmento que incluye al IoT) han mostrado un rendimiento de capital plano/ligeramente decreciente cercano al 10%, superando solo al negocio de la conectividad. Una de las pocas formas de salir de estas modestas tasas de crecimiento previstas es vincular la solución de IoT (dispositivo o analítica, por ejemplo) con otros servicios de internet exponenciales (como se explica en el apartado 3).

Por el contrario, un ámbito que suele citarse, el de las comunicaciones, plantea cada vez menos problemas, porque incluso en el caso de las soluciones más innovadoras, como las de las ciudades inteligentes, la mayoría de los dispositivos pueden funcionar con 4G, 3G y tecnología GPRS.

In focus

Una visión sobre los países de renta media

Existe un consenso generalizado en que embarcarse en la revolución digital es una de las pocas oportunidades (incluso la única) que tienen las economías de renta media para ponerse a la altura de las regiones de renta alta.

Lejos de ser otro lugar común, resulta evidente que la digitalización de la actividad económica es imparabile y, si no se fomenta, podría ampliar las brechas entre los países, las empresas y los ciudadanos. Según AlphaBeta (2020),¹³ la transformación digital podría generar en 2030 un valor económico de hasta 3,4 billones de dólares (es decir, entre un 25% y un 35% más de PIB) en un conjunto de dieciséis países de renta media de Asia, Europa del Este, Oriente Medio y África calificados como sprinters digitales, mediante una combinación de inversiones en infraestructuras físicas (conectividad) y en capital humano, una regulación procompetitiva y un uso más intensivo y generalizado de la tecnología, desde los datos, hasta la nube, la IA y el IoT.

Este impacto generado por medidas políticas (es decir, una mayor inversión y normas inteligentes) puede interactuar con algunas fortalezas estructurales que tienen las regiones emergentes: la rápida adopción de tecnologías, una población (aún) relativamente joven y altas tasas urbanas, la inclinación a los desarrollos de ciudades inteligentes de IoT. Estos beneficios económicos (una mayor producción) no se centrarían en el sector de la tecnología y las telecomunicaciones, porque el 26% se destinaría a las industrias primarias, el 25% a la manufactura y las infraestructuras, y el resto a sanidad, educación y movilidad, entre otros.

13. AlphaBeta (2020), The digital sprinters. Informe preparado para Google, Singapur.

Si nos centramos en el IoT, que es un componente del pilar tecnológico, es imperativo que las regiones de renta media encaren y resuelvan una serie de retos a corto plazo:

- Un contexto financiero particularmente ajustado a corto plazo, motivado por altos tipos de interés y unas oportunidades de inversión más seguras.
- La escasez de capital humano.
- La necesidad de ponerse al día en materia de regulación (privacidad y seguridad de los datos, competencia, impuestos) con las economías de renta alta, sobre todo con Europa.
- Algunas soluciones de IoT podrían verse limitadas por la calidad de la conectividad (velocidad y retrasos en el despliegue del 5G) y una menor asequibilidad.

In focus

Hacia un IoT (más) verde

Más allá de su potencial puramente financiero, la innovación en IoT puede suponer un cambio trascendental para avanzar hacia un equilibrio planeta → tecnología → personas más saludable y virtuoso. Según el Foro Económico Mundial (2018),¹⁴ el 85% de los despliegues de IoT estaban abordando los Objetivos de Desarrollo Sostenible. De hecho, en términos generales, la transformación digital puede ser la pieza que falta para consolidar las llamadas iniciativas ASG (ambientales, sociales y de gobernanza) llevadas a cabo en el sector privado (Benjamins y Melguizo, 2022).¹⁵

Las organizaciones de muchos sectores verticales utilizan la tecnología IoT para optimizar operaciones cuyo fin es reducir el impacto medioambiental y tomar decisiones más sostenibles medioambientalmente (Locke, 2021).¹⁶ En la actualidad, las empresas están adoptando prácticas de eficiencia energética para mejorar sus operaciones, al mismo tiempo que reducen el impacto medioambiental de los dispositivos digitales de tres maneras:

- Reduciendo el impacto de los dispositivos que producen calor a través de la eficiencia energética y la mitigación del calor.
- Compensando su impacto mediante prácticas ambientalmente racionales, como la utilización de energías limpias, la plantación de árboles y un mayor desarrollo de sumideros de calor que reducen las emisiones de carbono.

14. Foro Económico Mundial (2018), Internet of Things: Guidelines for Sustainability. FEM, Ginebra.

15. Benjamins, R. y A. Melguizo (2022), "Sin digitalización no hay sostenibilidad", El País, 6 de septiembre.

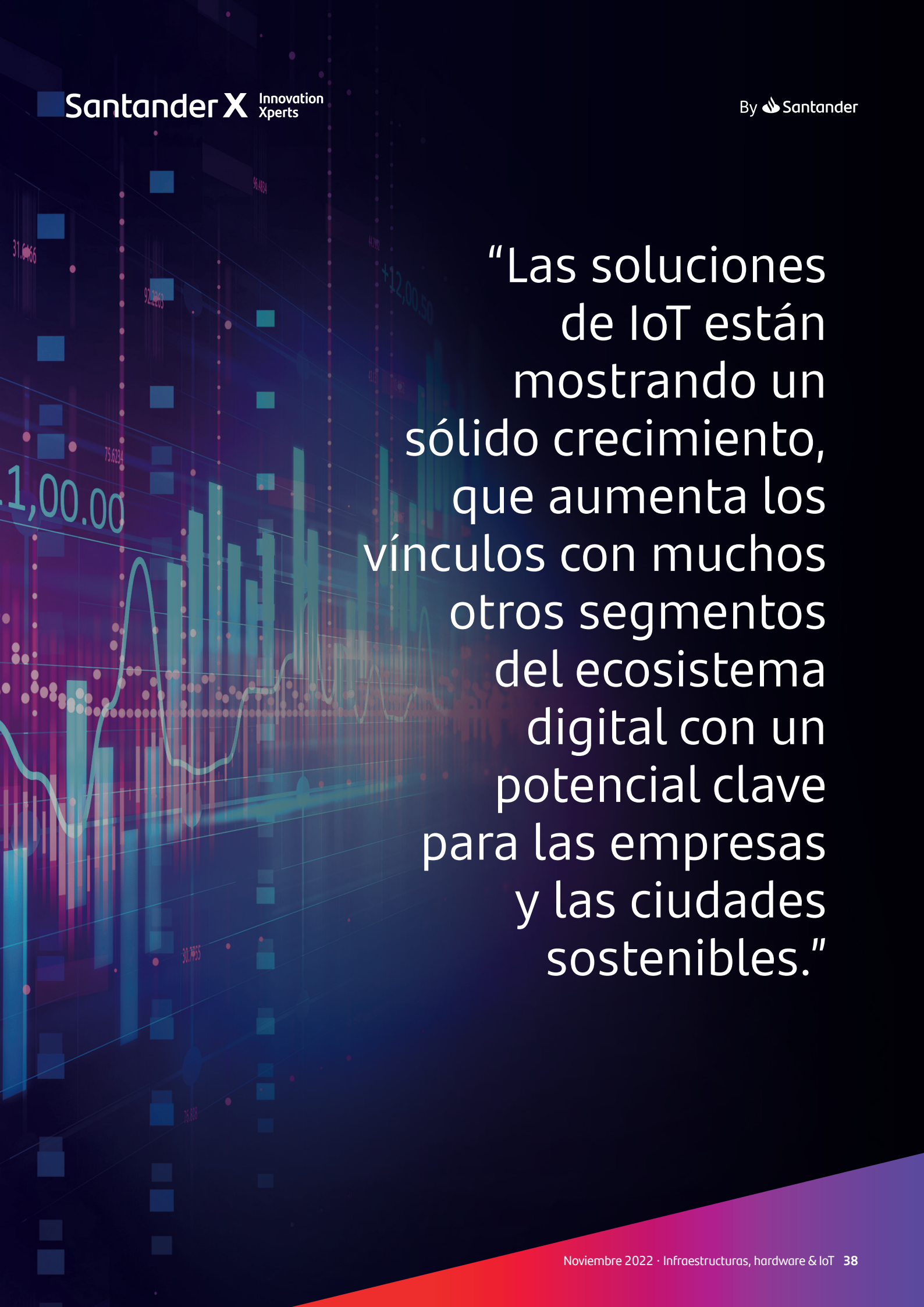
16. Locke, J. (2021), Internet of Things, Environmental Sustainability, and the Circular Economy. DIGI.

- Desplegando el IoT y tecnologías verdes en proyectos de energías renovables y de administración medioambiental en todos los sectores, para eliminar o compensar las emisiones con un objetivo neto de cero.

Entre los ejemplos, cada vez más numerosos, de aplicaciones “(más) verdes” del IoT medioambiental, destacaríamos:

- La **agricultura inteligente** y la **gestión del agua**: los proyectos de gestión del agua optimizan su uso en la agricultura mediante la utilización de sensores y dispositivos inteligentes.
- La **producción de energía limpia**: el desarrollo de metodologías inteligentes para la producción de energías renovables y la eficiencia.
- El **ahorro en el uso de la energía**: la optimización de la utilización de la energía en los hogares, las empresas y los sistemas de tránsito, y el uso de dispositivos inteligentes energéticamente eficientes.
- La construcción y gestión de **infraestructuras inteligentes**: un alumbrado urbano inteligente, la gestión del uso del agua e infraestructuras para la recarga de vehículos eléctricos.

En resumen, más allá de las expectativas y las diversas estimaciones de los aspectos financieros del IoT, así como de las ubicuas estrategias verdes y digitales de empresas y Gobiernos, el impacto positivo del IoT en los ciudadanos, las empresas y los Gobiernos será significativo.



“Las soluciones de IoT están mostrando un sólido crecimiento, que aumenta los vínculos con muchos otros segmentos del ecosistema digital con un potencial clave para las empresas y las ciudades sostenibles.”

07

Observaciones finales

El objetivo de este artículo es aportar una evaluación cualificada de las oportunidades que surgen del ecosistema del internet de las cosas (IoT) a corto y medio plazo, con el fin de asesorar sobre estrategias de inversión desde el principio, pero también para acelerar el crecimiento de su valor y la creación de empleo.

Se basa en nuestro estudio crítico de las principales estadísticas e informes económicos y de mercado, en entrevistas con expertos en este campo —desarrolladores, emprendedores y capitalistas de riesgo— y en nuestra propia experiencia en el negocio del IoT, la elaboración de políticas y el análisis económico. Adoptamos una perspectiva global sobre las soluciones del IoT y su interacción con otros desarrollos relevantes de las TI centrados en el potencial del mercado a escala mundial, aunque también nos fijamos en las economías de renta media, y hacemos una reflexión sobre su potencial para una transición económica verde.

En general, nuestro análisis sobre el IoT es cautelosamente optimista. En nuestra opinión, basada en un trabajo teórico y en entrevistas 1-1, la mayoría de las oportunidades del IoT se encuentran y seguirán surgiendo en los ámbitos del planeamiento urbano y las ciudades inteligentes, la automatización de la producción y los servicios sanitarios. Los desarrollos de las TI, la demanda social y una oferta relativamente menor fundamentan esta valoración. Desde este punto de partida, las oportunidades deben analizarse cuidadosamente, teniendo en cuenta todos los componentes de la cadena de valor del IoT —los dispositivos, la conectividad, la comunicación y los datos—, sus principales retos —sobre todo el uso de la energía, la privacidad y la seguridad de los datos, la potencial fragmentación de las plataformas, las necesidades de conectividad y la escalabilidad— y su marco financiero, en el que las tasas de crecimiento son sólidas pero no exponenciales.

Autores

Angel Melguizo,

Socio fundador de Argia, consultora especializada en medioambiente, tecnología y economía.

Doctor en economía por la Universidad Complutense de Madrid y miembro del Consejo de la Universidad del Rosario, Colombia. Especializado en políticas públicas, crecimiento económico y regulación digital. Asesor regional de la UNESCO sobre IA y ética en América Latina. Anteriormente, vicepresidente de Asuntos Económicos, Externos y Regulatorios de AT&T VRIO Latinoamérica, jefe de la Unidad de América Latina y el Caribe en el Centro de Desarrollo de la OCDE, especialista principal en la Unidad de Mercados Laborales del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Economista Principal de BBVA Research.

Victor Muñoz,

Fundador y socio de Argia, consultora especializada en medioambiente, tecnología y economía.

Ingeniero Industrial, MBA, especializado en telecomunicaciones. Miembro del consejo de administración de TAESA Brasil, del consejo asesor de LUMO, VC de medios de comunicación en Latam, y socio de EWA VC. Anteriormente, primer CIO del gobierno colombiano y Director de la Presidencia de la República de Colombia, liderando la adopción de acuerdos en temas como Cloud, IoT, IA, y otros.

Anexo: tecnologías de apoyo al IoT

El IoT se basa en otras tecnologías, sobre todo en las infraestructuras y las comunicaciones.

Por lo que respecta a las infraestructuras, muchas organizaciones están revalorizando la nube tradicional para incluir una capa de IoT, desde el núcleo hasta el punto final. Esta capa de borde invoca la utilización de la informática, la red y el almacenamiento en el borde de la empresa. Esta actualización de la taxonomía ha reorganizado los principales segmentos del mercado tal como se describe a continuación y se muestra en la Tabla 5:

A. Infraestructura de borde del IoT: hardware y software desplegados en ubicaciones de borde.

- **Puntos finales:**

Los sensores que recogen datos del entorno o el objeto que se está midiendo y los convierten en datos útiles.

- **Conectividad de los puntos finales:**

Soluciones que abordan la amplia gama de necesidades de la red con aplicaciones de IoT específicas que abarcan (WAN), (LAN) y (PAN).

- **Plataformas de borde ligero:**

Están diseñadas para realizar funciones como: agregación, condensación y optimización de datos, almacenamiento local de datos, en tiempo real, sincronización de relojes, traducción de IPv6 a IPv4, caché local para actualizaciones de firmware, servicios proxy y conectividad de núcleo.

B. Infraestructura del núcleo del IoT: el hardware y el software desplegados en un centro de datos central o una nube pública.

Los recursos de TI disponibles para soluciones empresariales: el tradicional on premise (en instalaciones propias en lugar de en la nube), la nube privada y también la nube pública como servicio.

C. Software del IoT: software que abarca tanto las ubicaciones centrales como las de borde, e incluye la gestión y el control.

- El software AD&D con componentes de IoT incluye analítica e inteligencia artificial, gestión, integración y orquestación de datos.

- Las categorías del software de infraestructura de sistemas con componentes de IoT incluyen la gestión del sistema y los servicios, la red, la seguridad, la gestión de los puntos finales y la informática física y virtual.

D. Dominios de la tecnología IoT.

- **Almacenamiento:**

Almacenamiento externo OEM, almacenamiento interno OEM y almacenamiento ODM Direct.

- **Cálculo:**

Extensible, autónomo, programáticamente accesible, arquitectónicamente diverso, abierto o patentado, centralidad/peering.

- **Interconexión:**

Conmutador Ethernet, SD-WAN, WLAN, VoIP, vídeo, ADCs, ADCaaS, IaaS, canal de fibra, conmutación Infiniband, gestión de redes, SDN/virtualización de redes..

Tabla. 5

Taxonomía de las infraestructuras del IoT

Infraestructura de borde del IoT	Infraestructura del núcleo del IoT	Software del IoT	Dominios de la tecnología IoT
Puntos finales	Tradicional (sin nube)	Desarrollo y despliegue de aplicación	Almacenaje
Conectividad puntos finales-borde	Nube privada	Software de infraestructura de sistemas	Cálculo
Plataformas de computación de borde ligero	Nube pública		Interconexión

Tabla 5.: Fuente: Adaptado a partir de Yashkova y Das (2022).

En la actualidad, la mayoría de las soluciones de IoT requieren una combinación de servicios en la nube y computación de borde (edge computing) (es decir, procesar los datos más cerca de donde se generan, lo que permite procesar grandes volúmenes a altas velocidades). Frente a las soluciones solo en la nube, las que incorporan este último tipo de herramienta tecnológica serán capaces de aumentar la escalabilidad y de mejorar el acceso a la información, de modo que se podrán tomar decisiones mejores y más rápidas, así como incrementar la agilidad de la empresa (Dahlqvist et al., 2019).

Los otros componentes que consideramos cruciales, aunque a veces no se tienen lo bastante en cuenta, son la conectividad y las comunicaciones. En la actualidad, se utilizan muchos estándares de tecnología inalámbrica para conectar dispositivos de IoT, tecnologías conocidas como Bluetooth, Wi-Fi y Zigbee, así como otras soluciones patentadas menos comunes. Las soluciones de conectividad del IoT se dividen en cuatro categorías —sin licencia, baja potencia y área amplia, celular y no terrestre— con una importante superposición de especificaciones (figura 9).

Figura. 9

Soluciones para el IoT según la conectividad ¹⁸

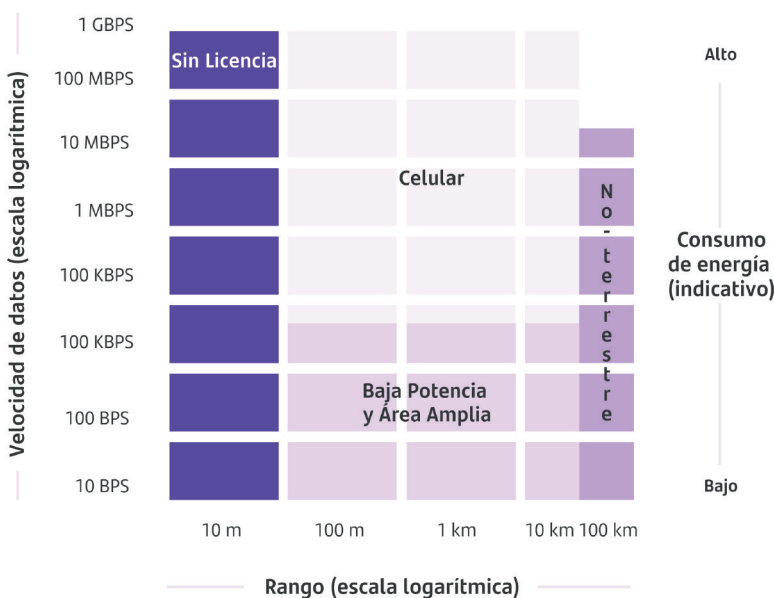


Figura 9: Fuente: Adaptado a partir de Alsén et al., (2017)¹⁸.

18. Alsén, D., M. Patel and J. Shangkuan (2017), The future of connectivity: Enabling the Internet of Things. McKinsey & Company, Diciembre.

Las soluciones de **conectividad en bandas sin licencia** no conceden a nadie el derecho a utilizar el espectro en exclusiva. Por lo tanto, el público en general puede utilizar esas bandas de frecuencia para comunicarse con los dispositivos de IoT. Sin embargo, en general este uso libre se traduce en un rango de cobertura bajo y cierta congestión debida a una sobrecarga por la concurrencia de usuarios.

I. Las soluciones de conectividad de baja potencia que cubren un área amplia se caracterizan por dos rasgos esenciales.

- **Potencia baja:**

Permiten que los dispositivos funcionen durante años, suponiendo que recojan y analicen los datos en una frecuencia relativamente baja y, además, consideren natural la descarga por funcionamiento y la degradación de la batería.

- **Área amplia:**

Permiten un amplio rango de cobertura desde el dispositivo de pasarela (gateway) hasta el punto final, alcanzando algunos cientos de kilómetros. La cobertura es menor en entornos donde el despliegue es difícil, como en las ubicaciones urbanas o subterráneas.

II. La conectividad celular.

La actual tecnología 4G LTE ofrece un importante ancho de banda de hasta 100 megabytes por segundo y un amplio alcance de más de diez kilómetros. Sin embargo, al ser una tecnología patentada, sus costes pueden hacer inviable una aplicación de IoT. Se espera que la tecnología 5G pueda aumentar los rangos de cobertura y la capacidad de transmisión al tiempo que reduce los costes de acceso a la tecnología.

III. La red no terrestre (NTN, por sus siglas en inglés).

Se ha convertido en un término que designa cualquier red que incluye objetos voladores no terrestres. La familia NTN incluye redes de comunicación por satélite, sistemas de plataformas de gran altitud (HAPS, por sus siglas en inglés) y redes aire-tierra. Lo interesante del IoT es que suele utilizarla solo cuando las opciones de redes celulares o de otro tipo no son viables debido a su elevado coste.

Los desarrollos exclusivos en este frente tienen una baja oportunidad de mercado y una tasa de crecimiento menor debido a la gran madurez y el campo de aplicación de este tipo de sistemas, pero su solidez es imprescindible para cualquier inversión en IoT.

Referencias

AlphaBeta (2020), The digital sprinters. Informe preparado para Google, Singapur.

Alsén, D., M. Patel y J. Shangkuan (2017), The future of connectivity: Enabling the Internet of Things. McKinsey & Company, diciembre.

Benjamins, R. y A. Melguizo (2022), "Sin digitalización no hay sostenibilidad", El País, 6 de septiembre.

Dahlqvist, F., M. Patel, A. Rajko y J. Shulman (2019), Growing opportunities in the Internet of Things. McKinsey & Company, 22 de julio.

Deloitte (varios años), Deloitte Insights. Última consulta el 2 de octubre de 2022.

Deloitte (2020), Internet of Things (IoT). The rise of the connected world. Deloitte Touche Tohmatsu India.

Gartner (2020), Hype cycle for the Internet of Things. 15 de julio.

GSMA (2022), The Internet value chain. Kearney y GSM Association, Londres.

Hirschey, M. y V. J. Richardson (2004). "Are scientific indicators of patent quality useful to investors?", Journal of Empirical Finance, 11(1), 91/107.

I-Scoop (varios años), Reporting on digital transformation, Industry 4.0, Internet of Things, and emerging technologies in context. Última consulta el 2 de octubre de 2022.

Locke, J. (2021), Internet of Things, Environmental Sustainability, and the Circular Economy. DIGI.

Madden, J. (2021), Cellular IoT devices. MEXP-C-IOT-21. Informe de Mobile Experts elaborado para Intel Corporation.

Smith, N. (2022), "Decade of the battery", Noahpinion, 29 de agosto.

Statista (2022), "Internet of Things (IoT)". Digital and Trends, presentación.

Referencias


The Economist (2022), "What America's largest technology firms are investing in". 22 de enero.

The Economist (2022b), "After a bruising year, SoftBank braces for more pain". 16 de mayo.

The Economist (2022c), "The great Silicon Valley shake-out". 28 de junio.

Foro Económico Mundial (2018), Internet of Things: Guidelines for Sustainability. FEM, Ginebra.

Yashkova, O. y A. Das (2022), IDC's Worldwide Internet of Things and Intelligent Edge Infrastructure Taxonomy. IDC, doc # US49027022.



Además, este artículo se ha beneficiado de conversaciones mantenidas con varios colegas.

Nos gustaría agradecer el tiempo y las ideas de Rajeev Singh-Molares (fundador y socio gerente de Alma Mundi Ventures, área de Greater Seattle, Washington), Ricardo García (experto en gestión de redes de transporte y movilidad urbana con GIS, Madrid) y otros altos directivos del sector. Como es habitual, ninguno de nuestros análisis y opiniones deben atribuirse a ellos o a sus empresas e instituciones.

esade

Santander X Innovation
Xperts

www.santander.com/santander-x-innovation-xperts-en

By  Santander